



# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL



## FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

### INVESTIGACIÓN TECNO-ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS PARA AHORRO DE ENERGÍA, AGUA Y MATERIALES APLICADA A UN PROYECTO DE VIVIENDAS DE INTERÉS PÚBLICO UBICADO EN LA CIUDAD DE QUITO

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
MECÁNICO

AGUILAR CUICHAN KEVIN JAVIER  
kevin.aguilar@epn.edu.ec

DIRECTOR: Ing. PALACIOS ENCALADA JOSÉ LUIS, PhD.  
jose.palacios@epn.edu.ec

CODIRECTOR: Ing. NARANJO MENDOZA CARLOS ANDRÉS, PhD.  
carlos.naranjo@epn.edu.ec

QUITO, AGOSTO DEL 2021

## CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por **Kevin Javier Aguilar Cuichan**, bajo nuestra supervisión.



Firmado electrónicamente por:  
**JOSE LUIS  
PALACIOS  
ENCALADA**

---

Ing. José Luis Palacios E, PhD.

**DIRECTOR DE PROYECTO**



Firmado electrónicamente por:  
**CARLOS ANDRES  
NARANJO MENDOZA**

---

Ing. Carlos Andrés Naranjo M, PhD

**CODIRECTOR DE PROYECTO**

## DECLARACIÓN

Yo, **Kevin Javier Aguilar Cuichan**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



---

Kevin Javier Aguilar Cuichan

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo a mi madre, la persona que ha sido el mayor apoyo en mi vida y un gran ejemplo a seguir.*

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a toda mi familia que siempre ha creído en mí; en especial a mi madre Dina y a mi padre German, quienes con su amor, paciencia y apoyo ha estado presente durante toda mi vida. A mi tía Gardenia, y su esposo Julio, por sus consejos y ayuda brindadas.

Un especial agradecimiento al Dr. José Luis Palacios y al Dr. Carlos Naranjo, tutores de este trabajo, quienes con su consejo, guía y confianza hicieron posible la culminación de este proyecto.

Quisiera también agradecer a la Escuela Politécnica Nacional, la Facultad de Ingeniería Mecánica, y a sus profesores por ser guías durante el transcurso de mi formación profesional.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS .....	3
OBJETIVO GENERAL .....	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
1. MARCO TEÓRICO .....	4
1.1 SIMULACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS .....	4
1.2 PARÁMETROS QUE INFLUYEN EN EL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE UN EDIFICIO .....	5
1.2.1 Ubicación de la vivienda .....	5
1.2.2 Orientación y forma de la construcción .....	6
1.2.3 Infiltraciones.....	6
1.2.4 Fenestración .....	7
1.2.5 Materiales .....	8
1.2.6 Ganancias internas .....	8
1.3 ENERGÍA INCORPORADA EN MATERIALES .....	9
1.4 RANGO DE CONFORT PARA ESPACIOS NO ACONDICIONADOS .....	9
1.5 NORMATIVAS APLICABLES A EDIFICACIONES .....	12
2. METODOLOGÍA .....	14
2.1 ESTUDIO DE DISEÑO Y PARÁMETROS A CONSIDERAR EN EL MODELO ESTABLECIDO .....	16
2.1.1 Selección de ubicación .....	16
2.1.2 Cantidad de construcción.....	16
2.1.3 Selección de los programas.....	16
2.2 INPUT PARA LOS PROGRAMAS SELECCIONADOS EN LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA .....	17
2.2.1 Selección de la geometría.....	17
2.2.2 Selección de la ventilación natural .....	18
2.2.3 Selección del archivo clima.....	19
2.2.4 Selección de la envolvente .....	19
2.2.5 Selección de ganancias internas.....	23
2.2.6 Selección de los equipos ahorradores .....	26
2.2.7 Selección de Horarios .....	27
2.3 ESTUDIO DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN .....	29
2.4 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS Y COSTOS DE CONSTRUCCIÓN.....	29
2.5 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	31
3. RESULTADOS .....	32
3.1 ALTERNATIVAS SELECCIONADAS.....	32

3.2 RESULTADOS DE LA TEMPERATURA .....	40
3.3 EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE CADA ALTERNATIVA.....	42
3.3.1 Alternativa 1 .....	43
3.3.2 Alternativa 2.....	45
3.3.3 Alternativa 3.....	47
3.3.4 Alternativa 4.....	48
3.3.5 Alternativa 5.....	50
3.3.6 Alternativa 6.....	52
3.3.7 Alternativa 7.....	53
3.4 RESULTADOS EDGE .....	55
3.4.1 Alternativa 1 .....	55
3.4.2 Alternativa 2.....	57
3.4.3 Alternativa 3.....	58
3.4.4 Alternativa 4.....	60
3.4.5 Alternativa 5.....	61
3.4.6 Alternativa 6.....	62
3.4.7 Alternativa 7.....	64
3.5 RESULTADOS DE LOS COSTOS DE CONSTRUCCIÓN .....	66
4. EPILOGO .....	68
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
ANEXO I .....	78
ANEXO II .....	86
ANEXO III .....	93
ANEXO IV .....	97
ANEXO V .....	99
ANEXO VI.....	103
ANEXO VII.....	115
ANEXO VIII.....	127
ANEXO IX.....	139
ANEXO X.....	151
ANEXO XI.....	162
ANEXO XII.....	174

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Infiltraciones de aire en una vivienda .....	7
Figura 1.2 Porcentajes de Consumo Energético: a) Residencial y b) Comercial .....	8
Figura 1.3 Rangos de Temperaturas para Condiciones Naturales .....	10
Figura 1.4 Condiciones Térmicas de Confort para Espacios No Acondicionados .....	12
Figura 2.1 Diagrama de flujo de la metodología.....	15
Figura 2.2 Distribución de conjunto habitacional .....	16
Figura 2.3 Distancia entre Estación Meteorológica con San José de Moran .....	19
Figura 2.4 Esquema de bloque: a) Dimensionamiento, b) Aislamiento .....	21
Figura 2.5 Esquema de flujo de calor a través de un Cristal .....	22
Figura 3.1 Diagrama de caja de disconfort térmico para las 7 alternativas.....	40
Figura 3.2 Diagrama de caja de temperatura interna de las 7 alternativas.....	41
Figura 3.3 Distribución de zonas térmicas; a) Planta Baja, b) Planta Superior .....	42
Figura 3.4 Temperaturas mensuales de cada zona de Alternativa 1 .....	43
Figura 3.5 Diagramas de caja de disconfort para las zonas de Alternativa 1 .....	44
Figura 3.6 Temperaturas mensuales de cada zona de la Alternativa 2 .....	45
Figura 3.7 Diagramas de caja de disconfort para las zonas de la Alternativa 2.....	46
Figura 3.8 Temperaturas mensuales de cada zona de la Alternativa 3 .....	47
Figura 3.9 Diagramas de caja de disconfort para las zonas de Alternativa 3 .....	48
Figura 3.10 Temperaturas mensuales de cada zona de la Alternativa 4 .....	49
Figura 3.11 Diagramas de caja de disconfort para las zonas de la Alternativa 4.....	50
Figura 3.12 Temperaturas mensuales de cada zona de la Alternativa 5 .....	51
Figura 3.13 Diagramas de caja de disconfort para las zonas de la Alternativa 5.....	51
Figura 3.14 Temperaturas mensuales de cada zona de la Alternativa 6 .....	52
Figura 3.15 Temperaturas mensuales de cada zona de la Alternativa 7 .....	53
Figura 3.16 Diagramas de caja de disconfort para las zonas de la Alternativa 7.....	54
Figura 3.17 Resultados EDGE de ahorro en energía, agua y materiales para Alternativa 1 .....	55
Figura 3.18 Resultados EDGE de ahorro en energía, agua y materiales para la Alternativa 2 .....	57
Figura 3.19 Resultados EDGE de ahorro en energía, agua y materiales para la Alternativa 3 .....	59
Figura 3.20 Resultados EDGE de ahorro en energía, agua y materiales para la Alternativa 4 .....	60
Figura 3.21 Resultados EDGE de ahorro en energía, agua y materiales para la Alternativa 5 .....	61
Figura 3.22 Resultados EDGE de ahorro en energía, agua y materiales para la Alternativa 6 .....	63



Figura 3.23 Resultados EDGE de ahorro en energía, agua y materiales para la Alternativa 7 .....	64
Figura 3.24 Costos de construcción de las diferentes alternativas .....	67
Figura I.1 Sistema de Resistencias de: a) Pared y b) Techo .....	88
Figura I.2 Esquema Base para el Estudio de Transferencia de Calor .....	88
Figura I.3 Configuración geométrica para correlaciones empíricas del número de Nusselt .....	90
Figura I.4 Secciones de Flujo de Calor para una Ventana.....	93
Figura I.5 Gráfica de Ventana Simple.....	94
Figura I.6 Sistema de Resistencia para Cristal de Ventana.....	94

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Resumen de Temperaturas Mensuales de confort térmico adaptivo de la Ciudad de Quito.....	11
Tabla 2.1 Especificaciones de Programas Empleados para Simulación Energética .....	17
Tabla 2.2 Vistas de Construcción realizada en eQUEST .....	17
Tabla 2.3 Dimensiones de Construcción Planta Baja y Planta Alta.....	18
Tabla 2.4 Horario de ventilación natural.....	18
Tabla 2.5 Localización del punto climatológico del INAMHI .....	19
Tabla 2.6 Propiedades y datos de los materiales para construcción .....	20
Tabla 2.7 Propiedades de material para la loza .....	21
Tabla 2.8 Propiedades del vidrio.....	22
Tabla 2.9 Porcentajes de WWR y variación de dimensiones de ventanas .....	23
Tabla 2.10 Valores de transferencia de calor de acuerdo a la cantidad de focos por zonas .....	23
Tabla 2.11 Valores de transferencia de calor para alternativa eléctrica .....	24
Tabla 2.12 Valores de transferencia de calor para alternativa gas.....	25
Tabla 2.13 Valores de transferencia de calor para alternativa gas - electricidad.....	25
Tabla 2.14 Valores de transferencia de calor de acuerdo al metabolismo y a la actividad física.....	26
Tabla 2.15 Cantidad de equipos ahorradores eléctricos por zona.....	26
Tabla 2.16 Información técnica de paneles fotovoltaicos.....	27
Tabla 2.17 Horarios para el dormitorio principal.....	28
Tabla 2.18 Listado de actividades a ser realizadas en la construcción de la vivienda.....	29
Tabla 2.19 Listado de rubros para la construcción.....	30
Tabla 3.1 Descripción de alternativas seleccionadas.....	39
Tabla 3.2 Porcentajes máximos y mínimos de desconfort térmico de las 7 alternativas...41	
Tabla 3.3 Temperaturas máximas y mínimas de desconfort térmico de las 7 alternativas.42	
Tabla 3.4 Matriz de coeficiente de correlación lineal de Pearson entre temperaturas internas.....	44
Tabla 3.5 Matriz de coeficiente correlación lineal de Pearson entre temperaturas internas.....	46
Tabla 3.6 Matriz de coeficiente de correlación lineal de Pearson entre temperaturas internas .....	48
Tabla 3.7 Matriz de coeficiente de correlación lineal de Pearson entre temperaturas internas.....	50
Tabla 3.8 Matriz de coeficiente de correlación lineal de Pearson entre temperaturas internas.....	52

Tabla 3.9 Matriz de coeficiente de correlación lineal de Pearson entre temperaturas internas.....	54
Tabla 3.10 Datos utilizados en EDGE para la Alternativa 1.....	56
Tabla 3.11 Datos utilizados en EDGE para la Alternativa 2.....	57
Tabla 3.12 Datos utilizados en EDGE para la Alternativa 3.....	59
Tabla 3.13 Datos utilizados en EDGE para la Alternativa 4.....	60
Tabla 3.14 Datos utilizados en EDGE para la Alternativa 5.....	62
Tabla 3.15 Datos utilizados en EDGE para la Alternativa 6.....	63
Tabla 3.16 Datos utilizados en EDGE para la Alternativa 7.....	64
Tabla 4.1 Resumen de resultados de costos y datos EDGE para las tres gamas.....	69
Tabla I.1 Rango de Valor de Número de Rayleigh y Ecuaciones para Número de Nusselt .....	92
Tabla I.2 Coeficiente Global de Transferencia de Calor para Marcos de Ventana .....	95
Tabla I.3 Tabla de Valores para Transmitancia Térmica Lineal.....	96

## RESUMEN

La evolución de una sociedad se evidencia no solo en su manera de pensar, sino en su manera de vivir e interactuar con el medio ambiente. El desarrollo de tecnología amigable con el planeta avanza cada día, y el sector de la construcción no es la excepción. La implementación de alternativas ecológicas, enfocadas en reducir la emisión de gases contaminantes, eliminar el desperdicio de agua, y optimizar los recursos materiales es muy necesaria. Hoy en día, este tipo de alternativas ha sido utilizado exclusivamente por personas de un alto nivel socioeconómico, mientras que, las personas de medianos o bajos recursos aún se limitan al uso de sistemas obsoletos que contaminan y causan discomfort. El presente proyecto evalúa diferentes configuraciones de viviendas de interés público con la finalidad de cumplir con los requerimientos para la obtención de la certificación EDGE (*Excellence In Design For Greater Efficiencies*). En primer lugar, se realizó una revisión bibliográfica actualizada que aborde la temática de diseño pasivo de edificaciones. La metodología se centró en evaluar distintas configuraciones de viviendas manteniendo la superficie de planta, pero modificando los materiales de envolvente y equipos para la producción de agua caliente. Para ello se emplearon dos programas de simulación. Por un lado, se empleó el programa de simulación energética de edificios, eQUEST, con el fin de determinar las temperaturas internas y con ello realizar los cálculos de confort térmico establecidos según la normativa ASHRAE 55. Por otro lado, se empleó EDGE para determinar los porcentajes de ahorro en energía, agua y materiales y de esta manera seleccionar las alternativas con mayor potencial para generar ahorros energéticos y de recursos. Con los resultados obtenidos de más de 300 simulaciones, se presentan 7 alternativas en la construcción de viviendas de interés público que cumplen con el criterio de confort térmico, ahorro de energía, agua y materiales. Finalmente se categorizaron las tres alternativas más representativas de acuerdo a gamas (alta, media y baja), y se resaltan los potenciales beneficios y costos de producción de las mismas.

**Palabras clave:** confort térmico, EDGE, eQUEST, programas de simulación, viviendas de interés público

## **ABSTRACT**

Society's evolution is reflected in its way of thinking and interacting with the environment. The development of environmentally friendly technology progress every day, and the creation of building alternatives that do not waste resources is compulsory. Currently, this kind of technology has been used exclusively by people in the upper socioeconomic level, while people with low incomes still have to subsist among obsolete technology that pollutes and causes discomfort. This project evaluates different configurations of public interest housing to meet the requirements for obtaining the EDGE (Excellence In Design For Greater Efficiencies) certification. In the first place, a literature review was necessary. The methodology of this research delimited parameters such as insulating material, glass, household equipment, etc. and the computer programs to be used. On the one hand, a crucial tool was the building energy simulation software, eQUEST, to determine the internal temperatures of the building and to perform the thermal comfort, calculations established according to the ASHRAE 55 standard. On the other hand, EDGE software was used to simulate the savings percentages in energy, water, and materials. It helped in selecting the alternatives with the most significant potential to generate energy and resources savings. With the results obtained from more than 300 simulations, seven alternatives are presented in the construction of public interest houses that meet the criterial of thermal comfort, saving energy, water and materials. Finally, the three most representative alternatives were categorized according to ranges (high, medium and low), showing their potential benefits and production costs.

**Keywords:** thermal comfort, EDGE, eQUEST, simulation software, housing

# **INVESTIGACIÓN TECNO-ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS PARA AHORRO DE ENERGÍA, AGUA Y MATERIALES APLICADA A UN PROYECTO DE VIVIENDAS DE INTERÉS PÚBLICO UBICADO EN LA CIUDAD DE QUITO**

## **INTRODUCCIÓN**

En Ecuador, el sector residencial es responsable del 15% del consumo eléctrico y el 9% del consumo de gas licuado de petróleo (GLP o gas de uso doméstico) del total de consumo de energía final [2]. El consumo de este tipo de energía se ha incrementado en los últimos años debido al crecimiento de la población, problemas de confort en viviendas y el aumento del tiempo que las personas permanece dentro de las viviendas [6].

El censo 2010, llevado a cabo por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), reveló que, en el país la construcción de viviendas no es ejecutada en base al nivel de confort; sino que solamente se basa en el concepto de espacio habitable cerrado y cubierto [1]. En consecuencia, se presentan problemas (calidad constructiva que afecta al usuario) en dichos inmuebles.

Los artículos 14, 15, 313, 314 y 408 de la Ley Orgánica de Eficiencia Energética de la república del Ecuador permiten y apoyan la creación de construcciones que provean mejores condiciones de vida, y que ayuden a la conservación de naturaleza [3]. Según un estudio realizado por la UTPL (2020), el porcentaje de pobreza en el Ecuador es del 25% con tendencia a incrementarse entre el 27% y 29% [4]. Por lo tanto, varias entidades bancarias, empresas constructoras y el gobierno han presentado un abanico de opciones; una de estas es el proyecto de viviendas de interés público (VIP). Dichas opciones se encuentran destinadas a núcleos familiares de ingresos medio-bajo, con acceso al sistema financiero y que, con el apoyo del estado, podrían alcanzar la capacidad de pago requerida para tener una vivienda propia [5].

Por todo lo expuesto, la presente investigación expone diferentes alternativas de edificación y sus propuestas para mejorar la habitabilidad, reducir el consumo de energía, de agua y de materiales. Todo esto con base en la adquisición de una certificación internacional por parte de la entidad auditora *Excellent Desing for Greater Efficiencies* (EDGE).

Por consiguiente, se utilizarán dos simuladores: EDGE, que se encuentra disponible de manera gratuita en su página web. Y eQUEST que permite simular el comportamiento térmico de viviendas de forma horaria. Con la ayuda de estos programas, se realizará un contraste entre los resultados obtenidos de confort térmico, consumo de energía, de agua y de materiales.

El presente trabajo académico cuenta con secciones que exponen una secuencia lógica de contenidos. El primer capítulo incluye el marco teórico, el segundo capítulo delimita y exhibe la metodología utilizada, el tercer capítulo aborda los análisis y resultados de la presente investigación. Subsiguientemente, un epílogo resalta, comenta y analiza los resultados del capítulo previo y finalmente, se presentan las conclusiones y las recomendaciones de la presente investigación.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Investigar alternativas tecno-económicas para el ahorro de energía, agua y materiales en un proyecto de viviendas de interés público ubicado en la ciudad de Quito.

### **Objetivos específicos**

- Indagar bibliográficamente respecto de las distintas alternativas de construcción orientadas a la reducción de consumo energético, agua y materiales.
- Identificar opciones de equipos y materiales que cumplan con los requerimientos necesarios para el ahorro de energía, agua y materiales.
- Determinar la temperatura de confort térmico para las diferentes alternativas de viviendas estudiadas.
- Desarrollar un modelo empleando los simuladores EDGE y eQUEST para evaluar el consumo de energía, agua y materiales.
- Inspeccionar la eficiencia energética, económica y ambiental del proyecto de viviendas.
- Categorizar las alternativas más factibles para la construcción eficiente de viviendas de interés público en el Distrito Metropolitano de Quito.



# 1. MARCO TEÓRICO

Con el fin de generar soluciones para los problemas como el consumo energético, uso de agua, materiales de construcción o de confort térmico en el sector residencial se han desarrollado una variedad de estudios alrededor del mundo. En Ecuador, se han llevado a cabo investigaciones con referencia al confort térmico en edificios de oficinas y viviendas de alto, medio y bajo costo. En construcciones de bajo presupuesto, la comodidad del usuario no suele ser un factor a considerar y consecuentemente las construcciones muestran fallas térmicas como sobrecalentamiento o sobreenfriamiento en diferentes zonas de la vivienda [5][6].

Ecuador posee cuatro regiones (Costa, Sierra, Amazonia e Insular) y la gama de temperaturas es muy extensa. Se conoce que desde las zonas altas de la región andina hasta el litoral, y la llanura amazónica, las medias de temperatura van desde 0 °C a más de 26 °C [7]. Debido a esto, es imperante delimitar un estado de confort en el cual la temperatura, dentro de una construcción, sea adecuada. En este sentido, en la presente investigación académica, con la ayuda de los simuladores EDGE y eQUEST, se estudiarán diferentes tipos de materiales y equipos para la edificación de un conjunto habitacional de viviendas de interés público y así determinar las alternativas más eficientes en materia de construcción.

## 1.1 Simulación energética de edificios

Previo a la existencia de programas de simulación energética, arquitectos e ingenieros empleaban el cálculo manual y métodos empíricos para el diseño energético de viviendas [8]. Por tal razón, surge la necesidad de emplear herramientas que permitan analizar sistemas energéticos multivariantes de forma holística; específicamente, los sistemas energéticos relacionados con las edificaciones [9].

En la actualidad, el uso de simulaciones durante la etapa de diseño de una construcción para la optimización de su desempeño térmico y energético es impulsado por gremios y organizaciones de arquitectos a nivel mundial [10]. Es así que múltiples autores han desarrollado sus propios programas por medio de modelos físicos, matemáticos y estadísticos. Esta práctica es conocida como *Building Energy Simulation* (BES) [1]. Varios de estos programas fueron desarrollados bajo auspicios gubernamentales (como es el caso de *EnergyPlus*, ESP o TRNSYS) y otros, por entidades bancarias (como EDGE que es propiedad de la *International Finance Corporation* - IFC) [11].

Durante la fase de diseño conceptual de edificaciones, se recomienda el uso de programas de simulación a fin de conocer los parámetros que pueden afectar el desempeño térmico y mejorar el confort [10]. Con la ayuda de esta información, se optimiza la toma de decisiones en la etapa de diseño (p. ej. posición de las ventanas o puertas) y de esta manera se genera un mejor desempeño térmico [12].

## **1.2 Parámetros que influyen en el comportamiento térmico de un edificio**

La norma ASHRAE 55 indica que la sensación térmica es influenciada por cuatro factores ambientales (temperatura, radiación térmica, humedad y velocidad del aire), y por dos factores personales (actividad y ropa) [15]. Estos pueden incidir en las emociones y comportamientos de las personas; por lo tanto, las condiciones térmicas internas de un edificio constituyen una influencia decisiva en los niveles de producción [16]. Asimismo, la ASHRAE 55 define el confort térmico como la condición satisfactoria de la mente con la temperatura ambiental [17].

A continuación, se describen las características más importantes a tomar en cuenta dentro del diseño de una vivienda: ubicación, orientación, forma, infiltraciones, fenestración, materiales y ganancias internas.

### **1.2.1 Ubicación de la vivienda**

La ubicación es un factor imperante a tomar en cuenta en el diseño de una vivienda. En países que se encuentran cerca de la línea ecuatorial, la trayectoria solar es semejante durante todos los meses del año [19]. Ecuador se extiende desde el Océano Pacífico hacia el oeste, a una distancia aproximada de 1.000 kilómetros hasta la región Amazónica. La generación y desplazamiento de masas de aire con diferentes características de temperatura y humedad se producen por la presencia de la cordillera de los Andes, y la influencia del Océano Pacífico [20].

Un estudio realizado por Vásquez-Aza [6], en viviendas de la parroquia de Urcuquí, concluyó que las variables más importantes en el comportamiento térmico son la temperatura ambiente y la humedad relativa. A pesar de los resultados de aquel estudio, cabe recalcar que las condiciones climatológicas de Quito, con respecto a las de Urcuquí, son muy diferentes y cambiantes.

### **1.2.2 Orientación y forma de la construcción**

La correcta orientación de un inmueble puede lograr mejores ganancias energéticas; es decir, conservar una temperatura interna adecuada en relación con las temperaturas externas. Con respecto a esto, Abanda [21] afirma que el uso de la radiación solar, como fuente calórica y lumínica, es una habilidad de la construcción que viene determinada por la orientación. Wong y Fan [22] coinciden en torno a la orientación y los potenciales beneficios de la luz solar. Asimismo, Spanos [25] explica que una buena orientación de la vivienda ayuda a reducir los gastos energéticos hasta en un 20% mediante el aprovechamiento de la luz natural.

En edificios acondicionados, la proporción entre su superficie exterior y el volumen de construcción debe ser lo más pequeña posible, tendiendo hacia el caso ideal de una esfera [24]. Las variables que se encuentran relacionadas con la forma y que producen una influencia en los requisitos de calefacción y refrigeración son los siguientes: índice de compacidad, factor de forma, clima y ciclo de vida de la construcción [25]. En primer lugar, el índice de compacidad es definido como una relación que proporciona una idea de cómo un edificio se puede enfriar y calentar; lo cual, influye en el consumo energético. En segundo lugar, el factor de forma esboza la razón entre el volumen de una edificación y la superficie de la misma para, de esta manera, cuantificar la correspondencia entre la forma de un edificio y su capacidad de intercambio térmico con el ambiente exterior [25]. A continuación, el clima es un factor externo generado por las condiciones de la zona y este dato suele tratarse en el documento llamado año típico meteorológico (TMY). Finalmente, el ciclo de vida de un edificio no es más que el periodo desde que la edificación es construida hasta el fin de su tiempo de servicio o demolición [27].

### **1.2.3 Infiltraciones**

Una infiltración es el ingreso no controlado de aire del exterior hacia el interior de una edificación y es probable que esto ocurra debido a grietas en las ventanas, en las puertas, chimeneas u otro tipo de discontinuidad que se puede encontrar en la fachada. Bradshaw [28] considera a las infiltraciones como pérdidas de calor aunque pueden ser consideradas como ganancias de calor en edificios acondicionados. En las investigaciones [12] y [13] se abordó el tratamiento de infiltraciones considerando los cambios de aire por hora o ACH (por sus siglas en inglés *Air Changes per Hour*), y se empleó ACH de 0,7 o de 1,0. Estos valores son comunes para estudios paramétricos de edificios residenciales y de oficina.

Mientras que, para el caso de laboratorios o secciones de químicos o gases nocivos, según ASHRAE 62.1-2010, se establece un valor de 1,2 de ACH [29].

Por su parte, Chen, Yang y Wang [12] realizaron una investigación para calcular las infiltraciones y obtuvieron valores de hasta 30% dependiendo de las cargas térmicas consideradas y del criterio de confort. En la Figura 1.1 se puede apreciar un esquema relacionado con las infiltraciones presentes en una casa. Para otros estudios no se considera la tasa de infiltraciones como variables ya que los edificios se analizan bajo normativas de construcción que limitan las infiltraciones [19].

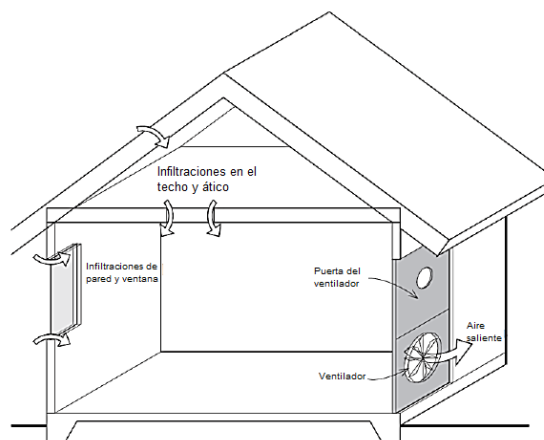


Figura 1.1 Infiltraciones de aire en una vivienda  
(Fuente: [18])

#### 1.2.4 Fenestración

Contrario a las infiltraciones, una fenestración es una apertura en una pared (p. ej. una ventana, una puerta, entre otros.), que fue planteada durante la fase de diseño. Las ventanas son principalmente empleadas para iluminar diferentes zonas, para ganancia de calor y, evidentemente, para lograr una adecuada ventilación natural. Se recomienda que la superficie de ventanas no supere al 50% debido a que puede afectar la temperatura interna, generar inconformidad al usuario por ingreso excesivo de luz solar, entre otras. Las ventanas tienen resistencias térmicas menores que las paredes y los techos, por lo que producen mayores pérdidas o ganancias de calor por conducción [6].

### 1.2.5 Materiales

De acuerdo al INEC y su censo 2010, en Ecuador la elección de los materiales para viviendas no se realiza con base en las necesidades de habitabilidad o nivel de confort que debe brindar una edificación. La selección de materiales constructivos se basa únicamente en el concepto de recrear un lugar cerrado y cubierto [1]. Es importante señalar que la selección de materiales apropiados converge en un buen aislamiento y ayudan a la generación de una masa térmica para el almacenamiento de calor. Por lo tanto, a fin de poder seleccionar un material adecuado, es necesario conocer ciertos parámetros como la función a realizar, sus propiedades físicas, entre otras características [18].

### 1.2.6 Ganancias internas

Se define a las ganancias internas como el calor sensible y latente que se genera dentro de un espacio interno. Estas ganancias de calor son principalmente causadas por los elementos de iluminación, equipos eléctricos y ocupantes y ocasionan el incremento de temperatura y humedad [6]. Harish [11] concluye que el consumo energético por iluminación es de alrededor del 14% para el sector residencial. En el caso del sector comercial, el consumo es de alrededor del 6%. En la Figura 1.2 se aprecian los valores de consumo energético mencionados. Los equipos e iluminarias como lámparas o bombillas emplean energía eléctrica para su funcionamiento y liberan dicha energía en forma de calor. Este fenómeno es conocido como efecto Joule y genera ganancia térmica del espacio después de absorberse por las superficies de la habitación [30].

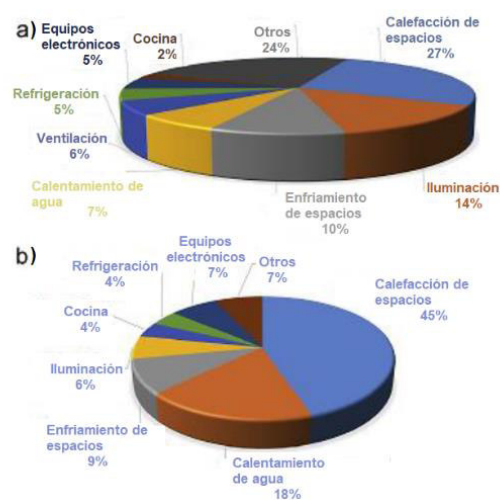


Figura 1.2 Porcentajes de Consumo Energético: a) Residencial y b) Comercial (Fuente: [13])

Otra fuente de calor son los ocupantes de inmueble; ya que, cada individuo genera calor a una tasa entre 100W y 350W (dependiendo de la actividad de los ocupantes). Esta tasa de generación de calor es similar a la de un bombillo incandescente [28]. Por consiguiente, la generación de calor dependerá de factores como la cantidad de habitantes, el tiempo de permanencia y las actividades realizadas dentro de la edificación. En el caso de equipos electrónicos, como cocinas o refrigeradoras producen energía que no influye notablemente, pero deben ser tomados en consideración [31].

### **1.3 Energía Incorporada en materiales**

Es definida como la energía consumida por todos los procesos asociados a la producción de un edificio desde la adquisición de los recursos naturales hasta la entrega del producto final. Esto incluye la minería y la industria de materiales y equipos, el transporte de los materiales y las funciones administrativas [56]. En el *Anexo I* se presenta el listado de materiales y su energía incorporada implementado por EDGE.

EDGE implementa el concepto de energía incorporada en materiales para conocer los porcentajes de ahorro en materiales. El cálculo lo realiza en función de las dimensiones de la construcción y los materiales seleccionados [54].

### **1.4 Rango de confort para espacios no acondicionados**

En la ciudad de Quito, por su localización y condiciones ambientales, no es común el uso de sistemas HVAC (*Heating, Ventilation and Air Conditioning*) para viviendas. De acuerdo con la norma ASHRAE 55, este tipo de viviendas se somete a un rango más flexible de confort térmico llamado confort térmico adaptivo [32].

En la Figura 1.3 se aprecia el rango aceptable de confort térmico adaptivo en viviendas no acondicionadas en función de la temperatura media exterior. En la citada figura se incluyen dos secciones límite de temperatura operativa, con el 80% y 90% de aceptabilidad.

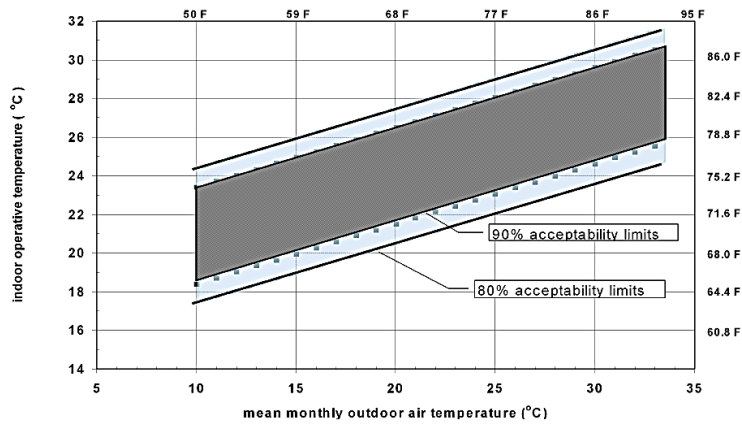


Figura 1.3 Rangos de Temperaturas para Condiciones Naturales  
(Fuente: [39])

Para determinar el rango aceptable de temperaturas del modelo de confort térmico adaptivo, es necesario conocer la temperatura media exterior (ecuación 1.1). A partir de esta temperatura se pueden calcular las temperaturas de límite superior (ecuación 1.2) e inferior (ecuación 1.3) del modelo adaptivo [38].

$$T_{m\ ext} = \frac{\overline{T_{max}} + \overline{T_{min}}}{2} \quad (1.1)$$

Donde

$T_{m\ ext}$  = Temperatura media externa (para un mes  $x$ )

$\overline{T_{max}}$  = Media de las temperaturas máximas (del mes)

$\overline{T_{min}}$  = Media de las temperaturas mínima (del mes)

$$T_{conf-Sup} = 0,31 * T_{m\ ext} + 21,3 \quad (1.2)$$

Donde

$T_{conf-Sup}$  = Temperatura operativa de confort

$T_{m\ ext}$  = Temperatura media externa

$$T_{conf-Inf} = 0,31 * T_{m ext} + 14,3 \quad (1.3)$$

Donde

$T_{conf-Inf}$  = Temperatura operativa de confort

$T_{m ext}$  = Temperatura media externa

Los datos climatológicos empleados son de la ciudad de Quito. Al utilizar la ecuación 1.1 se calculó la temperatura media externa. Con las ecuaciones 1.2 y 1.3 se realiza el cálculo de la temperatura operativa de confort superior e inferior; con las cuales se estima que habrá alrededor del 80% de aceptabilidad por parte de los ocupantes. Esto se pueden apreciar en la Tabla 1.1 y Figura 1.4.

Tabla 1.1 Resumen de Temperaturas Mensuales de confort térmico adaptivo de la Ciudad de Quito

Meses	$T_{mext}$ [°C]	$T_{confext}$ [°C]	$T_{confint}$ [°C]
Enero	14,13	25,68	18,68
Febrero	13,98	25,63	18,63
Marzo	13,86	25,60	18,59
Abril	13,88	25,60	18,60
Mayo	13,98	25,63	18,63
Junio	14,04	25,65	18,65
Julio	14,50	25,79	18,79
Agosto	14	25,64	18,64
Septiembre	14,23	25,71	18,71
Octubre	13,76	25,57	18,57
Noviembre	13,63	25,53	18,53
Diciembre	13,55	25,50	18,50

(Fuente: Elaboración propia)



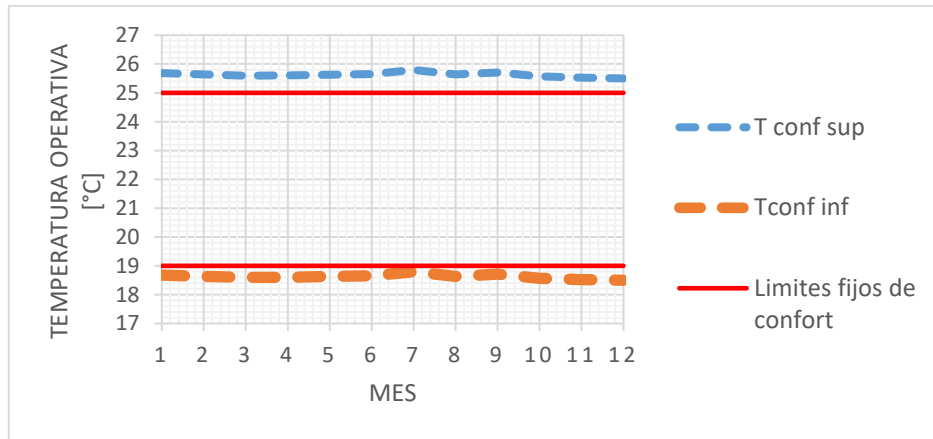


Figura 1.4 Condiciones Térmicas de Confort para Espacios No Acondicionados  
(Fuente: Elaboración propia)

A partir del rango de confort determinado (Figura 1.4), se define la función objetivo del estudio como disconfort anual. Este parámetro se expresa por medio de la ecuación 1.4 y arroja dos formas de disconfort térmico [6]. La primera forma es conocida como sobreenfriamiento y se da cuando la temperatura operativa se encuentra por debajo del límite inferior. La segunda se da cuando la temperatura operativa se encuentra por encima de límite superior del rango de confort, se denomina sobrecalentamiento.

$$disconfort = \frac{\text{horas del año fuera del rango de confort}}{\text{horas totales de ocupación de la vivienda}} \times 100 \quad (1.4)$$

## 1.5 Normativas aplicables a edificaciones

El sector de edificaciones es el responsable de aproximadamente el 40% de emisión de gases de efecto invernadero. Dos tercios de estas emisiones son producidas desde edificios residenciales. Debido a ello, varios países del primer mundo han implementado normativas que puedan ser empleadas con fines de ahorro energético durante las fases de construcción y de uso de los inmuebles. Las entidades con mayor fuerza en esta área se encuentran en los Estados Unidos y la Unión Europea [33].

Rodríguez [33] realizó un estudio de varias normativas empleadas en Estados Unidos, Alemania, Francia, Reino Unido y España. La investigación comparó los requisitos establecidos a la transmitancia térmica de la envolvente, el factor de compactación y la temperatura interna de edificios residenciales.

En el Ecuador existen diferentes normativas y códigos para el desarrollo adecuado de edificaciones. Para empezar, se puede aludir a la norma NTE INEN 2506: 2009 2009-06 (Eficiencia Energética en Edificaciones). En esta se detallan los requisitos que deben ser cumplidos en una edificación con la finalidad de reducir su consumo de energía [34]. Otro documento empleado es el código orgánico de la Ley de Eficiencia Energética que fue aprobado el 12 de marzo de 2019, y establece el marco legal y régimen de funcionamiento del Sistema Nacional de Eficiencia Energética (SNEE) donde se fomenta el uso eficiente, racional y sostenible de la energía [35]. Es así que el artículo 18 de dicho código orgánico establece la creación de una base de datos estadística y de indicadores para realizar construcciones eficientes. Por último, y no menos significativo, se tiene la Norma Ecuatoriana de la Construcción de Eficiencia Energética en Edificaciones Residenciales que guía al ingeniero o arquitecto durante la fase de planeamiento y diseño. Con esta norma se puntualizan los parámetros necesarios en los diferentes climas de las regiones del país; así como materiales y equipos con sus respectivas características y propiedades para ser empleados.

## 2. METODOLOGÍA

En función de la revisión bibliográfica realizado para el presente trabajo académico, se propone una metodología fundamentada en los trabajos realizados por Jácome [6], Castro [19], Ramírez [1], Samuelson [12], Song, [36] y Rallapalli [38]. Para empezar, se selecciona la locación de la construcción, cantidad de viviendas y programas para las simulaciones energéticas. Con estos parámetros, a continuación, se pueden conocer los *inputs* o datos de entrada de los programas seleccionados como geometría, archivo de clima, ventilación natural, materiales de construcción, ganancias internas, equipos de cada vivienda y los horarios de ocupación. Después, se ejecutan las simulaciones pertinentes en los programas escogidos con el propósito de obtener los valores de temperatura, ahorros energéticos, de agua y de materiales de construcción. Para terminar, con estos valores, se compara, descarta y selecciona alternativas. Para una mejor comprensión y visualización de lo descrito, los pasos se diagraman en la Figura 2.1.

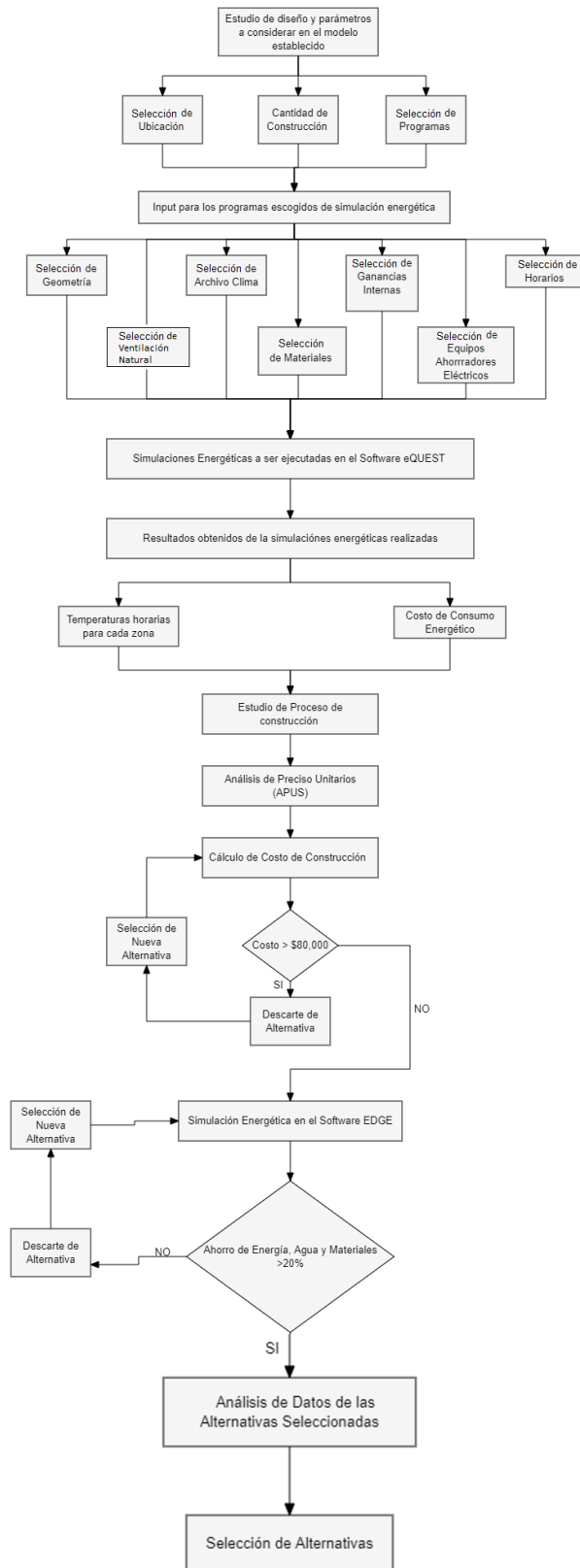


Figura 2.1 Diagrama de flujo de la metodología (Fuente: Elaboración propia)

## 2.1 Estudio de diseño y parámetros a considerar en el modelo establecido

### 2.1.1 Selección de ubicación

La futura ubicación del conjunto habitacional fue definida previamente por la constructora CABLETEL C.A; por tal razón, el estudio y búsqueda de un lugar apropiado es un paso que se encuentra fuera del alcance del presente proyecto. La construcción está planificada dentro del Distrito Metropolitano de Quito, en la Parroquia de Calderón sector San José de Morán. La Figura 2.2 marca la zona y esboza un croquis de la edificación.

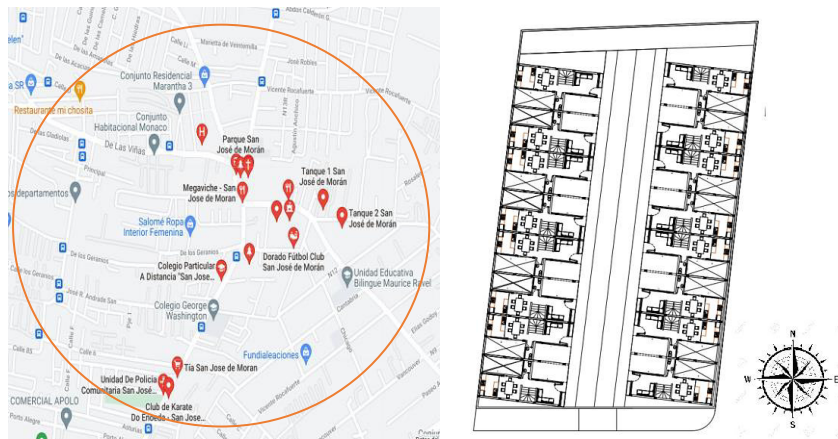


Figura 2.2 Distribución de conjunto habitacional  
(Fuente: CABLETEL C.A.)

### 2.1.2 Cantidad de construcción

La cantidad de construcción –al igual que la ubicación– serán decididas por los ingenieros y arquitectos de la constructora CABLETEL C.A. En el proyecto se establecen una cantidad de 16 construcciones que poseen un diseño equivalente. La Figura 2.2 proyecta el plano del futuro conjunto habitacional. Una vez precisada la cantidad de viviendas y seleccionada la ubicación, es necesario la selección de los programas de simulación numérica en los cuales se pueda generar resultados adecuados.

### 2.1.3 Selección de los programas

Como se había explicitado en el capítulo anterior, los programas elegidos para la simulación energética son eQUEST y EDGE. El primero tiene la característica de ser un programa multifuncional junto a la ventaja de ser un software libre; el segundo es una

plataforma aprobada y de acceso libre para obtener una certificación internacional en ahorro energético. Conviene subrayar que cada uno de los programas requiere una cierta cantidad de información que va desde dimensiones, parámetros físicos de los materiales, acristalamiento, información climatológica, entre otras variables. La Tabla 2.1 describe sucintamente el potencial de cada uno de estos paquetes computacionales.

Tabla 2.1 Especificaciones de Programas Empleados para Simulación Energética

Paquete computacional	Descripción	Desarrollado por
eQuest	Motor de simulación energética.	James J.Hirsch & Associates y Lawrence Berkeley National Laboratory
EDGE	Motor de cálculo para conocer ahorros en energía, agua y materiales de construcción, mediante la aplicación de ecuaciones matemáticas.	IFC (International Finance Corporation)

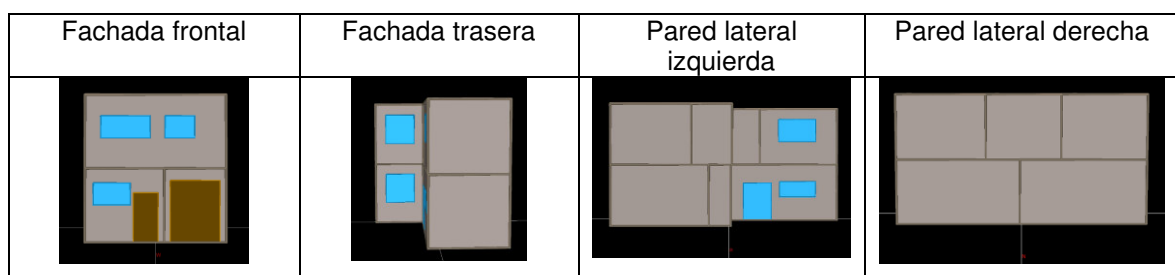
(Fuente: Elaboración mixta)

## 2.2 Input para los programas seleccionados en la simulación energética

### 2.2.1 Selección de la geometría

La geometría empleada es la de una casa diseñada por la constructora CABLETEL C.A. Este diseño emplea una forma básica de un paralelepípedo de dos pisos, no presenta secciones complejas con la finalidad de eliminar cualquier inconveniente en torno a la generación de sombras o en la especificación de zonas térmicas. La Tabla 2.2 exhibe las vistas del diseño, realizado en eQuest. En la Tabla 2.3 se encuentran sus dimensiones.

Tabla 2.2 Vistas de Construcción realizada en eQUEST



(Fuente: Elaboración mixta a partir de los datos de CABLETEL C.A.)

Tabla 2.3 Dimensiones de Construcción Planta Baja y Planta Alta

<b>Planta Baja</b>	
<b>Componente</b>	<b>Descripción</b>
Pared Frontal	5,7 x 2,5 m (Posee ventana y puerta)
Pared Posterior	5,7 x 2,5 m (Posee ventana y puerta)
Pared Derecha	11,6 x 2,5 m (Posee ventana y puerta)
Pared Izquierda	11,6 x 2,5 m
Ventanas	1,5 x 0,9 m; 4 x 0,9m
Puertas	1,5 x 2 m
<b>Planta Alta</b>	
<b>Componente</b>	<b>Descripción</b>
Pared Frontal	5,7 x 2,5 m (Posee ventanas)
Pared Posterior	5,7 x 2,5 m
Pared Derecha	11,6 x 2,5 m
Pared Izquierda	11,6 x 2,5 m
Techo	11,7 x 5,7 m
Ventanas	2 x 0,9 m ; 1,2 x 0,9 m

(Fuente: CABLETEL C.A.)

## 2.2.2 Selección de la ventilación natural

Para la ventilación, programada con el software eQUEST, se optó por una construcción sin equipos HVAC; por lo tanto, la ventilación natural funciona como método para el cambio de aire en el interior de la construcción, con un horario del tipo 'Fracción' [38]. La Tabla 2.4 expone los horarios más adecuados para la apertura de las ventanas durante el día. Cabe indicar que el horario propuesto fue replicado de un proyecto anteriormente ejecutado [39].

Tabla 2.4 Horario de ventilación natural

<b>Ventilación Natural</b>			
<b>Días de la semana</b>	<b>Hora</b>	<b>Tipo</b>	<b>Valor</b>
Lunes - Viernes	00H00-08H00	Fracción	0
	08H00- 17H00		0,3
	17H00-24H00		0
Sábado – Domingo - Feriados	00H00-08H00		0
	08H00- 17H00		0,3
	17H00-24H00		0

(Fuente: [39])

El horario implementado se aplica para toda la construcción y la apertura de las ventanas debe darse si la temperatura interna de cada zona es superior a las temperaturas de confort definidas en la Figura 1.4.

### 2.2.3 Selección del archivo clima

El archivo clima fue obtenido de la base de datos Climate.Onebuilding [40] de la estación climatológica ubicada en el parque Bicentenario, antiguo aeropuerto. La información fue seleccionada debido a la cercanía del parque Bicentenario con el sector San José de Morán, con una distancia aproximada de 4,4 kilómetros. La Figura 2.3 grafica la ubicación y distancia entre ambas zonas. En la Tabla 2.5 se presentan los datos de posición geográfica de la estación climatológica.

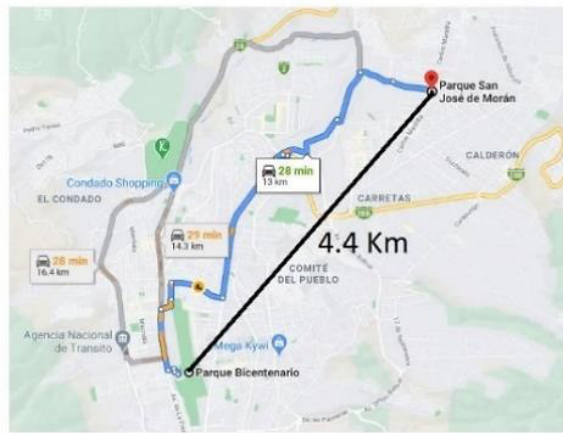


Figura 2.3 Distancia entre Estación Meteorológica con San José de Moran  
(Fuente: Google Maps)

Tabla 2.5 Localización del punto climatológico del INAMHI

Dato	Valor
Localización	Quito – Ecuador
Latitud (deg)	-0,14
Longitud (deg)	-78,489
Zona relativa horaria GMT	-5
Altitud [m]	2812
Formato	epw (TMY2) horario
Fuente	IWEC Data [ DATOS METEO]

(Fuente: INAMHI)

### 2.2.4 Selección de la envolvente

La envolvente de una edificación es la separación entre el interior y el exterior, que delimita y resguarda los espacios a habitarse. Entre los más significativos se pueden nombrar las paredes, los techos y las ventanas.



### 2.2.4.1 Paredes

Las paredes constituyen una de las secciones de mayor importancia; ya que, proporcionan protección a la edificación en términos acústicos y ambientales. Debido a ello, el análisis térmico se lo realiza mediante la aplicación del principio de resistencia térmica de las paredes, puesto que los materiales influyen en gran medida en la dinámica de transferencia de calor en un edificio. El *Anexo II* precisa las ecuaciones necesarias para el cálculo del coeficiente global de transferencia de calor que se produce en las paredes.

Los materiales predominantes en la construcción de las paredes son los bloques de concreto (de 15 cm), cuyas propiedades se describen en la Tabla 2.6. En este proyecto se realizará un análisis del confort térmico, empleando bloques de concreto; en los cuales, se colocará, en el interior de cada apertura, un material aislante tal y como muestra la Figura 2.4. A partir de esto, con una variedad de aislantes, se procederá con la comparación del comportamiento de la casa ante el clima de la ciudad de Quito. Los materiales aislantes a ser empleados son descritos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) [41], además, la Tabla 2.6 caracteriza los materiales y sus propiedades.

Tabla 2.6 Propiedades y datos de los materiales para construcción

Material	Espesor (m)	Conductividad Térmica [W/mK]	Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	Calor Específico [J/kg*K]
Bloque de Concreto	0,15	0,62	1040	840
Lana mineral	0,1	0,042	12	1030
Fibra de Vidrio	0,1	0,048	10	1400
Poliestireno Expandido	0,1	0,04	15	1450
Corcho	0,1	0,04	120	1880
Piedra Pómez	0,1	0,13	345	712
Espuma de Poliuretano	0,1	0,025	30	1400
Aserrín	0,1	0,071	76	900
Mortero	0,01	0,75	1920	900
Concreto	0,02	1,45	2080	900

(Fuente: [41])

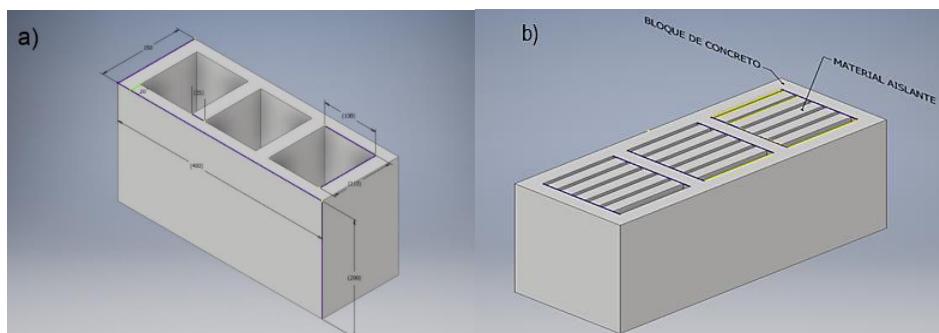


Figura 2.4 Esquema de bloque: a) Dimensionamiento, b) Aislamiento  
(Fuente: Propia)

### 2.2.4.2 Techo

El techo, al igual que las paredes, es un elemento primordial en el ámbito de la envolvente de una edificación. En el transcurso del día, el techo es la sección que se encuentra expuesta de manera directa a la radiación solar y efectos climatológicos. El *Anexo II* contiene las ecuaciones para el cálculo del coeficiente global de transferencia de calor en el techo. Para la presente investigación académica –y de acuerdo con las especificaciones dadas por la constructora– se empleará una loza de dimensiones variadas. Es así que los espesores a ser empleadas serán de 12 cm, 15 cm y 20 cm; por lo cual el material seleccionado es concreto ligero. En la Tabla 2.7 se especifica las propiedades de cada una de estas.

Tabla 2.7 Propiedades de material para la loza

Material	Espesor [m]	Conductividad Térmica [W/m*K]	Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	Calor Específico [J/kg*K]
Concreto ligero	0,12	0,72	1850	1000
	0,15			
	0,2			

(Fuente: [21])

### 2.2.4.3 Ventanas

Más del 25% del calor de los hogares y edificios escapa por las ventanas; por lo que con el aumento de los costos de la energía y la creciente conciencia ambiental, se está poniendo énfasis en recursos de ahorro energético [42]. Las ventanas cumplen con una variedad de funciones entre las que se encuentran: vistas panorámicas, ingreso de sol y ventilación natural. El vidrio transmite y absorbe virtualmente toda la radiación visible que

incide sobre su superficie y, de esta manera, la mayor parte de la radiación es absorbida por el cristal y el resto por los elementos internos que incidieron [19]. En la Figura 2.5 se explica el fenómeno descrito anteriormente.

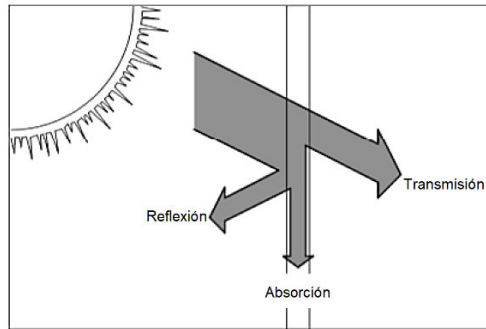


Figura 2.5 Esquema de flujo de calor a través de un Cristal  
(Fuente: [42])

La selección de los cristales para las ventanas es un componente sustancial, visto que la ganancia (o pérdida) de energía proporcionada por estas depende de la conductividad térmica del vidrio, el coeficiente de ganancia de calor solar, así como la posición de la ventana [43]. En el presente trabajo, se asumirán que las ventanas serán construidas de vidrio simple de 5 milímetros de espesor [44]. La Tabla 2.8 muestra las propiedades del vidrio a ser utilizado.

Tabla 2.8 Propiedades del vidrio

Espesor [m]	Conductividad Térmica [W/m*K]	Transmitancia solar	Reflectancia solar	Transmitancia Visible	Emisividad
0,0005	0,09	0,84	0,08	0,90	0,84

(Fuente: [42])

El estudio se lo realizará mediante la variación del tamaño de todas ventanas establecidas en el diseño de la constructora, afectando el WWR (*Window to Wall Ratio*). En la Tabla 2.9 se presentan las dimensiones de cada ventana y porcentajes de WWR. Mientras que el Anexo III complementa estos datos con las ecuaciones para el cálculo del coeficiente global de transferencia de calor y el WWR de ventanas.

Tabla 2.9 Porcentajes de WWR y variación de dimensiones de ventanas

WWR/ Ventanas	20%		30%		40%	
	Ancho [m]	Alto [m]	Ancho [m]	Ancho [m]	Ancho [m]	Alto [m]
Ventana Cuarto Secundario 1	2,1	1,8	2,5	1,7	2,5	2,3
Ventana Cuarto Secundario 2	2,1	1,6	2,5	1,7	2,5	2,3
Ventana Sala	1,5	0,9	1,5	1,2	1,5	1,5
Ventana Baño Secundario	1,4	1,4	1,4	1,8	1,8	1,8
Ventana Baño Visitas	1,4	1,4	1,4	1,4	1,8	1,8
Ventana Cocina	1,9	1,5	2,5	1,6	3,0	1,9
Ventana Cuarto Principal	1,9	1,5	2,5	1,6	3,0	1,9
Puerta Trasera	1,0	2,0	1,0	2,0	1,0	2,0

(Fuente: Elaboración mixta)

Con esta información, se realizó la programación respectiva para cada alternativa por medio de combinaciones entre materiales de la pared, espesor de loza y acristalamiento en las paredes. Con los resultados obtenidos, se procede con el análisis del comportamiento térmico.

### 2.2.5 Selección de ganancias internas

Para este apartado, tres fuentes han sido consideradas: iluminación, equipos y ocupantes. En el caso de la iluminación, se propone el uso de focos fluorescentes cambiables de 40 W de potencia, que permiten un mejor alumbrado con menor consumo de energía. La Tabla 2.10 presenta la cantidad de focos por zona y la relación potencia-área.

Tabla 2.10 Valores de transferencia de calor de acuerdo a la cantidad de focos por zonas

Zona	Cantidad	Potencia / Área [W/m <sup>2</sup> ]	Potencia / Área [W/ft <sup>2</sup> ]
Dormitorios	4	12	1,11
Cocina	2	10	0,93
Sala	3	7,5	0,70
Baño	3	12	1,11
Corredor	5	4	0,37

(Fuente: Elaboración propia)

En los equipos se consideraron elementos esenciales de uso diario, la cantidad de estos a ser empleados por área y se excluyeron aquellos que no posean un uso continuo. Al mismo tiempo, los equipos de cada caso fueron divididos en tres opciones: la primera opción emplea un conjunto de implementos electrónicos de cocina, calentador de agua, horno, entre otros. La Tabla 2.11 describe los equipos considerados para este caso y la información que debe ser ingresada en el programa simulador. La segunda opción utiliza equipos que funcionan con gas doméstico. La Tabla 2.12 puntualiza los equipos considerados para la segunda opción y la información que debe ser ingresada en el programa simulador. La tercera opción es una combinación entre la primera y segunda opción. En esta se emplea como fuente para cocción de alimentos gas doméstico y para el calentamiento de agua electricidad. La Tabla 2.13 describe los equipos considerados.

Tabla 2.11 Valores de transferencia de calor para alternativa eléctrica

Sección	Equipos	Cantidad	Potencia [W]	Potencia * Cantidad [W* Cantidad]	Áreas [ft <sup>2</sup> ]	Potencia/ Área [ W/ft <sup>2</sup> ]
Sala	LCD	1	115	115	248,25	0,60
	Equipo de Sonido	1	21	21		
	DVD	1	8	8		
	Modem	1	5	5		
Alcoba	Laptop	2	41	82		
	LCD	2	115	230	243,58	1,30
	Celular	2	2	4	152,51	2,07
Cocina	Microondas	1	1100	1100	203,31	64,19
	Horno Eléctrico	1	3000	3000		
	Refrigeradora	1	150	150		
	Cocina de Inducción	1	7600	7600		
	Batidora	1	600	600		
	Licuadora	1	600	600		
Vacío	Lavadora de Ropa	1	760	760	130,98	5,80
Garaje	Motor para Puerta	1	144	144	129,17	1,11
Baño	Secadora de Cabello	1	25	25	178,78	0,14
	Calentador de Agua Eléctrico	1	12000			

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 2.12 Valores de transferencia de calor para alternativa gas

Sección	Equipos	Cantidad	Potencia [W]	Potencia * Cantidad [W* Cantidad]	Áreas [ft <sup>2</sup> ]	Potencia / Área [ W/ft <sup>2</sup> ]
Sala	LCD	1	115	115	248,25	0,60
	Equipo de Sonido	1	21	21		
	DVD	1	8	8		
	Modem	1	5	5		
Alcoba	Laptop	2	41	82		
	LCD	2	115	230	243,58	1,30
	Celular	2	2	4	152,51	2,07
Cocina	Microondas	1	1100	1100	203,31	164,53
	Horno	1	3000	3000		
	Refrigeradora	1	150	150		
	Cocina a Gas	1	28000	28000		
	Batidora	1	600	600		
	Licuadora	1	600	600		
Vacío	Lavadora de Ropa	1	760	760	130,98	5,80
Garaje	Motor para Puerta	1	144	1	129,17	1,11
Baño	Secadora	1	25	25	178,78	0,14
	Calefón a Gas	1	20000			

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 2.13 Valores de transferencia de calor para alternativa gas - electricidad

Sección	Equipos	Cantidad	Potencia [W]	Potencia * Cantidad [W* Cantidad]	Áreas [ft <sup>2</sup> ]	Potencia/ Área [ W/ft <sup>2</sup> ]
Sala	LCD	1	115	115	248,25	0,60
	Equipo de Sonido	1	21	21		
	DVD	1	8	8		
	Modem	1	5	5		
Alcoba	Laptop	2	41	82		
	LCD	2	115	230	243,58	1,30
	Celular	2	2	4	152,51	2,07
Cocina	Microondas	1	1100	1100	203,31	164,53
	Horno	1	3000	3000		
	Refrigeradora	1	150	150		
	Cocina a Gas	1	28000	28000		
	Batidora	1	600	600		
	Licuadora	1	600	600		
Vacío	Lavadora de Ropa	1	760	760	130,98	5,80
Garaje	Motor para Puerta	1	144	144	129,17	1,11
Baño	Secadora de Cabello	1	25	25	178,78	0,14
	Calentador de Agua Eléctrico	1	12000			

(Fuente: Elaboración propia)

Se estimó una cantidad de 4 ocupantes (número de miembros de una familia estándar) por cada vivienda dentro del conjunto habitacional. Esto mediante datos obtenidos por parte de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de Hogares Urbanos y Rurales. No obstante, debido a que el uso de equipos y las actividades no son las mismas en cada miembro del grupo familiar, se efectuó una variación de horarios de acuerdo con las actividades y las zonas de la vivienda donde se las ejecuta. La Tabla 2.14 especifica los valores empleados para una variedad de actividades realizadas en el interior de la construcción. Los horarios a ser empleados se detallarán más adelante.

Tabla 2.14 Valores de transferencia de calor de acuerdo al metabolismo y a la actividad física

<b>Actividad</b>	<b>Intensidad de Actividad [ W/Persona]</b>	<b>Intensidad de Actividad [BTU/Persona]</b>
Dormir	72	246
Sentado Callado	108	369
De Pie	144	492
Leyendo Sentado	99	338
Escribiendo	108	369
Tecleando	117	399
Caminando	180	615
Cocinando	189	645
Limpiando	315	1075

(Fuente: [55])

## 2.2.6 Selección de los equipos ahorradores

La función de los equipos ahorradores eléctricos implementados en las viviendas radica en ofrecen un mejor control del uso de electricidad en zonas abiertas, o donde no se desee la instalación de un interruptor. Entre los equipos que pueden ser instalados se encuentran sensores de ocupación, temporizadores o sensores de luz. La Tabla 2.15 especifica el equipo implementado y la zona en la que se estima su uso.

Tabla 2.15 Cantidad de equipos ahorradores eléctricos por zona

<b>Zona</b>	<b>Equipo Implementado</b>	<b>Cantidad</b>
Escaleras	Sensor de movimiento	1
Entrada del domicilio	Sensor de movimiento	3
Pasillos	Sensor de movimiento	2

(Fuente: Elaboración propia)

Asimismo, se implementaron dos paneles fotovoltaicos que permitirán la generación de energía eléctrica en 2 de 7 alternativas. En la Tabla 2.16 se presenta la información de los paneles.

Tabla 2.16 Información técnica de paneles fotovoltaicos

<b>Marca</b>	SunPower
<b>Modelo</b>	X21-345-COM
<b>Potencia nominal (<math>P_{nom}</math>)</b>	345 [W]
<b>Tolerancia de Potencia</b>	+5/-3%
<b>Avg. Eficiencia de Panel</b>	21,5%
<b>Voltaje Nominal (<math>V_{mpp}</math>)</b>	57,3 [V]
<b>Corriente Nominal (<math>I_{mpp}</math>)</b>	6,02 [A]
<b>Voltaje de circuito abierto (<math>V_{oc}</math>)</b>	68,2 [V]
<b>Corriente de Cortocircuito (<math>I_{sc}</math>)</b>	6,39 [A]
<b>Voltaje Máximo del Sistema</b>	1000 [V] UL <sup>1</sup> 1000 [V] IEC
<b>Fusible de Serie Máxima</b>	15 [A]
<b>Coefficiente de Temperatura de Potencia</b>	-0,29 [%/°C]
<b>Coefficiente de Temperatura de Voltaje</b>	-167,4 [mV/°C]
<b>Coefficiente de Temperatura Actual</b>	2,9 [mV/°C]
<b>Superficie Efectiva de Paneles Fotovoltaicos</b>	1,4 [m <sup>2</sup> ]

(Fuente: [55])

### 2.2.7 Selección de Horarios

El establecimiento de los horarios se basó en el trabajo [39], por medio de esta información, se diseñaron las especificaciones respecto a horarios de iluminación, ventilación natural, ocupación, uso de equipos y calentamiento de agua. En este punto, conviene puntualizar los pasos establecidos por Muñoz y Prado [45] para implementar las respectivas modificaciones:

- 1) Definir el tipo de dato que se va a utilizar
- 2) Definir la temporada o fecha en la que se usará el horario
- 3) Especificar los días en los que se usará el horario



- 4) Especificar el intervalo de horas
- 5) Establecer el valor de acuerdo con el tipo de dato seleccionado.

Los horarios varían en función de la actividad, la zona y la estadía de los ocupantes. Por medio de esto, los horarios se detallan con mayor precisión para cada acción a ser tomada (desde el uso de calentador de agua, hasta el horario de apertura de ventanas). En secciones anteriores se especificaron los valores de cargas internas, y por medio de los horarios se plantea un control de dichos valores. La Tabla 2.17 muestra los horarios implementados para el dormitorio principal, y los otros horarios implementados se precisan en el *Anexo V*.

Tabla 2.17 Horarios para el dormitorio principal

<b>Dormitorio Principal</b>				
<b>Horario para</b>	<b>Días de la Semana</b>	<b>Hora</b>	<b>Tipo</b>	<b>Valor</b>
<b>Iluminación</b>	<b>Lunes – Viernes</b>	00H00- 06H00	Fracción	0
		06H00- 08H00		1
		08H00-17H00		0
		17H00-22H00		1
		22H00-00H00		0
	<b>Sábado y Domingo – Feriados</b>	00H00-08H00		0
		08H00-09H00		1
		10H00-19H00		0
		19H00-00H00		1
<b>Ocupación</b>	<b>Lunes – Viernes</b>	00H00-06H00	Fracción	1
		07H00-08H00		0,5
		08H00-09H00		0,25
		09H00-12H00		0
		12H00-14H00		0,25
		14H00-15H00		0,5
		15H00-20H00		0,75
		20H00-00H00		1
	<b>Sábado y Domingo – Feriados</b>	00H00-11H00		1
		11H00-19H00		0
		19H00-00H00		1
<b>Equipos</b>	<b>Lunes – Viernes</b>	00H00-06H00	Fracción	0,2
		06H00-09H00		0,5
		09H00-15H00		0
		15H00-17H00		0,5
		17H00-22H00		1
		22H00-00H00		0,5
	<b>Sábado y Domingo – Feriados</b>	00H00-06H00		0,2
		07H00-09H00		0,8
		09H00-19H00		0,2
		19H00-00H00		1

(Fuente: Elaboración propia)

## 2.3 Estudio del proceso de construcción

El proceso de construcción se realizó acorde a la información explicada por Mendoza [46]. Dicho de otra manera, se efectuó un estudio detallado del proceso de construcción, con este, se calculó la cantidad de materiales y el tiempo a invertir en cada actividad. Para ello se establecieron los puntos primordiales para la construcción. En la Tabla 2.18 se enlistan los procesos realizados en la edificación de una vivienda.

Tabla 2.18 Listado de actividades a ser realizadas en la construcción de la vivienda

N°	Actividad
1	Actividades Preliminares
2	Movimiento de tierra
3	Estructura
4	Mampostería
5	Enlucidos
6	Contrapiso
7	Revestimientos de pisos
8	Tumbados
9	Revestimiento de paredes
10	Carpintería
11	Cerrajería
12	Ventanaje
13	Piezas sanitarias
14	Instalaciones de agua potable y aguas servidas
15	Instalaciones eléctricas

(Fuente: [46])

## 2.4 Análisis de precios unitarios y costos de construcción

Para el estudio de precios unitarios fue necesario separar cada actividad presentada en la Tabla 2.18 en los rubros detallados en la Tabla 2.19. El análisis de precios unitarios consiste en especificar qué recursos, costos, cantidades y rendimientos serán necesarios por cada rubro. En lo que respecta al tema de rubros, fue necesario realizar un cálculo de la cantidad de materiales (cemento, hierro, entre otros.) a ser utilizados; así como también conocer sus costos en el mercado.

En los cálculos de cada rubro se procede con la suma total de los valores por equipos, materiales, mano de obra y transporte. Al valor final se le añade un 12% por impuesto y

20% de costos indirectos y utilidades. En definitiva, se calcularon alrededor de 45 rubros por cada alternativa. Con los cuales se logra obtener un aproximado del costo a ser vendido.

Tabla 2.19 Listado de rubros para la construcción

<b>Número</b>	<b>Rubros</b>	<b>Número</b>	<b>Rubros</b>
1	Limpieza manual de terreno	24	Pintura
2	Replanteo y nivelación	25	Pintura de caucho externo
3	Excavación de plintos y cimientos	26	Instalación de puertas
4	Relleno suelo natural compactado	27	Closet
5	Desalojo de material	28	Mueble de cocina
6	Replantillo	29	Muebles de baño
7	Plintos	30	Cerraduras
8	Hormigón en losa de	31	Puerta de garaje
9	Hormigón en vigas	32	Pasamano
10	Acero de refuerzo	33	Ventana de aluminio fija
11	Fundición de losa de	34	Inodoro tanque bajo
12	Hormigón en columnas	35	Lavamanos y grifería
13	Relleno de materiales aislantes	36	Ducha articulada completa
14	Bloque de aliviamiento	37	Lavandería
15	Hormigón en muros	38	Fregadero de acero inoxidable
16	Losa de techo	39	Caja de revisión
17	Hormigón en escaleras	40	Tubería de cobre de 1/2
18	Enlucido interior	41	Iluminación
19	Enlucido liso exterior	42	Tomacorrientes
20	Contrapiso	43	Caja de revisión eléctrica
21	Cerámica para pisos	44	Paneles fotovoltaicos
22	Piso flotante	45	Cocina y horno
23	Barredera de madera		

(Fuente: [46])

## **2.5 Selección de alternativas**

En cuanto a la selección de alternativas, se procedió siguiendo dos opciones:

- 1) Selección por medio del costo
- 2) Selección por medio de resultados del software EDGE

La primera opción se enfocó, principalmente, en los costos de construcción; al ser \$80.000 el valor límite, se comparó cada alternativa y se eliminó aquellas que tenían un costo mayor al establecido. Las alternativas restantes fueron simuladas en el software EDGE, obteniendo los porcentajes de ahorro de energía, agua y materiales. Mediante estos valores (y las leyes de EDGE), si la construcción no tiene un ahorro mayor al 20% en energía, agua y materiales, no es posible acreditar, por lo tanto, es descartado.

### 3. RESULTADOS

Con la finalidad de lograr una adecuada validez de las simulaciones, en el presente estudio se realizaron las combinaciones necesarias para evaluar las siete alternativas mostradas en la Tabla 3.1. El presente capítulo presenta y explica los resultados obtenidos de las simulaciones realizadas en los programas eQUEST y EDGE para dichas alternativas; así como las diferencias que presentan

#### 3.1 Alternativas seleccionadas









Por medio del proceso descrito en la Sección 2.5 se obtuvieron 7 alternativas (Tabla 3.1) con diferentes espesores de lozas, WWR, material aislante, equipos calentadores de agua, equipos para cocción de alimentos y sistemas renovables. Los íconos utilizados ayudan a reconocer el tipo de fuente energética utilizada para cocción de alimentos y calentamiento de agua; en total se utilizan cinco íconos:

- a) El primer ícono representa el caso base, una construcción sin cambios o modificación.
- b) El segundo ícono es implementado para alternativas que utilizan únicamente electricidad como fuente de energía en el calentamiento de agua sanitaria y cocción de alimentos.
- c) El tercer ícono representa las alternativas en las cuales se combina electricidad para calentamiento de agua sanitaria y gas de uso doméstico para la cocción de alimentos.
- d) El cuarto ícono es utilizado para la alternativa que emplea gas de uso doméstico para calentamiento de agua sanitaria y cocción de alimentos.
- e) El quinto ícono es utilizado para alternativas que emplean paneles fotovoltaicos como fuente alterna de energía.

Las *Alternativas* 1, 3 y 6 poseen una similitud en el uso de material aislante para paredes (poliestireno expandido), porcentajes de WWR (20%) y espesor de loza (20 cm). Sin embargo, en la *Alternativa* 1 se utiliza energía eléctrica para el calentamiento de agua sanitaria y cocción de alimentos. Esto es similar a la *Alternativa* 6 con la diferencia de que esta última emplea paneles fotovoltaicos para reducir el consumo eléctrico. Por otro lado, la *Alternativa* 3 emplea gas de uso doméstico en el calentamiento de agua y electricidad en la cocción de alimentos.

Las *Alternativas 2, 4 y 5* se asemejan en el material aislante (piedra pómez) y WWR (40%). Sin embargo, las fuentes de energía varían: la *Alternativa 2* incluye equipos que funcionan únicamente con electricidad; la *4* presenta el uso de gas únicamente para cocción de alimentos y la *Alternativa 5* emplea gas para la cocción y calentamiento de agua. Otro parámetro que varía es el espesor del techo. En las *Alternativas 2 y 4*, el espesor de este es de 15 cm, mientras que para la *Alternativa 5*, el techo tiene un espesor de 12 cm. Finalmente, la *Alternativa 7* emplea aserrín como material aislante en las paredes, un WWR de 40%, espesor de la loza de 12 cm y paneles fotovoltaicos para reducir el consumo eléctrico. En la Tabla 2.16 se presenta la información de los paneles fotovoltaicos implementados en las *Alternativas 6 y 7*.

Tabla 3.1 Descripción de alternativas seleccionadas

		Caso Base	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	Alternativa 6	Alternativa 7
									
Pared	Aislante	Ninguna	Poliestireno Expandido	Piedra Pómez	Poliestireno Expandido	Piedra Pómez	Piedra Pómez	Poliestireno Expandido	Aserrín
	Material	Bloques de Concreto	Bloques de Concreto	Bloques de Concreto	Bloques de Concreto	Bloques de Concreto	Bloques de Concreto	Bloques de Concreto	Bloques de Concreto
	Espesor Pared (cm)	15	15	15	15	15	15	15	15
Ventana	Window to Wall Ratio (WWR)	17%	20%	40%	20%	40%	40%	20%	40%
Techo	Material	Concreto Ligero	Concreto Ligero	Concreto Ligero	Concreto Ligero	Concreto Ligero	Concreto Ligero	Concreto Ligero	Concreto Ligero
	Área (m <sup>2</sup> )	49	49	49	49	49	49	49	49
	Espesor (cm)	20	20	15	20	15	12	20	12
Energía	Cocción de Alimentos	Gas	Electricidad	Electricidad	Gas	Gas	Gas	Electricidad	Electricidad
	Agua Caliente Sanitaria	Ducha Eléctrica	Electricidad	Electricidad	Electricidad	Electricidad	Gas	Electricidad	Electricidad
	Iluminación y Equipos	Electricidad	Electricidad	Electricidad	Electricidad	Electricidad	Electricidad	Electricidad	Electricidad
	Sistemas Renovables	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Panel Fotovoltaico	Panel Fotovoltaico
Piso	Material Piso	Concreto	Concreto	Concreto	Concreto	Concreto	Concreto	Concreto	Concreto
	Espesor (cm)	20	20	20	20	20	20	20	20
Puerta	Material	Madera	Madera	Madera	Madera	Madera	Madera	Madera	Madera

(Fuente: elaboración mixta)

En los apartados a continuación, se muestran los resultados de las simulaciones para cada una de las 7 alternativas presentadas en la Tabla 3.1.

### 3.2 Resultados de la temperatura

La Figura 3.1 evidencia el desconfort anual existente en cada alternativa. Se pueden observar las mejoras de cada alternativa en comparación con el caso base. De esta manera, al no poseer algún tipo de modificación, el porcentaje de desconfort (para el caso base) será mayor en un 30%, en comparación con las demás alternativas.

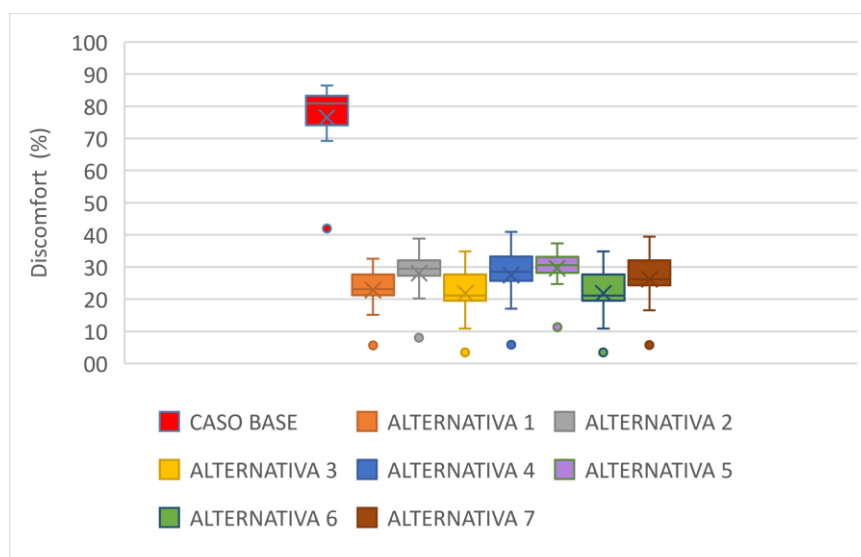


Figura 3.1 Diagrama de caja de desconfort térmico para las 7 alternativas (Fuente: Elaboración propia)

Gallardo y Villacreses [47] exponen la necesidad de implementar guías o normativas para la región andina; ya que, las construcciones de esta zona –en su mayoría– no poseen un estudio previo de confort térmico. Ejemplo de ello es el *caso base*, en los porcentajes de desconfort de las 7 alternativas seleccionadas y presentadas en la Tabla 3.2. Por su parte, las *Alternativas 2, 4, 5 y 7* tienen un porcentaje de desconfort mayor; mientras que las *Alternativas 1, 3 y 6* se encuentran dentro de un rango menor (del 3% al 28%). Por medio de la comparación de valores, la *Alternativa 3* presenta los menores porcentajes de desconfort térmico de las 7.



Tabla 3.2 Porcentajes máximos y mínimos de desconfort térmico de las 7 alternativas

	Caso Base	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	Alternativa 6	Alternativa 7
Media	76,5	22,8	28,1	21,8	27,5	29,5	21,8	26,2
STD	12,1	7,0	7,7	8,5	9,0	6,6	8,5	8,6
Mínimo	42,0	5,6	8,0	3,4	5,8	11,3	3,4	5,7
Q1	74,3	21,4	27,5	19,9	25,7	28,5	19,9	24,3
Q2	80,9	23,1	29,5	21,1	28,5	30,5	21,1	26,2
Q3	83,0	27,3	31,9	27,4	32,0	32,9	27,4	31,0
Máximo	86,4	32,6	38,9	34,8	40,9	37,3	34,8	39,4
Rango Inter Cuartil	8,7	5,9	4,4	7,5	6,3	4,4	7,5	6,7

(Fuente: elaboración mixta)

Con la intención de complementar la información presentada, es necesario conocer las temperaturas operativas para cada una de las alternativas. En la Figura 3.2 se observan los rangos de temperatura a la que se encuentran cada alternativa, siendo el caso base un ejemplo de sobreenfriamiento, pues la temperatura mínima que enfrentará es de 12°C a 23°C. Estos valores se encuentran fuera del rango de confort establecido en la Sección 1.4. En consecuencia, presentará zonas con temperaturas demasiado bajas. Las alternativas con las mejores condiciones (i.e., en las que el sobreenfriamiento y sobrecalentamiento no son muy altos) son la *Alternativa 1* y *3*, cuyos valores de temperatura máximos son: 26°C y 25°C, respectivamente, con un mínimo de 16°C en ambas alternativas. La Tabla 3.3 muestra los valores de temperatura promedio anual para cada alternativa.

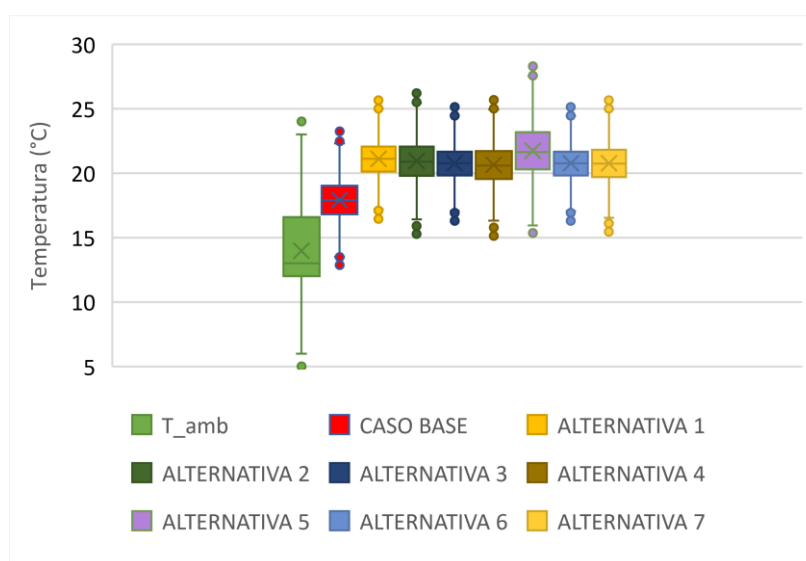


Figura 3.2 Diagrama de caja de temperatura promedio anual de las 7 alternativas  
(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 3.3 Temperaturas máximas y mínimas de disconfort térmico de las 7 alternativas

	T_amb	Caso Base	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	Alternativa 6	Alternativa 7
<b>Media</b>	13,97	17,90	21,11	20,93	20,76	20,64	21,75	20,76	20,76
<b>STD</b>	3,20	1,62	1,42	1,65	1,35	1,60	2,06	1,35	1,56
<b>Mínimo</b>	5	12,86	16,46	15,28	16,29	15,14	15,35	16,29	15,46
<b>Q1</b>	12	16,81	20,12	19,79	19,82	19,54	20,28	19,82	19,69
<b>Q2</b>	13	17,9	21,11	20,9	20,76	20,6	21,63	20,76	20,73
<b>Q3</b>	16,525	19,02	22,07	22,0525	21,67	21,71	23,19	21,67	21,8
<b>Máximo</b>	24	23,24	25,97	26,62	25,46	26,15	28,61	25,46	26,11
<b>Rango Inter Cuartil</b>	4,53	2,21	1,95	2,2625	1,85	2,17	2,91	1,85	2,11

(Fuente: elaboración mixta)

### 3.3 Evaluación del comportamiento térmico de cada alternativa

A continuación, se presentan los valores de temperatura y disconfort para cada zona de la vivienda en función de cada alternativa. Los resultados de disconfort se muestran en función del tipo de incomodidad térmica que se registra (sobrecalentamiento o sobreenfriamiento). Con el fin de facilitar la comprensión del comportamiento térmico, la vivienda fue dividida en dos secciones como se muestra en la Figura 3.3. En el Anexo IV se presentan los planos propuestos de la construcción. Las secciones fueron definidas de acuerdo con la distribución de la vivienda, planteada previamente por la constructora.

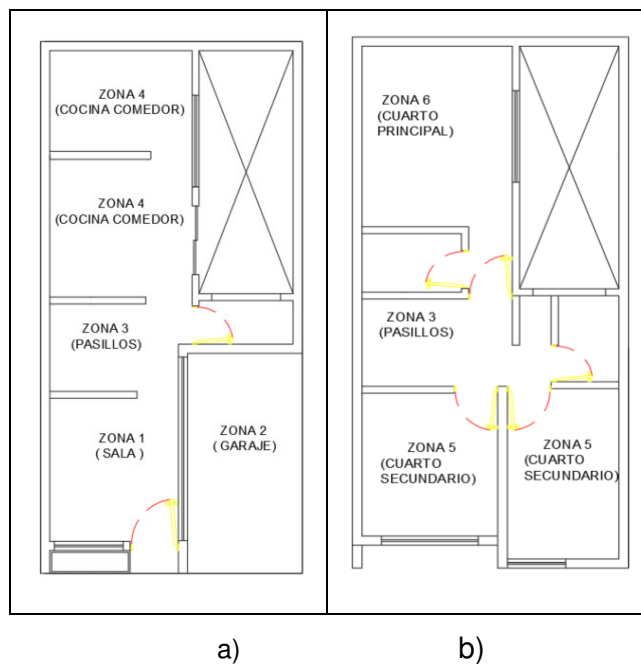


Figura 3.3 Distribución de zonas térmicas; a) Planta Baja, b) Planta Superior  
(Fuente: CABLETEL C.A.)

### 3.3.1 Alternativa 1

Las características de la *Alternativa 1* se indican en la Tabla 3.1. Las variaciones aplicadas para este caso son: el uso de material aislante (poliestireno expandido), WWR 20% y un espesor de loza de 20 cm. En la Figura 3.4 se presentan los valores promedio mensual de temperatura para la actual alternativa. Estos valores fluctúan debido al clima de la zona, la cantidad de equipos, los perfiles de uso, la constancia de los ocupantes por metro cuadrado, entre otros.

Las temperaturas oscilan entre 20°C y 26°C. Esto indica que la construcción tendrá una temperatura ambiente que no afectará a las actividades de las personas. En la recta de temperatura promedio se observa una estabilidad durante los meses de julio a septiembre, y un pequeño incremento para los siguientes tres meses. Para el caso del invierno, se observa una disminución de 1°C que indica que la afectación de las temperaturas internas no será tan considerable.

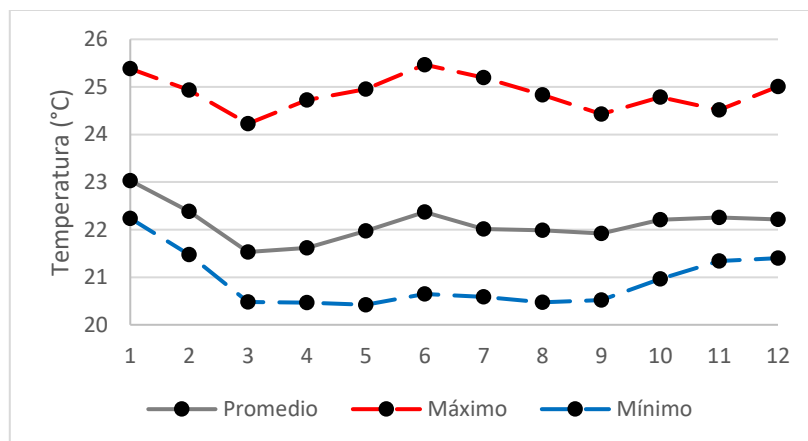


Figura 3.4 Temperatura promedio mensual de la Alternativa 1  
(Fuente: Elaboración propia)

La Figura 3.5 presenta las gráficas de sobrecalentamiento y sobreenfriamiento. Con las gráficas se logra comprobar que el efecto predominante en todas las zonas es el sobreenfriamiento, y esto puede deberse al incremento del WWR y a contar con un techo expuesto a la intemperie. Los porcentajes presentados en torno al sobreenfriamiento de los cuartos se encuentran hasta un rango máximo de 18%. Con este valor se demuestra la presencia de temperaturas menores a 20°C que afecta a los habitantes de la vivienda. La zona con mayor porcentaje de sobreenfriamiento es el garaje, pero al ser una zona poco frecuentada, se la descarta.

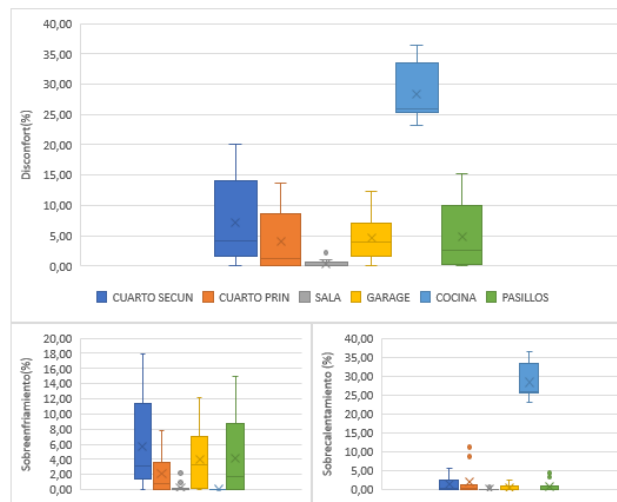


Figura 3.5 Diagramas de caja de disconfort para las zonas de Alternativa 1  
(Fuente: Elaboración propia)

Con el propósito de mostrar la afectación, en términos de temperatura, de una zona con otra, se llevó a cabo un estudio de correlaciones implementado el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson (Tabla 3.4). Mediante este análisis se puede conocer el grado de correlación de una zona con otra mientras mayor sea el valor absoluto del coeficiente de Pearson, más fuerte será la relación entre las variables. Por el contrario, mientras el valor se encuentra cercano a 0, no existe correlación entre cada zona [45].

Tabla 3.4 Matriz de coeficiente de correlación lineal de Pearson entre temperaturas internas

Zonas	Temperatura	Cuarto Secundario	Cuarto Principal	Pasillos	Sala	Garaje	Cocina
Planta Superior	Cuarto Secundario	1	0,95	0,99	0,70	0,71	0,41
	Cuarto Principal	0,95	1	0,93	0,66	0,81	0,48
	Pasillos	0,99	0,93	1	0,68	0,68	0,39
Planta Inferior	Sala	0,70	0,66	0,68	1	0,26	0,86
	Garaje	0,71	0,81	0,68	0,26	1	0,11
	Cocina	0,41	0,48	0,39	0,86	0,11	1

(Fuente: Elaboración mixta)

Las zonas que poseen una alta correlación son: el cuarto principal y el cuarto secundario, pues al estar conectados con un pasillo, tienen una relación de 0,99. Para las zonas de la planta baja como la cocina (que es considerada un solo ambiente con el comedor), al encontrarse conectada con un corredor, alcanza una correlación alta (con un valor de 0,86).

En el caso del garaje y el cuarto secundario, la correlación calculada es de 0,81, al ser dos zonas ubicadas una sobre otra y estar separadas por 20 cm de concreto. Debido a ello, y al vínculo mediante un corredor, se produce una conexión entre el garaje y el cuarto secundario con una relación de 0,71.

### 3.3.2 Alternativa 2

Al igual que la *Alternativa 1*, para esta opción se incluyó la modificación del material aislante (piedra pómez), un WWR de 40% y un techo con un espesor de 15cm. En la Figura 3.6 se presentan valores promedio mensual de temperatura para la *Alternativa 2*. Las temperaturas alcanzadas son menores a 25°C y mayores a 19°C. La recta mínima y promedio presentan una tendencia cercana que es notoriamente mayor en los meses de invierno. Esto indica que la construcción tendrá problemas de sobreenfriamiento. Esto se genera por el tipo de material aislante en la pared, y el incremento en WWR. Como resultado, la implementación de estas modificaciones genera condiciones que compromete con el confort de los usuarios.

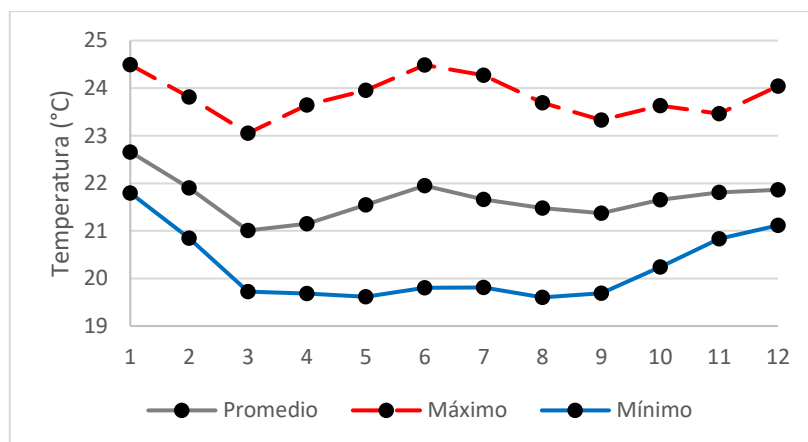


Figura 3.6 Temperatura promedio mensual de la Alternativa 2  
(Fuente: Elaboración propia)

Los detalles acerca del desconfort producido por el sobrecalentamiento y sobreenfriamiento se muestran en la Figura 3.7. El sobreenfriamiento destaca en áreas importantes como la sala y la cocina, con valores hasta 55%. En el efecto de sobrecalentamiento, los valores se encuentran dentro de un rango aceptable, pues estos no exceden el 25% y proyectan la ausencia de temperaturas demasiado altas en el transcurso del año.

Por medio de la gráfica de disconfort, se podría afirmar que el cuarto principal y los secundarios tienen un porcentaje de confort aceptable y no mostrarán temperaturas internas altas o bajas, pues exponen rangos entre 0% y 27%. No obstante, al recordar los valores de cocina y sala (entre 0% y 55%), es importante una reconsideración térmica para estas zonas.

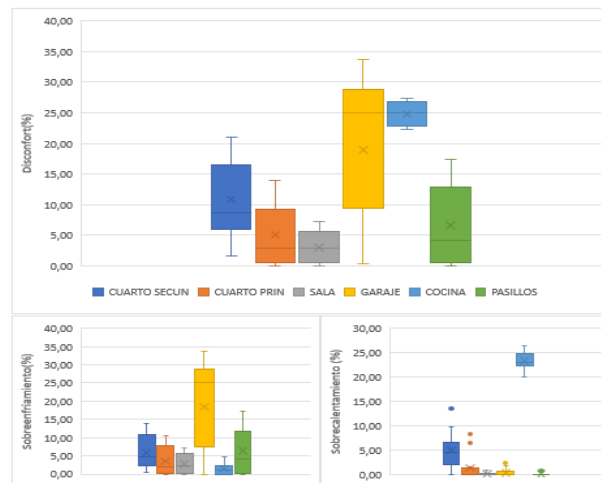


Figura 3.7 Diagramas de caja de disconfort para las zonas de la Alternativa 2 (Fuente: Elaboración propia)

Con la finalidad de lograr una perspectiva general más clara con respecto al comportamiento térmico de las zonas que componen la vivienda, se realizó un estudio de correlaciones implementando el método de Pearson, como se presenta en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5 Matriz de coeficiente correlación lineal de Pearson entre temperaturas internas

Zonas	Temperatura	Cuarto Secundario	Cuarto Principal	Pasillos	Sala	Garaje	Cocina
Planta Superior	Cuarto Secundario	1	0,93	0,98	0,70	0,72	0,60
	Cuarto Principal	0,93	1	0,93	0,63	0,83	0,68
	Pasillos	0,98	0,93	1	0,67	0,72	0,59
Planta Inferior	Sala	0,70	0,63	0,67	1	0,20	0,90
	Garaje	0,72	0,83	0,72	0,20	1	0,31
	Cocina	0,60	0,68	0,59	0,90	0,31	1

(Fuente: Elaboración mixta)

Al igual que la alternativa anterior, la relación mayor se presenta entre el cuarto secundario, pasillos y cuarto principal con valores de 0,927 y 0,981, respectivamente. Para la planta

inferior, las zonas con una alta relación son: sala y cocina con un valor de 0,895. Esto puede deberse a que son zonas lindantes que pertenecen a una misma planta y que no están separadas por grandes distancias.

### 3.3.3 Alternativa 3

Se encuentra compuesta por las mismas variaciones que la *Alternativa 1*, pero con una variante en una de las fuentes de calor: la implementación de una cocina que usa gas doméstico. La Figura 3.8 presenta los valores promedio de temperatura mensual para la *Alternativa 3*; donde, la recta promedio posee una tendencia muy cercana con la recta de mínimo, especialmente en los meses de invierno (noviembre a marzo). Durante los meses de verano (junio a julio) se evidencia una separación.

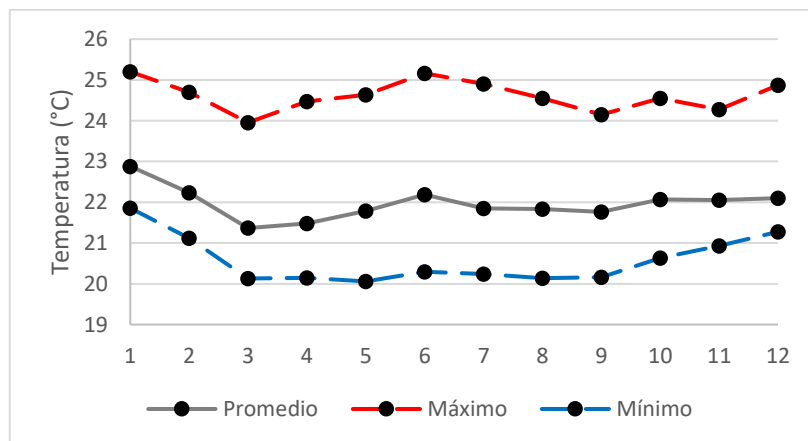


Figura 3.8 Temperaturas promedio mensual de la Alternativa 3  
(Fuente: Elaboración propia)

Un estudio más detallado se muestra en la Figura 3.9, en la gráfica de sobrecalentamiento exhibe un incremento notorio en la zona de la cocina, con un mínimo de 24% y un máximo de 38%. En contraste, a pesar del porcentaje de sobrecalentamiento, también se genera un efecto de sobreenfriamiento, con mínimo de 0% y un máximo de 19%. Dentro de la zona de garaje. El discomfort se presenta con un porcentaje más alto en comparación con las otras zonas, pero esta puede descartarse pues la zona en cuestión no posee un rango alto de uso.

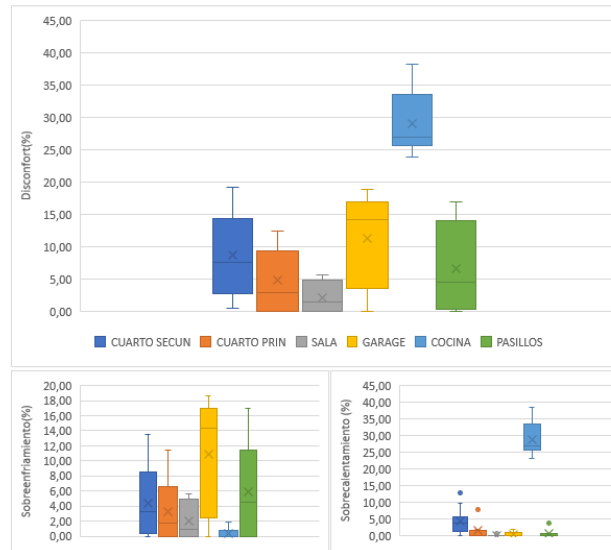


Figura 3.9 Diagramas de caja de confort para las zonas de Alternativa 3  
(Fuente: Elaboración propia)

Mediante la Tabla 3.6, se presentan los valores de correlación de Pearson para cada zona, con lo cual las secciones cuarto principal y secundario poseen una relación de 0,95. La conexión existente entre las dos zonas es a través de un pasillo con una relación de 0,99, indicando que las temperaturas que se va a tener serán muy similares.

Tabla 3.6 Matriz de coeficiente de correlación lineal de Pearson entre temperaturas internas

Zonas	Temperatura	Cuarto Secundario	Cuarto Principal	Pasillos	Sala	Garaje	Cocina
Planta Superior	Cuarto Secundario	1	0,95	0,99	0,70	0,71	0,41
	Cuarto Principal	0,95	1	0,94	0,66	0,81	0,48
	Pasillos	0,99	0,94	1	0,66	0,68	0,37
Planta Inferior	Sala	0,70	0,66	0,66	1	0,26	0,86
	Garaje	0,71	0,81	0,68	0,26	1	0,11
	Cocina	0,41	0,48	0,37	0,86	0,11	1

(Fuente: Elaboración mixta)

### 3.3.4 Alternativa 4

Las variaciones implementadas son semejantes a la *Alternativa 2*, pero con un cambio en una de las fuentes de calor: se emplea un equipo de cocción de alimentos que utiliza gas de uso doméstico. En la Figura 3.10 se presentan los promedios mensuales de temperaturas para la *Alternativa 4*, y se comprueba que las relaciones de temperatura de cada zona por mes exponen un incremento o decremento. Con base en las tres rectas, se



estipula que durante los meses de invierno habrá ciertos problemas de sobreenfriamiento que afectará a los habitantes, especialmente el mes de marzo. Para los meses de verano, se estima una temperatura no mayor a los 24°C, lo cual es beneficioso visto que no afectará al confort interno de la construcción.

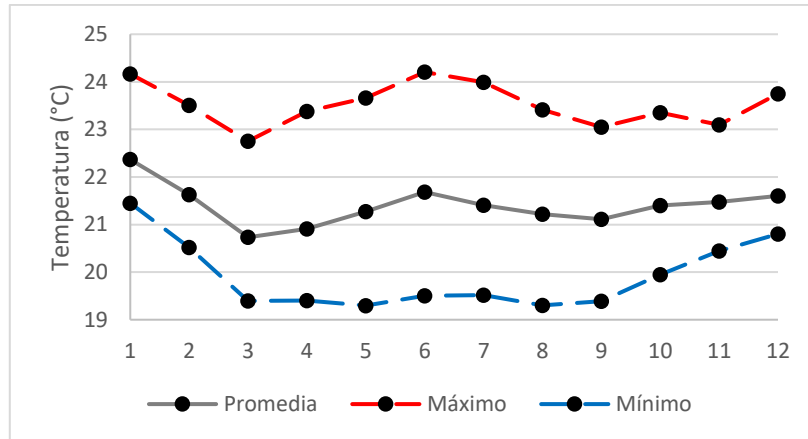


Figura 3.10 Temperaturas promedio mensual de la Alternativa 4  
(Fuente: Elaboración propia)

En la Figura 3.11 se presentan los diagramas de sobrecalentamiento, sobreenfriamiento y discomfort, y es notorio que la zona de la cocina posee los porcentajes más altos en el aspecto de sobrecalentamiento. Las razones para este fenómeno son el cambio de fuente de calor o las dimensiones de las ventanas, al igual que las otras alternativas, todas las zonas presentan altos porcentajes de sobreenfriamiento debido al material aislante o a la temperatura de la zona establecida. Los porcentajes de discomfort para zonas principales, cuarto principal y secundario, presentan condiciones adecuadas y no varían en porcentajes altos (hasta 23%).

La Tabla 3.7 presenta un estudio de relaciones de Pearson para cada zona e indica que el cuarto principal y secundario poseen una relación de 0,93 (esto se debe a la conexión con la zona de pasillos); lo que corrobora los resultados obtenidos en el discomfort térmico.

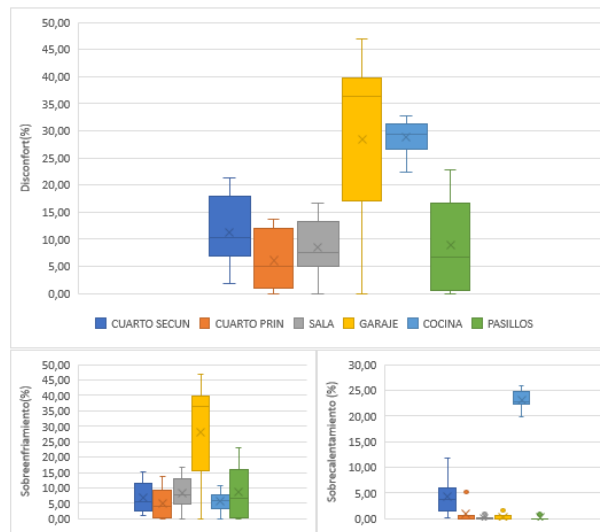


Figura 3.11 Diagramas de caja de disconfort para las zonas de la Alternativa 4 (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 3.7 Matriz de coeficiente de correlación lineal de Pearson entre temperaturas internas

Zonas	Temperatura	Cuarto Secundario	Cuarto Principal	Pasillos	Sala	Garaje	Cocina
Planta Superior	Cuarto Secundario	1	0,93	0,98	0,70	0,72	0,60
	Cuarto Principal	0,93	1	0,94	0,63	0,83	0,68
	Pasillos	0,98	0,94	1	0,66	0,72	0,56
Planta Inferior	Sala	0,70	0,63	0,66	1	0,20	0,90
	Garaje	0,72	0,83	0,72	0,20	1	0,31
	Cocina	0,60	0,68	0,56	0,90	0,31	1

(Fuente: Elaboración mixta)

### 3.3.5 Alternativa 5

Las variaciones aplicadas a esta alternativa tienen semejanza con las *Alternativas 2 y 4*, debido al material aislante y WWR. Pero, esta alternativa presenta cambios en comparación con las otras: la implementación de un techo de 12 cm de espesor y los equipos tanto para cocción de alimentos cuanto para calentamiento de agua utilizan gas de uso doméstico.

Los valores promedio mensuales de temperatura para la *Alternativa 5* los detalla la Figura 3.12. En este caso particular, se evidencian problemas de sobrecalentamiento en los meses de verano, con una temperatura mayor a los 26°C. A pesar de ello, el problema de sobreenfriamiento está presente y se grafica entre las rectas promedio e inferior. Todo ello puede deberse al cambio del espesor del techo y los valores de WWR.

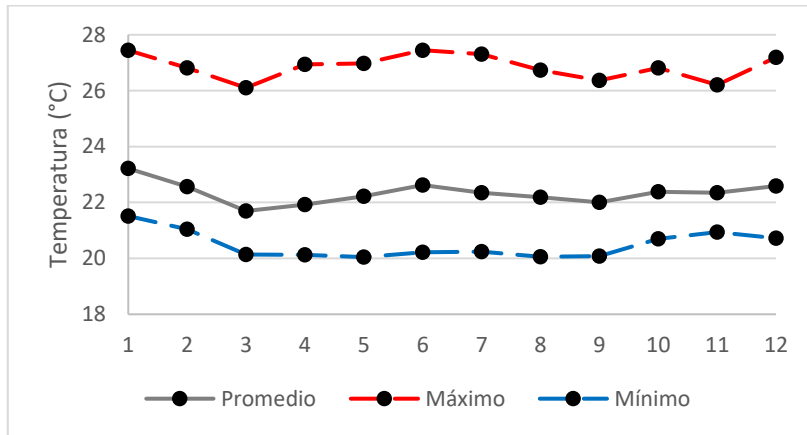


Figura 3.12 Temperaturas promedio mensual de la Alternativa 5  
(Fuente: Elaboración propia)

Los porcentajes de disconfort térmico (graficados la Figura 3.13) indican que el efecto de sobreenfriamiento es el predominante, con un máximo de 45%. Por consiguiente, la zona creará cierto nivel de incomodidad debido a la temperatura reducida. Sin embargo, las zonas como cuarto principal y secundario llegan a un máximo de 13% y 11 % indicando que los niveles de sobreenfriamiento se encuentran dentro de un rango de aceptación.

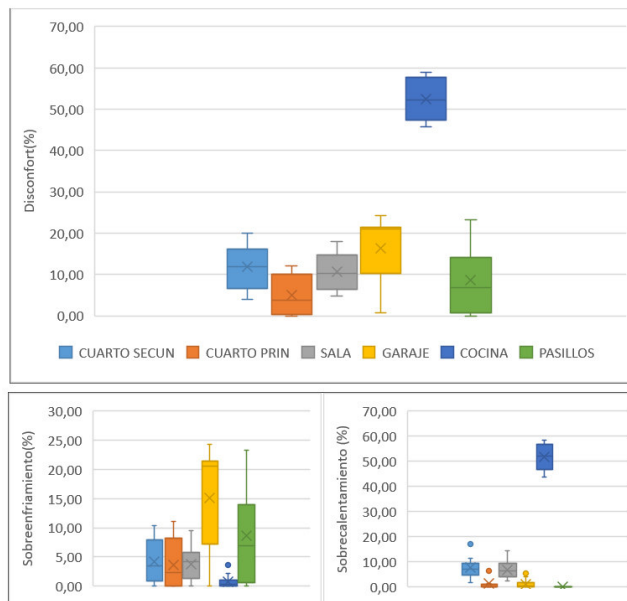


Figura 3.13 Diagramas de caja de disconfort para las zonas de la Alternativa 5  
(Fuente: Elaboración propia)

A fin de complementar la información de desconfort térmico, se presenta la Tabla 3.8. Con esto se puntualiza la relación existente entre cocina y sala, con un valor de coeficiente de Pearson del 0,84 generado por la conexión entre estas zonas (al ser un pequeño corredor y estar separados por una pared).

Tabla 3.8 Matriz de coeficiente de correlación lineal de Pearson entre temperaturas internas

Zonas	Temperatura	Cuarto Secundario	Cuarto Principal	Pasillos	Sala	Garaje	Cocina
Planta Superior	Cuarto Secundario	1	0,93	0,98	0,68	0,73	0,46
	Cuarto Principal	0,93	1	0,93	0,63	0,82	0,52
	Pasillos	0,98	0,93	1	0,67	0,72	0,49
Planta Inferior	Sala	0,68	0,63	0,67	1	0,19	0,84
	Garaje	0,73	0,82	0,72	0,19	1	0,20
	Cocina	0,46	0,52	0,49	0,84	0,20	1

(Fuente: Elaboración mixta)

### 3.3.6 Alternativa 6

Esta alternativa muestra similitudes con la *Alternativa 1*: emplea el mismo material aislante, equipos, espesor de techo y WWR, pero exhibe un aumento al emplear paneles fotovoltaicos. En la Figura 3.14 se presentan los valores promediados mensuales de temperatura para la *Alternativa 6*, arrojando valores análogos a la *Alternativa 1*. El equipo adicional no afecta directamente en el ámbito de generación de calor interno, sino que cambia en el consumo energético.

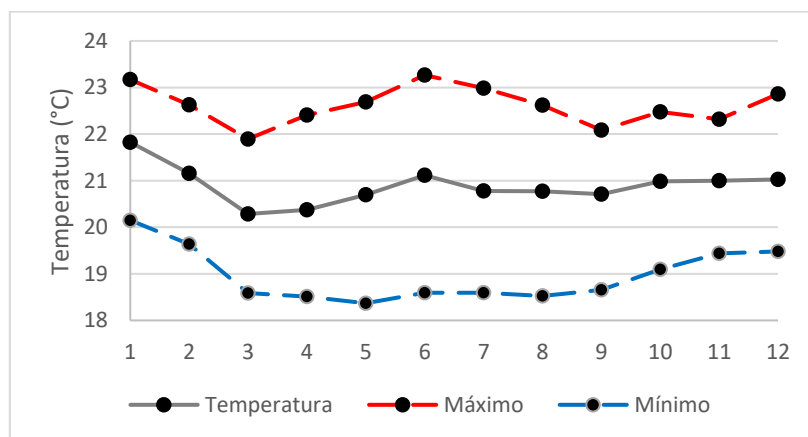


Figura 3.14 Temperaturas promedio mensual de la Alternativa 6  
(Fuente: Elaboración propia)

### 3.3.7 Alternativa 7

Las variaciones aplicadas para esta opción radican en el empleo como material aislante aserrín (virutas de madera), un WWR del 40%, una loza con espesor de 12cm, y una fuente alterna de energía por medio de paneles fotovoltaicos. La Figura 3.15 muestra los valores promedio de temperatura mensual para la *Alternativa 7*, y lo que más llama la atención es el notorio efecto de sobreenfriamiento con temperaturas menores a los 19°C. Por su parte, durante los meses de verano, la recta promedio tiende hacia temperaturas mayores a 20°C y, en caso de exceder los 26°C, generará un efecto de sobrecalentamiento.

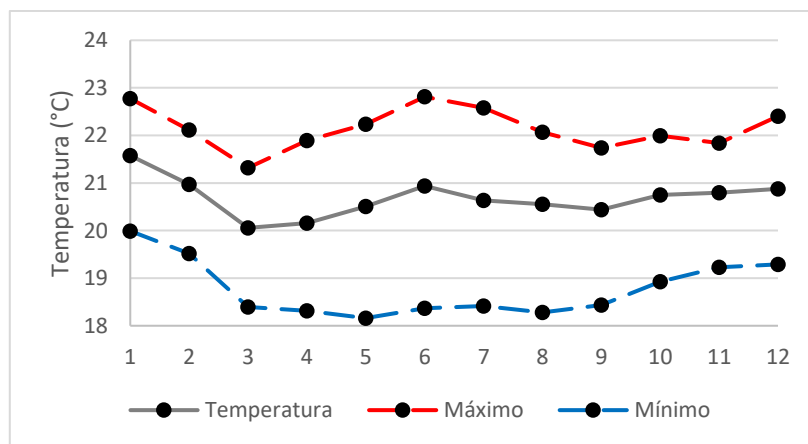


Figura 3.15 Temperaturas promedio mensual de la Alternativa 7  
(Fuente: Elaboración propia)

En la Figura 3.16 se presentan los valores de desconfort térmico donde despunta el diagrama de sobrecalentamiento. En la gráfica se presenta un porcentaje máximo de 22% y un mínimo de 17% en la zona cocina; mientras que para el caso de cuarto secundario se esboza un máximo de 14% y mínimo de 3%. Cabe señalar que, debido a la corta diferencia en los valores, existe cierto rango de desconfort producido por un calentamiento. Conjuntamente a lo expuesto, otro problema que afecta en términos globales a la construcción es el sobreenfriamiento, pues sus valores se encuentran dentro de un rango alto y esto puede deberse al material aislante empleado o el WWR. Cada zona de la construcción se encuentra relacionada recíprocamente por una pared compartida o por la conexión con un corredor. Esto se puede conocer con mayor detalle en la Tabla 3.9.

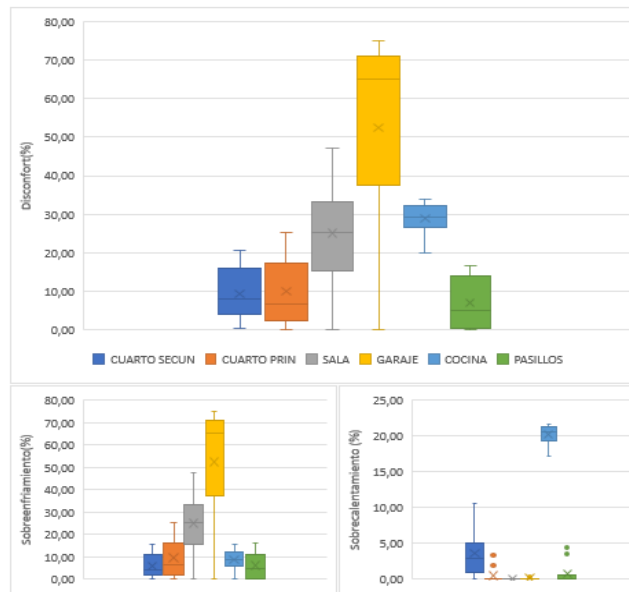


Figura 3.16 Diagramas de caja de disconfort para las zonas de la Alternativa 7  
(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 3.9 Matriz de coeficiente de correlación lineal de Pearson entre temperaturas internas

Zonas	Temperatura	Cuarto Secundario	Cuarto Principal	Pasillos	Sala	Garaje	Cocina
Planta Superior	Cuarto Secundario	1	0,94	0,98	0,66	0,73	0,61
	Cuarto Principal	0,94	1	0,96	0,70	0,75	0,76
	Pasillos	0,98	0,96	1	0,66	0,69	0,61
Planta Inferior	Sala	0,66	0,70	0,66	1	0,20	0,85
	Garaje	0,73	0,75	0,69	0,20	1	0,45
	Cocina	0,61	0,76	0,61	0,85	0,45	1

(Fuente: Elaboración mixta)

### 3.4 Resultados EDGE

El presente apartado despliega los resultados obtenidos por medio de la simulación generada con el programa EDGE para las 7 alternativas presentadas anteriormente. Los resultados exhibidos engloban los porcentajes de ahorro de energía, agua y materiales.

EDGE, también proporciona información del costo incremental, ahorro mensual y tiempo de retorno. El costo incremental son los valores adicionales de implementar las medidas de eficiencia seleccionadas [54]. Para su cálculo EDGE implementa una base de datos globales promedio. El ahorro mensual es la reducción de costos de las facturas de servicios públicos. El tiempo de retorno es el número de años necesarios para amortizar el costo incremental en comparación con el ahorro de costos provenientes de servicios públicos [54].

#### 3.4.1 Alternativa 1

Al revisar la Figura 3.17 se evidencian los resultados obtenidos en el simulador EDGE. En este caso, se implementa un material aislante (poliestireno expandido), un techo de loza de 20cm, además de la eliminación completa del gas doméstico por energía eléctrica.

Cada dato ingresado en el programa de simulación fue primordial, pues de esto depende el incremento o disminución de ahorro. Para este caso se presenta un ahorro energético del 44%; de agua, 24%; y de materiales, 67% con la información detallada en la Tabla 3.10.

La implementación de estos datos característicos permite obtener un retorno del costo incremental en un plazo de 73 años, con un ahorro mensual de \$4,09. El Anexo VI contiene el informe arrojado por el programa.

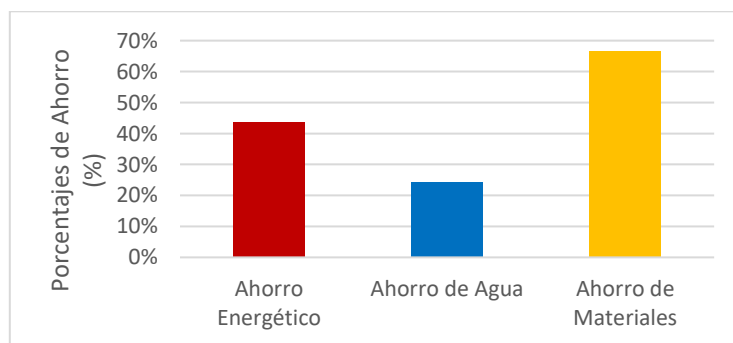


Figura 3.17 Resultados EDGE de ahorro en energía, agua y materiales para Alternativa 1 (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 3.10 Datos utilizados en EDGE para Alternativa 1

<b>Energía</b>	
<b>Especificación</b>	<b>Valor</b>
Reducción de la Proporción de vidrio en la fachada exterior	20% WWR
Pintura reflectiva/tejas para techo: reflectividad solar (albedo) de 0,7	SR 0,25
Pintura reflectiva para paredes externas: reflectividad solar (albedo) de 0,7	SR 0,65
Aislamiento del techo - Valor-U de 0,45	2,54 W/m <sup>2</sup> *K
Aislamiento térmico de paredes externas - Valor-U: 0,44	0,37 W/m <sup>2</sup> *K
Vidrio de alto rendimiento térmico - Valor-U: 1.9 W/m <sup>2</sup> . K y SHGC: 0,45	3 W/m <sup>2</sup> *K
Ventilación natural	Seleccionado
Refrigeradores y lavadoras de ropa energéticamente eficientes	Seleccionado
Bombillas ahorradoras de energía - Espacios internos	Seleccionado
Bombillas ahorradoras de energía - Áreas comunes y espacios externos	Seleccionado
Controles de iluminación para áreas comunes y externas	Seleccionado
<b>Agua</b>	
Cabezales de ducha de bajo flujo	9 [lts/min]
Grifos de bajo flujo para cocina	6 [lts/min]
Grifos de bajo flujo en todos los baños -	6 [lts/min]
Descarga doble para inodoros en todos los baños - 6 lts en la primera descarga y 3 lts	3 [lts] y 4,8 [lts]
<b>Materiales</b>	
Losas de piso y entrepiso [Losa reforzada de concreto en obra]	200 [mm]
Construcción de cubierta [Losa aligerada de concreto]	200 [mm]
Paredes externas [Bloques de concretos huecos]	200 [mm]
Acabado de piso [Baldosa cerámica] y [Parqué]	50%-50%
Marcos de ventana [Aluminio]	100%
Aislamiento de paredes	Poliestireno Expandido

(Fuente: Elaboración Mixta)



### 3.4.2 Alternativa 2

En esta alternativa se reduce el consumo energético por los cambios dados en el espesor de la loza, WWR y el material aislante (obteniendo una reducción de un 11%); lo cual indica que la combinación ofrece un ahorro superior a la mínima establecida por EDGE. En la Figura 3.18 se grafican los porcentajes de ahorros en energía, agua y materiales. La potencial característica de esta alternativa es su alto porcentaje de ahorro en materiales y la reducción del espesor de la losa del techo.

La Tabla 3.11 puntualiza los valores a ingresar en esta alternativa en cuanto a la energía, agua y materiales. La implementación de estos datos permite obtener un retorno del costo incremental en un plazo de 147 años, con un ahorro mensual de \$4,09. En el Anexo VII presenta el informe realizado por el programa, mismo que detalla costos y consumos.

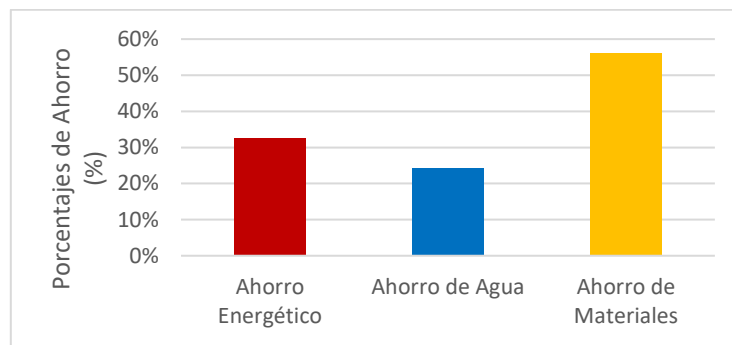


Figura 3.18 Resultados EDGE de ahorro en energía, agua y materiales para la Alternativa 2 (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 3.11 Datos utilizados en EDGE para la Alternativa 2

Energía	
Especificación	Valor
Reducción de la Proporción de vidrio en la fachada exterior	40% WWR
Pintura reflectiva/tejas para techo: reflectividad solar (albedo) de 0,7	SR 0,25
Pintura reflectiva para paredes externas: reflectividad solar (albedo) de 0,7	SR 0,65
Aislamiento del techo - Valor-U de 0,45	3,03 [W/m <sup>2</sup> *K]
Aislamiento térmico de paredes externas - Valor-U: 0,44	1,01 [W/m <sup>2</sup> *K]
Vidrio de alto rendimiento térmico - Valor-U: 1,9 W/m <sup>2</sup> . K y SHGC: 0,45	3 [W/m <sup>2</sup> *K]
Ventilación natural	Seleccionado

<b>Especificación</b>	<b>Valor</b>
Refrigeradores y lavadoras de ropa energéticamente eficientes	Seleccionado
Bombillas ahorradoras de energía - Espacios internos	Seleccionado
Bombillas ahorradoras de energía - Áreas comunes y espacios externos	Seleccionado
Controles de iluminación para áreas comunes y externas	Seleccionado
<b>Agua</b>	
Cabezales de ducha de bajo flujo	9 [lts/min]
Grifos de bajo flujo para cocina	6 [lts/min]
Grifos de bajo flujo en todos los baños -	6 [lts/min]
Descarga doble para inodoros en todos los baños - 6 lts en la primera descarga y 3 lts	3 [lts] y 4,8 [lts]
<b>Materiales</b>	
Losas de piso y entrepiso [Losa reforzada de concreto en obra]	200 [mm]
Construcción de cubierta [Losa aligerada de concreto]	150 [mm]
Paredes externas [Bloques de concretos huecos]	200 [mm]
Acabado de piso [Baldosa cerámica] y [Parqué]	50%-50%
Marcos de ventana [Aluminio]	100%
Aislamiento de paredes	Piedra Pómez

(Fuente: Elaboración mixta)

### 3.4.3 Alternativa 3

Esta alternativa es la primera opción que trabaja con un sistema combinado de recursos entre gas licuado de petróleo y electricidad; se consideró el uso de gas para la cocción de alimentos, y la electricidad para el calentamiento de agua. Por un lado, en la Figura 3.19 se grafican los valores de ahorro de energía, agua y materiales, y se evidencia que el porcentaje de ahorro energético es mayor que la *Alternativa 2*, con un valor del 42%.

Por otro lado, la Tabla 3.12 precisa los valores a ser ingresados para energía, agua y materiales, destacando que el uso de equipos que funcionan con gas produce una reducción del ahorro energético si se lo compara con la *Alternativa 1*. La implementación de esta información permite obtener un retorno del costo incremental en un plazo de 74 años, con un ahorro mensual de \$4,09. En el *Anexo VIII* se presenta el informe realizado por el programa en el cual se detalla costos y consumos.

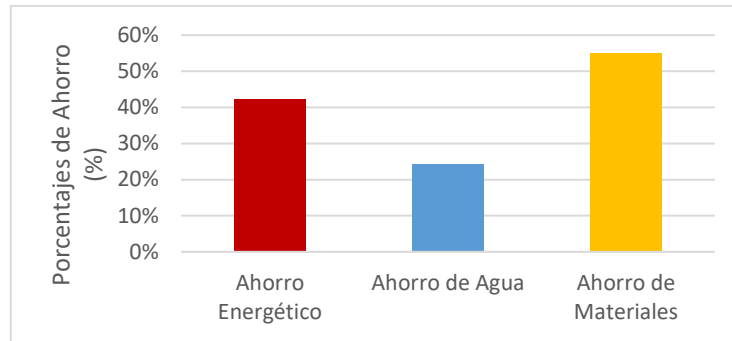


Figura 3.19 Resultados EDGE de ahorro en energía, agua y materiales para la Alternativa 3 (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 3.12 Datos utilizados en EDGE para la Alternativa 3

<b>Energía</b>	
<b>Especificación</b>	<b>Valor</b>
Reducción de la Proporción de vidrio en la fachada exterior	20% WWR
Pintura reflectiva/tejas para techo: reflectividad solar (albedo) de 0,7	SR 0,25
Pintura reflectiva para paredes externas: reflectividad solar (albedo) de 0,7	SR 0,65
Aislamiento del techo - Valor-U de 0,45	2,54 [W/m <sup>2</sup> *K]
Aislamiento térmico de paredes externas - Valor-U: 0,44	0,37 [W/m <sup>2</sup> *K]
Vidrio de alto rendimiento térmico - Valor-U: 1,9 W/m <sup>2</sup> . K y SHGC: 0,45	3 [W/m <sup>2</sup> *K]
Ventilación natural	Seleccionado
Refrigeradores y lavadoras de ropa energéticamente eficientes	Seleccionado
Bombillas ahorradoras de energía - Espacios internos	Seleccionado
Bombillas ahorradoras de energía - Áreas comunes y espacios externos	Seleccionado
Controles de iluminación para áreas comunes y externas	Seleccionado
<b>Agua</b>	
Cabezales de ducha de bajo flujo	9 [lts/min]
Grifos de bajo flujo para cocina	6 [lts/min]
Grifos de bajo flujo en todos los baños -	6 [lts/min]
Descarga doble para inodoros en todos los baños - 6 lts en la primera descarga y 3 lts	3 [lts] y 4,8 [lts]
<b>Materiales</b>	
Losas de piso y entepiso [Losas reforzadas de concreto en obra]	200 [mm]
Construcción de cubierta [Losas aligeradas de concreto]	200 [mm]
Paredes externas [Bloques de concretos huecos]	200 [mm]
Acabado de piso [Baldosa cerámica] y [Parqué]	50%-50%
Marcos de ventana [Aluminio]	100%
Aislamiento de paredes	Poliestireno Expandido

(Fuente: Elaboración mixta)

### 3.4.4 Alternativa 4

Esta alternativa es una combinación entre las opciones 2 y 3, y arroja los resultados caracterizados en la Figura 3.20. Se observa que el ahorro de energía es de 33% y ahorro de materiales 55% (Tabla 3.13). La variación producida –en comparación con la *Alternativa 3*– es de 9% en energía, debido al material aislante empleado (piedra pómez); al no poseer características similares al poliestireno. Con la implementación de esta información se obtiene un retorno del costo incremental en un plazo de 105 años, con un ahorro mensual de \$4,09. En el *Anexo IX* se presenta el informe del programa de simulación con el respectivo detalle de costos y consumos.

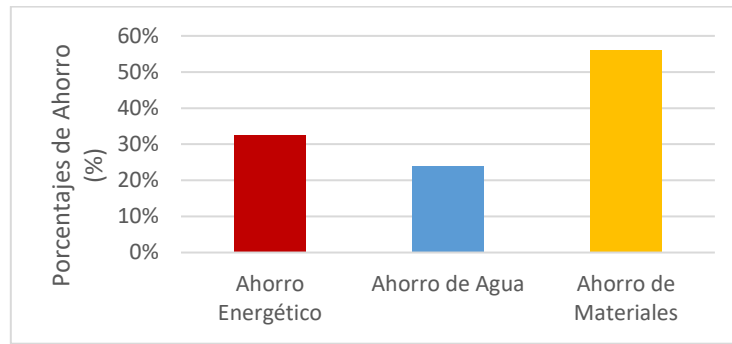


Figura 3.20 Resultados EDGE de ahorro en energía, agua y materiales para la Alternativa 4 (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 3.13 Datos utilizados en EDGE para la Alternativa 4

Energía	
Especificación	Valor
Reducción de la Proporción de vidrio en la fachada exterior	40% WWR
Pintura reflectiva/tejas para techo: reflectividad solar (albedo) de 0,7	SR 0,25
Pintura reflectiva para paredes externas: reflectividad solar (albedo) de 0,7	SR 0,65
Aislamiento del techo - Valor-U de 0,45	3,03 [W/m <sup>2</sup> *K]
Aislamiento térmico de paredes externas - Valor-U: 0,44	1,01 [W/m <sup>2</sup> *K]
Vidrio de alto rendimiento térmico - Valor-U: 1,9 W/m <sup>2</sup> . K y SHGC: 0,45	3 [W/m <sup>2</sup> *K]
Ventilación natural	Seleccionado
Refrigeradores y lavadoras de ropa energéticamente eficientes	Seleccionado
Bombillas ahorradoras de energía - Espacios internos	Seleccionado
Bombillas ahorradoras de energía - Áreas comunes y espacios externos	Seleccionado

<b>Especificación</b>	<b>Valor</b>
Controles de iluminación para áreas comunes y externas	Seleccionado
<b>Agua</b>	
Cabezales de ducha de bajo flujo	9 [lts/min]
Grifos de bajo flujo para cocina	6 [lts/min]
Grifos de bajo flujo en todos los baños -	6 [lts/min]
Descarga doble para inodoros en todos los baños - 6 lts en la primera descarga y 3 lts	3 [lts] y 4,8 [lts]
<b>Materiales</b>	
Losas de piso y entrepiso [Losas reforzadas de concreto en obra]	200 [mm]
Construcción de cubierta [Losas aligeradas de concreto]	150 [mm]
Paredes externas [Bloques de concretos huecos]	200 [mm]
Acabado de piso [Baldosa cerámica] y [Parqué]	50%-50%
Marcos de ventana [Aluminio]	100%
Aislamiento de paredes	Piedra Pómez

(Fuente: Elaboración mixta)

### 3.4.5 Alternativa 5

Las diferencias aplicadas a esta alternativa son las más destacables; ya que, el equipo a ser considerado utilizará gas doméstico para su funcionamiento y emplea las mismas variaciones que en las *Alternativas 2 y 4*. Debido a ello, y en comparación con las otras seis alternativas, los valores trazados en la Figura 3.21 son los menores en materia de ahorro de energía, con un valor de 29% y, en el caso de materiales, con un valor del 55%.

En la Tabla 3.14 se presenta la información a ser ingresada para la correspondiente simulación energética. La implementación de estos datos permite obtener un retorno del costo incremental en un plazo de 88 años, con un ahorro mensual de \$6,88. En el *Anexo X* se presenta el informe realizado por el programa en el cual se detalla costos y consumos.

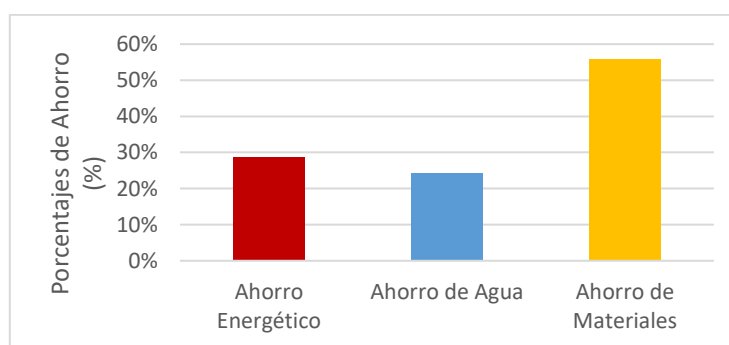


Figura 3.21 Resultados EDGE de ahorro en energía, agua y materiales para la Alternativa 5  
(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 3.14 Datos utilizados en EDGE para la Alternativa 5

<b>Energía</b>	
<b>Especificación</b>	<b>Valor</b>
Reducción de la Proporción de vidrio en la fachada exterior	40% WWR
Pintura reflectiva/tejas para techo: reflectividad solar (albedo) de 0,7	SR 0,25
Pintura reflectiva para paredes externas: reflectividad solar (albedo) de 0,7	SR 0,65
Aislamiento del techo - Valor-U de 0,45	3,03 [W/m <sup>2</sup> *K]
Aislamiento térmico de paredes externas - Valor-U: 0,44	1,01 [W/m <sup>2</sup> *K]
Vidrio de alto rendimiento térmico - Valor-U: 1,9 W/m <sup>2</sup> . K y SHGC: 0,45	3 [W/m <sup>2</sup> *K]
Ventilación natural	Seleccionado
Refrigeradores y lavadoras de ropa energéticamente eficientes	Seleccionado
Bombillas ahorradoras de energía - Espacios internos	Seleccionado
Bombillas ahorradoras de energía - Áreas comunes y espacios externos	Seleccionado
Controles de iluminación para áreas comunes y externas	Seleccionado
<b>Agua</b>	
Cabezales de ducha de bajo flujo	9 [lts/min]
Grifos de bajo flujo para cocina	6 [lts/min]
Grifos de bajo flujo en todos los baños -	6 [lts/min]
Descarga doble para inodoros en todos los baños - 6 lts. en la primera descarga y 3 lts.	3 [lts] y 4,8[lts]
<b>Materiales</b>	
Losas de piso y entrepiso [Losas reforzadas de concreto en obra]	200 [mm]
Construcción de cubierta [Losas aligeradas de concreto]	150 [mm]
Paredes externas [Bloques de concretos huecos]	200 [mm]
Acabado de piso [Baldosa cerámica] y [Parqué]	50%-50%
Marcos de ventana [Aluminio]	100%
Aislamiento de paredes	Piedra Pómez

(Fuente: Elaboración mixta)

### 3.4.6 Alternativa 6

Esta alternativa emplea las mismas características que las *Alternativas 1 y 3*, con una variación en la implementación de sistemas renovables (uso de paneles fotovoltaicos). En consecuencia, como se observa en la Figura 3.22, el porcentaje de ahorro en energía es de 52% y en materiales, 67%. El incremento en el ahorro de energía se debe a la instalación de dos paneles fotovoltaicos, con una capacidad de 0,7 kW/ pico/ unidad de vivienda. Se estima un retorno del costo incremental en 46 años, con un ahorro mensual de \$7,02. Toda la información restante se encuentra presente en la Tabla 3.15 y en el *Anexo XI* que registra el informe del programa EDGE.

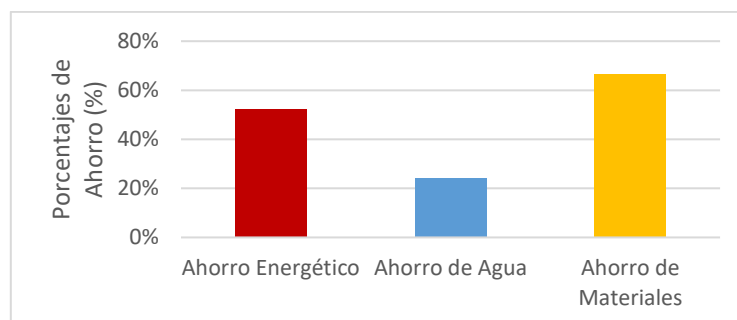


Figura 3.22 Resultados EDGE de ahorro en energía, agua y materiales para la Alternativa 6  
(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 3.15 Datos utilizados en EDGE para la Alternativa 6

<b>Energía</b>	
<b>Especificación</b>	<b>Valor</b>
Reducción de la Proporción de vidrio en la fachada exterior	20% WWR
Pintura reflectiva/tejas para techo: reflectividad solar (albedo) de 0,7	SR 0,25
Pintura reflectiva para paredes externas: reflectividad solar (albedo) de 0,7	SR 0,65
Aislamiento del techo - Valor-U de 0,45	2,54 [W/m <sup>2</sup> *K]
Aislamiento térmico de paredes externas - Valor-U: 0,44	0,37[W/m <sup>2</sup> *K]
Vidrio de alto rendimiento térmico - Valor-U: 1,9 W/m <sup>2</sup> . K y SHGC: 0,45	3 [W/m <sup>2</sup> *K]
Ventilación natural	Seleccionado
Refrigeradores y lavadoras de ropa energéticamente eficientes	Seleccionado
Bombillas ahorradoras de energía - Espacios internos	Seleccionado
Bombillas ahorradoras de energía - Áreas comunes y espacios externos	Seleccionado
Controles de iluminación para áreas comunes y externas	Seleccionado
Energía solar fotovoltaica Consumo anual de electricidad: 25%	Capacidad: 0,7 kW pico / unidad de vivienda
<b>Agua</b>	
Cabezales de ducha de bajo flujo	9 [lts/min]
Grifos de bajo flujo para cocina	6 [lts/min]
Grifos de bajo flujo en todos los baños -	6 [lts/min]
Descarga doble para inodoros en todos los baños - 6 lts en la primera descarga y 3 lts	3 [lts] y 4,8 [lts]
<b>Materiales</b>	
Losas de piso y entrepiso [Losas reforzadas de concreto en obra]	200 [mm]
Construcción de cubierta [Losas aligeradas de concreto]	200 [mm]
Paredes externas [Bloques de concretos huecos]	200 [mm]
Acabado de piso [Baldosa cerámica] y [Parqué]	50%-50%
Marcos de ventana [Aluminio]	100%
Aislamiento de paredes	Poliestireno Expandido

(Fuente: Elaboración mixta)

### 3.4.7 Alternativa 7

En comparación con las alternativas anteriores, esta alternativa emplea aserrín como material aislante, un WWR de 40%, una loza con un espesor de 12 cm, y dos paneles fotovoltaicos. En base a estas especificaciones en la Tabla 3.16, se logró un ahorro energético del 46% y en materiales del 57%. La Figura 3.23 detalla los datos obtenidos de la simulación del programa EDGE. En comparación con la alternativa anterior, estos nuevos cambios logran una reducción en energía del 6% y 10% en materiales. La presente alternativa posee un retorno del costo incremental en 80 años, con una reducción en el costo de servicios de \$7.02. En el *Anexo XII* yace el informe del programa EDGE.

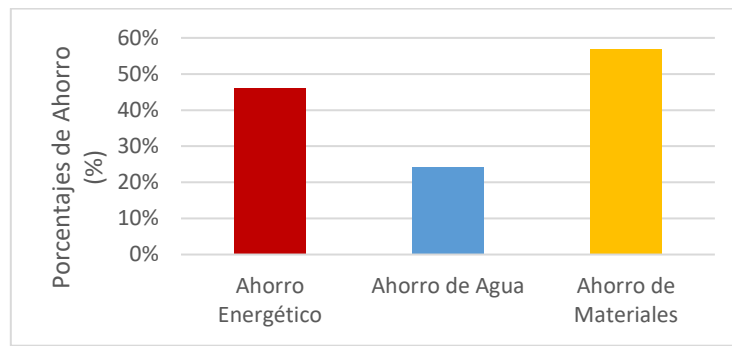


Figura 3.23 Resultados EDGE de ahorro en energía, agua y materiales para la Alternativa 7 (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 3.16 Datos utilizados en EDGE para la Alternativa 7

<b>Energía</b>	
<b>Especificación</b>	<b>Valor</b>
Reducción de la Proporción de vidrio en la fachada exterior	40% WWR
Pintura reflectiva/tejas para techo: reflectividad solar (albedo) de 0,7	SR 0,25
Pintura reflectiva para paredes externas: reflectividad solar (albedo) de 0,7	SR 0,65
Aislamiento del techo - Valor-U de 0,45	2,54 [W/m <sup>2</sup> *K]
Aislamiento térmico de paredes externas - Valor-U: 0,44	0,61 [W/m <sup>2</sup> *K]
Vidrio de alto rendimiento térmico – Valor-U: 1,9 W/m <sup>2</sup> . K y SHGC: 0,45	3 [W/m <sup>2</sup> *K]
Ventilación natural	Seleccionado
Refrigeradores y lavadoras de ropa energéticamente eficientes	Seleccionado
Bombillas ahorradoras de energía – Espacios internos	Seleccionado



<b>Especificación</b>	<b>Valor</b>
Bombillas ahorradoras de energía – Áreas comunes y espacios externos	Seleccionado
Controles de iluminación para áreas comunes y externas	Seleccionado
Energía solar fotovoltaica Consumo anual de electricidad: 25%	Capacidad: 0,7 kW pico / unidad de vivienda
<b>Agua</b>	
Cabezales de ducha de bajo flujo	9 [lts/min]
Grifos de bajo flujo para cocina	6 [lts/min]
Grifos de bajo flujo en todos los baños -	6 [lts/min]
Descarga doble para inodoros en todos los baños - 6 lts en la primera descarga y 3 lts	3 [lts] y 4,8 [lts]
<b>Materiales</b>	
Losas de piso y entrepiso [Losa reforzada de concreto en obra]	200 [mm]
Construcción de cubierta [Losa aligerada de concreto]	150 [mm]
Paredes externas [Bloques de concretos huecos]	200 [mm]
Acabado de piso [Baldosa cerámica] y [Parqué]	50%-50%
Marcos de ventana [Aluminio]	100%
Aislamiento de paredes	Celulosa

(Fuente: Elaboración mixta)

### 3.5 Resultados de los costos de construcción

Esta sección muestra los resultados del análisis de costos mencionado en la Sección 2. A partir de este, se obtienen los resultados de costos presentados en la Figura 3.24. Cabe destacar que las variaciones producidas son consecuencia del costo del material aislante, tamaño de ventanas, compra e instalación de equipos (cocina, horno, calentador de agua, entre otros.) y el grosor de la loza del techo.

En el caso base se estima un costo de construcción de \$48,071 en función a las especificaciones presentadas en la Tabla 3.1. Esto es una vivienda sin aislante, cocina, horno y calentador de agua a gas. Consecuentemente, la alteración de costos fue cambiando de forma notoria: la *Alternativa 1* presenta un costo de \$59,284 debido a las variaciones aplicadas y este caso presenta el segundo valor más caro de construcción, con un incremento de \$11,213 (debido a los costos de equipos, aislante, entre otros.). La *Alternativa 2*, por su parte, presenta un costo de \$49,221 y una diferencia de \$10,063 con respecto a la *Alternativa 1*, a pesar de que emplean equipos eléctricos por igual. Esta variación yace del uso de un material aislante (piedra pómez) más económico, el espesor de la loza de techo tiene una reducción de 5 cm y los pagos de los obreros albañiles se reduce pues el tiempo de construcción es menor. La *Alternativa 3* presenta características similares a la 1, pero con la diferencia que el equipo de cocina (cocina y horno) no fue implementado por lo que su costo se descarta y mantiene una diferencia de \$706.00 con respecto a la *Alternativa 1*. En cuanto a la *Alternativa 4*, esta posee un costo estimado de \$ 48,515 y se emplearon las mismas variaciones de la *Alternativa 2* con una diferencia de \$706 debido a la exclusión de equipos para la cocción de alimentos (cocina y horno); por lo cual, es necesario recalcar que estos equipos son costosos e influyen en el precio final de una vivienda. La *Alternativa 5* conserva similitudes con el caso base, pero con un costo menor debido a la reducción en el espesor del techo de loza. Esta alternativa logra una diferencia de \$166 en comparación al *caso base* y, aunque no manifiesta un gran ahorro en la construcción, la *Alternativa 5* constituye la opción más económica. Por el contrario, la *Alternativa 6*, con la implementación de dos paneles fotovoltaicos, exhibe el costo más alto de todas las alternativas, si bien posee casi las mismas características que la *Alternativa 1*. En la *alternativa 6* se da un incremento de \$2,658 mismos que cubren los rubros de compra e instalación de todos los equipos que complementan los paneles fotovoltaicos. Finalmente, la *Alternativa 7* emplea un material aislante (aserrín) más económico que los otros, un espesor de losa de 12 cm, y un sistema de dos paneles fotovoltaicos, lo cual le da un costo de \$52.565. En comparación con la *Alternativa 6*, existe una diferencia de costos de \$9,377 debido a las variaciones explicitadas previamente.

En resumen, cada alternativa simulada en el presente documento académico, con sus propias modificaciones y adecuaciones, exhibe sus ventajas y desventajas para competir en un mercado inmobiliario que desea crear viviendas de interés público con un adecuado ahorro de energía, agua, y materiales. Indudablemente, los costos finales se ven altamente influenciados por la materia prima, la inclusión/exclusión de los equipos de vanguardia en la vivienda, y el tiempo de construcción.

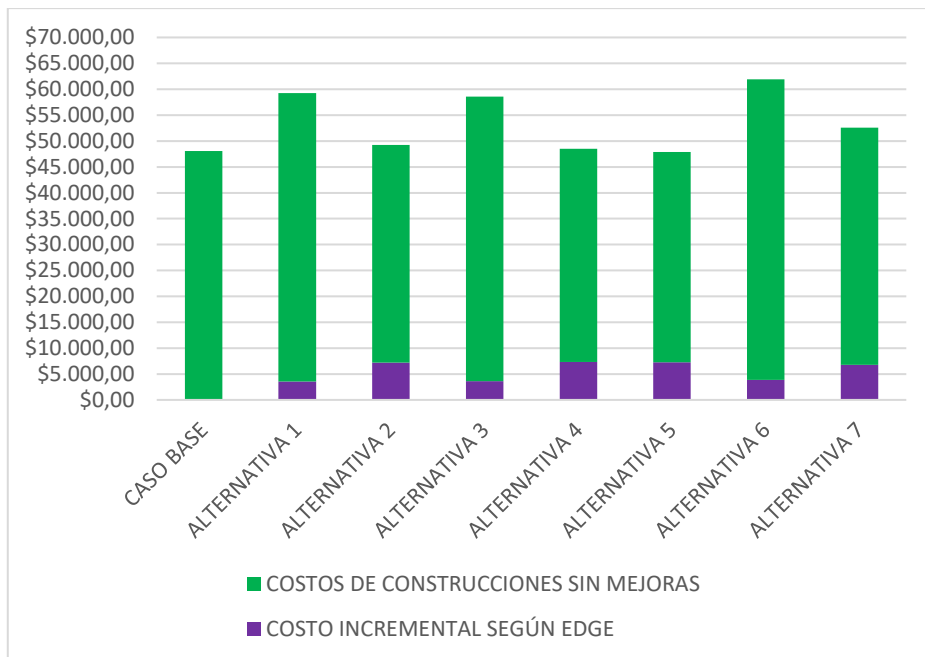


Figura 3.24 Costos de construcción de las diferentes alternativas  
(Fuente: Elaboración propia)

## 4. EPILOGO

Los tres capítulos anteriores detallaron, graficaron y contrastaron las diferentes características de cada una de las siete alternativas de edificación. Todas ellas presentaron características únicas en torno al confort térmico, los costos de construcción y ahorro de energía, agua y materiales. De todas estas características, el ahorro energético y los costos son los dos puntos principales, pues con estos se esgrime una idea concreta del resultado final que puede ser ofertado y que sirve como referencia dentro de una categorización. En este contexto, y con la finalidad de profundizar cualitativamente, de las siete alternativas generadas y analizadas, se seleccionaron tres alternativas y se las clasificó en tres gamas: alta, media y baja, como se muestra en la Tabla 4.1.

En primer lugar, dentro de la gama alta se encuentra la *Alternativa 6*, porque su costo y porcentaje de ahorro de energía son los mayores. Al mismo tiempo, esta alternativa ostenta las características más destacables: equipos completos para cocción de alimentos, calentamiento de agua y equipos de energía renovables (paneles fotovoltaicos), por lo que constituye una opción altamente ecológica y eficiente. Esta alternativa de gama alta, tomando en cuenta los ahorros en consumo de agua y electricidad, permite un retorno de costos en un estimado de 46 años. En segundo lugar, dentro de la gama media, dado su eclecticismo, se enlista la *Alternativa 3* que, a pesar de no contar con equipos como calentador de agua eléctrico, incluye tecnología moderna (sensores, cocina y horno eléctrico). Sin embargo, porcentaje de ahorro energético es mucho menor y con un costo notablemente reducido. Se estima que la inversión podrá ser recuperada en 74 años. Por último, dentro de la gama baja se encuentra la *Alternativa 5*, debido a que, de todas las 7 alternativas, es la más económica ya que posee la menor cantidad de equipos ahorradores, el material aislante es barato, y tiene reducción en el espesor de losa.

Este encasillamiento nominalizado por gamas es necesario visto su funcionalidad al momento de presentar al mercado las alternativas y opciones de casas. En lo referente a equipos, se considera el uso de cocina a gas, pues a nivel mundial se estima un consumo de 46.7% de gas por parte del sector doméstico [48]. Dentro de la realidad del Ecuador, el cambio repentino de cocinas a gas por cocinas de inducción no es aceptada completamente, por ende, es necesario presentar opciones para que el futuro habitante sea consciente del nivel de confort de cada opción.

Por otro lado, la explicación de retorno de capital no hace más que indicar un tiempo estimado bajo el cual la inversión inicial será recuperada. Para todas las alternativas abordadas en este estudio, se indica una cantidad de años bastante alta. Esto se debe a

que el programa de simulación EDGE toma en cuenta los valores de ahorro logrados por medio de las modificaciones de energía y agua. Por ello, al tener menor cantidad de mejoras tecnológicas, la cantidad de años incrementará exponencialmente, y viceversa, tal como lo explica la Tabla 4.1.

Al considerar un caso hipotético en el que el subsidio del gas doméstico y electricidad fuera eliminado dentro del país, para cada alternativa los años de retorno es directamente proporcional a los porcentajes de ahorro y a los costos mensuales de luz eléctrica y gas de uso doméstico. Por ello, puede ser beneficioso, para este caso, la eliminación de subsidios para gas y electricidad visto que, los valores de ahorro mensuales incrementarían y los tiempos de retorno se reducirían de forma considerable.

Tabla 4.1 Resumen de resultados de costos y datos EDGE para las tres gamas

<b>Gamas</b>		<b>Costos de Construcción</b>	<b>Ahorro Energético</b>	<b>Ahorro de Agua</b>	<b>Ahorro de Materiales</b>	<b>Retorno de Capital [Años]</b>
	<b>Caso Base</b>	\$ 48.070,70	-----	-----	-----	-----
<b>Gama Baja</b>	<b>Alternativa 5</b>	\$ 47.904,91	29%	24%	56%	88
<b>Gama Media</b>	<b>Alternativa 3</b>	\$ 58.577,22	42%	24%	55%	74
<b>Gama Alta</b>	<b>Alternativa 6</b>	\$ 61.941,12	52%	24%	67%	46

(Fuente: Elaboración propia)

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente trabajo académico se enfocó en un estudio tecno-económico de alternativas para ahorro de energía, agua y materiales aplicado a un proyecto de viviendas de interés público de la ciudad de Quito, mediante simulación. En base a los objetivos planteados, se puede concluir que.

- Por medio de la información y resultados presentados en esta investigación, se puede obtener un considerable número de alternativas; las cuales, pueden ser aprovechadas por arquitectos, ingenieros, constructores e inclusive usuarios o potenciales compradores de estos inmuebles.
- Las distintas alternativas de construcción estudiadas se alinean a la corriente de conciencia ambiental, y se orientan a la reducción del consumo de energía, agua y materiales, calificando para una certificación internacional por parte de la entidad internacional EDGE.
- El ahorro en energía, agua y materiales de construcción en cada alternativa dependerá de las propiedades térmicas de los materiales, los equipos de cocción, agua caliente e iluminación de cada zona. El software EDGE ejecuta un cálculo en función de los valores ingresados, de ahí que sea crucial el suministro de valores exactos para lograr una simulación más fehaciente.
- La *Alternativa 5*, de gama baja, caracterizada por uso de gas doméstico y piedra pómez como aislante, no es la mejor opción en cuando al ahorro de energía y confort, pues presenta problemas de sobre calentamiento en zonas de uso continuo, el empleo de gas incide en la contaminación y no reduce consumo de recursos naturales.
- La *Alternativa 6* presenta resultados similares en temperatura y discomfort térmico comparada con la *Alternativa 1*. Esto se debe al uso de los mismos equipos, material aislante, WWR y espesor de loza, variando únicamente el uso de paneles fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica lo cual no afecta las temperaturas internas de la vivienda.
- Las alternativas seleccionadas poseen costos de construcción por debajo de \$80.000, con condiciones de confort aceptables y porcentajes de ahorro en energía, agua y materiales mayores al 20%; con lo cual, se logra una vivienda de interés público con condiciones de confort adecuadas, una certificación internacional y enmarcada en prácticas ecológicas.

- De todas las alternativas simuladas, se seleccionaron siete, las cuales presentaron las mejores condiciones climáticas y ahorro energético, para ser empleados dentro de la ciudad de Quito. De estas siete alternativas, se eligieron tres y se las enmarcaron como construcciones de gama alta, media y baja, con lo cual se puede ofertar una mayor variedad de construcciones dentro del conjunto.
- Con la aplicación de este proyecto, el uso de tecnologías verdes se pone a disposición de personas de estratos socioeconómicos medio-bajo. Con ello se impulsan futuros proyectos de alcance masivo que ayuden al medio ambiente y reduzcan la contaminación producida por los humanos.
- Las siete alternativas, presentan un aumento de 2-4°C en la temperatura interna anual en comparación con el caso base. Esto también se lo puede apreciar en los diagramas de discomfort anual, ya que los porcentajes se encuentran entre un 10-40%. Esto indica que las modificaciones realizadas y que el método de aplicación del material aislante que se utilizó no afectó de forma negativa las condiciones de confort dentro de la vivienda. Por el contrario, se presenta una mejora en las deficiencias generadas en confort térmico.
- La construcción de cada una de las alternativas se estimó en un máximo de \$80.000, pero se debe señalar que las siete alternativas presentan valores menores de construcción, con un mínimo de \$47.904,91 (de la *Alternativa 5*) y un máximo de \$61.941,12 (de la *Alternativa 6*). No obstante, estos pueden variar bajo criterios de la constructora.
- Por medio del uso del programa EDGE, se calcula un costo incremental el cual corresponde al valor de las mejoras realizadas en cada alternativa. Sin embargo, es importante señalar que estos valores son calculados a través de la base de datos propia del programa y no con los costos reales del mercado actual. Por lo tanto, este valor puede ser tomado en cuenta para ser utilizado en la línea base para futuros proyectos.
- Se recomienda, para futuras investigaciones, realizar estudios de confort térmico de cada alternativa utilizando datos meteorológicos de las diferentes regiones del país para de esta manera proyectar de manera menos sesgada el futuro comportamiento de las edificaciones.
- En las siete alternativas seleccionadas, se recomienda incluir un análisis de sensibilidad. Con esta información se podrá conocer cual parámetro (espesor de loza, WWR, material aislante y equipos) afecta con mayor intensidad a la construcción y de esta manera anticiparse con la implementación de cambios que permitan mejorar el confort térmico de la construcción.

- Para las siete alternativas, se implementó un solo conjunto de equipos ahorradores de agua (baños de descarga doble, duchas y llaves de bajo flujo) en las simulaciones en EDGE. Con ello se obtuvo un ahorro del 24% en agua. En futuras investigaciones este parámetro puede ser estudiado ya que tiene un amplio margen de trabajo.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. L. Ramírez Ramírez And J. R. Salinas Villacís, “Estudio de la relevancia de los parámetros que influyen en el comportamiento energético de un edificio residencial de la ciudad de Quito utilizando Modelamineto en Matlab,” 2016.
- [2] H. R. Barriga Medina, “Análisis Del Balance Energético Del Ecuador A Través De Dinámica De Sistemas,” *Compendium*, Vol. 2, No. 4, Pp. 61–78, 2015, [Http://Www.Test.Revistas.Espol.Edu.Ec/Index.Php/Compendium/Article/View/76](http://www.test.revistas.espol.edu.ec/index.php/compendium/article/view/76).
- [3] H. Del Pozo Barrezueta, *Ley Orgánica De Eficiencia Energética*. 2019.
- [4] Utpl, “Covid-19 En Ecuador: Potenciales Impactos En La Pobreza,” [Https://Noticias.Utpl.Edu.Ec/Covid-19-En-Ecuador-Potenciales-Impactos-En-La-Pobreza](https://noticias.utpl.edu.ec/covid-19-en-ecuador-potenciales-impactos-en-la-pobreza), 2020. .
- [5] Minvu, “Definiciones De Conjunto Habitacional,” [Https://Www.Scribd.Com/Doc/84983584/Definicion-De-Conjunto-Habitacional](https://www.scribd.com/doc/84983584/Definicion-De-Conjunto-Habitacional), 2012. .
- [6] F. Jacome, “Estudio De Sensibilidad De Los Parametros Que Influyen En El Comportamiento Termico De Una Vivienda De Quito Con Ganancias Internas Usando Simulacion Energetica,” P. 145, 2018, Doi: 10.1103/Physrevx.7.041008.
- [7] P. Pourrut, R. Oscar, I. Romo, And H. Villacrés, *Clima Del Ecuador*. 1992.
- [8] T. Hong, S. K. Chou, And T. Y. Bong, “Building Simulation: An Overview Of Developments And Information Sources,” *Build. Environ.*, Vol. 35, No. 4, Pp. 347–361, 2000, Doi: 10.1016/S0360-1323(99)00023-2.
- [9] J. A. Clarke, *Energy Simulation In Building Design*, Vol. 2. 2001.
- [10] Aia, “Integrating Energy Modeling,” Pp. 1–86, 2012.
- [11] V. S. K. V. Harish And A. Kumar, “A Review On Modeling And Simulation Of Building Energy Systems,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, Vol. 56, Pp. 1272–1292, 2016, Doi: 10.1016/J.Rser.2015.12.040.
- [12] H. Samuelson, S. Claussnitzer, A. Goyal, Y. Chen, And A. Romo-Castillo, “Parametric Energy Simulation In Early Design: High-Rise Residential Buildings In Urban Contexts,” *Build. Environ.*, Vol. 101, Pp. 19–31, 2016, Doi: 10.1016/J.Buildenv.2016.02.018.
- [13] S. Attia, E. Gracia, A. De Herde, And J. L. M. Hensen, “Simulation-Based Decision Support Tool For Early Stages Of Zero-Energy Building Design,” *Energy Build.*, Vol.

- 49, Pp. 2–15, 2012, Doi: 10.1016/J.Enbuild.2012.01.028.
- [14] C. J. Hopfe And J. L. M. Hensen, “Uncertainty Analysis In Building Performance Simulation For Design Support,” *Energy Build.*, Vol. 43, No. 10, Pp. 2798–2805, 2011, Doi: 10.1016/J.Enbuild.2011.06.034.
- [15] R. J. De Dear And G. S. Brager, “Thermal Comfort In Naturally Ventilated Buildings: Revisions To Ashrae Standard 55,” *Energy Build.*, Vol. 34, No. 6, Pp. 549–561, 2002, Doi: 10.1016/S0378-7788(02)00005-1.
- [16] D. K. Ching Francis And I. M. Shapiro, *Green Building Illustrated*. 2014.
- [17] Ashrae, *Ashrae Handbook. Fundamentals (Inch-Pound Edition)*. 1997.
- [18] E. Mazria, *The Passive Solar Energy Book*. 1979.
- [19] P. R. Castro Da Silva, “Estudio De Sensibilidad De Las Características Constructivas Para Edificios Residenciales En Quito Mediante Simulación,” 2017.
- [20] P. Pourrut, “Los Climas Del Ecuador: Fundamentos Explicativos,” *Cent. Ecuatoriano Investig. Geográficas*, Pp. 7–41, 1983, [Online]. Available: [Http://Horizon.Documentation.Ird.Fr/Exl-Doc/Pleins\\_Textes/Divers11-10/21848.Pdf](http://Horizon.Documentation.Ird.Fr/Exl-Doc/Pleins_Textes/Divers11-10/21848.Pdf).
- [21] F. H. Abanda And L. Byers, “An Investigation Of The Impact Of Building Orientation On Energy Consumption In A Domestic Building Using Emerging Bim (Building Information Modelling),” *Energy*, Vol. 97, Pp. 517–527, 2016, Doi: 10.1016/J.Energy.2015.12.135.
- [22] K. Din Wong And Q. Fan, “Building Information Modelling (Bim) For Sustainable Building Design,” *Facilities*, Vol. 31, No. 3, Pp. 138–157, 2013, Doi: 10.1108/02632771311299412.
- [23] I. Spanos, M. Simons, And K. L. Holmes, “Cost Savings By Application Of Passive Solar Heating,” *Struct. Surv.*, Vol. 23, No. 2, Pp. 111–130, 2005, Doi: 10.1108/02630800510593684.
- [24] P. Neufert, P. Mitmann, And P. Graf, “El\_Arte\_De\_Proyectar\_-\_Neufert.Pdf.” 1995.
- [25] R. Pacheco, J. Ordóñez, And G. Martínez, “Energy Efficient Design Of Building: A Review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, Vol. 16, No. 6, Pp. 3559–3573, 2012, Doi: 10.1016/J.Rser.2012.03.045.
- [26] R. Ourghi, A. Al-Anzi, And M. Krarti, “A Simplified Analysis Method To Predict The Impact Of Shape On Annual Energy Use For Office Buildings,” *Energy Convers. Manag.*, Vol. 48, No. 1, Pp. 300–305, 2007, Doi: 10.1016/J.Enconman.2006.04.011.

- [27] C. Scheuer, G. A. Keoleian, And P. Reppe, "Life Cycle Energy And Environmental Performance Of A New University Building: Modeling Challenges And Design Implications," *Energy Build.*, Vol. 35, No. 10, Pp. 1049–1064, 2003, Doi: 10.1016/S0378-7788(03)00066-5.
- [28] P. E. Vaughn Bradshaw, *The Building Environments*. 2005.
- [29] R. C. Klein, C. King, And A. Kosior, "Laboratory Air Quality And Room Ventilation Rates," *J. Chem. Heal. Saf.*, Vol. 16, No. 5, Pp. 36–42, 2009, Doi: 10.1016/J.Jchas.2008.12.004.
- [30] R. E. Moffatt, *Cibse- Environmental Design*. 1983.
- [31] D. D. P. Incropera Frank P., *Fundamentos De Transferencia Calor Y Masa*. 2011.
- [32] S. C. Turner *Et Al.*, "Ashrae Standard Thermal Environmental Conditions For Human Occupancy," Vol. 2010, 2011.
- [33] B. Rodríguez-Soria, J. Domínguez-Hernández, J. M. Pérez-Bella, And J. J. Del Coz-Díaz, "Review Of International Regulations Governing The Thermal Insulation Requirements Of Residential Buildings And The Harmonization Of Envelope Energy Loss," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, Vol. 34, Pp. 78–90, 2014, Doi: 10.1016/J.Rser.2014.03.009.
- [34] Inen, *Norma Técnica Ecuatoriana Eficiencia Energética En Edificaciones. Requisitos*. 2009.
- [35] Asamblea Nacional República Del Ecuador, *Ley Orgánica De Eficiencia Energética*. 2019.
- [36] J. Song, X. Zhang, And X. Meng, "Simulation And Analysis Of A University Library Energy Consumption Based On Equest," *Procedia Eng.*, Vol. 121, Pp. 1382–1388, 2015, Doi: 10.1016/J.Proeng.2015.09.028.
- [37] H. S. Rallapalli, "A Comparison Of Energyplus And Equest Whole Building Energy Simulation Results For A Medium Sized Office Building," 2010.
- [38] M. Swami And S. Chandra, "Procedures For Calculating Natural Ventilation Airflow Rates In Buildings," *Ashrae Final Rep. Fsec-Cr-163-86*, P. 130, 1987, [Online]. Available:  
[Http://Scholar.Google.Com/Scholar?HI=En&Btng=Search&Q=Intitle:Procedures+For+Calculating+Natural+Ventilation+Airflow+Rates+In+Buildings#0%5cnhttp://Scholar.Google.Com/Scholar?HI=En&Btng=Search&Q=Intitle:Procedures+For+Calculatin](http://Scholar.Google.Com/Scholar?HI=En&Btng=Search&Q=Intitle:Procedures+For+Calculating+Natural+Ventilation+Airflow+Rates+In+Buildings#0%5cnhttp://Scholar.Google.Com/Scholar?HI=En&Btng=Search&Q=Intitle:Procedures+For+Calculatin)

g+Natural+Ventilation+Airfl.

- [39] I. Miño Rodríguez, G. Gaoma, A. Lobato Cordero, And C. Naranjo Mendoza, "Implementation Of Simple Gis Methodology And Bioclimatic Strategies To Improve The Quality Os Social Housing In The Andean Region Of Ecuador," Vol. 6, No. October, Pp. 9–19, 2014.
- [40] "Climate.Onebuilding.Org." [Http://Climate.Onebuilding.Org/](http://Climate.Onebuilding.Org/) (Accessed Apr. 24, 2021).
- [41] Ministerio De Desarrollo Urbano Y Vivienda, *Norma Ecuatoriana De La Construcción Eficiencia Energética En Edificaciones Residenciales*. 2019.
- [42] PILKINGTON. (2020). Thermal Insulation Brochure (Vol. 1).  
<https://www.pilkington.com/es-mx/mx/productos/buscador-de-productos>
- [43] D. Ehrt *Et Al.*, "High-Performance Glass For The Deep Ultraviolet Range °," Vol. 177, Pp. 405–419, 1994.
- [44] Departamento de Energía de Estados Unidos. (1980). DOE-2 REFERENCE MANUAL (1.<sup>a</sup> ed.). LAWRENCE BERKELEY LABORATORY.
- [45] J. E. Muñoz Carrillo And I. A. Prado Pozo, "Estudio Experimental Del Comportamiento Térmico De Una Vivienda En Quito Situada En El Barrio La Vicentina," 2018, [Online]. Available: [Http://Bibdigital.Epn.Edu.Ec/Handle/15000/19121](http://Bibdigital.Epn.Edu.Ec/Handle/15000/19121).
- [46] A. F. Mendoza Mendizábal, "Análisis De Variación De Costos De Prototipos De Construcción En La Ciudad De Quito," Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, 2012.
- [47] A. Gallardo, G. Villacreses, M. Almaguer, J. Martínez, And A. Lobato-, "Estimating The Indoor Thermal Comfort Deficit In The Social Housing Built In Ecuador By Integrating Building Information Modelling And Geographical Information Systems Instituto Nacional De Eficiencia Energética Y Energías Renovables , Quito , Ecuador," No. December, 2013, Doi: 10.26868/25222708.2017.354.
- [48] Z. Cedeño, "Estimación Del Perjuicio Al Estado Causado Por El Subsidio Otorgado Al Consumo Del Gas Licuado De Petróleo O Glp En El Ecuador Y La Incidencia De Su Comercio Irregular Hacia Colombia O Perú.," P. 226, 2013.
- [49] A. C. Borbón And R. E. Cabanillas, "Modelación Y Simulación De La Transferencia De Calor En Muros De Bloque De Concreto Hueco Modeling And Simulation Of Heat

Transfer In Hollow Concrete Block Walls,” Vol. 21, No. 3, Pp. 27–38, 2010, Doi: 10.1612/Inf.Tecnol.4223it.09.

- [50] F. Romero, P. Galimberti, M. Ziletti, G. Paisio, And L. Soler, “Progresos En La Sistematizacion De Variables Climaticas Para La Ciudad De Rio Cuarto,” Vol. 13, Pp. 77–83, 2009.
- [51] A. Coils *Et Al.*, “Ashrae Research : Improving The Quality Of Life The 2000 Ashrae Handbook,” 2000.
- [52] Cengel, Y. A. (2007). Transferencia de Calor (Vol. 3). McGrawHill.
- [53] Thomas, R. (2006). Enviromental Design (Vol. 3). Taylor & Francis.
- [54] Edge, “Guía Del Usuario De Edge,” Vol. 2.1, Pp. 1–336, 2018.
- [55] SunPower, “SunPower Commercial Solar Panels Engineered for Peace of Mind Commercial Solar Panels X21-470-COM Solar Panels X21-255 SunPower X-Series Residential,” 2017.
- [56] “Energía Incorporada | Gramas.”  
<https://gramaconsultores.wordpress.com/2014/01/22/energia-incorporada/>  
(accessed Aug. 07, 2021).
- [57] EDGE, “EDGE Materials Embodied Energy,” p. 42, 2016.

## Anexo I

### Resumen de Materiales y Energía Implementado en EDGE

Material	Primary energy Demand [MJ/kg]	Modelling Approach and assumptions
EDGE fuels	Intermediate product	Geographic mix for each fuel/energy type: China 54%, Russia 13%, India 12%, Brazil 6.3%, Indonesia 3.6%, Thailand 2.9%, Mexico 2.4%, Ukraine 2.1%, South Africa 1.7%, Turkey 1.5%
EDGE electricity gridmix	Intermediate product	IEA primary energy input: coal 55%, natural gas 23%, hydro 7%, oil products 7%, nuclear 5%, biomass 2%, geothermal 1.0%
EDGE heat mix	Intermediate product	Geographic mix for each fuel thermal energy type: China 54%, Russia 13%, India 12%, Brazil 6.3%, Indonesia 3.6%, Thailand 2.9%, Mexico 2.4%, Ukraine 2.1%, South Africa 1.7%, Turkey 1.5%
High efficiency BF/BOF steel	Intermediate product	Base dataset: IN: BF Steel billet / slab/ bloom <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/d6cbbc25-5c86-4a93-8b5e-bb97955f3414.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/d6cbbc25-5c86-4a93-8b5e-bb97955f3414.xml</a> Electricity modelled as EDGE grid mix Coke from EDGE coal used as the BF fuel Recycled content 15.5%
Lower efficiency BF/BOF steel	Intermediate product	Base dataset: IN: BF Steel billet / slab/ bloom <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/d6cbbc25-5c86-4a93-8b5e-bb97955f3414.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/d6cbbc25-5c86-4a93-8b5e-bb97955f3414.xml</a> Electricity modelled as EDGE grid mix Coke from EDGE coal used as the BF fuel Recycled content 15.5% 170% increase in energy consumption for coking and sintering 130% increase in energy consumption for BF 250% increase in energy consumption for BOF
Scrap EAF	Intermediate product	Base dataset: confidential Electricity modelled as EDGE grid mix 100% recycled content
DRI/EAF	Intermediate product	Base dataset: confidential Electricity modelled as EDGE grid mix Recycled content 0% recycled content
Steel section 7850 [kg/m <sup>3</sup> ]	29,5 [MJ/kg]	Base dataset: DE: Steel section <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/8a8ca733-29ab-4141-85da-51a2d10baefe.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/8a8ca733-29ab-4141-85da-51a2d10baefe.xml</a> Production mix: 35% high efficiency BF/BOF, 35% low efficiency BF/BOF, 25% scrap EAF and 5% DRI/EAF Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
Steel sheet Electrogalvanized (hot rolled) "corrugated zinc" 7850 [kg/m <sup>3</sup> ]	19,2 [MJ/kg]	Base dataset: DE: Steel sheet parts (galvanized) <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/8bacf381-345b-487f-a970-eb6f406171f9.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/8bacf381-345b-487f-a970-eb6f406171f9.xml</a> Production mix: 47.5% high efficiency BF/BOF, 47.5% low efficiency BF/BOF, 5% scrap EAF

<b>Material</b>	<b>Primary energy Demand [MJ/kg]</b>	<b>Modelling Approach and assumptions</b>
Steel – organic coated profiled steel Steel window frame 7850 [kg/m <sup>3</sup> ]	34,2 [MJ/kg]	Base dataset: CN: BF Steel billet / slab / bloom, and DE: EAF Steel billet /slab / bloom Production mix: 0,475% high efficiency BF/BOF, 0,475% low efficiency BF/BOF, 0,05% scrap EAF Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
Steel reinforcement 7850 [kg/m <sup>3</sup> ]	12,7 [MJ/kg]	Base dataset: DE: Steel wire <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/c7049ac3-9e4a-47a1-a8b7-0f5b93e2d7af.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/c7049ac3-9e4a-47a1-a8b7-0f5b93e2d7af.xml</a> Production mix: 5% high efficiency BF/BOF, 5% low efficiency BF/BOF and 90% scrap EAF Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
EDGE Aluminum primary ingot mix	Intermediate product	Base dataset: DE: Aluminium ingot mix (consumption mix) EAA update 2010 <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/05f94d68-6435-4312-9ae2-091abadc5b24.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/05f94d68-6435-4312-9ae2-091abadc5b24.xml</a> Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
EDGE Aluminum secondary ingot mix	Intermediate product	Base dataset: EU-27: Aluminium recycling including scrap preparation EAA 2009 <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/ee5c6b93-b51f-4257-80b5-e51da2b226f3.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/ee5c6b93-b51f-4257-80b5-e51da2b226f3.xml</a> Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
EDGE Aluminum ingot production mix	Intermediate product	84% EDGE primary ingot 16% EDGE secondary ingot
Aluminum profiled cladding 2712 [kg/m <sup>3</sup> ]	137 [MJ/kg]	Base dataset EU27: Aluminium sheet <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/963676c0-a8da-42f3-8a88-779cdf6c5c2c.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/963676c0-a8da-42f3-8a88-779cdf6c5c2c.xml</a> Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
Aluminum extrusion profile (window frame) 2712 [kg/m <sup>3</sup> ]	188 [MJ/kg]	Base dataset: DE: Aluminium casement frame section, powder coated <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/e9915c3a-d77b-4a7b-884b-fc171fd1ef76.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/e9915c3a-d77b-4a7b-884b-fc171fd1ef76.xml</a> Input: EDGE aluminum ingot production mix Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
Float glass 2500 [kg/m <sup>3</sup> ]	17,9 [MJ/kg]	Base dataset: EU-27: Float flat glass <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/641ca70f-fca3-4f27-bac0-b8ad236efaff.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/641ca70f-fca3-4f27-bac0-b8ad236efaff.xml</a> No post-consumer recycled content 15% increase over Europe for all energy consumption Electricity modelled as EDGE grid mix Fuels: 81% EDGE natural gas fuel, 19% EDGE oil fuel
Carpet 2.11 [kg/m <sup>2</sup> ]	83,5 [MJ/kg]	Base dataset: EU-27: Carpet (GK 31 32, LC 2-3) <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/6d1a21e3-edfc-4b92-800a-3c91cd540abf.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/6d1a21e3-edfc-4b92-800a-3c91cd540abf.xml</a> No further adaptation

<b>Material</b>	<b>Primary energy Demand [MJ/kg]</b>	<b>Modelling Approach and assumptions</b>
Linoleum 2.9 [kg/m <sup>2</sup> ]	43,0 [MJ/kg]	Base dataset: EU-27 Resilient flooring, Linoleum, EN ISO 24011, 1m <sup>2</sup> <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/5dab6612-6b15-4d2e-b1e2-dd9a5422e8d0.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/5dab6612-6b15-4d2e-b1e2-dd9a5422e8d0.xml</a>
EDGE Plastic polymers (PVC, PS, PU, etc.)	Intermediate product	European production for each polymer plus Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
Vinyl (PVC) flooring 3.2 [kg/m <sup>2</sup> ]	51,8 [MJ/kg]	Base dataset: EU-27 Resilient flooring, homogenous PVC, EN 649/ISO 10581, 1m <sup>2</sup> <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/d503dc0d-4fab-441b-b29d-924097222a47.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/d503dc0d-4fab-441b-b29d-924097222a47.xml</a>
PVC-u window frame 1.3-1.7 kg/linear meter	49,2 [MJ/kg]	Base dataset: DE: Window frame PVC-U (EN15804 A1-A3) <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/698961dd-bab1-4c06-847c-4218e8fc2c82.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/698961dd-bab1-4c06-847c-4218e8fc2c82.xml</a> EDGE Plastic polymer input (PVC) Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
Expanded polystyrene insulation (EPS) 20 [kg/m <sup>3</sup> ]	82,6 [MJ/kg]	Base dataset: EU-27: EPS-Foam (expanded polystyrene foam (PS 20)) no flame retardant <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/9f091455-46c3-4a6f-9e76-cd92cb7d865a.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/9f091455-46c3-4a6f-9e76-cd92cb7d865a.xml</a> EDGE Plastic polymer input Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
Polyurethane rigid insulation foam 32 [kg/m <sup>3</sup> ]	123 [MJ/kg]	Base dataset: DE: Polyurethane (PUR high-density foam) <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/8c8047b4-de6f-496e-86a4-224defb1b5ec.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/8c8047b4-de6f-496e-86a4-224defb1b5ec.xml</a> EDGE Plastic polymer input Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
Wood plastic composite 990 [kg/m <sup>3</sup> ]	79,9 [MJ/kg]	New model. Only components considered Composition: 30% wood chips, 70% thermoplastic polyurethane Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
Common brick and facing brick 1800 [kg/m <sup>3</sup> ]	4,95 [MJ/kg]	Base dataset: CN: Brick; technology mix; production mix <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/266c5da8-55bc-4d58-a4af-cbf7724f7939.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/266c5da8-55bc-4d58-a4af-cbf7724f7939.xml</a> Kiln types and fuel consumption: Hoffman and hybrid Hoffman 67.6% Bull's Trench, Fixed Chimney Bulls Trench Kiln (FCBTK) 19.4% Clamp kiln, intermediate clamp kiln, Scotch kiln 7.49% Modern continuous 4.5% High-draught zigzag, natural zigzag and down draught 0,84% Vertical or Vertical Shaft Brick Kiln (VSBK) 0,16% Resulting fuel consumption: 3707.9 MJ/ton Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix



<b>Material</b>	<b>Primary energy Demand [MJ/kg]</b>	<b>Modelling Approach and assumptions</b>
Honeycomb brick 815 [kg/m <sup>3</sup> ]	2,02 [MJ/kg]	Base dataset: DE: Bricks vertically perforated; technology mix; production mix <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/23a8f311-c760-418c-af95-2cc4ec730895.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/23a8f311-c760-418c-af95-2cc4ec730895.xml</a> Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
Terracotta tiles 2000 [kg/m <sup>3</sup> ]	5,26 [MJ/kg]	Base dataset: BR: 1.3.07 Stoneware tiles unglazed 1kg <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/67639b48-b669-43f2-91d1-9492dee027c9.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/67639b48-b669-43f2-91d1-9492dee027c9.xml</a> EDGE clay production Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
Ceramic tiles 2000 [kg/m <sup>3</sup> ]	7,96 [MJ/kg]	Base dataset: BR: 1.3.07 Stoneware tiles glazed 1kg <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/3ea2d263-5aa8-4bbc-b35b-008794487cd3.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/3ea2d263-5aa8-4bbc-b35b-008794487cd3.xml</a> Firing process doubled to represent second firing. EDGE clay production Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
Clay roof tiles 1800 [kg/m <sup>3</sup> ]	6,94 [MJ/kg]	Base dataset: BR: 1.3.10 Roof tile 1kg <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/0a8ee061-3155-4e25-ab4b-fb4d8d20e01f.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/0a8ee061-3155-4e25-ab4b-fb4d8d20e01f.xml</a> Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
Kiln-dried sawn timber 580 [kg/m <sup>3</sup> ]	7,1 [MJ/kg]	Base dataset: Forest: BR: CULTIVATION TEAK LOG (estimated with Pacific Northwest) (low intensity) <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/46d8534b-32da-468f-acf6-28d25edd145f.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/46d8534b-32da-468f-acf6-28d25edd145f.xml</a> Sawmill: new model The thermal energy to dry the Wood was calculated. Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
Plywood 491 [kg/m <sup>3</sup> ]	14,2 [MJ/kg]	Base dataset: DE: plywood board (5% moisture) <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/afd3614e-3233-4185-bf09-6d78314e4ec4.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/afd3614e-3233-4185-bf09-6d78314e4ec4.xml</a> Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
Laminated wooden flooring 6.5 [kg/m <sup>2</sup> ]	36,4 [MJ/kg]	Base dataset: DE: 3.3.2 Multi-layer parquet 1sqm <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/587e7b6f-5f77-4d80-9aa8-bb6232b26468.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/587e7b6f-5f77-4d80-9aa8-bb6232b26468.xml</a> Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
Timber window frame 3.18 [kg/linear meter]	49,5 [MJ/kg]	Base dataset: DE: Window (IV 68 spruce) frame [p-agg] (wooden frame) <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/b18f4d5d-a488-4f4c-8630-32f7fbccf480.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/b18f4d5d-a488-4f4c-8630-32f7fbccf480.xml</a> Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix Typical frame size: 5.093 m length of frame for a 1.23 m x 1.48 m window

<b>Material</b>	<b>Primary energy Demand [MJ/kg]</b>	<b>Modelling Approach and assumptions</b>
EDGE Ordinary Portland Cement (EDGE OPC)	Intermediate product	Base dataset: CN: 1.1.01 Cement (average) <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/d57bd7db-cf9b-4327-ac67-392a885161f6.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/d57bd7db-cf9b-4327-ac67-392a885161f6.xml</a> 95% clinker, 5% natural gypsum Electricity modelled as EDGE grid mix EDGE fuel consumption per ton clinker: 3709 MJ/kg EDGE clinker fuel modelled as: EDGE natural gas mix 3%, EDGE heavy fuel oil mix 1%, EDGE hard coal mix 90%, EDGE coke mix 5%
EDGE sand	Intermediate product	Base dataset: DE: Crushed sand grain <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/71d9b834-5be8-4ca4-8f1d-4b7e68e16810.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/71d9b834-5be8-4ca4-8f1d-4b7e68e16810.xml</a> Electricity modelled as EDGE grid mix. Fuel modelled as
Aircrete (Autoclaved Aerated Concrete) 471 [kg/m <sup>3</sup> ]	3,54 [MJ/kg]	Base dataset: DE: 1.3.03 aerated concrete P4 05 not reinforced <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/6b3968d1-ca77-4940-91af-9ba89a0d1cd1.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/6b3968d1-ca77-4940-91af-9ba89a0d1cd1.xml</a> EDGE OPC and EDGE sand used Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
Lightweight block 800 [kg/m <sup>3</sup> ]	1,30 [MJ/kg]	Base dataset: DE: 1.3.04 Pumice LB precision building block inner wall 1m <sup>3</sup> <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/3f44f682-c5d1-4d11-bc44-60496b739a7e.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/3f44f682-c5d1-4d11-bc44-60496b739a7e.xml</a> EDGE OPC Pumice as lightweight aggregate Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
Medium density block 1606 [kg/m <sup>3</sup> ]	0,66 [MJ/kg]	Base dataset: DE: 1.3.04 Pumice LB hollow block partition wall 1m <sup>3</sup> <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/d309dee5-a08e-42d3-aab3-7eb82d6b4012.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/d309dee5-a08e-42d3-aab3-7eb82d6b4012.xml</a> EDGE OPC Pumice as lightweight aggregate Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
Dense concrete block 2000 [kg/m <sup>3</sup> ]	1,02 [MJ/kg]	Base dataset: DE: 1.3.05 Concrete masonry bricks, 1kg <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/d4b01bd8-6c45-466f-a64c-a093ec81643a.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/d4b01bd8-6c45-466f-a64c-a093ec81643a.xml</a> EDGE ready mix concrete Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
Cement floor screed 1590 [kg/m <sup>3</sup> ]	1,26 [MJ/kg]	Base dataset: DE: 1.4.3 Cement screed 1kg <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/e909f5ab-91db-424f-9a39-a187679923c1.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/e909f5ab-91db-424f-9a39-a187679923c1.xml</a> Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
Lime: cement plaster 1174 [kg/m <sup>3</sup> ]	2,43 [MJ/kg]	Base dataset: DE: 1.4.4 Light plaster 1kg <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/0aefe389-3eb5-41c8-9b68-40ea674a46a4.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/0aefe389-3eb5-41c8-9b68-40ea674a46a4.xml</a> Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix

<b>Material</b>	<b>Primary energy Demand [MJ/kg]</b>	<b>Modelling Approach and assumptions</b>
OPC Ready mix concrete C30/C37 mix 2365 [kg/m <sup>3</sup> ]	0,82 [MJ/kg]	Base dataset: DE: Concrete C30/37 (Ready-mix concrete) <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/94cd68ce-24da-4bea-87ca-5c751094de8b.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/94cd68ce-24da-4bea-87ca-5c751094de8b.xml</a> EDGE OPC, EDGE gravel, EDGE sand Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
25% GGBS Ready mix concrete 2365 [kg/m <sup>3</sup> ]	0,72 [MJ/kg]	As OPC Ready mix concrete C30/C37 mix with 25% replacement with GGBS
30%% PFA Ready mix concrete 2365 [kg/m <sup>3</sup> ]	0,69 [MJ/kg]	As OPC Ready mix concrete C30/C37 mix with 30% OPC replacement with PFA
Precast concrete panels/flooring 2365 [kg/m <sup>3</sup> ]	1,45 [MJ/kg]	Base dataset: DE: 1.3.05 Prefabricated concrete part slab, 20cm, 1m <sup>3</sup> <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/7fdbb15f-ac34-48e6-b91c-bd8ff88aae4f.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/7fdbb15f-ac34-48e6-b91c-bd8ff88aae4f.xml</a> 95.2% EDGE: ready mix C30/37 concrete, 4.8% EDGE steel reinforcement. Electricity modelled as EDGE grid mix.
Microconcrete roof tile 1534 [kg/m <sup>3</sup> ]	2,41 [MJ/kg]	Base dataset: DE: 1.3.11 Concrete roof tile <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/d0678044-e370-4357-aa01-167b1fc91a0c.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/d0678044-e370-4357-aa01-167b1fc91a0c.xml</a> EDGE OPC, EDGE sand Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
Cement-based terrazzo 1580 [kg/m <sup>3</sup> ]	1,88 [MJ/kg]	MIX DESIGN: 1: 2.5 cement sand by mass EDGE OPC, EDGE sand Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
Ferrocement panel 50 [kg/m <sup>2</sup> ]	3,23 [MJ/kg]	Constituent ratio by mass: Sand (23%), EDGE OPC (45%) and water (32%) formed into 1m <sup>2</sup> 25mm thick panels with 16m x 3mm steel rebar and 1m <sup>2</sup> chicken wire giving panel 50 kg/m <sup>2</sup> EDGE sand, EDGE OPC, EDGE steel sheet parts
EDGE Calcined gypsum	Intermediate product	Base dataset: DE: 1.1.3 Gypsum (CaSO <sub>4</sub> -Beta-hemihydrate) 1kg <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/2abe6224-3a58-4804-b6de-c1f249d0621a.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/2abe6224-3a58-4804-b6de-c1f249d0621a.xml</a> 10% FGD gypsum 90% Natural gypsum stone 15% increase over Europe for energy consumption Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE cement fuel mix
Gypsum plaster 1000 [kg/m <sup>3</sup> ]	1,99 [MJ/kg]	Base dataset: DE: 1.4.4 Gypsum interior plaster (gypsum) 1kg <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/b17878d7-c065-4a64-9a99-c33ef0772568.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/b17878d7-c065-4a64-9a99-c33ef0772568.xml</a> EDGE gypsum Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
Plasterboard 800 [kg/m <sup>3</sup> ]	3,36 [MJ/kg]	Base Dataset:EU27 1.3.13 Gypsum plaster board (fire protection) 1sqm <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/cc39e70e-4a40-42b6-89e3-7305f0b95dc4.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/cc39e70e-4a40-42b6-89e3-7305f0b95dc4.xml</a> EDGE Calcined Gypsum as input Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix

<b>Material</b>	<b>Primary energy Demand [MJ/kg]</b>	<b>Modelling Approach and assumptions</b>
Gypsum panel 840 [kg/m <sup>3</sup> ]	4,10 [MJ/kg]	Base dataset: DE: 1.3.13 Gypsum wallboard 1sqm <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/03d1c759-d8fd-4744-b2aa-2b94f148db3a.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/03d1c759-d8fd-4744-b2aa-2b94f148db3a.xml</a> EDGE Calcined gypsum as input Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
EDGE Phosphogypsum	Intermediate product	Base dataset: DE: Phosphoric acid (100%) (wet process) <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/573e8ce0-499d-4c53-bd2f-aeb02ea534ae.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/573e8ce0-499d-4c53-bd2f-aeb02ea534ae.xml</a> Modelled as by-product from European Phosphoric Acid production using economic allocation
Phosphogypsum panel 840 [kg/m <sup>3</sup> ]	6,80 [MJ/kg]	Base dataset: DE: 1.3.13 Gypsum wallboard 1sqm <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/03d1c759-d8fd-4744-b2aa-2b94f148db3a.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/03d1c759-d8fd-4744-b2aa-2b94f148db3a.xml</a> EDGE Phosphogypsum as input Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
FaLG (fly ash/lime/gypsum) block 1760 [kg/m <sup>3</sup> ]	1,35 [MJ/kg]	Constituent ratio by mass: PFA (23%), EDGE lime (18%), EDGE gypsum (5%), dust (45%), water (9%). These products are modelled as hand mixed and molded.
Cut stone for walls 2600 [kg/m <sup>3</sup> ]	4,62 [MJ/kg]	Base dataset: CN: 1.3.08 Natural stone slab, flexible, facade, 1m <sup>2</sup> <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/71fd8f14-d4d4-4cb1-9230-40295d3db2c1.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/71fd8f14-d4d4-4cb1-9230-40295d3db2c1.xml</a> Electricity modelled as EDGE grid mix
Stone floor tiles 2600 [kg/m <sup>3</sup> ]	8,60 [MJ/kg]	Base dataset: CN: 1.3.08 Natural stone slab, rigid, facade, 1m <sup>2</sup> <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/9e877fa1-0bc2-44cf-8a08-769260e22463.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/9e877fa1-0bc2-44cf-8a08-769260e22463.xml</a> Electricity modelled as EDGE grid mix
Mineral wool 31 [kg/m <sup>3</sup> ]	19,1 [MJ/kg]	Base dataset: DE: 2.01 Mineral wool (partition walls insulation) 1m <sup>3</sup> <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/ed241209-07c7-4169-b45c-765bbbe62c8b.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/ed241209-07c7-4169-b45c-765bbbe62c8b.xml</a> 29% glass wool at 15 kg/m <sup>3</sup> , 71% stone wool at 37 kg/m <sup>3</sup> Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
Excavated earth	Intermediate dataset	Base dataset: DE: Excavated soil with digger <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/322f857e-b6d0-4266-9df6-4312b14a63b9.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/322f857e-b6d0-4266-9df6-4312b14a63b9.xml</a> Based on German excavated earth. No further adaptation.
Rammed earth 2000 [kg/m <sup>3</sup> ]	0,05 [MJ/kg]	Base dataset: DE: 1.3.17 Rammed earth wall 1 m <sup>3</sup> <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/75a6e37d-a6a1-459d-af78-cc97d6709527.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/75a6e37d-a6a1-459d-af78-cc97d6709527.xml</a> Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
OPC Stabilized soil 2000 [kg/m <sup>3</sup> ]	0,51 [MJ/kg]	EDGE Rammed Earth with 8% OPC
GGBS Stabilized soil 2000 [kg/m <sup>3</sup> ]	0,20 [MJ/kg]	EDGE Rammed Earth 8% GGBS

<b>Material</b>	<b>Primary energy Demand [MJ/kg]</b>	<b>Modelling Approach and assumptions</b>
PFA Stabilized soil 2000 [kg/m <sup>3</sup> ]	0,24 [MJ/kg]	EDGE Rammed Earth with 10% PFA
Mud plaster 1600 [kg/m <sup>3</sup> ]	1,00 [MJ/kg]	Base dataset: DE: 1.4.4 Clay plaster 1kg <a href="http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/de3c3314-6e6f-44ac-b9a3-5fe34f990c02.xml">http://gabi-documentation-2014.gabi-software.com/xml-data/processes/de3c3314-6e6f-44ac-b9a3-5fe34f990c02.xml</a> Based on German clay plaster Electricity modelled as EDGE grid mix Fuel is modelled as EDGE fuel mix
Jute 120 [kg/m <sup>3</sup> ]	0,5 [MJ/kg]	Based on literature data from: Life Cycle analysis study of Synthetic, Jute and Paper Woven Sacks, Indian Centre for Plastics in the Environment (ICPE), New Delhi, 2002 Jan E.G. van Dam and Harriëtte L. Bos, The Environmental Impact of Fibre Crops in Industrial Applications, Agrotechnology and Food Innovations, (A&F) Wageningen, Netherlands Density from: Final progress report: Development of sound proofing composite materials using jute products, Indian Institute of Technology, Kharagpur & National Jute Board, Kolkata, India, 2013
Air-dried sawn timber 580 [kg/m <sup>3</sup> ]	3,6 [MJ/kg]	Base dataset: modified from EDGE kiln-dried timber, with removal of kiln drying
Straw bale 120 [kg/m <sup>3</sup> ]	1,3 [MJ/kg]	Base dataset: DE Winter wheat straw (price) <a href="http://gabi-6-lci-documentation.gabi-software.com/xml-data/processes/5e3002da-5e82-4538-88ac-2588b4957dcf.xml">http://gabi-6-lci-documentation.gabi-software.com/xml-data/processes/5e3002da-5e82-4538-88ac-2588b4957dcf.xml</a> Based on German wheat straw (by-product from wheat production). No further adaptation.

## Anexo II

### Temperatura sol aire

Es definida como una temperatura hipotética que se utiliza para calcular las ganancias de calor en edificios y se obtiene del balance de energía térmica en la superficie externa de la pared que está en contacto con el ambiente la cual recibe la radiación solar [49]. Los valores de la temperatura sol-aire son utilizados en el balance energético a través de la envolvente edilicia para realizar el diseño de edificios bioclimáticos [50].

En la realización de los pertinentes cálculos se utiliza cuatro ecuaciones (1-4) establecidas en el documento de ASHRAE 2000 [51].

$$T_{sa} = T_{amb} + \frac{I * \alpha}{f_e} \quad (1)$$

Donde:

$T_{sa}$  = Temperatura sol-aire

$T_{amb}$  = Temperatura ambiente

$I$  = Irradiación solar

$\alpha$  = Absortancia

$f_e$  = Conductancia superficial

$$f_e = h'_c + h'_r \quad (2)$$

Donde:

$h'_c$  = Coeficiente convectivo

$h'_r$  = Coeficiente radiativo

$$h'_c = 5,8 + 4,1 * V \quad (3)$$

Donde:

$V$  = Velocidad del viento

$$h'_r = 4 * \sigma * \varepsilon * T_{amb}^3 \quad (4)$$

Donde:

$\sigma$  = Constante de Boltzman

$\varepsilon$  = Emisividad

En el uso de varias constantes se utilizó datos utilizados por diferentes autores [49] , [50].

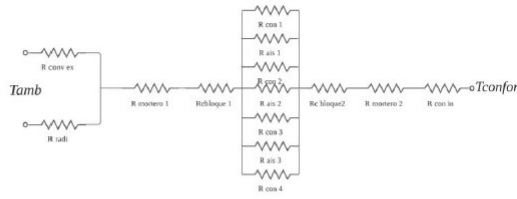
### **Cálculo para pared y techo**

En el caso de la pared, se estableció un método el cual consiste en colocar un material aislante como se observa en la Figura 2.4 entre las aberturas del bloque generando una pared compuesta, por medio de este método se trata de reducir el uso de materiales que aislen de las condiciones externas y conserven una temperatura de operación adecuada en relación con las condiciones ambientales externas.

Mientras que para el techo el análisis a realizar es mucho más sencillo comparado con la pared, ya que se encuentra constituido únicamente por un solo tipo de material y no se empleará materiales aislantes.

El análisis empleado es realizado mediante la conducción unidimensional de transferencia de calor, específicamente de resistencias térmicas, este método es empleado debido a su facilidad de cálculo, permitiendo obtener valores U (Coeficiente Global de Transferencia de Calor) casi precisos. En la Figura I.1 se observa el esquema de análisis de resistencias eléctricas de un bloque con aislante interno.

a)



b)

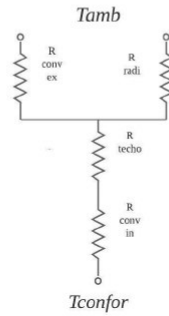


Figura I.1 Sistema de Resistencias de: a) Pared y b) Techo  
(Fuente: Propia)

En un análisis más completo se empleará ecuaciones en cálculos relacionados con la radiación, temperaturas de confort, convección y conducción. Las ecuaciones de [31], [52] para la realización de cálculo fueron las siguientes:

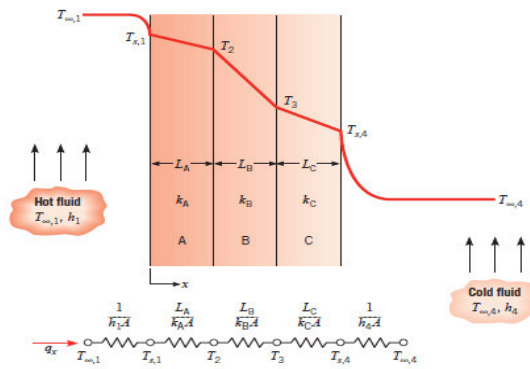


Figura I.2 Esquema Base para el Estudio de Transferencia de Calor  
(Fuente: [34])



### I. Resistencia por conducción:

$$R_{cond} = \frac{T_{s1} - T_{s2}}{q_x} = \frac{L}{k * A} \quad (5)$$

Donde:

$T_{s1}$  = Temperatura superficie 1

$T_{s2}$  = Temperatura superficie 2

$q_x$  = Transferencia de calor

$L$  = Espesor de superficie

$k$  = Conductividad térmica del material

$A$  = Área transversal

### II. Resistencia por convección

$$R_{cond} = \frac{T_s - T_{\infty}}{q} = \frac{1}{h * A} \quad (6)$$

Donde:

$T_s$  = Temperatura superficie

$T_{\infty}$  = Temperatura del aire

$q$  = Transferencia de calor

$h$  = Coeficiente de convección

$A$  = Área transversal

### III. Resistencia por radiación

$$R_{rad} = \frac{T_s - T_{sur}}{q_{rad}} = \frac{1}{h_r * A} \quad (7)$$

Donde:

$T_s$  = Temperatura superficie

$T_{sur}$  = Temperatura de los alrededores

$q_{rad}$  = Transferencia de calor por radiación

$h_{rad}$  = Coeficiente de radiación

$A$  = Área transversal

#### IV. Coeficiente Global de Transferencia de Calor

$$R_{tot} = \sum R_t = \frac{\Delta T}{q} = \frac{1}{U \cdot A} \quad (8)$$

Donde:

$\Delta T$  = Diferencia de Temperaturas

$$U = \frac{1}{R_{tot} \cdot A} = \frac{1}{\left[ \frac{1}{h_1} + \frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{L_3}{k_3} + \frac{1}{h_{rad}} + \dots + \frac{1}{h_n} \right]} \quad (9)$$

En el análisis convectivo interno y externo se realizó un análisis empleando las ecuaciones de convección en superficies [52]. Mediante el uso de estas ecuaciones se logra obtener el coeficiente 'h' de convección generada por el viento externo e interno para superficies de placa vertical y horizontal como se muestran en la Figura I.3.

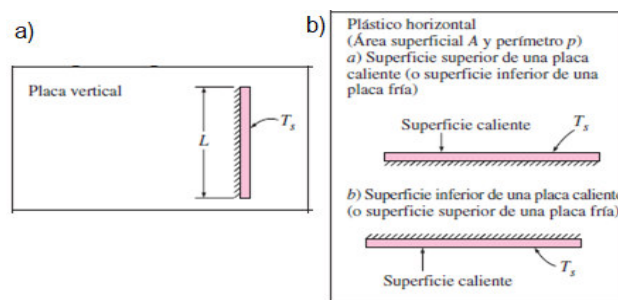


Figura I.3 Configuración geométrica para correlaciones empíricas del número de Nusselt (Fuente: [51])

En los cálculos pertinentes es necesario la aplicación del número de Rayleigh, el cual es el producto de los números de Grashof y Prandtl [52].

$$Ra_L = Gr_L * Pr = \frac{g * \beta * (T_s - T_\infty) * L_c^3}{\nu^2} * Pr \quad (10)$$

Donde:

$Gr_L$  = Número de Grashof

$Pr$  = Número de Prandtl

$g$  = Aceleración gravitacional

$\beta$  = Coeficiente de expansión volumétrica

$T_s$  = Temperatura superficie

$T_\infty$  = Temperatura del aire

$L_c$  = Longitud característica

$\nu$  = Viscosidad cinemática

El modelo de la Figura I.3 (a), es empleado el análisis de paredes exteriores e interiores, mientras que la Figura I.3 (b) se la puede utilizar en relacionar el techo horizontal, mediante esta se puede seleccionar la correlación empírica del cálculo del número de Nusselt.

**i. Para placas verticales:**

$$Nu = \left\{ 0,825 + \frac{0,387 * Ra_L^{1/6}}{\left[ 1 + (0,492/Pr)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2 \quad (11)$$

Mientras que, en el caso de placas horizontales lo primero a realizarse es determinar el número de Rayleigh y con el valor obtenido se procede con la selección de la ecuación adecuada de acuerdo con el rango en el que se encuentre. Se utiliza la Tabla I.1.

Tabla I.1 Rango de Valor de Número de Rayleigh y Ecuaciones para Número de Nusselt

Rango	Ecuación
$10^4 - 10^7$	$N_u = 0,54 * Ra_L^{1/4}$
$10^7 - 10^{11}$	$N_u = 0,15 * Ra_L^{1/3}$

(Fuente: [51])

Después del cálculo del número de Nusselt se procede con el despeje de la Ecuación 12 para la obtención del coeficiente 'h' de convección.

$$N_u = \frac{h * L_c}{k} \quad (12)$$

Donde:

$h =$  Coeficiente de convección

$k =$  Conductividad térmica del material

## Anexo III

### Cálculo de ventanas

La transmitancia térmica de las ventanas se encuentra compuesto por tres componentes: valor de U del acristalamiento del panel central, marco y la interacción entre el acristalamiento y marco, se debe incluir los efectos de las barras espaciadoras de acristalamiento en acristalamientos múltiples [53]. Dichos componentes son determinados por separado como se indica en la Figura I.4.

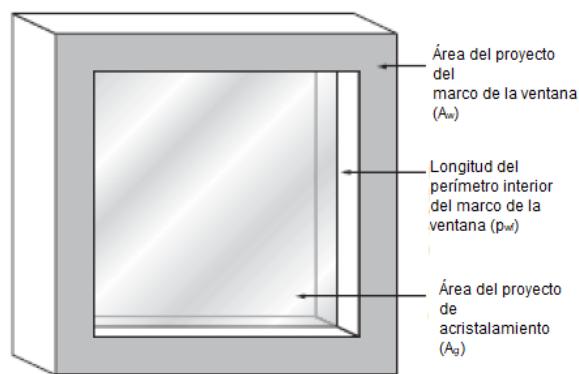


Figura I.4 Secciones de Flujo de Calor para una Ventana  
(Fuente:[52])

En los cálculos de la Ecuación 10 [51] para ventanas es necesario establecer que se procederá por parte, lo primero a especificar es que se empleará ventanas de vidrio simple y el material del marco es aluminio como se observa en la Figura I.5.

$$UW = \frac{\Sigma(A_g * U_g) + \Sigma(A_f * U_f) + \Sigma(P_f * \Psi_f)}{\Sigma A_g + \Sigma A_f}$$

(13)

Donde:

$A_g$  = Área del vidrio

$U_g$  = Coeficiente global de transferencia de calor del vidrio

$A_f$  = Área del marco

$U_f$  = Coeficiente global de transferencia de calor del marco

$P_f$  = Perímetro del marco

$\Psi_f$  = Transmitancia térmica lineal

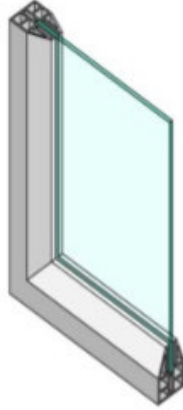


Figura I.5 Gráfica de Ventana Simple  
(Fuente:[53])

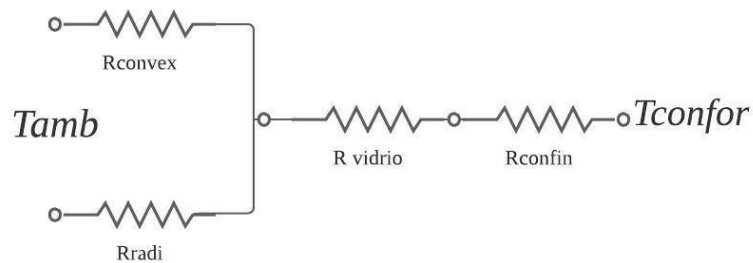


Figura I.6 Sistema de Resistencia para Cristal de Ventana  
(Fuente: Propia)

En la Figura I.6, se puede observar el sistema de resistencias el cual será utilizado para el análisis de una ventana simple obteniendo la Ecuación 14.

$$U_g = \frac{1}{h_i} + \frac{t}{k_{glass}} + \frac{1}{h_o}$$

(14)

Donde:

$h_i$  = Coeficiente convección – radiación del exterior

$t$  = Espesor del vidrio

$k_{glass}$  = Coeficiente de conductividad térmica del vidrio

$h_o$  = Coeficiente de convección interno

En el marco a ser utilizado se emplea los datos presentes en la Tabla I.2, en el cual se presentan valor del coeficiente global de transferencia de calor para el marco  $U_f$ .

Tabla I.2 Coeficiente Global de Transferencia de Calor para Marcos de Ventana

Material	Descripción	U-value / [W*m <sup>2</sup> * K <sup>-1</sup> ]
MADERA	Grosor promedio 30mm	2,30
	Grosor promedio 40mm	2,15
	Grosor promedio 50mm	2,02
	Grosor promedio 60mm	1,90
	Grosor promedio 70mm	1,78
	Grosor promedio 80mm	1,67
	Grosor promedio 90mm	1,57
	Grosor promedio 100mm	1,48
Plástico	Sin refuerzo metálico:	
	Poliuretano	2,8
	PVC, dos cámaras huecas	2,2
	PVC, tres cámaras huecas	2,0
Aluminio	Barrera térmica con:	
	4mm rotura térmica	4,4
	8mm rotura térmica	3,9
	12mm rotura térmica	3,5
	16mm rotura térmica	3,2
	20mm rotura térmica	3,0
Aluminio o acero	Sin barrera térmica	6,9

(Fuente:[52])

En el caso de la transmitancia térmica lineal ( $\Psi_f$ ), se debe especificar que es un coeficiente el cual se emplea en indicar el sellado convencional de unidades de acristalamiento múltiples, por lo cual el estudio a ser realizado se tomará el valor de cero. Pero en caso de que se emplee acristalamientos múltiples se lo puede obtener a través de la Tabla I.3.

Tabla I.3 Valores para Transmitancia Térmica Lineal

Tipo de marco	Transmitancia térmica lineal [ $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ] para el tipo de acristalamiento de escenario	
	Vidrio sin recubrimiento de doble o triple acristalamiento, relleno de aire o gas	Doble o triple acristalamiento. Vidrio de baja emisividad (1 hoja revestida para doble acristalamiento o 2 hojas revestidas para triple acristalamiento), relleno de aire o gas.
Madera o PVC	0,06	0,08
Metal con rotura térmica	0,08	0,11
Metal sin rotura térmica	0,02	0,05

(Fuente: [52])

### Porcentaje de superficie vidriada (WWR)

Definido como la proporción respecto de la superficie total que representan las ventanas u otras superficies vidriadas (parteluces y marcos incluidos) dividida por la superficie bruta de la pared externa [54]. Para su cálculo se emplea la Ecuación 15.

$$WWR(\%) = \frac{\sum Sup. vidriada}{\sum Sup. bruta pared externa}$$

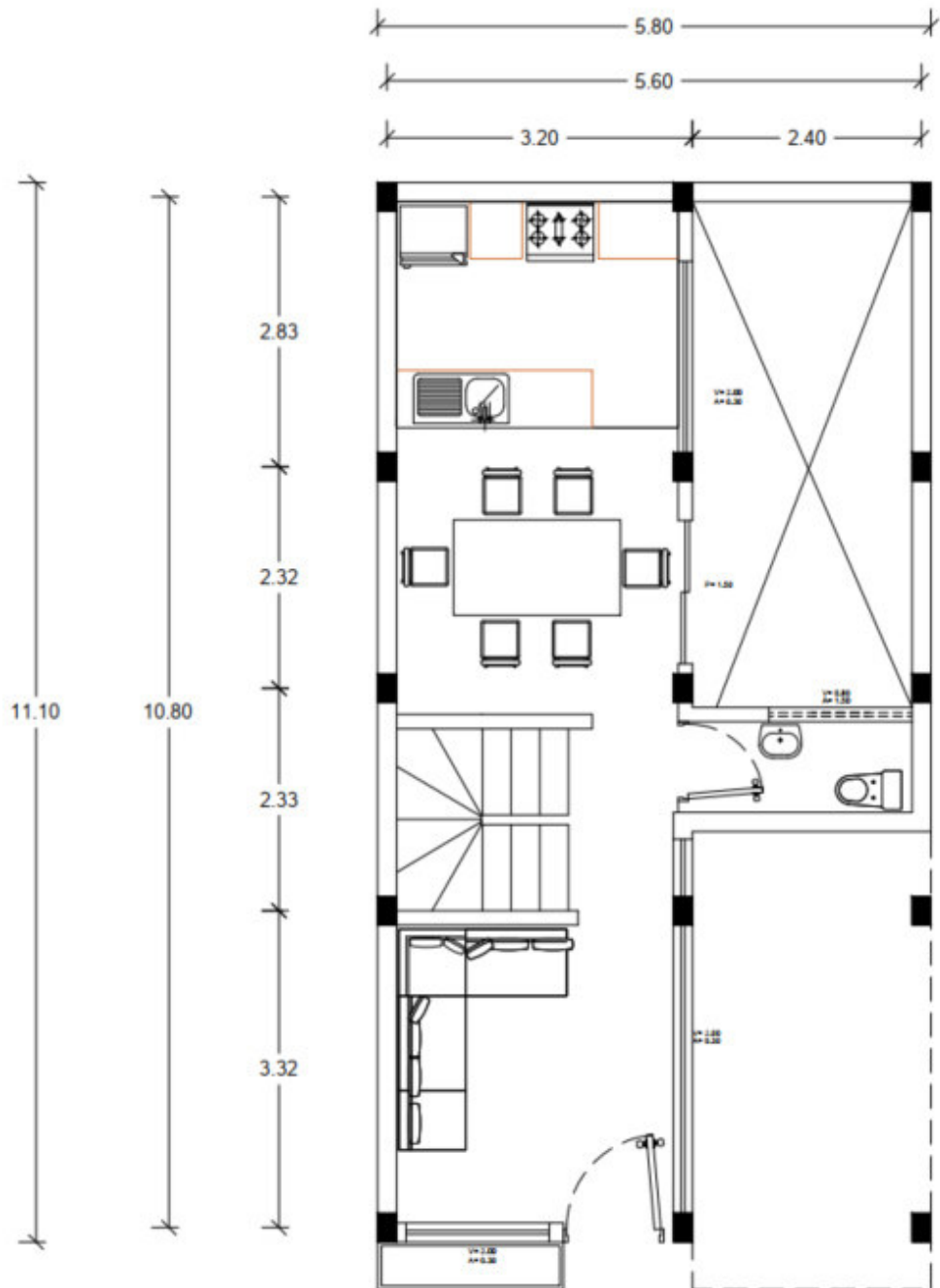
(15)

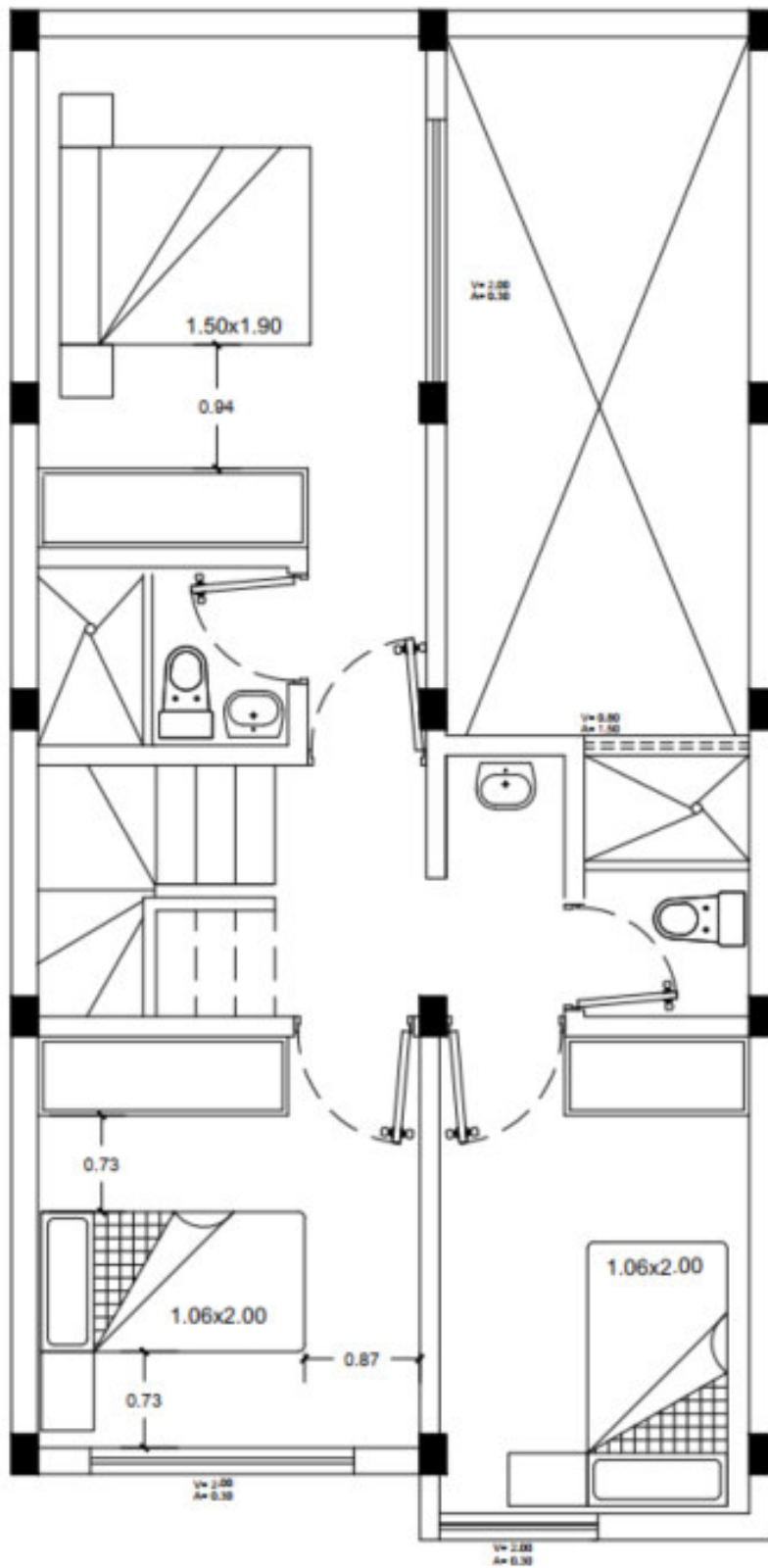
La superficie vidriada es definida como la superficie con vidrio en todas las fachadas, mientras que la superficie bruta de la pared externa es la suma de las superficies de las fachadas exteriores en todas las direcciones incluyendo paredes, ventanas y puertas [54].



## Anexo IV

### Planos de vivienda para cada piso





## Anexo V

### Horarios de ocupación, iluminación para cada zona

Dormitorio Secundarios				
Horario para	Días de la Semana	Hora	Tipo	Valor
<b>Iluminación</b>	<b>Lunes- Viernes</b>	00H00- 06H00	Fracción	0
		06H00- 08H00		1
		08H00-17H00		0
		17H00-22H00		1
		22H00-00H00		0
	<b>Sábado y Domingo - Feriado</b>	00H00- 08H00		0
		08H00-09H00		1
		10H00-19H00		0
19H00-00H00		1		
<b>Ocupación</b>	<b>Lunes- Viernes</b>	00H00-06H00	Fracción	1
		07H00-08H00		0,5
		08H00-09H00		0,25
		09H00-12H00		0
		12H00-14H00		0,25
		14H00-15H00		0,5
		15H00-20H00		0,75
		20H00-00H00		1
	<b>Sábado y Domingo - Feriado</b>	00H00-11H00		1
		11H00-19H00		0
		19H00-00H00		1
<b>Equipos</b>	<b>Lunes- Viernes</b>	00H00-06H00	Fracción	0,2
		06H00-09H00		0,5
		09H00-15H00		0
		15H00-17H00		0,5
		17H00-22H00		1
		22H00-00H00		0,5
	<b>Sábado y Domingo - Feriado</b>	00H00-06H00		0,2
		07H00-09H00		0,8
		09H00-19H00		0,2
		19H00-00H00		1

<b>Cocina – Comedor</b>				
<b>Horario para</b>	<b>Días de la Semana</b>	<b>Hora</b>	<b>Tipo</b>	<b>Valor</b>
<b>Iluminación</b>	<b>Lunes- Viernes</b>	00H00- 06H00	<b>Fracción</b>	0
		06H00- 08H00		1
		08H00-12H00		0
		12H00-13H00		0,5
		13H00-19H00		0
		19H00-21H00		1
		21H00-00H00		0
	<b>Sábado y Domingo - Feriado</b>	00H00- 08H00		0
		08H00- 09H00		0,5
		09H00-12H00		0
		12H00-13H00		0,25
		13H00-20H00		0
		20H00-21H00		1
		21H00-00H00		0
<b>Ocupación</b>	<b>Lunes- Viernes</b>	00H00-06H00	<b>Fracción</b>	0
		06H00-08H00		0,5
		08H00-12H00		0,25
		12H00-14H00		0,75
		14H00-19H00		0,25
		19H00-21H00		1
		21H00-00H00		0
	<b>Sábado y Domingo - Feriado</b>	00H00- 08H00		0
		08H00- 09H00		1
		09H00-12H00		0,25
		12H00-13H00		1
		13H00-20H00		0
		20H00-21H00		1
		21H00-00H00		0
<b>Equipos</b>	<b>Lunes- Viernes</b>	00H00-06H00	<b>Fracción</b>	0,1
		06H00-09H00		0,8
		09H00-12H00		0,1
		12H00-14H00		0,9
		14H00-19H00		0,1
		19H00-21H00		0,9
		21H00-00H00		0,1
	<b>Sábado y Domingo - Feriado</b>	00H00-08H00		0,1
		08H00-09H00		0,8
		09H00-13H00		0,1
		13H00-14H00		0,9
		14H00-20H00		0,1
		20H00-22H00		0,9
		22H00-00H00		0,1

<b>Sala</b>				
<b>Horario para</b>	<b>Días de la Semana</b>	<b>Hora</b>	<b>Tipo</b>	<b>Valor</b>
<b>Iluminación</b>	<b>Lunes- Viernes</b>	00H00- 08H00	Fracción	0
		08H00-17H00		0
		17H00-20H00		0,25
		20H00-00H00		0
	<b>Sábado y Domingo -</b>	00H00- 08H00		0
		08H00-10H00		0,25
		10H00-19H00		0,5
		19H00-00H00		0,5
<b>Ocupación</b>	<b>Lunes- Viernes</b>	00H00-08H00	Fracción	0
		08H00-17H00		0
		17H00-20H00		0,25
		20H00-00H00		0
	<b>Sábado y Domingo - Feriado</b>	00H00-10H00		1
		10H00-19H00		0,25
		19H00-00H00		0,75

<b>Garaje</b>				
<b>Horario para</b>	<b>Días de la Semana</b>	<b>Hora</b>	<b>Tipo</b>	<b>Valor</b>
<b>Iluminación</b>	<b>Lunes- Viernes</b>	00H00- 07H00	Fracción	0
		07H00-08H00		0,5
		08H00-19H00		0
		19H00-20H00		0,5
		20H00-00H00		0
	<b>Sábado y Domingo - Feriado</b>	00H00- 08H00		0
		08H00-09H00		0,5
		09H00-20H00		0
		20H00-21H00		0,5
		21H00-00H00		0
<b>Ocupación</b>	<b>Lunes- Viernes</b>	00H00- 07H00	Fracción	0
		07H00-08H00		0,25
		08H00-19H00		0
		19H00-20H00		0,25
		20H00-00H00		0
	<b>Sábado y Domingo - Feriado</b>	00H00- 08H00		0
		08H00-09H00		0,25
		09H00-20H00		0
		20H00-21H00		0,25
		21H00-00H00		0

<b>Baños</b>				
<b>Horario para</b>	<b>Días de la Semana</b>	<b>Hora</b>	<b>Tipo</b>	<b>Valor</b>
<b>Iluminación</b>	<b>Todos los Días</b>	00H00- 06H00	Fracción	0
		06H00- 08H00		0,5
		08H00-17H00		0,25
		17H00-22H00		1
		22H00-00H00		0
<b>Ocupación</b>	<b>Todos los Días</b>	00H00-07H00	Fracción	0,25
		07H00-08H00		0,5
		08H00-12H00		0,25
		15H00-20H00		0,75
		20H00-00H00		0,5

<b>Corredor</b>				
<b>Horario para</b>	<b>Días de la Semana</b>	<b>Hora</b>	<b>Tipo</b>	<b>Valor</b>
<b>Iluminación</b>	<b>Todos los Días</b>	00H00- 06H00	Fracción	0
		06H00- 08H00		0,25
		08H00-17H00		0
		17H00-22H00		0,5
		22H00-00H00		0,5
<b>Ocupación</b>	<b>Todos los Días</b>	00H00-06H00	Fracción	0
		07H00-08H00		0,25
		08H00-09H00		0,5
		09H00-19H00		0,25
		19H00-20H00		0,75
		20H00-00H00		0,25

## Anexo VI

### Informe de resultados en EDGE de Alternativa 1



Nombre del Proyecto: CONJUNTO HABITACIONAL  
Nombre del subproyecto: ALTERNATIVA 1

  
**Evaluación de EDGE: v2.1.5**  
Fecha y hora de la descarga: 2021-01-10 21:30  
43.75% | 24.27% | 66.56%

#### Detalles del Proyecto

Nombre del Proyecto <b>CONJUNTO HABITACIONAL</b>	Dirección línea1 <b>CALLE EL PLACER</b>
Cantidad de edificios distintos: <b>16</b>	Dirección línea2 <b>PASAJE</b>
Cantidad de subproyectos EDGE asociados: <b>7</b>	Ciudad <b>QUITO</b>
Superficie total del proyecto (m <sup>2</sup> ) <b>87,648</b>	Estado/Provincia <b>PICHINCHA</b>
Nombre del titular del Proyecto <b>KEVIN AGUILAR</b>	Código postal <b>170201</b>
Email del titular del Proyecto <b>kevin.aguilar@epn.edu.ec</b>	País <b>ECUADOR</b>
Teléfono del titular del Proyecto <b>Móvil 593 - 0987531564</b>	Número del Proyecto <b>1000744804</b>
¿Compartir con inversor(s) o banco(s)? <b>No</b>	

Subproyecto(s) asociado(s):  
**ALTERNATIVA 7, ALTERNATIVA 6, ALTERNATIVA 3, ALTERNATIVA 5, ALTERNATIVA 4, ALTERNATIVA 2, ALTERNATIVA 1**

#### Detalles del subproyecto

Nombre del subproyecto <b>ALTERNATIVA 1</b>	Dirección línea1 <b>CALLE EL PLACER</b>
Nombre de la Casa o Edificio <b>CASA ORIGINAL</b>	Dirección línea2 <b>PASAJE</b>
Multiplicador del subproyecto para el proyecto <b>16</b>	Ciudad <b>QUITO</b>
Etapas de certificación <b>Posconstrucción</b>	Estado/Provincia <b>PICHINCHA</b>
Estado <b>Self-Review</b>	Código postal <b>170201</b>
Auditoría	País <b>ECUADOR</b>
Certificador	Tipo de subproyecto <b>Edificio nuevo</b>

Creado por: KEVIN AGUILAR  
Descargado por: KEVIN AGUILAR

Número de archivo: 21010710100397  
Número del Proyecto: 1000744804

01

**Datos de ubicación**

**Datos del edificio**
**Área detallada**

Datos del edificio	Área detallada	Entrada de usuario
Tipo de unidad de vivienda <b>Casas</b>	Por defecto Dormitorios/Unidad (m <sup>2</sup> ) <del>22.4</del>	
Área promedio de la unidad de vivienda (m <sup>2</sup> ) <b>66</b>	Cocina (m <sup>2</sup> ) <del>5.0</del>	<b>30</b>
Dormitorio:/Unidad (n.o) <b>3</b>	Sala/Comedor (m <sup>2</sup> ) <del>21.8</del>	<b>7</b>
Número de pisos/niveles (n.o) <b>2</b>	Baño (m <sup>2</sup> ) <del>3.4</del>	<b>18</b>
Unidades de vivienda (n.o) <b>16</b>	Cuarto de ropas, balcón, punto fijo** (m <sup>2</sup> ) -	<b>11</b>
Ocupación (personas por unidad) (n.o) <b>4</b>	Área interna bruta (m <sup>2</sup> ) <del>66</del>	
	Longitud de las paredes externas en metros por piso (metros) <del>23</del>	
	Área del techo/unidad (m <sup>2</sup> ) <del>33.0</del>	<b>49</b>
	Proporción de vidrio respecto a la superficie/piso (%) <del>59.7%</del>	

\*\*El campo de cuarto de ropas, balcón y punto fijo (m<sup>2</sup>) es equivalente al espacio restante para alcanzar el área interna bruta total (m<sup>2</sup>).



**Supuestos para la línea base**

Por defecto	Entrada de usuario	Por defecto	Entrada de usuario
Combustible para el calentamiento de agua			
Resistencia eléctrica	<b>Resistencia eléctrica</b>		
Combustible utilizado para la calefacción			
Electricidad	<b>Electricidad</b>	Ene. 13.8	14.15
Costo de la electricidad (\$/kWh)	0.04	Feb. 14.0	13.95
Costo del combustible diésel (\$/L)		Mar. 13.9	13.85
Costo del GLP/Gas Natural (\$/L)		Abr. 13.9	13.85
Costo del agua (\$/kL)	0.41	Mayo 14.0	13.95
Emisiones de CO <sub>2</sub> g/kWh de electricidad (gramos/kWh)		Jun. 14.1	14.05
Proporción de vidrio respecto a la pared (%)		Jul. 13.9	14.55
30%		Ago. 14.3	13.95
Reflectividad solar de la pintura: pared (%)		Sept. 13.9	14.25
40%		Oct. 13.7	13.75
Reflectividad solar de la pintura: techo (%)		Nov. 13.6	13.65
30%		Dic. 13.6	13.55
Eficiencia de la caldera de agua caliente (%)		Latitud (Grados)	
80%		0	
Valor-U del techo (W/m <sup>2</sup> .K)			
2.12			
Valor-U de la pared (W/m <sup>2</sup> .K)			
1.86			
Valor-U del vidrio (W/m <sup>2</sup> .K)			
5.75			
Coefficiente de ganancia solar (SHGC) del vidrio (Factor)			
0.80			
Eficiencia del sistema de aire acondicionado (COP)			
2.90			

## Resultados

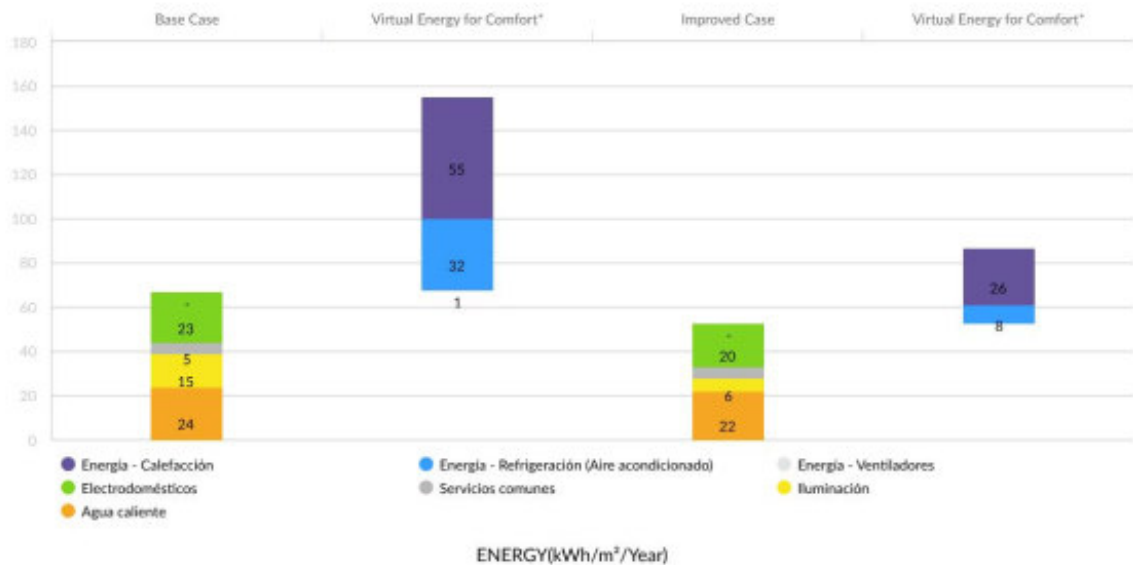
Consumo final de energía (kWh/Mes/Unidad Vivienda) 293.57	Ahorro de CO <sub>2</sub> durante el uso (tCO <sub>2</sub> /Año/Unidad Vivienda) 0.46
Consumo final de agua (kL/Mes/Unidad Vivienda) 8.90	Ahorro de energía incorporada en materiales (MJ/unidad) 244,570.65
Costos de servicios públicos - Línea base (\$/mes/unidad) 19.48	Costo incremental (\$/unidad ) 3,569.17
Reducción en el costo de servicios públicos (\$/mes/unidad) 4.09	Retorno en años (Años) 72.76
Ahorros de energía (MWh/Año) 224.11	Ahorro de agua (m <sup>3</sup> /año) 8,764.67
Ahorros de energía incorporada en los materiales (GJ) 62,610.09	Superficie total del subproyecto (m <sup>2</sup> ) 16,896
Emisiones De Carbono (tCO <sub>2</sub> /Año) 478.88	

## AHORROS DE ENERGÍA

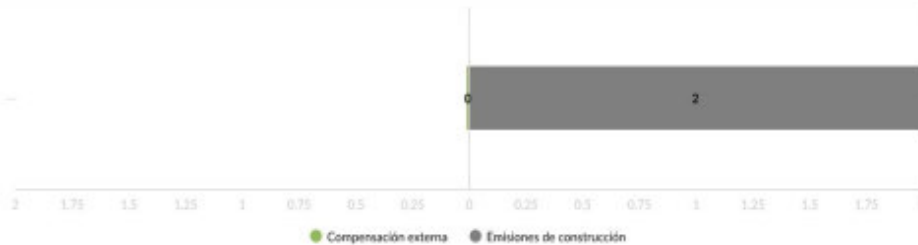
EDGE ADVANCED

Medidas de eficiencia energética 43.75%

Cumple con la norma EDGE en materia de energía



## Emisiones De Carbono: 1.87 tCO<sub>2</sub>/Año/Unidad Vivienda



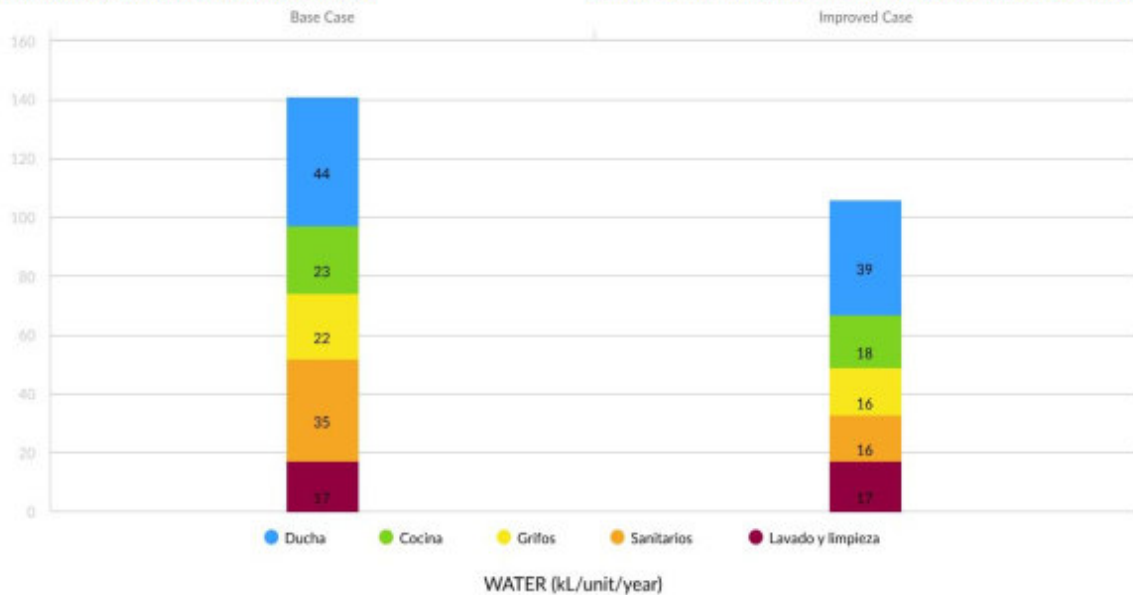
### Medidas de eficiencia energética 43.75%

✓ HME01 Reducción de la Proporción de vidrio en la fachada exterior - WWR de 20% WWR % 20	HMET3 Sensible Heat Recovery from Exhaust Air - Efficiency of 50%
✓ HME02 Pintura reflectiva/tejas para techo: reflectividad solar (albedo) de 0.25 SR 0.25	HME13 Caldera de alta eficiencia para agua caliente - Eficiencia de 95 %
✓ HME03 Pintura reflectiva para paredes externas: reflectividad solar (albedo) de 0.65 SR 0.65	HME14 Bomba de calor para agua caliente - COP de 3
✓ HME04 Control solar externo - Factor promedio de combreado anual (AASF) de 0 AASF 0	✓ HME15 Refrigeradores y lavadoras de ropa energéticamente eficientes
✓ HME05 Aislamiento del techo - Valor-U de 2.54 W/m <sup>2</sup> .K 2.54	✓ HME16 Bombillas ahorradoras de energía - Espacios internos
✓ HME06 Aislamiento térmico de paredes externas - Valor-U: 0.37 W/m <sup>2</sup> .K 0.37	✓ HME17 Energy-Saving Light Bulbs - Common Areas and Outdoor Areas
✓ HME07 Vidrio de baja emicividad - Valor-U: de 3 W/m <sup>2</sup> .K y SHGC: 0.45 W/m <sup>2</sup> .K 3 SHGC 0.45	✓ HME18 Controles de iluminación para iluminación exterior
HME08 Vidrio de alto rendimiento térmico - Valor-U: 1.9 W/m <sup>2</sup> .K y SHGC: 0.28	HME19 Colectores solares de agua caliente - 50 % de la demanda de agua caliente
✓ HME09 Ventilación natural	HME20 Energía solar fotovoltaica - 25 % del uso total de energía
HME10 Ventiladores de techo en todos los ambientes habitables	HME21 Medidores inteligentes
HME11 Sistema de aire acondicionado - COP de 3.5	HMET4 Consumption Based Energy Meters For source Types Both Cooling and Heating Energy
HME12 Caldera de alta eficiencia para calefacción - Eficiencia: 95%	HME22 Otra energía renovable para generación de electricidad
	HME23 Adquisición de energía renovable externa; equivale a 100 % de CO <sub>2</sub> total durante el uso
	HME24 Compensación de emisiones de carbono ; 100 % de CO <sub>2</sub> total

## AHORRO DE AGUA

Medidas de eficiencia de agua 24.27%

Cumple con la norma EDGE en materia de consumo de agua

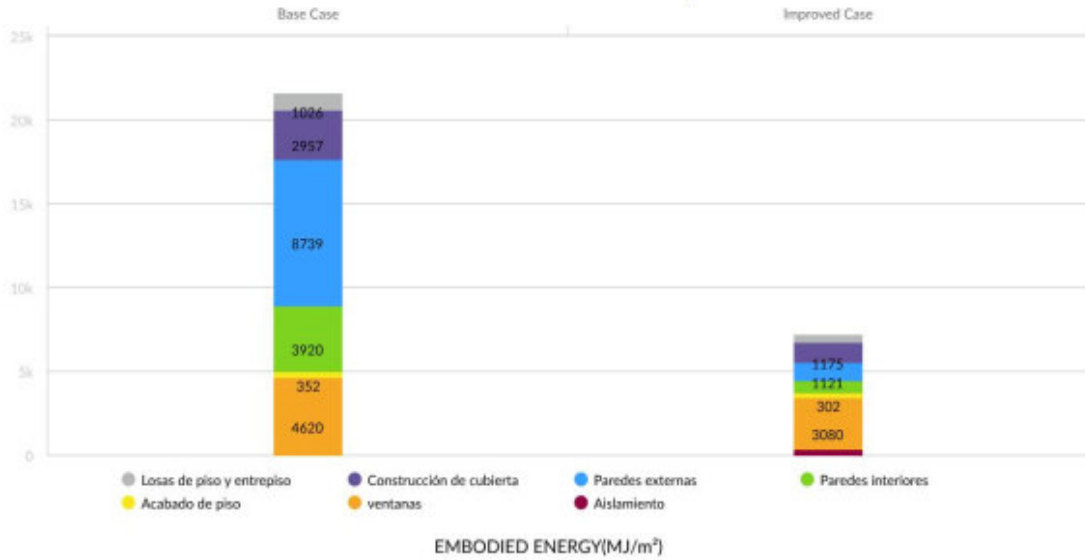


- ✓ HMW01 Cabezales de ducha de bajo flujo - 9 lts./min  
lts./min 9
- ✓ HMW02 Grifos de bajo flujo para cocina - 6 l/min  
lts./min 6
- ✓ HMW03 Grifos de bajo flujo en todos los baños - 6 L/min  
lts./min 6
- ✓ HMW04 Descarga doble para inodoros en todos los baños - 4.8 L en la primera descarga y 3 L en la segunda descarga  
lts. primera descarga 4.8                      lts. segunda descarga 3
- HMW05 Sanitarios de descarga simple - 6 L por descarga
- HMW06 Sistema de recolección de agua de lluvia - 50% del área del techo utilizado para este fin
- HMW07 Aguas grises recicladas para la descarga de los sanitarios
- HMW08 Aguas negras recicladas para la descarga de los sanitarios

## Ahorro de energía incorporada en materiales

Medidas de eficiencia de los materiales 66.56%

Cumple con la norma EDGE relativa a los materiales



		Proporción %	Grosor (mm)	Barra reforzada de acero (Kg/m <sup>2</sup> )
HMM01	Losas de piso y entrepiso Losas reforzadas de concreto en obra 300 mm Acero : 33 kg/m <sup>2</sup>		200	5.98
HMM02	Construcción de cubierta Losas reforzadas de concreto en obra 300 mm Acero : 33 kg/m <sup>2</sup>	Tipo 1 Losa aligerada de concreto 100%	200	5.98
HMM03	Paredes externas Pared de ladrillo común con yeso externo e interno 200 mm	Tipo 1 Bloques de concreto huecos de peso mediano 100%	150	
HMM04	Paredes interiores Pared de ladrillo común con yeso en ambas caras 100 mm	Tipo 1 Bloques de concreto huecos de peso mediano 100%	100	
HMM05	Acabado de piso Baldosa cerámica	Tipo 1 Baldosa cerámica Tipo 2 Parqué/acabado con bloques de madera 50% 50%		
HMM06	Marcos de ventana Aluminio Vidriado simple	Tipo 1 Aluminio 100%		Vidriado simple
HMM07	Aislamiento de paredes Sin aislamiento U : - 1.86 W/m <sup>2</sup> k	Fibra mineral	100	
HMM08	Aislamiento de techo Sin aislamiento U : - 2.12 W/m <sup>2</sup> k	Sin aislamiento		

**Lista de verificación de la certificación EDGE**

Tipo de edificio	Etapas de certificación	Nombre del subproyecto
Casas	Posconstrucción	ALTERNATIVA 1
Medidas de energética		Requisitos de auditoría de construcción
HME01	Reducción de la proporción de vidrio en la fachada exterior	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos de la fachada terminada. Fotografías de exteriores e interiores del edificio, con todas las elevaciones.</li> <li>✓ Cálculos actualizados de relación ventana-pared, si es necesario, o confirmación de que la relación ventana-pared de diseño aún es válida.</li> </ul>
HME02	Pintura reflectiva/tejas para el techo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ficha de datos del producto correspondiente a los materiales y el acabado (incluido el valor de reflectividad solar).</li> <li>✓ Fotografías de los materiales y el acabado del techo (si el acabado es blanco, puede concederse sin pruebas adicionales).</li> <li>✓ Nota de entrega y documentos de compra donde conste que el acabado del techo especificado ha sido entregado en la obra.</li> </ul>
HME03	Pintura reflectiva para las paredes exteriores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ficha de datos del producto correspondiente al acabado de las paredes (incluido el valor de reflectividad solar).</li> <li>✓ Fotografías de los materiales y el acabado de las paredes (si el acabado es blanco, puede concederse sin pruebas adicionales).</li> <li>✓ Nota de entrega y documentos de compra donde conste que el acabado de las paredes especificado ha sido entregado en la obra.</li> </ul>
HME04	Dispositivos de protección solar externos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los dispositivos de protección solar en todas las fachadas.</li> <li>✓ Planos de las fachadas terminadas que muestren los dispositivos de protección solar que se instalaron.</li> <li>✓ Actualización de los cálculos del factor de sombreado si hubo cambios con respecto a la etapa de diseño.</li> </ul>
HME05	Aislamiento del techo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nota de entrega donde conste que el material de aislamiento ha sido entregado en la obra.</li> <li>✓ Fotografías de la construcción del techo cuando el material de aislamiento estaba visible.</li> <li>✓ Cálculos actualizados del valor U si el grosor y el tipo de aislamiento se modificaron con respecto al diseño original.</li> </ul>
HME06	Aislamiento de las paredes exteriores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nota de entrega donde conste que el material de aislamiento ha sido entregado en la obra.</li> <li>✓ Fotografías de la construcción de las paredes exteriores cuando el material de aislamiento estaba visible.</li> <li>✓ Cálculos actualizados del valor U si el grosor y el tipo de aislamiento se modificaron con respecto al diseño original.</li> </ul>
HME07	Vidrio de baja emisividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de las unidades de vidrio instaladas.</li> <li>✓ Recibo de compra y notas de entrega correspondientes al vidrio.</li> </ul>

HME07	Vidrio de baja emisividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fichas de datos del fabricante que indiquen el valor U promedio estacional para el vidrioado (incluidas las pérdidas a través del vidrio y el marco) y el coeficiente de ganancia solar (SHGC) del vidrio.</li> </ul>
HME09	Ventilación natural con ventanas operables y sin aire acondicionado	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos conformes a obra, que incluyen las plantas y secciones.</li> <li>✓ Confirmación del equipo del proyecto de que no se realizaron modificaciones al plano ni a la altura entre el piso y el cielorraso durante el proceso de diseño y construcción.</li> <li>✓ Evidencia fotográfica para demostrar que la construcción se llevó a cabo conforme a la disposición de los pasillos y la ubicación de las aberturas especificadas en la etapa de diseño.</li> </ul>
HME15	Energy Efficient Refrigerators and Clothes Washing Machines	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lista resumida actualizada de los refrigeradores y las lavadoras de ropa instalados en el edificio, detallando la cantidad, el fabricante y el modelo.</li> <li>✓ Constancia de certificación otorgada por Energy Star, EU Energy Efficiency Labelling Scheme o un ente equivalente.</li> <li>✓ Especificaciones del fabricante que detallen el consumo de energía.</li> </ul>
HME16	Bombillas ahorradoras de energía - Espacio: internos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de las luminarias instaladas. No es necesario adjuntar fotos de cada luminaria instalada; no obstante, el auditor debe tener la certeza de que se ha controlado y verificado una proporción razonable de estas.</li> <li>✓ Planos de las instalaciones eléctricas conformes a obra, con la disposición de luminarias, si se modificó con respecto al diseño.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a las lámparas.</li> </ul>
HME17	Bombillas ahorradoras de energía - Espacio: externos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de las luminarias instaladas. No es necesario adjuntar fotos de cada luminaria instalada; no obstante, el auditor debe tener la certeza de que se ha controlado y verificado una proporción razonable de estas.</li> <li>✓ Planos de las instalaciones eléctricas conformes a obra, con la disposición de luminarias, si se modificó con respecto al diseño.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a las lámparas.</li> </ul>
HME18	Controles de iluminación para pasillos y escaleras	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los controles de iluminación. No es necesario adjuntar fotos de cada sensor instalado; no obstante, el auditor debe tener la certeza de que se ha controlado y verificado una proporción razonable de estos.</li> <li>✓ Planos de las instalaciones eléctricas conformes a obra que muestren el tipo y la ubicación de los sensores y controles, si se modificaron con respecto al diseño.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los sensores y controles.</li> </ul>
<b>Medidas relativas al agua</b>		<b>Requisitos de auditoría de construcción</b>
HMW01	Cabezales de ducha de bajo flujo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ On site test results by the auditor of the flow rate at the highest flow per minute, using a timer and a measurement container. It is also recommended to use a Pressure gauge to measure the water pressure.</li> <li>✓ Fotografías de los cabezales de ducha instalados.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los cabezales de ducha.</li> </ul>
HMW02	Grifos de bajo flujo para cocina	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los grifos o limitadores de flujo instalados.</li> </ul>



HMM02	Grifos de bajo flujo para cocina	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los grifos o limitadores de flujo.</li> </ul>
HMM03	Grifos de bajo flujo para lavabos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los grifos o limitadores de flujo instalados.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los grifos o limitadores de flujo.</li> </ul>
HMM04	Sanitarios de descarga doble	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los sanitarios instalados.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los sanitarios.</li> </ul>
<b>Medidas del material</b>		<b>Requisitos de auditoría de construcción</b>
HMM01	Losas de piso y entrepiso	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías con fecha de las losas de piso y entrepiso, tomadas durante o después de la construcción, y</li> <li>✓ Recibo de compra del material especificado para las losas de piso y entrepiso, o</li> <li>✓ Notas de entrega.</li> </ul>
HMM02	Construcción de cubierta	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografía con fecha del techo, tomada durante o después de la construcción, y</li> <li>✓ Recibo de compra de los materiales de construcción utilizados para el techo, o</li> <li>✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para la construcción del techo.</li> </ul>
HMM03	Paredes externas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografía con fecha de las paredes, tomada durante o después de la construcción, y</li> <li>✓ Recibo de compra de los materiales de construcción utilizados para las paredes, o</li> <li>✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para la construcción de las paredes.</li> </ul>
HMM04	Paredes interiores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografía con fecha de las paredes, tomada durante o después de la construcción, y</li> <li>✓ Recibo de compra de los materiales de construcción utilizados para las paredes, o</li> <li>✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para la construcción de las paredes.</li> </ul>
HMM05	Acabado de piso	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografía con fecha del acabado de piso una vez colocado, y</li> <li>✓ Recibo de compra de los materiales de construcción especificados utilizados como acabado de piso, o</li> <li>✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para el acabado de piso.</li> </ul>
HMM06	Marcos de ventana	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografía con fecha de las ventanas instaladas, y</li> <li>✓ Recibo de compra de la ventana especificada, o</li> <li>✓ Nota de entrega de las ventanas.</li> </ul>
HMM07	Aislamiento de paredes	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografía con fecha del aislamiento instalado durante la construcción, y</li> <li>✓ Una factura por el aislamiento especificado, o</li> <li>✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para el aislamiento.</li> </ul>



---

HMM08	Aislamiento de techo	<input checked="" type="checkbox"/> Fotografía con fecha del aislamiento instalado durante la construcción, y
		<hr/>
		<input checked="" type="checkbox"/> Una factura por el aislamiento especificado, o
		<hr/>
		<input checked="" type="checkbox"/> Nota de entrega de los materiales utilizados para el aislamiento.

---

## Anexo VII

### Informe de resultados en EDGE de Alternativa 2



Evaluación de EDGE: v2.1.5

Fecha y hora de la descarga: 2021-01-10 21:31

Nombre del Proyecto: CONJUNTO HABITACIONAL  
Nombre del subproyecto: ALTERNATIVA 2

32.64% | 24.27% | 56.18%

#### Detalles del Proyecto

Nombre del Proyecto <b>CONJUNTO HABITACIONAL</b>	Dirección línea1 <b>CALLE EL PLACER</b>
Cantidad de edificios distintos <b>16</b>	Dirección línea2 <b>PASAJE</b>
Cantidad de subproyectos EDGE asociados <b>7</b>	Ciudad <b>QUITO</b>
Superficie total del proyecto (m²) <b>87,648</b>	Estado/Provincia <b>PICHINCHA</b>
Nombre del titular del Proyecto <b>KEVIN AGUILAR</b>	Código postal <b>170201</b>
Email del titular del Proyecto <b>kevin.aguilar@epn.edu.ec</b>	País <b>ECUADOR</b>
Teléfono del titular del Proyecto <b>Móvil 593 - 0987531564</b>	Número del Proyecto <b>1000744804</b>
¿Compartir con Inversor(s) o banco(s)? <b>No</b>	

Subproyecto(s) asociado(s)  
ALTERNATIVA 7, ALTERNATIVA 6, ALTERNATIVA 3, ALTERNATIVA 5, ALTERNATIVA 4, ALTERNATIVA 2, ALTERNATIVA 1

#### Detalles del subproyecto

Nombre del subproyecto <b>ALTERNATIVA 2</b>	Dirección línea1 <b>CALLE EL PLACER</b>
Nombre de la Casa o Edificio <b>CASA</b>	Dirección línea2 <b>PASAJE</b>
Multiplicador del subproyecto para el proyecto <b>1</b>	Ciudad <b>ECUADOR</b>
Etapa de certificación <b>Posconstrucción</b>	Estado/Provincia <b>PICHINCHA</b>
Estado <b>Self-Review</b>	Código postal <b>170201</b>
Auditoría	País <b>ECUADOR</b>
Certificador	Tipo de subproyecto <b>Edificio nuevo</b>

## Datos de ubicación



## Datos del edificio

## Área detallada

	Por defecto	Entrada de usuario
Tipo de unidad de vivienda Casas	Dormitorios/Unidad (m <sup>2</sup> ) 22.4	30
Área promedio de la unidad de vivienda (m <sup>2</sup> ) 66	Cocina (m <sup>2</sup> ) 5.0	7
Dormitorios/Unidad (n.o) 3	Sala/Comedor (m <sup>2</sup> ) 21.8	18
Número de pisos/niveles (n.o) 2	Baño (m <sup>2</sup> ) 3.4	11
Unidades de vivienda (n.o) 16	Cuarto de ropas, balcón, punto fijo** (m <sup>2</sup> ) -	
Ocupación (personas por unidad) (n.o) 4	Área interna bruta (m <sup>2</sup> ) 66	
	Longitud de las paredes externas en metros por piso (metros) 23	
	Área del techo/unidad (m <sup>2</sup> ) 33.0	49
	Proporción de vidrio respecto a la superficie/piso (%) 59.7%	

\*\*El campo de cuarto de ropas, balcón y punto fijo (m<sup>2</sup>) es equivalente al espacio restante para alcanzar el área interna bruta total (m<sup>2</sup>).

**Supuestos para la línea base**

Por defecto	Entrada de usuario	Por defecto	Entrada de usuario
Combustible para el calentamiento de agua			
Resistencia eléctrica	<b>Resistencia eléctrica</b>		
Combustible utilizado para la calefacción			
Electricidad	<b>Electricidad</b>	Ene.	14.15
Costo de la electricidad (\$/kWh)	0.04	<del>13.0</del>	
Costo del combustible diésel (\$/L)		Feb.	13.95
1.61		<del>14.0</del>	
Costo del GLP/Gas Natural (\$/L)		Mar.	13.85
-		<del>13.9</del>	
Costo del agua (\$/kL)	0.41	Abr.	13.85
1.98		<del>13.9</del>	
Emissiones de CO <sub>2</sub> g/kWh de electricidad (gramos/kWh)		Mayo	13.95
531.00		<del>14.0</del>	
Proporción de vidrio respecto a la pared (%)		Jun.	14.05
30%		<del>14.1</del>	
Reflectividad solar de la pintura: pared (%)		Jul.	14.55
40%		<del>13.9</del>	
Reflectividad solar de la pintura: techo (%)		Ago.	13.95
30%		<del>14.3</del>	
Eficiencia de la caldera de agua caliente (%)		Sept.	14.25
80%		<del>13.9</del>	
Valor-U del techo (W/m <sup>2</sup> .K)		Oct.	13.75
2.12		<del>13.7</del>	
Valor-U de la pared (W/m <sup>2</sup> .K)		Nov.	13.65
1.86		<del>13.6</del>	
Valor-U del vidrio (W/m <sup>2</sup> .K)		Dic.	13.55
5.75		<del>13.6</del>	
Coefficiente de ganancia solar (SHGC) del vidrio (Factor)		Latitud (Grados)	
0.80		0	
Eficiencia del sistema de aire acondicionado (COP)			
2.90			

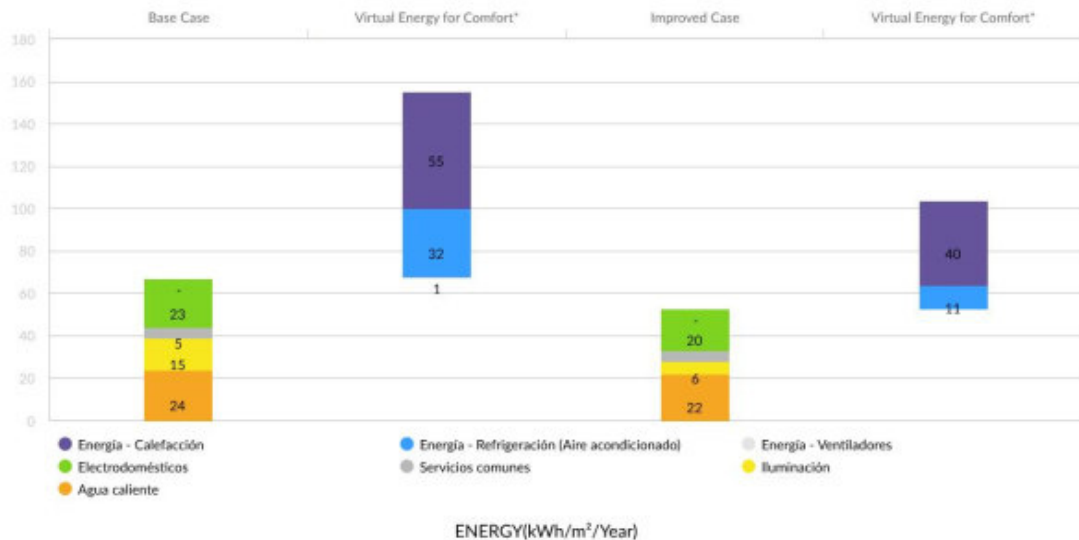
## Resultados

Consumo final de energía (kWh/Mes/Unidad Vivienda)	293.57	Ahorro de CO <sub>2</sub> durante el uso (tCO <sub>2</sub> /Año/Unidad Vivienda)	0.46
Consumo final de agua (kL/Mes/Unidad Vivienda)	8.90	Ahorro de energía incorporada en materiales (MJ/unidad)	206,435.8
Costos de servicios públicos - Línea base (\$/mes/unidad)	19.48	Costo incremental (\$/unidad)	7,225.84
Reducción en el costo de servicios públicos (\$/mes/unidad)	4.09	Retorno en años (Años)	147.30
Ahorros de energía (MWh/Año)	14.01	Ahorros de agua (m <sup>3</sup> /año)	547.79
Ahorros de energía incorporada en los materiales (GJ)	3,302.97	Superficie total del subproyecto (m <sup>2</sup> )	1,056
Emissiones De Carbono (tCO <sub>2</sub> /Año)	29.93		

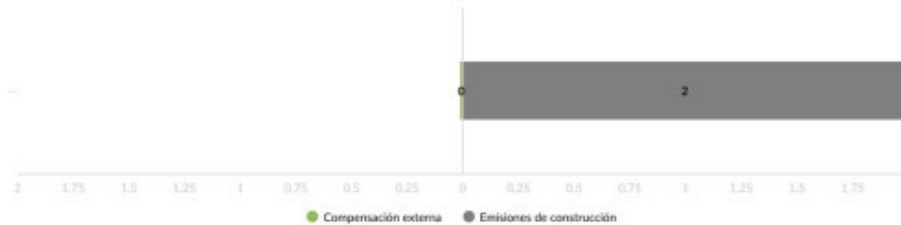
## AHORROS DE ENERGÍA

Medidas de eficiencia energética 32.64%

Cumple con la norma EDGE en materia de energía



## Emisiones De Carbono: 1.87 tCO<sub>2</sub>/Año/Unidad Vivienda



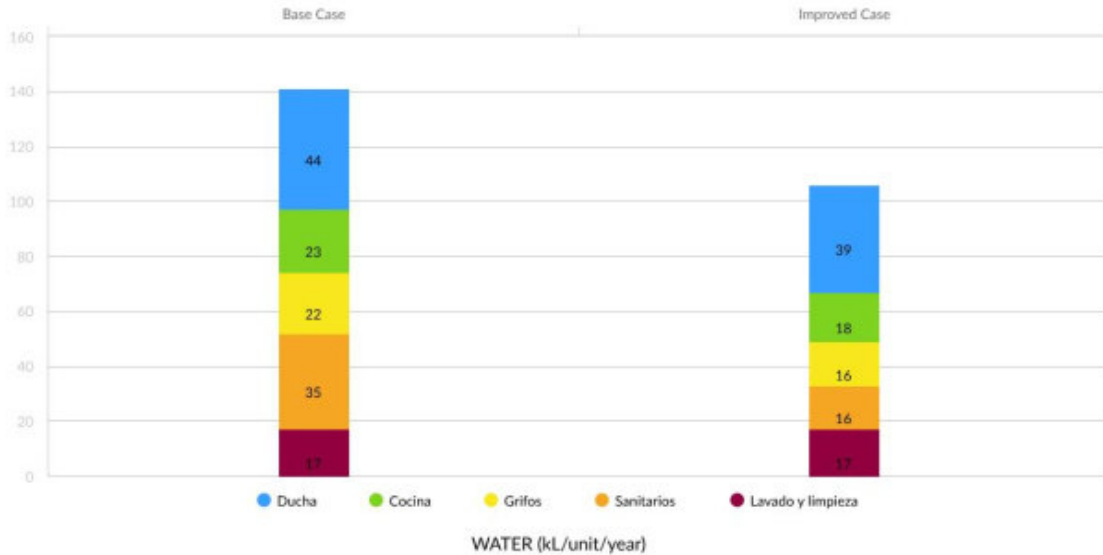
### Medidas de eficiencia energética 32.64%

✓ HME01 Reducción de la Proporción de vidrio en la fachada exterior - WWR de 40% WWR % 40	HMET3 Sensible Heat Recovery from Exhaust Air - Efficiency of 50%
✓ HME02 Pintura reflectiva/tejas para techo: reflectividad solar (albedo) de 0.25 SR 0.25	HME13 Caldera de alta eficiencia para agua caliente - Eficiencia de 95 %
✓ HME03 Pintura reflectiva para paredes externas: reflectividad solar (albedo) de 0.65 SR 0.65	HME14 Bomba de calor para agua caliente - COP de 3
✓ HME04 Control solar externo - Factor promedio de sombreado anual (AASF) de 0 AASF 0	✓ HME15 Refrigeradores y lavadoras de ropa energéticamente eficientes
✓ HME05 Aislamiento del techo - Valor-U de 3.03 W/m <sup>2</sup> .K 3.03	✓ HME16 Bombillas ahorradoras de energía - Espacios internos
✓ HME06 Aislamiento térmico de paredes externas - Valor-U: 1.01 W/m <sup>2</sup> .K 1.01	✓ HME17 Energy-Saving Light Bulbs - Common Areas and Outdoor Areas
✓ HME07 Vidrio de baja emisividad - Valor-U: de 3 W/m <sup>2</sup> .K y SHGC: 0.45 W/m <sup>2</sup> .K 3 SHGC 0.45	✓ HME18 Controles de iluminación para iluminación exterior
HME08 Vidrio de alto rendimiento térmico - Valor-U: 1.9 W/m <sup>2</sup> .K y SHGC: 0.28	HME19 Colectores solares de agua caliente - 50 % de la demanda de agua caliente
✓ HME09 Ventilación natural	HME20 Energía solar fotovoltaica - 25 % del uso total de energía
HME10 Ventiladores de techo en todos los ambientes habitables	HME21 Medidores inteligentes
HME11 Sistema de aire acondicionado - COP de 3.5	HMET4 Consumption Based Energy Meters For source types: Both Cooling and Heating Energy
HME12 Caldera de alta eficiencia para calefacción - Eficiencia: 95%	HME22 Otra energía renovable para generación de electricidad
	HME23 Adquisición de energía renovable externa; equivale a 100 % de CO <sub>2</sub> total durante el uso
	HME24 Compensación de emisiones de carbono ; 100 % de CO <sub>2</sub> total

## AHORRO DE AGUA

Medidas de eficiencia de agua 24.27%

Cumple con la norma EDGE en materia de consumo de agua



✓ HMW01 Cabezales de ducha de bajo flujo - 9 lts./min  
Lts./min 9

✓ HMW02 Grifos de bajo flujo para cocina - 6 l/min  
Lts./min 6

✓ HMW03 Grifos de bajo flujo en todos los baños - 6 L/min  
Lts./min 6

✓ HMW04 Descarga doble para inodoros en todos los baños - 4.8 L en la primera descarga y 3 L en la segunda descarga  
lts. primera descarga 4.8 lts. segunda descarga 3

HMW05 Sanitarios de descarga simple - 6 l. por descarga

HMW06 Sistema de recolección de agua de lluvia - 50% del área del techo utilizado para este fin

HMW07 Aguas grises recicladas para la descarga de los sanitarios

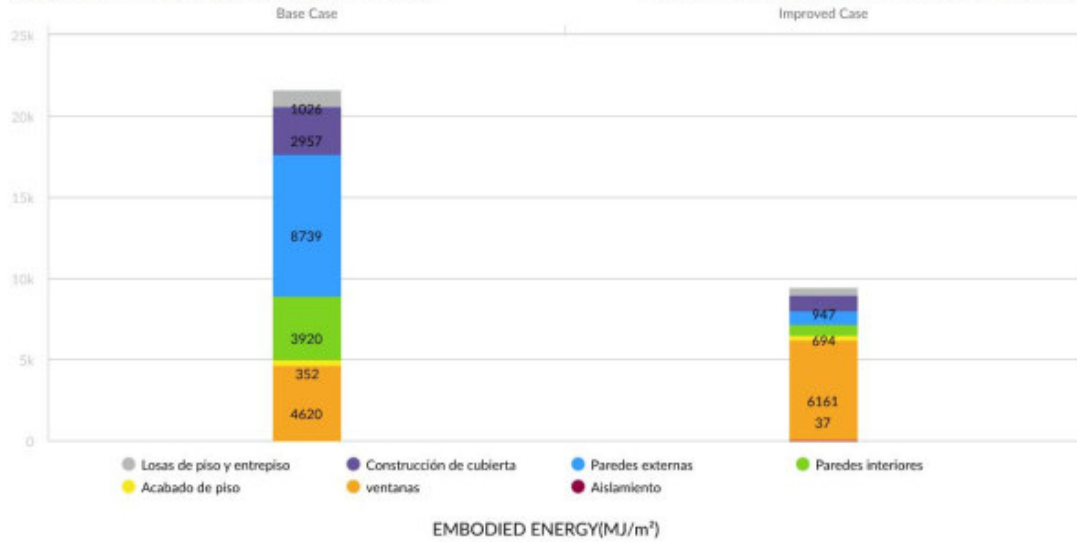
HMW08 Aguas negras recicladas para la descarga de los sanitarios



## Ahorro de energía incorporada en materiales

Medidas de eficiencia de los materiales 56.18%

Cumple con la norma EDGE relativa a los materiales



		Proporción %	Grosor (mm)	Barra reforzada de acero (Kg/m <sup>2</sup> )
HMM01	Losas de piso y entrepiso Losas reforzadas de concreto en obra 300 mm Acero : 33 kg/m <sup>2</sup>		200	5.98
HMM02	Construcción de cubierta Losas reforzadas de concreto en obra 300 mm Acero : 33 kg/m <sup>2</sup>	Tipo 1 Losa aligerada de concreto 100%	150	5.98
HMM03	Paredes externas Pared de ladrillo común con yeso externo e interno. 200 mm	Tipo 1 Bloques de concreto huecos de peso mediano 100%	150	
HMM04	Paredes interiores Pared de ladrillo común con yeso en ambas caras. 100 mm	Tipo 1 Bloques de concreto huecos de peso mediano 100%	100	
HMM05	Acabado de piso Baldosa cerámica	Tipo 1 Baldosa cerámica 50% Tipo 2 Parqué/acabado con bloques de madera 50%		
HMM06	Marcos de ventana Aluminio Vidriado simple	Tipo 1 Aluminio 100%		Vidriado simple
HMM07	Aislamiento de paredes Sin aislamiento U : - 1.86 W/m <sup>2</sup> k	Celulosa	100	
HMM08	Aislamiento de techo Sin aislamiento U : - 2.12 W/m <sup>2</sup> k	Sin aislamiento		

### Lista de verificación de la certificación EDGE

Tipo de edificio	Etapa de certificación	Nombre del subproyecto
Casas	Posconstrucción	ALTERNATIVA 2
Medidas de energética		Requisitos de auditoría de construcción
HME01	Reducción de la proporción de vidrio en la fachada exterior	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos de la fachada terminada. Fotografías de exteriores e interiores del edificio, con todas las elevaciones.</li> <li>✓ Cálculos actualizados de relación ventana-pared, si es necesario, o confirmación de que la relación ventana-pared de diseño aún es válida.</li> </ul>
HME02	Pintura reflectiva/tejas para el techo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ficha de datos del producto correspondiente a los materiales y el acabado (incluido el valor de reflectividad solar).</li> <li>✓ Fotografías de los materiales y el acabado del techo (si el acabado es blanco, puede concederse sin pruebas adicionales).</li> <li>✓ Nota de entrega y documentos de compra donde conste que el acabado del techo especificado ha sido entregado en la obra.</li> </ul>
HME03	Pintura reflectiva para las paredes exteriores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ficha de datos del producto correspondiente al acabado de las paredes (incluido el valor de reflectividad solar).</li> <li>✓ Fotografías de los materiales y el acabado de las paredes (si el acabado es blanco, puede concederse sin pruebas adicionales).</li> <li>✓ Nota de entrega y documentos de compra donde conste que el acabado de las paredes especificado ha sido entregado en la obra.</li> </ul>
HME04	Dispositivos de protección solar externos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los dispositivos de protección solar en todas las fachadas.</li> <li>✓ Planos de las fachadas terminadas que muestren los dispositivos de protección solar que se instalaron.</li> <li>✓ Actualización de los cálculos del factor de sombreado si hubo cambios con respecto a la etapa de diseño.</li> </ul>
HME05	Aislamiento del techo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nota de entrega donde conste que el material de aislamiento ha sido entregado en la obra.</li> <li>✓ Fotografías de la construcción del techo cuando el material de aislamiento estaba visible.</li> <li>✓ Cálculos actualizados del valor U si el grosor y el tipo de aislamiento se modificaron con respecto al diseño original.</li> </ul>
HME06	Aislamiento de las paredes exteriores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nota de entrega donde conste que el material de aislamiento ha sido entregado en la obra.</li> <li>✓ Fotografías de la construcción de las paredes exteriores cuando el material de aislamiento estaba visible.</li> <li>✓ Cálculos actualizados del valor U si el grosor y el tipo de aislamiento se modificaron con respecto al diseño original.</li> </ul>
HME07	Vidrio de baja emisividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de las unidades de vidrio instaladas.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes al vidrioado.</li> </ul>

HME07	Vidrio de baja emisividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fichas de datos del fabricante que indiquen el valor U promedio estacional para el vidrioado (incluidas las pérdidas a través del vidrio y el marco) y el coeficiente de ganancia solar (SHGC) del vidrio.</li> </ul>
HME09	Ventilación natural con ventanas operables y sin aire acondicionado	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos conformes a obra, que incluyen las plantas y secciones.</li> <li>✓ Confirmación del equipo del proyecto de que no se realizaron modificaciones al plano ni a la altura entre el piso y el cielorraso durante el proceso de diseño y construcción.</li> <li>✓ Evidencia fotográfica para demostrar que la construcción se llevó a cabo conforme a la disposición de los pasillos y la ubicación de las aberturas especificadas en la etapa de diseño.</li> </ul>
HME15	Energy Efficient Refrigerators and Clothes Washing Machines	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lista resumida actualizada de los refrigeradores y las lavadoras de ropa instalados en el edificio, detallando la cantidad, el fabricante y el modelo.</li> <li>✓ Constancia de certificación otorgada por Energy Star, EU Energy Efficiency Labelling Scheme o un ente equivalente.</li> <li>✓ Especificaciones del fabricante que detallen el consumo de energía.</li> </ul>
HME16	Bombillas ahorradoras de energía - Espacios internos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de las luminarias instaladas. No es necesario adjuntar fotos de cada luminaria instalada; no obstante, el auditor debe tener la certeza de que se ha controlado y verificado una proporción razonable de estas.</li> <li>✓ Planos de las instalaciones eléctricas conformes a obra, con la disposición de luminarias, si se modificó con respecto al diseño.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a las lámparas.</li> </ul>
HME17	Bombillas ahorradoras de energía - Espacios externos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de las luminarias instaladas. No es necesario adjuntar fotos de cada luminaria instalada; no obstante, el auditor debe tener la certeza de que se ha controlado y verificado una proporción razonable de estas.</li> <li>✓ Planos de las instalaciones eléctricas conformes a obra, con la disposición de luminarias, si se modificó con respecto al diseño.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a las lámparas.</li> </ul>
HME18	Controles de iluminación para pasillos y escaleras	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los controles de iluminación. No es necesario adjuntar fotos de cada sensor instalado; no obstante, el auditor debe tener la certeza de que se ha controlado y verificado una proporción razonable de estos.</li> <li>✓ Planos de las instalaciones eléctricas conformes a obra que muestren el tipo y la ubicación de los sensores y controles, si se modificaron con respecto al diseño.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los sensores y controles.</li> </ul>
<b>Medidas relativas al agua</b>		<b>Requisitos de auditoría de construcción</b>
HMW01	Cabezales de ducha de bajo flujo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ On site test results by the auditor of the flow rate at the highest flow per minute, using a timer and a measurement container. It is also recommended to use a Pressure gauge to measure the water pressure.</li> <li>✓ Fotografías de los cabezales de ducha instalados.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los cabezales de ducha.</li> </ul>
HMW02	Grifos de bajo flujo para cocina	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los grifos o limitadores de flujo instalados.</li> </ul>

HMW02	Grifos de bajo flujo para cocina	✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los grifos o limitadores de flujo.
HMW03	Grifos de bajo flujo para lavabos	✓ Fotografías de los grifos o limitadores de flujo instalados. ✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los grifos o limitadores de flujo.
HMW04	Sanitarios de descarga doble	✓ Fotografías de los sanitarios instalados. ✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los sanitarios.

Medidas del material		Requisitos de auditoría de construcción
HMM01	Losas de piso y entrepiso	✓ Fotografías con fecha de las losas de piso y entrepiso, tomadas durante o después de la construcción, y ✓ Recibo de compra del material especificado para las losas de piso y entrepiso, o ✓ Notas de entrega.
HMM02	Construcción de cubierta	✓ Fotografía con fecha del techo, tomada durante o después de la construcción, y ✓ Recibo de compra de los materiales de construcción utilizados para el techo, o ✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para la construcción del techo.
HMM03	Paredes externas	✓ Fotografía con fecha de las paredes, tomada durante o después de la construcción, y ✓ Recibo de compra de los materiales de construcción utilizados para las paredes, o ✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para la construcción de las paredes.
HMM04	Paredes interiores	✓ Fotografía con fecha de las paredes, tomada durante o después de la construcción, y ✓ Recibo de compra de los materiales de construcción utilizados para las paredes, o ✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para la construcción de las paredes.
HMM05	Acabado de piso	✓ Fotografía con fecha del acabado de piso una vez colocado, y ✓ Recibo de compra de los materiales de construcción especificados utilizados como acabado de piso, o ✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para el acabado de piso.
HMM06	Marcos de ventana	✓ Fotografía con fecha de las ventanas instaladas, y ✓ Recibo de compra de la ventana especificada, o ✓ Nota de entrega de las ventanas.
HMM07	Aislamiento de paredes	✓ Fotografía con fecha del aislamiento instalado durante la construcción, y ✓ Una factura por el aislamiento especificado, o ✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para el aislamiento.

---

HMM08	Aislamiento de techo	<input checked="" type="checkbox"/> Fotografía con fecha del aislamiento instalado durante la construcción, y
		<input checked="" type="checkbox"/> Una factura por el aislamiento especificado, o
		<input checked="" type="checkbox"/> Nota de entrega de los materiales utilizados para el aislamiento.

---

## Anexo VIII

### Informe de resultados en EDGE de Alternativa 3



Nombre del Proyecto: CONJUNTO HABITACIONAL  
Nombre del subproyecto: ALTERNATIVA 3

  
**Evaluación de EDGE: v2.1.5**  
Fecha y hora de la descarga: 2021-01-10 21:32  
43.75% | 24.27% | 66.56%

#### Detalles del Proyecto

Nombre del Proyecto <b>CONJUNTO HABITACIONAL</b>	Dirección línea1 <b>CALLE EL PLACER</b>
Cantidad de edificios distintos <b>16</b>	Dirección línea2 <b>PASAJE</b>
Cantidad de subproyectos EDGE asociados <b>7</b>	Ciudad <b>QUITO</b>
Superficie total del proyecto (m <sup>2</sup> ) <b>87,648</b>	Estado/Provincia <b>PICHINCHA</b>
Nombre del titular del Proyecto <b>KEVIN AGUILAR</b>	Código postal <b>170201</b>
Email del titular del Proyecto <b>kevin.aguilar@epn.edu.ec</b>	País <b>ECUADOR</b>
Teléfono del titular del Proyecto <b>Móvil 593 - 0987531564</b>	Número del Proyecto <b>1000744804</b>
¿Compartir con inversor(s) o banco(s)? <b>No</b>	
Subproyecto(s) asociado(s) <b>ALTERNATIVA 7, ALTERNATIVA 6, ALTERNATIVA 3, ALTERNATIVA 5, ALTERNATIVA 4, ALTERNATIVA 2, ALTERNATIVA 1</b>	

#### Detalles del subproyecto

Nombre del subproyecto <b>ALTERNATIVA 3</b>	Dirección línea1 <b>CALLE EL PLACER</b>
Nombre de la Casa o Edificio <b>CASA 2</b>	Dirección línea2 <b>PASAJE</b>
Multiplicador del subproyecto para el proyecto <b>16</b>	Ciudad <b>ECUADOR</b>
Etapas de certificación <b>Posconstrucción</b>	Estado/Provincia <b>PICHINCHA</b>
Estado <b>Self-Review</b>	Código postal <b>170201</b>
Auditoría	País <b>Ecuador</b>
Certificador	Tipo de subproyecto <b>Edificio nuevo</b>

## Datos de ubicación



## Datos del edificio

## Área detallada

	Par defecto	Entrada de usuario
Tipo de unidad de vivienda		
Casas	Dormitorios/Unidad (m <sup>2</sup> ) <del>22.4</del>	30
Área promedio de la unidad de vivienda (m <sup>2</sup> )	Cocina (m <sup>2</sup> ) <del>5.0</del>	7
66	Sala/Comedor (m <sup>2</sup> ) <del>21.8</del>	18
Dormitorios/Unidad (n.o)	Baño (m <sup>2</sup> ) <del>3.4</del>	11
3	Cuarto de ropas, balcón, punto fijo** (m <sup>2</sup> )	-
Número de pisos/niveles (n.o)	Área interna bruta (m <sup>2</sup> ) 66	
2	Longitud de las paredes externas en metros por piso (metros) 23	
Unidades de vivienda (n.o)	Área del techo/unidad (m <sup>2</sup> ) <del>33.0</del>	49
2	Proporción de vidrio respecto a la superficie/piso (%) 59.7%	
Ocupación (personas por unidad) (n.o)		
4		

\*\*El campo de cuarto de ropas, balcón y punto fijo (m<sup>2</sup>) es equivalente al espacio restante para alcanzar el área interna bruta total (m<sup>2</sup>).



**Supuestos para la línea base**

Por defecto	Entrada de usuario	Por defecto	Entrada de usuario
Combustible para el calentamiento de agua			
Resistencia eléctrica	<b>Resistencia eléctrica</b>		
Combustible utilizado para la calefacción			
Electricidad	<b>Electricidad</b>	Ene.	14.15
Costo de la electricidad (\$/kWh)	0.04	Feb.	13.95
0.19		Mar.	13.85
Costo del combustible diésel (\$/L)		Abr.	13.85
1.61		Mayo	13.95
Costo del GLP/Gas Natural (\$/L)		Jun.	14.05
-		Jul.	14.55
Costo del agua (\$/kL)	0.41	Ago.	13.95
1.98		Sept.	14.25
Emissiones de CO <sub>2</sub> g/kWh de electricidad (gramos/kWh)		Oct.	13.75
531.00		Nov.	13.65
Proporción de vidrio respecto a la pared (%)		Dic.	13.55
30%		Latitud (Grados)	0
Reflectividad solar de la pintura: pared (%)			
40%			
Reflectividad solar de la pintura: techo (%)			
30%			
Eficiencia de la caldera de agua caliente (%)			
80%			
Valor-U del techo (W/m <sup>2</sup> .K)			
2.12			
Valor-U de la pared (W/m <sup>2</sup> .K)			
1.86			
Valor-U del vidrio (W/m <sup>2</sup> .K)			
5.75			
Coefficiente de ganancia solar (SHGC) del vidrio (Factor)			
0.80			
Eficiencia del sistema de aire acondicionado (COP)			
2.90			

## Resultados

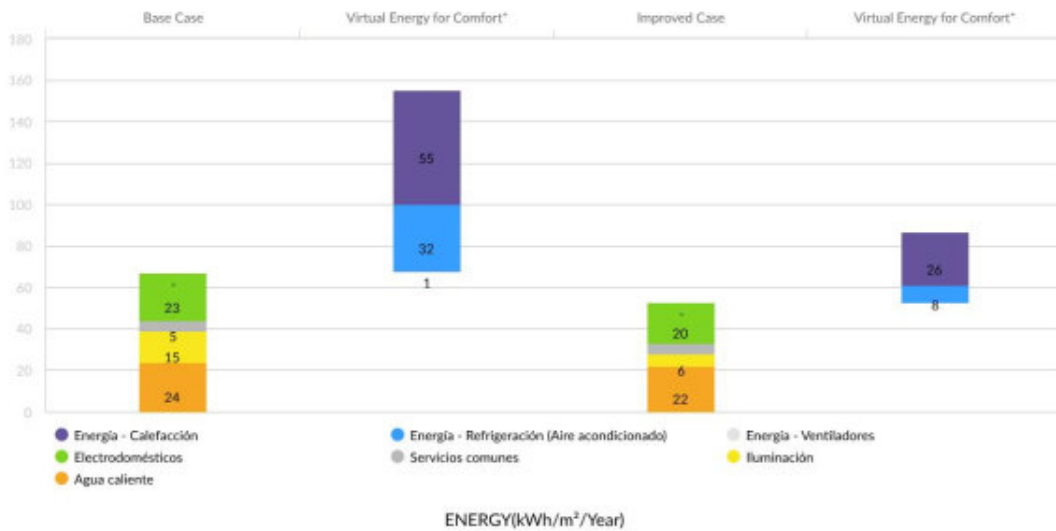
Consumo final de energía (kWh/Mes/Unidad Vivienda) 293.57	Ahorro de CO <sub>2</sub> durante el uso (tCO <sub>2</sub> /Año/Unidad Vivienda) 0.46
Consumo final de agua (kL/Mes/Unidad Vivienda) 8.90	Ahorro de energía incorporada en materiales (MJ/unidad) 244,570.65
Costos de servicios públicos - Línea base (\$/mes/unidad) 19.48	Costo incremental (\$/unidad ) 3,616.04
Reducción en el costo de servicios públicos (\$/mes/unidad) 4.09	Retorno en años (Años) 73.72
Ahorros de energía (MWh/Año) 28.01	Ahorros de agua (m <sup>3</sup> /año) 1,095.58
Ahorros de energía incorporada en los materiales (GJ) 7,826.26	Superficie total del subproyecto (m <sup>2</sup> ) 2,112
Emissiones De Carbono (tCO <sub>2</sub> /Año) 59.86	

## AHORROS DE ENERGÍA

EDGE ADVANCED

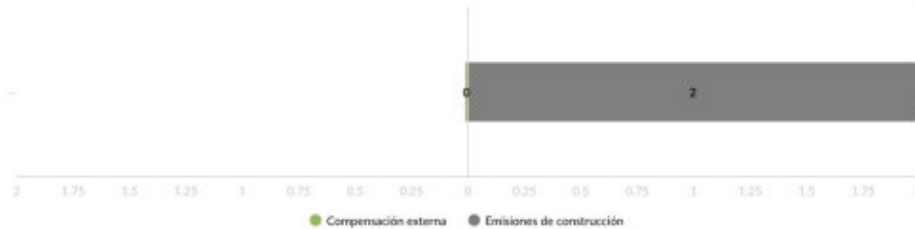
Medidas de eficiencia energética 43.75%

Cumple con la norma EDGE en materia de energía



## Emisiones De Carbono: 1.87 tCO<sub>2</sub>/Año/Unidad

### Vivienda



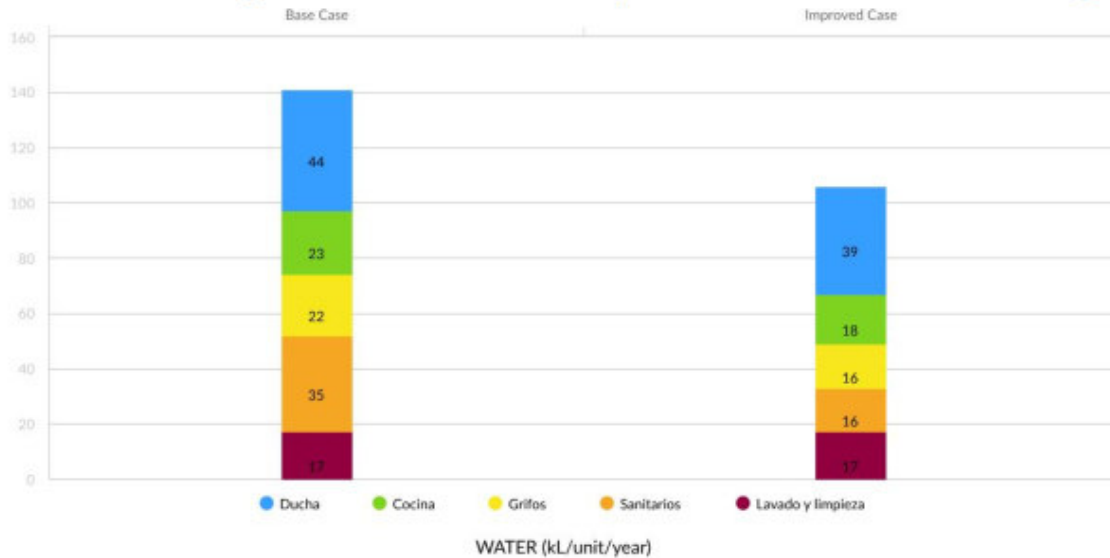
### Medidas de eficiencia energética 43.75%

✓ HME01 Reducción de la Proporción de vidrio en la fachada exterior - WWR de 20%	HMET3 Sensible Heat Recovery from Exhaust Air - Efficiency of 50%
✓ HME02 Pintura reflectiva/tejas para techo: reflectividad solar (albedo) de 0.25 SR 0.25	HME13 Caldera de alta eficiencia para agua caliente - Eficiencia de 95 %
✓ HME03 Pintura reflectiva para paredes externas: reflectividad solar (albedo) de 0.65 SR 0.65	HME14 Bomba de calor para agua caliente - COP de 3
✓ HME04 Control solar externo - Factor promedio de sombreado anual (AASF) de 0 AASF 0	✓ HME15 Refrigeradores y lavadoras de ropa energéticamente eficientes
✓ HME05 Aislamiento del techo - Valor-U de 2.54 W/m <sup>2</sup> .K 2.54	✓ HME16 Bombillas ahorradoras de energía - Espacios internos
✓ HME06 Aislamiento térmico de paredes externas - Valor-U: 0.37 W/m <sup>2</sup> .K 0.37	✓ HME17 Energy-Saving Light Bulbs - Common Areas and Outdoor Areas
✓ HME07 Vidrio de baja emisividad - Valor-U: de 3 W/m <sup>2</sup> .K y SHGC: 0.45 W/m <sup>2</sup> .K 3 SHGC 0.45	✓ HME18 Controles de iluminación para iluminación exterior
HME08 Vidrio de alto rendimiento térmico - Valor-U: 1.9 W/m <sup>2</sup> .K y SHGC: 0.28	HME19 Colectores solares de agua caliente - 50 % de la demanda de agua caliente
✓ HME09 Ventilación natural	HME20 Energía solar fotovoltaica - 25 % del uso total de energía
HME10 Ventiladores de techo en todos los ambientes habitables	HME21 Medidores: inteligentes
HME11 Sistema de aire acondicionado - COP de 3.5	HMET4 Consumption Based Energy Meters For source Types Both Cooling and Heating Energy
HME12 Caldera de alta eficiencia para calefacción - Eficiencia: 95%	HME22 Otra energía renovable para generación de electricidad
	HME23 Adquisición de energía renovable externa; equivale a 100 % de CO <sub>2</sub> total durante el uso
	HME24 Compensación de emisiones de carbono ; 100 % de CO <sub>2</sub> total

## AHORRO DE AGUA

Medidas de eficiencia de agua 24.27%

Cumple con la norma EDGE en materia de consumo de agua



✓ HMW01 Cabezales de ducha de bajo flujo - 9 lts./min  
Lts./min 9

✓ HMW02 Grifos de bajo flujo para cocina - 6 l/min  
Lts./min 6

✓ HMW03 Grifos de bajo flujo en todos los baños - 6 L/min  
Lts./min 6

✓ HMW04 Descarga doble para inodoros en todos los baños - 4.8 L en la primera descarga y 3 L en la segunda descarga  
Lts. primera descarga 4.8 Lts. segunda descarga 3

HMW05 Sanitarios de descarga simple - 6 l. por descarga

HMW06 Sistema de recolección de agua de lluvia - 50% del área del techo utilizado para este fin

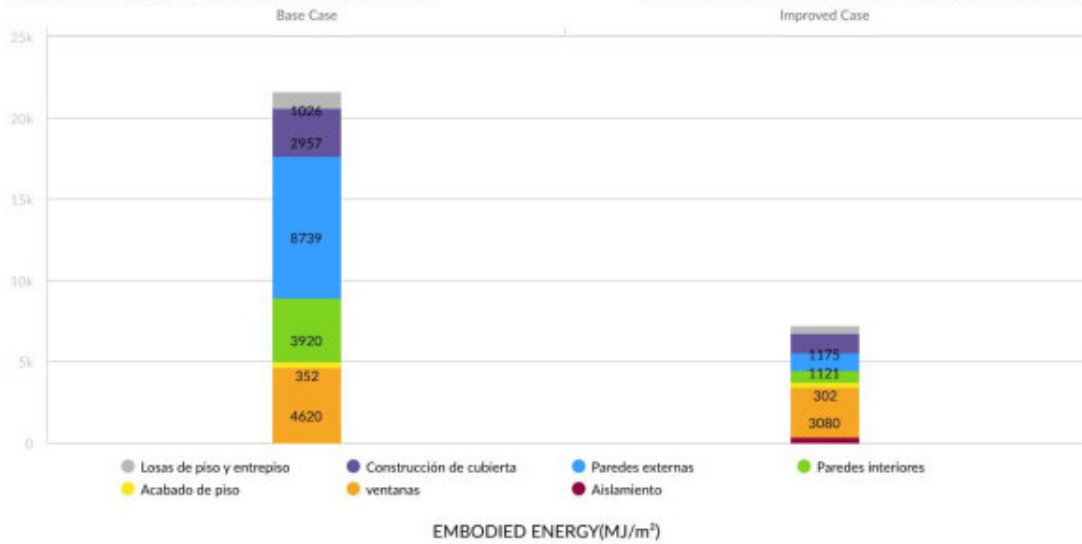
HMW07 Aguas grises recicladas para la descarga de los sanitarios

HMW08 Aguas negras recicladas para la descarga de los sanitarios

## Ahorro de energía incorporada en materiales

Medidas de eficiencia de los materiales 66.56%

Cumple con la norma EDGE relativa a los materiales



		Proporción %	Grosor (mm)	Barra reforzada de acero (Kg/m <sup>2</sup> )
HMM01	Losas de piso y entrepiso Losas reforzadas de concreto en obra 300 mm Acero: 33 kg/m <sup>2</sup>		200	5.98
HMM02	Construcción de cubierta Losas reforzadas de concreto en obra 300 mm Acero: 33 kg/m <sup>2</sup>	Tipo 1 Losa aligerada de concreto 100%	200	5.98
HMM03	Paredes externas Pared de ladrillo común con yeso externo e interno 200 mm	Tipo 1 Bloques de concreto huecos de peso mediano 100%	150	
HMM04	Paredes interiores Pared de ladrillo común con yeso en ambas caras 100 mm	Tipo 1 Bloques de concreto huecos de peso mediano 100%	100	
HMM05	Acabado de piso Baldosa cerámica	Tipo 1 Baldosa cerámica 50% Tipo 2 Parqué/acabado con bloques de madera 50%		
HMM06	Marcos de ventana Aluminio Vidriado simple	Tipo 1 Aluminio 100%		Vidriado simple
HMM07	Aislamiento de paredes Sin aislamiento U: - 1.86 W/m <sup>2</sup> k	Fibra mineral	100	
HMM08	Aislamiento de techo Sin aislamiento U: - 2.12 W/m <sup>2</sup> k	Sin aislamiento		

### Lista de verificación de la certificación EDGE

Tipo de edificio	Etapas de certificación	Nombre del subproyecto
Casas	Posconstrucción	ALTERNATIVA 3
Medidas de energética		Requisitos de auditoría de construcción
HME01	Reducción de la proporción de vidrio en la fachada exterior	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos de la fachada terminada. Fotografías de exteriores e interiores del edificio, con todas las elevaciones.</li> <li>✓ Cálculos actualizados de relación ventana-pared, si es necesario, o confirmación de que la relación ventana-pared de diseño aún es válida.</li> </ul>
HME02	Pintura reflectiva/tejas para el techo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ficha de datos del producto correspondiente a los materiales y el acabado (incluido el valor de reflectividad solar).</li> <li>✓ Fotografías de los materiales y el acabado del techo (si el acabado es blanco, puede concederse sin pruebas adicionales).</li> <li>✓ Nota de entrega y documentos de compra donde conste que el acabado del techo especificado ha sido entregado en la obra.</li> </ul>
HME03	Pintura reflectiva para las paredes exteriores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ficha de datos del producto correspondiente al acabado de las paredes (incluido el valor de reflectividad solar).</li> <li>✓ Fotografías de los materiales y el acabado de las paredes (si el acabado es blanco, puede concederse sin pruebas adicionales).</li> <li>✓ Nota de entrega y documentos de compra donde conste que el acabado de las paredes especificado ha sido entregado en la obra.</li> </ul>
HME04	Dispositivos de protección solar externos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los dispositivos de protección solar en todas las fachadas.</li> <li>✓ Planos de las fachadas terminadas que muestren los dispositivos de protección solar que se instalaron.</li> <li>✓ Actualización de los cálculos del factor de sombreado si hubo cambios con respecto a la etapa de diseño.</li> </ul>
HME05	Aislamiento del techo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nota de entrega donde conste que el material de aislamiento ha sido entregado en la obra.</li> <li>✓ Fotografías de la construcción del techo cuando el material de aislamiento estaba visible.</li> <li>✓ Cálculos actualizados del valor U si el grosor y el tipo de aislamiento se modificaron con respecto al diseño original.</li> </ul>
HME06	Aislamiento de las paredes exteriores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nota de entrega donde conste que el material de aislamiento ha sido entregado en la obra.</li> <li>✓ Fotografías de la construcción de las paredes exteriores cuando el material de aislamiento estaba visible.</li> <li>✓ Cálculos actualizados del valor U si el grosor y el tipo de aislamiento se modificaron con respecto al diseño original.</li> </ul>
HME07	Vidrio de baja emisividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de las unidades de vidrio instaladas.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes al vidrioado.</li> </ul>

HME07	Vidrio de baja emisividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fichas de datos del fabricante que indiquen el valor U promedio estacional para el vidrio (incluidas las pérdidas a través del vidrio y el marco) y el coeficiente de ganancia solar (SHGC) del vidrio.</li> </ul>
HME09	Ventilación natural con ventanas operables y sin aire acondicionado	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos conformes a obra, que incluyen las plantas y secciones.</li> <li>✓ Confirmación del equipo del proyecto de que no se realizaron modificaciones al plano ni a la altura entre el piso y el cielorraso durante el proceso de diseño y construcción.</li> <li>✓ Evidencia fotográfica para demostrar que la construcción se llevó a cabo conforme a la disposición de los pasillos y la ubicación de las aberturas especificadas en la etapa de diseño.</li> </ul>
HME15	Energy Efficient Refrigerators and Clothes Washing Machines	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lista resumida actualizada de los refrigeradores y las lavadoras de ropa instalados en el edificio, detallando la cantidad, el fabricante y el modelo.</li> <li>✓ Constancia de certificación otorgada por Energy Star, EU Energy Efficiency Labelling Scheme o un ente equivalente.</li> <li>✓ Especificaciones del fabricante que detallen el consumo de energía.</li> </ul>
HME16	Bombillas ahorradoras de energía - Espacios internos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de las luminarias instaladas. No es necesario adjuntar fotos de cada luminaria instalada; no obstante, el auditor debe tener la certeza de que se ha controlado y verificado una proporción razonable de estas.</li> <li>✓ Planos de las instalaciones eléctricas conformes a obra, con la disposición de luminarias, si se modificó con respecto al diseño.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a las lámparas.</li> </ul>
HME17	Bombillas ahorradoras de energía - Espacios externos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de las luminarias instaladas. No es necesario adjuntar fotos de cada luminaria instalada; no obstante, el auditor debe tener la certeza de que se ha controlado y verificado una proporción razonable de estas.</li> <li>✓ Planos de las instalaciones eléctricas conformes a obra, con la disposición de luminarias, si se modificó con respecto al diseño.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a las lámparas.</li> </ul>
HME18	Controles de iluminación para pasillos y escaleras	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los controles de iluminación. No es necesario adjuntar fotos de cada sensor instalado; no obstante, el auditor debe tener la certeza de que se ha controlado y verificado una proporción razonable de estos.</li> <li>✓ Planos de las instalaciones eléctricas conformes a obra que muestren el tipo y la ubicación de los sensores y controles, si se modificaron con respecto al diseño.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los sensores y controles.</li> </ul>
<b>Medidas relativas al agua</b>		<b>Requisitos de auditoría de construcción</b>
HMW01	Cabezales de ducha de bajo flujo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ On site test results by the auditor of the flow rate at the highest flow per minute, using a timer and a measurement container. It is also recommended to use a Pressure gauge to measure the water pressure.</li> <li>✓ Fotografías de los cabezales de ducha instalados.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los cabezales de ducha.</li> </ul>
HMW02	Grifos de bajo flujo para cocina	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los grifos o limitadores de flujo instalados.</li> </ul>



HMW02	Grifos de bajo flujo para cocina	✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los grifos o limitadores de flujo.
HMW03	Grifos de bajo flujo para lavabos	✓ Fotografías de los grifos o limitadores de flujo instalados. ✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los grifos o limitadores de flujo.
HMW04	Sanitarios de descarga doble	✓ Fotografías de los sanitarios instalados. ✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los sanitarios.
Medidas del material		Requisitos de auditoría de construcción
HMM01	Losas de piso y entrepiso	✓ Fotografías con fecha de las losas de piso y entrepiso, tomadas durante o después de la construcción, y ✓ Recibo de compra del material especificado para las losas de piso y entrepiso, o ✓ Notas de entrega.
HMM02	Construcción de cubierta	✓ Fotografía con fecha del techo, tomada durante o después de la construcción, y ✓ Recibo de compra de los materiales de construcción utilizados para el techo, o ✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para la construcción del techo.
HMM03	Paredes externas	✓ Fotografía con fecha de las paredes, tomada durante o después de la construcción, y ✓ Recibo de compra de los materiales de construcción utilizados para las paredes, o ✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para la construcción de las paredes.
HMM04	Paredes interiores	✓ Fotografía con fecha de las paredes, tomada durante o después de la construcción, y ✓ Recibo de compra de los materiales de construcción utilizados para las paredes, o ✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para la construcción de las paredes.
HMM05	Acabado de piso	✓ Fotografía con fecha del acabado de piso una vez colocado, y ✓ Recibo de compra de los materiales de construcción especificados utilizados como acabado de piso, o ✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para el acabado de piso.
HMM06	Marcos de ventana	✓ Fotografía con fecha de las ventanas instaladas, y ✓ Recibo de compra de la ventana especificada, o ✓ Nota de entrega de las ventanas.
HMM07	Aislamiento de paredes	✓ Fotografía con fecha del aislamiento instalado durante la construcción, y ✓ Una factura por el aislamiento especificado, o ✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para el aislamiento.



---

HMM08	Aislamiento de techo	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Fotografía con fecha del aislamiento instalado durante la construcción, y</li><li>✓ Una factura por el aislamiento especificado, o</li><li>✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para el aislamiento.</li></ul>
-------	----------------------	--

---

## Anexo IX

### Informe de resultados en EDGE de Alternativa 4



Nombre del Proyecto: CONJUNTO HABITACIONAL  
Nombre del subproyecto: ALTERNATIVA 4

  
**Evaluación de EDGE: v2.1.5**  
Fecha y hora de la descarga: 2021-01-10 21:33  
32.64% | 24.27% | 55.09%

#### Detalles del Proyecto

Nombre del Proyecto <b>CONJUNTO HABITACIONAL</b>	Dirección línea1 <b>CALLE EL PLACER</b>
Cantidad de edificios distintos <b>16</b>	Dirección línea2 <b>PASAJE</b>
Cantidad de subproyectos EDGE asociados <b>7</b>	Ciudad <b>QUITO</b>
Superficie total del proyecto (m <sup>2</sup> ) <b>87,648</b>	Estado/Provincia <b>PICHINCHA</b>
Nombre del titular del Proyecto <b>KEVIN AGUILAR</b>	Código postal <b>170201</b>
Email del titular del Proyecto <b>kevin.aguilars@epn.edu.ec</b>	País <b>ECUADOR</b>
Teléfono del titular del Proyecto <b>Móvil 593 - 0987531564</b>	Número del Proyecto <b>1000744804</b>
¿Compartir con inversor(s) o banco(s)? <b>No</b>	

Subproyecto(s) asociado(s)  
ALTERNATIVA 7, ALTERNATIVA 6, ALTERNATIVA 3, ALTERNATIVA 5, ALTERNATIVA 4, ALTERNATIVA 2, ALTERNATIVA 1

#### Detalles del subproyecto

Nombre del subproyecto <b>ALTERNATIVA 4</b>	Dirección línea1 <b>CALLE EL PLACER</b>
Nombre de la Casa o Edificio <b>CASA 4</b>	Dirección línea2 <b>PASAJE</b>
Multiplicador del subproyecto para el proyecto <b>16</b>	Ciudad <b>ECUADOR</b>
Etapas de certificación <b>Posconstrucción</b>	Estado/Provincia <b>PICHINCHA</b>
Estado <b>Self-Review</b>	Código postal <b>170201</b>
Auditoría	País <b>Ecuador</b>
Certificador	Tipo de subproyecto <b>Edificio nuevo</b>

## Datos de ubicación



### Datos del edificio

Tipo de unidad de vivienda	Casas
Área promedio de la unidad de vivienda (m <sup>2</sup> )	66
Dormitorios/Unidad (n.o)	3
Número de pisos/niveles (n.o)	2
Unidades de vivienda (n.o)	16
Ocupación (personas por unidad) (n.o)	4

### Área detallada

Por defecto	Entrada de usuario
Dormitorios/Unidad (m <sup>2</sup> )	30
Cocina (m <sup>2</sup> )	7
Sala/Comedor (m <sup>2</sup> )	18
Baño (m <sup>2</sup> )	11
Cuarto de ropas, balcón, punto fijo** (m <sup>2</sup> )	-
Área interna bruta (m <sup>2</sup> )	66
Longitud de las paredes externas en metros por piso (metros)	23
Área del techo/unidad (m <sup>2</sup> )	49
Proporción de vidrio respecto a la superficie/piso (%)	59.7%

\*\*El campo de cuarto de ropas, balcón y punto fijo (m<sup>2</sup>) es equivalente al espacio restante para alcanzar el área interna bruta total (m<sup>2</sup>).

**Supuestos para la línea base**

Por defecto	Entrada de usuario		
Combustible para el calentamiento de agua			
Resistencia eléctrica	<b>Resistencia eléctrica</b>	<i>Por defecto</i>	<i>Entrada de usuario</i>
Combustible utilizado para la calefacción		Ene.	
Electricidad	<b>Electricidad</b>	<del>13.8</del>	14.15
Costo de la electricidad (\$/kWh)		Feb.	
<del>0.19</del>	0.04	<del>14.0</del>	13.95
Costo del combustible diésel (\$/L)		Mar.	
1.61		<del>13.9</del>	13.85
Costo del GLP/Gas Natural (\$/L)		Abr.	
-		<del>13.9</del>	13.85
Costo del agua (\$/kl)		Mayo	
<del>1.98</del>	0.41	<del>14.0</del>	13.95
Emissiones de CO <sub>2</sub> g/kWh de electricidad (gramos/kWh)		Jun.	
531.00		<del>14.1</del>	14.05
Proporción de vidrio respecto a la pared (%)		Jul.	
30%		<del>13.9</del>	14.55
Reflectividad solar de la pintura: pared (%)		Ago.	
40%		<del>14.3</del>	13.95
Reflectividad solar de la pintura: techo (%)		Sept.	
30%		<del>13.9</del>	14.25
Eficiencia de la caldera de agua caliente (%)		Oct.	
80%		<del>13.7</del>	13.75
Valor-U del techo (W/m <sup>2</sup> .K)		Nov.	
2.12		<del>13.6</del>	13.65
Valor-U de la pared (W/m <sup>2</sup> .K)		Dic.	
1.86		<del>13.6</del>	13.55
Valor-U del vidrio (W/m <sup>2</sup> .K)		Latitud (Grados)	
5.75		0	
Coefficiente de ganancia solar (SHGC) del vidrio (Factor)			
0.80			
Eficiencia del sistema de aire acondicionado (COP)			
2.90			

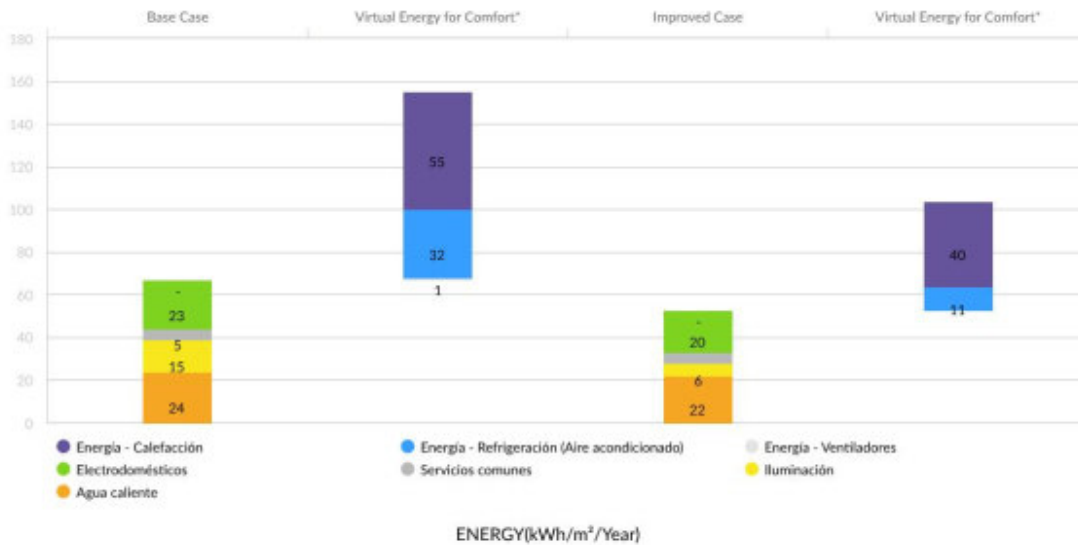
## Resultados

Consumo final de energía (kWh/Mes/Unidad Vivienda) 293.57	Ahorro de CO <sub>2</sub> durante el uso (tCO <sub>2</sub> /Año/Unidad Vivienda) 0.46
Consumo final de agua (kL/Mes/Unidad Vivienda) 8.90	Ahorro de energía incorporada en materiales (MJ/unidad) 202,400.5
Costos de servicios públicos - Línea base (\$/mes/unidad) 19.48	Costo incremental (\$/unidad ) 7,383.44
Reducción en el costo de servicios públicos (\$/mes/unidad) 4.09	Retorno en años (Años) 150.52
Ahorros de energía (MWh/Año) 224.11	Ahorros de agua (m <sup>3</sup> /año) 8,764.67
Ahorros de energía incorporada en los materiales (GJ) 51,814.53	Superficie total del subproyecto (m <sup>2</sup> ) 16,896
Emissiones De Carbono (tCO <sub>2</sub> /Año) 478.88	

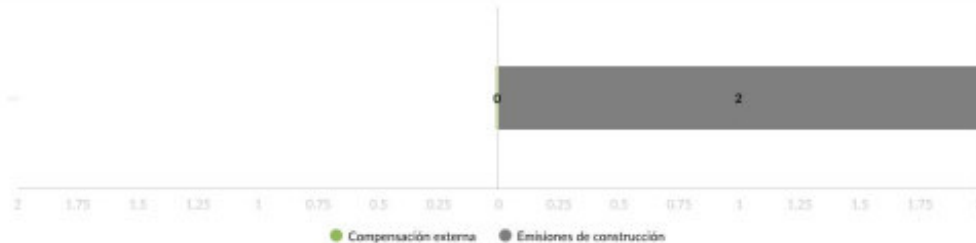
## AHORROS DE ENERGÍA

Medidas de eficiencia energética 32.64%

Cumple con la norma EDGE en materia de energía



## Emisiones De Carbono: 1.87 tCO<sub>2</sub>/Año/Unidad Vivienda



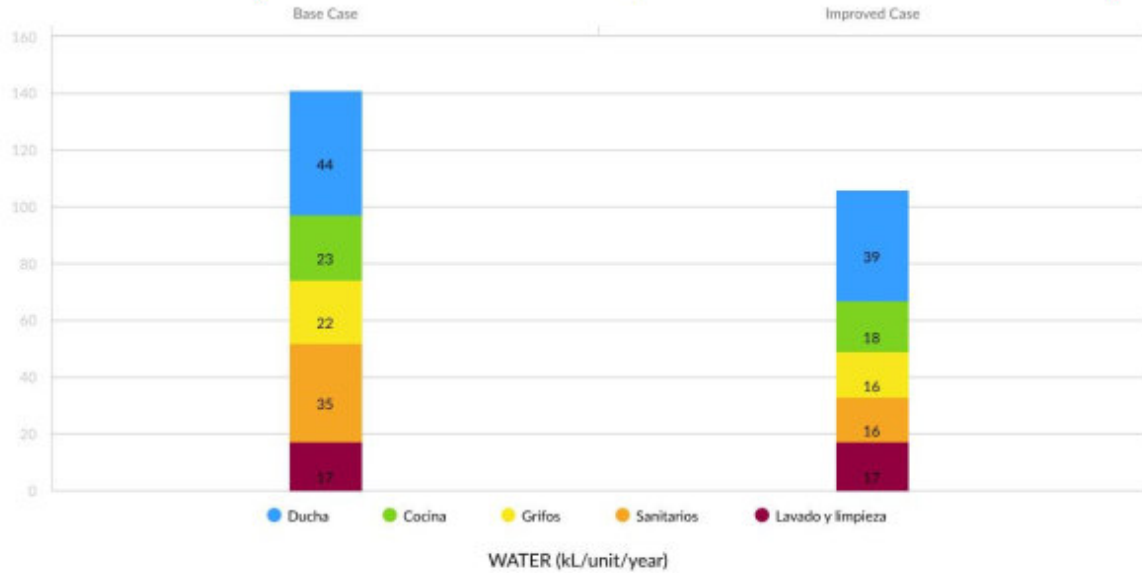
### Medidas de eficiencia energética 32.64%

✓ HME01 Reducción de la Proporción de vidrio en la fachada exterior - WWR de 40%	HMET3 Sensible Heat Recovery from Exhaust Air - Efficiency of 50%
✓ HME02 Pintura reflectiva/tejas para techo: reflectividad solar (albedo) de 0.25 SR 0.25	HME13 Caldera de alta eficiencia para agua caliente - Eficiencia de 95 %
✓ HME03 Pintura reflectiva para paredes externas: reflectividad solar (albedo) de 0.65 SR 0.65	HME14 Bomba de calor para agua caliente - COP de 3
✓ HME04 Control solar externo - Factor promedio de sombreado anual (AASF) de 0 AASF 0	✓ HME15 Refrigeradores y lavadoras de ropa energéticamente eficientes
✓ HME05 Aislamiento del techo - Valor-U de 3.03 W/m <sup>2</sup> .K 3.03	✓ HME16 Bombillas ahorradoras de energía - Espacios internos
✓ HME06 Aislamiento térmico de paredes externas - Valor-U: 1.01 W/m <sup>2</sup> .K 1.01	✓ HME17 Energy-Saving Light Bulbs - Common Areas and Outdoor Areas
✓ HME07 Vidrio de baja emisividad - Valor-U: de 3 W/m <sup>2</sup> .K y SHGC: 0.45 W/m <sup>2</sup> .K 3 SHGC 0.45	✓ HME18 Controles de iluminación para iluminación exterior
HME08 Vidrio de alto rendimiento térmico - Valor-U: 1.9 W/m <sup>2</sup> .K y SHGC: 0.28	HME19 Colectores solares de agua caliente - 50 % de la demanda de agua caliente
✓ HME09 Ventilación natural	HME20 Energía solar fotovoltaica - 25 % del uso total de energía
HME10 Ventiladores de techo en todos los ambientes habitables	HME21 Medidores inteligentes
HME11 Sistema de aire acondicionado - COP de 3.5	HMET4 Consumption Based Energy Meters For Source Types Both Cooling and Heating Energy
HME12 Caldera de alta eficiencia para calefacción - Eficiencia: 95%	HME22 Otra energía renovable para generación de electricidad
	HME23 Adquisición de energía renovable externa; equivale a 100 % de CO <sub>2</sub> total durante el uso
	HME24 Compensación de emisiones de carbono ; 100 % de CO <sub>2</sub> total

## AHORRO DE AGUA

Medidas de eficiencia de agua 24.27%

Cumple con la norma EDGE en materia de consumo de agua



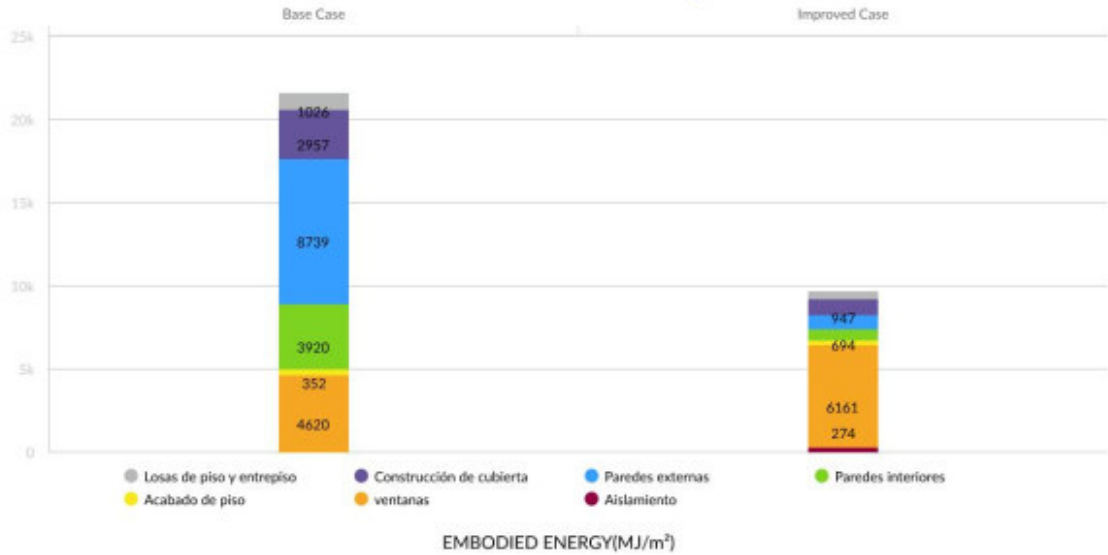
- ✓ HMW01 Cabezales de ducha de bajo flujo - 9 lts./min  
Lts./min 9
- ✓ HMW02 Grifos de bajo flujo para cocina - 6 l/min  
Lts./min 6
- ✓ HMW03 Grifos de bajo flujo en todos los baños - 6 L/min  
Lts./min 6
- ✓ HMW04 Descarga doble para inodoros en todos los baños - 4.8 L en la primera descarga y 3 L en la segunda descarga  
Lts. primera descarga 4.8                      Lts. segunda descarga 3
- HMW05 Sanitarios de descarga simple - 6 L por descarga
- HMW06 Sistema de recolección de agua de lluvia - 50% del área del techo utilizado para este fin
- HMW07 Aguas grises recicladas para la descarga de los sanitarios
- HMW08 Aguas negras recicladas para la descarga de los sanitarios



### Ahorro de energía incorporada en materiales

Medidas de eficiencia de los materiales: 55.09%

Cumple con la norma EDGE relativa a los materiales



		Proporción %	Grosor (mm)	Barra reforzada de acero (Kg/m <sup>2</sup> )
HMM01	Losas de piso y entrepiso Losas reforzadas de concreto en obra 300 mm Acero : 33 kg/m <sup>2</sup>		200	5.98
HMM02	Construcción de cubierta Losas reforzadas de concreto en obra 300 mm Acero : 33 kg/m <sup>2</sup>	Tipo 1 Losa aligerada de concreto 100%	150	5.98
HMM03	Paredes externas Pared de ladrillo común con yeso externo e interno 200 mm	Tipo 1 Bloques de concreto huecos de peso mediano 100%	150	
HMM04	Paredes interiores Pared de ladrillo común con yeso en ambas caras 100 mm	Tipo 1 Bloques de concreto huecos de peso mediano 100%	100	
HMM05	Acabado de piso Baldosa cerámica	Tipo 1 Baldosa cerámica 50% Tipo 2 Parqué/acabado con bloques de madera 50%		
HMM06	Marcos de ventana Aluminio Vidriado simple	Tipo 1 Aluminio 100%		Vidriado simple
HMM07	Aislamiento de paredes Sin aislamiento U : - 1.86 W/m <sup>2</sup> k	Fibra mineral	100	
HMM08	Aislamiento de techo Sin aislamiento U : - 2.12 W/m <sup>2</sup> k	Sin aislamiento		

## Lista de verificación de la certificación EDGE

Tipo de edificio	Etapa de certificación	Nombre del subproyecto
Casas	Posconstrucción	ALTERNATIVA 4
Medidas de energética		Requisitos de auditoría de construcción
HME01	Reducción de la proporción de vidrio en la fachada exterior	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos de la fachada terminada. Fotografías de exteriores e interiores del edificio, con todas las elevaciones.</li> <li>✓ Cálculos actualizados de relación ventana-pared, si es necesario, o confirmación de que la relación ventana-pared de diseño aún es válida.</li> </ul>
HME02	Pintura reflectiva/tejas para el techo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ficha de datos del producto correspondiente a los materiales y el acabado (incluido el valor de reflectividad solar).</li> <li>✓ Fotografías de los materiales y el acabado del techo (si el acabado es blanco, puede concederse sin pruebas adicionales).</li> <li>✓ Nota de entrega y documentos de compra donde conste que el acabado del techo especificado ha sido entregado en la obra.</li> </ul>
HME03	Pintura reflectiva para las paredes exteriores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ficha de datos del producto correspondiente al acabado de las paredes (incluido el valor de reflectividad solar).</li> <li>✓ Fotografías de los materiales y el acabado de las paredes (si el acabado es blanco, puede concederse sin pruebas adicionales).</li> <li>✓ Nota de entrega y documentos de compra donde conste que el acabado de las paredes especificado ha sido entregado en la obra.</li> </ul>
HME04	Dispositivos de protección solar externos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los dispositivos de protección solar en todas las fachadas.</li> <li>✓ Planos de las fachadas terminadas que muestren los dispositivos de protección solar que se instalaron.</li> <li>✓ Actualización de los cálculos del factor de sombreado si hubo cambios con respecto a la etapa de diseño.</li> </ul>
HME05	Aislamiento del techo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nota de entrega donde conste que el material de aislamiento ha sido entregado en la obra.</li> <li>✓ Fotografías de la construcción del techo cuando el material de aislamiento estaba visible.</li> <li>✓ Cálculos actualizados del valor U si el grosor y el tipo de aislamiento se modificaron con respecto al diseño original.</li> </ul>
HME06	Aislamiento de las paredes exteriores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nota de entrega donde conste que el material de aislamiento ha sido entregado en la obra.</li> <li>✓ Fotografías de la construcción de las paredes exteriores cuando el material de aislamiento estaba visible.</li> <li>✓ Cálculos actualizados del valor U si el grosor y el tipo de aislamiento se modificaron con respecto al diseño original.</li> </ul>
HME07	Vidrio de baja emisividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de las unidades de vidrio instaladas.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes al vidrio.</li> </ul>

HME07	Vidrio de baja emisividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fichas de datos del fabricante que indiquen el valor U promedio estacional para el vidrio (incluidas las pérdidas a través del vidrio y el marco) y el coeficiente de ganancia solar (SHGC) del vidrio.</li> </ul>
HME09	Ventilación natural con ventanas operables y sin aire acondicionado	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos conformes a obra, que incluyen las plantas y secciones.</li> <li>✓ Confirmación del equipo del proyecto de que no se realizaron modificaciones al plano ni a la altura entre el piso y el cielorraso durante el proceso de diseño y construcción.</li> <li>✓ Evidencia fotográfica para demostrar que la construcción se llevó a cabo conforme a la disposición de los pasillos y la ubicación de las aberturas especificadas en la etapa de diseño.</li> </ul>
HME15	Energy Efficient Refrigerators and Clothes Washing Machines	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lista resumida actualizada de los refrigeradores y las lavadoras de ropa instalados en el edificio, detallando la cantidad, el fabricante y el modelo.</li> <li>✓ Constancia de certificación otorgada por Energy Star, EU Energy Efficiency Labelling Scheme o un ente equivalente.</li> <li>✓ Especificaciones del fabricante que detallen el consumo de energía.</li> </ul>
HME16	Bombillas ahorradoras de energía - Espacios internos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de las luminarias instaladas. No es necesario adjuntar fotos de cada luminaria instalada; no obstante, el auditor debe tener la certeza de que se ha controlado y verificado una proporción razonable de estas.</li> <li>✓ Planos de las instalaciones eléctricas conformes a obra, con la disposición de luminarias, si se modificó con respecto al diseño.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a las lámparas.</li> </ul>
HME17	Bombillas ahorradoras de energía - Espacios externos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de las luminarias instaladas. No es necesario adjuntar fotos de cada luminaria instalada; no obstante, el auditor debe tener la certeza de que se ha controlado y verificado una proporción razonable de estas.</li> <li>✓ Planos de las instalaciones eléctricas conformes a obra, con la disposición de luminarias, si se modificó con respecto al diseño.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a las lámparas.</li> </ul>
HME18	Controles de iluminación para pasillos y escaleras	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los controles de iluminación. No es necesario adjuntar fotos de cada sensor instalado; no obstante, el auditor debe tener la certeza de que se ha controlado y verificado una proporción razonable de estos.</li> <li>✓ Planos de las instalaciones eléctricas conformes a obra que muestren el tipo y la ubicación de los sensores y controles, si se modificaron con respecto al diseño.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los sensores y controles.</li> </ul>
<b>Medidas relativas al agua</b>		<b>Requisitos de auditoría de construcción</b>
HMW01	Cabezales de ducha de bajo flujo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ On site test results by the auditor of the flow rate at the highest flow per minute, using a timer and a measurement container. It is also recommended to use a Pressure gauge to measure the water pressure.</li> <li>✓ Fotografías de los cabezales de ducha instalados.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los cabezales de ducha.</li> </ul>
HMW02	Grifos de bajo flujo para cocina	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los grifos o limitadores de flujo instalados.</li> </ul>

Nombre del Proyecto: CONJUNTO HABITACIONAL  
 Nombre del subproyecto: ALTERNATIVA 4

HMW02	Grifos de bajo flujo para cocina	✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los grifos o limitadores de flujo.
HMW03	Grifos de bajo flujo para lavabos	✓ Fotografías de los grifos o limitadores de flujo instalados. ✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los grifos o limitadores de flujo.
HMW04	Sanitarios de descarga doble	✓ Fotografías de los sanitarios instalados. ✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los sanitarios.
Medidas del material		Requisitos de auditoría de construcción
HMM01	Losas de piso y entrepiso	✓ Fotografías con fecha de las losas de piso y entrepiso, tomadas durante o después de la construcción, y ✓ Recibo de compra del material especificado para las losas de piso y entrepiso, o ✓ Notas de entrega.
HMM02	Construcción de cubierta	✓ Fotografía con fecha del techo, tomada durante o después de la construcción, y ✓ Recibo de compra de los materiales de construcción utilizados para el techo, o ✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para la construcción del techo.
HMM03	Paredes externas	✓ Fotografía con fecha de las paredes, tomada durante o después de la construcción, y ✓ Recibo de compra de los materiales de construcción utilizados para las paredes, o ✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para la construcción de las paredes.
HMM04	Paredes interiores	✓ Fotografía con fecha de las paredes, tomada durante o después de la construcción, y ✓ Recibo de compra de los materiales de construcción utilizados para las paredes, o ✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para la construcción de las paredes.
HMM05	Acabado de piso	✓ Fotografía con fecha del acabado de piso una vez colocado, y ✓ Recibo de compra de los materiales de construcción especificados utilizados como acabado de piso, o ✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para el acabado de piso.
HMM06	Marcos de ventana	✓ Fotografía con fecha de las ventanas instaladas, y ✓ Recibo de compra de la ventana especificada, o ✓ Nota de entrega de las ventanas.
HMM07	Aislamiento de paredes	✓ Fotografía con fecha del aislamiento instalado durante la construcción, y ✓ Una factura por el aislamiento especificado, o ✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para el aislamiento.



---

HMM08	Aislamiento de techo	<input checked="" type="checkbox"/> Fotografía con fecha del aislamiento instalado durante la construcción, y
		<input checked="" type="checkbox"/> Una factura por el aislamiento especificado, o
		<input checked="" type="checkbox"/> Nota de entrega de los materiales utilizados para el aislamiento.

---

# Anexo X

## Informe de resultados en EDGE de Alternativa 5



Evaluación de EDGE: v2.1.5

Fecha y hora de la descarga: 2021-01-10 21:34

Nombre del Proyecto: CONJUNTO HABITACIONAL  
Nombre del subproyecto: ALTERNATIVA 5

28.73% | 24.27% | 55.72%

### Detalles del Proyecto

Nombre del Proyecto <b>CONJUNTO HABITACIONAL</b>	Dirección línea1 <b>CALLE EL PLACER</b>
Cantidad de edificios distintos <b>16</b>	Dirección línea2 <b>PASAJE</b>
Cantidad de subproyectos EDGE asociados <b>7</b>	Ciudad <b>QUITO</b>
Superficie total del proyecto (m²) <b>87,648</b>	Estado/Provincia <b>PICHINCHA</b>
Nombre del titular del Proyecto <b>KEVIN AGUILAR</b>	Código postal <b>170201</b>
Email del titular del Proyecto <b>kevin.aguilar@epn.edu.ec</b>	País <b>ECUADOR</b>
Teléfono del titular del Proyecto <b>Móvil 593 - 0987531564</b>	Número del Proyecto <b>1000744804</b>
¿Compartir con inversor(s) o banco(s)? <b>No</b>	

Subproyecto(s) asociado(s)  
ALTERNATIVA 7, ALTERNATIVA 6, ALTERNATIVA 3, ALTERNATIVA 5, ALTERNATIVA 4, ALTERNATIVA 2, ALTERNATIVA 1

### Detalles del subproyecto

Nombre del subproyecto <b>ALTERNATIVA 5</b>	Dirección línea1 <b>CALLE EL PLACER</b>
Nombre de la Casa o Edificio <b>CASA 5</b>	Dirección línea2 <b>PASAJE</b>
Multiplicador del subproyecto para el proyecto <b>16</b>	Ciudad <b>ECUADOR</b>
Etapas de certificación <b>Posconstrucción</b>	Estado/Provincia <b>PICHINCHA</b>
Estado <b>Self-Review</b>	Código postal <b>170201</b>
Auditoría	País <b>Ecuador</b>
Certificador	Tipo de subproyecto <b>Edificio nuevo</b>

## Datos de ubicación



### Datos del edificio

### Área detallada

Datos del edificio	Área detallada	Entrada de usuario
Tipo de unidad de vivienda Casas	Por defecto Dormitorios/Unidad (m <sup>2</sup> ) 22.4	30
Área promedio de la unidad de vivienda (m <sup>2</sup> ) 66	Cocina (m <sup>2</sup> ) 5.0	7
Dormitorios/Unidad (n.o) 3	Sala/Comedor (m <sup>2</sup> ) 21.8	18
Número de pisos/niveles (n.o) 2	Baño (m <sup>2</sup> ) 3.4	11
Unidades de vivienda (n.o) 16	Cuarto de ropas, balcón, punto fijo** (m <sup>2</sup> ) -	
Ocupación (personas por unidad) (n.o) 4	Área interna bruta (m <sup>2</sup> ) 66	
	Longitud de las paredes externas en metros por piso (metros) 23	
	Área del techo/unidad (m <sup>2</sup> ) 33.0	49
	Proporción de vidrio respecto a la superficie/piso (%) 59.7%	

\*\*El campo de cuarto de ropas, balcón y punto fijo (m<sup>2</sup>) es equivalente al espacio restante para alcanzar el área interna bruta total (m<sup>2</sup>).



### Supuestos para la línea base

Por defecto	Entrada de usuario	Por defecto	Entrada de usuario
Combustible para el calentamiento de agua	GLP		
Resistencia eléctrica			
Combustible utilizado para la calefacción	Electricidad	Ene.	14.15
Electricidad		13.8	
Costo de la electricidad (\$/kWh)	0.04	Feb.	13.95
0.19		14.0	
Costo del combustible diésel (\$/L)		Mar.	13.85
1.61		13.9	
Costo del GLP/Gas Natural (\$/L)	1.60	Abr.	13.85
0.00		13.9	
Costo del agua (\$/kL)	0.41	Mayo	13.95
1.98		14.0	
Emisiones de CO <sub>2</sub> g/kWh de electricidad (gramos/kWh)		Jun.	14.05
531.00		14.1	
Proporción de vidrio respecto a la pared (%)		Jul.	14.55
30%		13.9	
Reflectividad solar de la pintura: pared (%)		Ago.	13.95
40%		14.0	
Reflectividad solar de la pintura: techo (%)		Sept.	14.25
30%		13.9	
Eficiencia de la caldera de agua caliente (%)		Oct.	13.75
80%		13.7	
Valor-U del techo (W/m <sup>2</sup> .K)		Nov.	13.65
2.12		13.6	
Valor-U de la pared (W/m <sup>2</sup> .K)		Dic.	13.55
1.86		13.6	
Valor-U del vidrio (W/m <sup>2</sup> .K)		Latitud (Grados)	
5.75		0	
Coefficiente de ganancia solar (SHGC) del vidrio (Factor)			
0.80			
Eficiencia del sistema de aire acondicionado (COP)			
2.90			

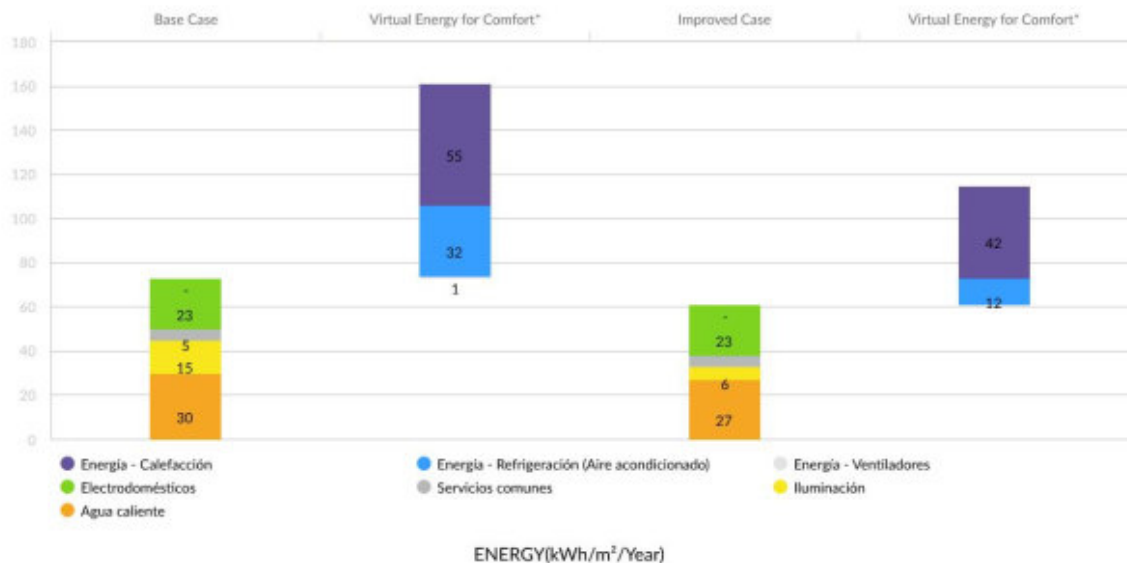
## Resultados

Consumo final de energía (kWh/Mes/Unidad Vivienda) 337.11	Ahorro de CO <sub>2</sub> durante el uso (tCO <sub>2</sub> /Año/Unidad Vivienda) 0.44
Consumo final de agua (kL/Mes/Unidad Vivienda) 8.90	Ahorro de energía incorporada en materiales (MJ/unidad) 204,726.52
Costos de servicios públicos - Línea base (\$/mes/unidad) 53.3	Costo incremental (\$/unidad ) 7,237.31
Reducción en el costo de servicios públicos (\$/mes/unidad) 6.88	Retorno en años (Años) 87.64
Ahorros de energía (MWh/Año) 191.37	Ahorros de agua (m <sup>3</sup> /año) 8,764.67
Ahorros de energía incorporada en los materiales (GJ) 52,409.99	Superficie total del subproyecto (m <sup>2</sup> ) 16,896
Emisiones De Carbono (tCO <sub>2</sub> /Año) 655.82	

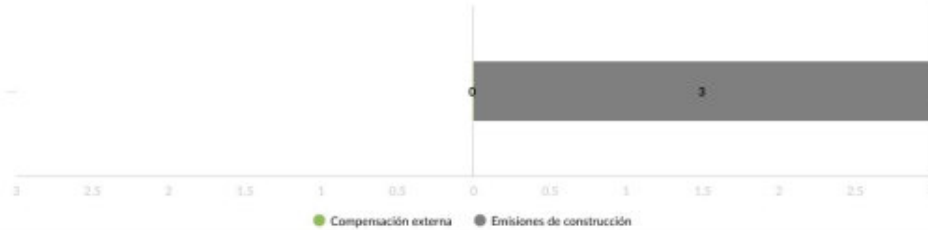
## AHORROS DE ENERGÍA

Medidas de eficiencia energética 28.73%

Cumple con la norma EDGE en materia de energía



**Emisiones De Carbono: 2.56 tCO<sub>2</sub>/Año/Unidad  
Vivienda**



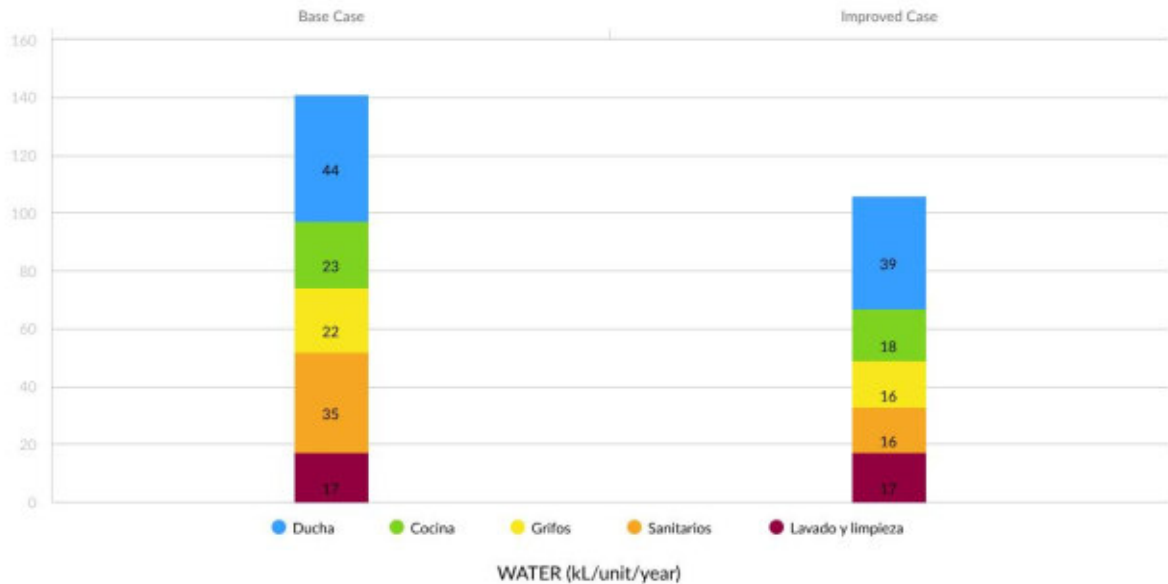
**Medidas de eficiencia energética 28.73%**

- |   |  |
|---|--|
| ✓ HME01 Reducción de la Proporción de vidrio en la fachada exterior - WWR de 40%<br>WWR % 40                          | HMET3 Sensible Heat Recovery from Exhaust Air - Efficiency of 50%  |
| ✓ HME02 Pintura reflectiva/tejas para techo: reflectividad solar (albedo) de 0.25<br>SR 0.25                          | HME13 Caldera de alta eficiencia para agua caliente - Eficiencia de 95 %                                 |
| ✓ HME03 Pintura reflectiva para paredes externas: reflectividad solar (albedo) de 0.65<br>SR 0.65                     | HME14 Bomba de calor para agua caliente - COP de 3   |
| ✓ HME04 Control solar externo - Factor promedio de sombreado anual (AASF) de 0<br>AASF 0                              | HME15 Refrigeradores y lavadoras de ropa energéticamente eficientes                                      |
| ✓ HME05 Aislamiento del techo - Valor-U de 3.42<br>W/m <sup>2</sup> .K 3.42   | ✓ HME16 Bombillas ahorradoras de energía - Espacios Internos   |
| ✓ HME06 Aislamiento térmico de paredes externas - Valor-U: 1.01<br>W/m <sup>2</sup> .K 1.01                           | ✓ HME17 Energy-Saving Light Bulbs - Common Areas and Outdoor Areas                                       |
| ✓ HME07 Vidrio de baja emisividad - Valor-U: de 3 W/m <sup>2</sup> .K y SHGC: 0.45<br>W/m <sup>2</sup> .K 3 SHGC 0.45 | ✓ HME18 Controles de iluminación para iluminación exterior   |
| HME08 Vidrio de alto rendimiento térmico - Valor-U: 1.9 W/m <sup>2</sup> .K y SHGC: 0.28                              | HME19 Colectores solares de agua caliente - 50 % de la demanda de agua caliente                          |
| ✓ HME09 Ventilación natural   | HME20 Energía solar fotovoltaica - 25 % del uso total de energía   |
| HME10 Ventiladores de techo en todos los ambientes habitables   | HME21 Medidores inteligentes   |
| HME11 Sistema de aire acondicionado - COP de 3.5  | HMET4 Consumption Based Energy Meters For<br>source Type: Both Cooling and Heating Energy                |
| HME12 Caldera de alta eficiencia para calefacción - Eficiencia: 95%   | HME22 Otra energía renovable para generación de electricidad   |
|   | HME23 Adquisición de energía renovable externa; equivale a 100 % de CO <sub>2</sub> total durante el uso |
|   | HME24 Compensación de emisiones de carbono ; 100 % de CO <sub>2</sub> total                              |

## AHORRO DE AGUA

Medidas de eficiencia de agua 24.27%

Cumple con la norma EDGE en materia de consumo de agua



✓ HMW01 Cabezales de ducha de bajo flujo - 9 lts./min  
Lts./min 9

✓ HMW02 Grifos de bajo flujo para cocina - 6 l/min  
Lts./min 6

✓ HMW03 Grifos de bajo flujo en todos los baños - 6 L/min  
Lts./min 6

✓ HMW04 Descarga doble para inodoros en todos los baños - 4.8 L en la primera descarga y 3 L en la segunda descarga  
Lts. primera descarga 4.8 Lts. segunda descarga 3

HMW05 Sanitarios de descarga simple - 6 l. por descarga

HMW06 Sistema de recolección de agua de lluvia - 50% del área del techo utilizado para este fin

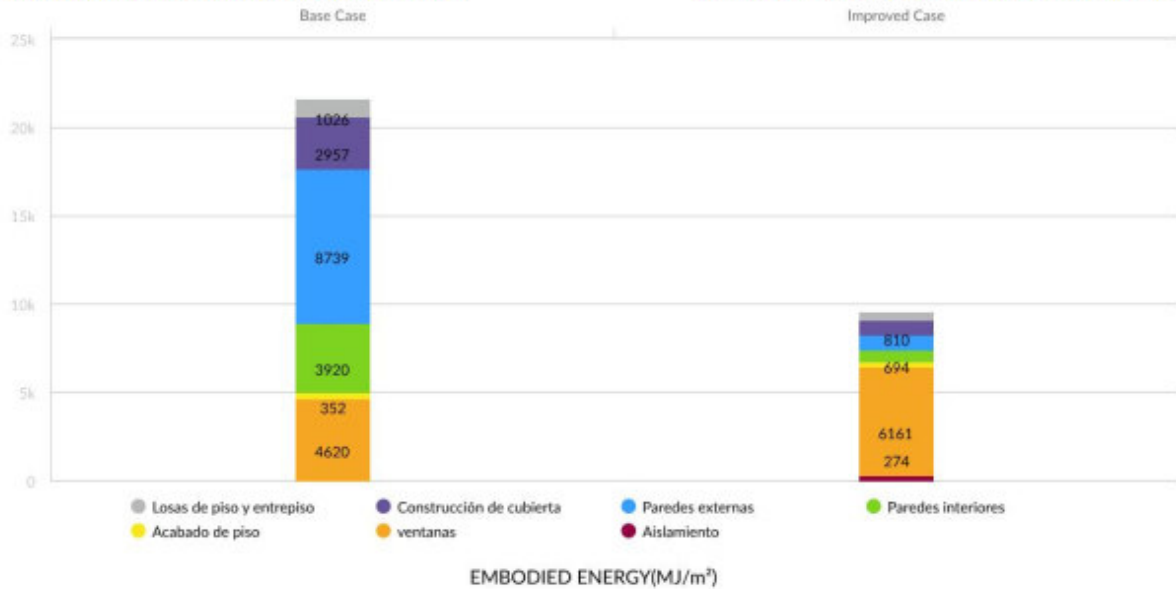
HMW07 Aguas grises recicladas para la descarga de los sanitarios

HMW08 Aguas negras recicladas para la descarga de los sanitarios

## Ahorro de energía incorporada en materiales

Medidas de eficiencia de los materiales 55.72%

Cumple con la norma EDGE relativa a los materiales



		Proporción %	Grosor (mm)	Barra reforzada de acero (Kg/m <sup>2</sup> )
HMM01	Losas de piso y entrepiso Losas reforzadas de concreto en obra 300 mm Acero : 33 kg/m <sup>2</sup>		200	5.98
HMM02	Construcción de cubierta Losas reforzadas de concreto en obra 300 mm Acero : 33 kg/m <sup>2</sup>	Tipo 1 Losa aligerada de concreto 100%	120	5.98
HMM03	Paredes externas Pared de ladrillo común con yeso externo e interno 200 mm	Tipo 1 Bloques de concreto huecos de peso mediano 100%	150	
HMM04	Paredes interiores Pared de ladrillo común con yeso en ambas caras 100 mm	Tipo 1 Bloques de concreto huecos de peso mediano 100%	100	
HMM05	Acabado de piso Baldosa cerámica	Tipo 1 Baldosa cerámica 50% Tipo 2 Parqué/acabado con bloques de madera 50%		
HMM06	Marcos de ventana Aluminio Vidriado simple	Tipo 1 Aluminio 100%		Vidriado simple
HMM07	Aislamiento de paredes Sin aislamiento U : - 1.86 W/m <sup>2</sup> k	Fibra mineral	100	
HMM08	Aislamiento de techo Sin aislamiento U : - 2.12 W/m <sup>2</sup> k	Sin aislamiento		

## Lista de verificación de la certificación EDGE

Tipo de edificio	Etapa de certificación	Nombre del subproyecto
Casas	Posconstrucción	ALTERNATIVA 5
Medidas de energética		Requisitos de auditoría de construcción
HME01	Reducción de la proporción de vidrio en la fachada exterior	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos de la fachada terminada. Fotografías de exteriores e interiores del edificio, con todas las elevaciones.</li> <li>✓ Cálculos actualizados de relación ventana-pared, si es necesario, o confirmación de que la relación ventana-pared de diseño aún es válida.</li> </ul>
HME02	Pintura reflectiva/tejas para el techo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ficha de datos del producto correspondiente a los materiales y el acabado (incluido el valor de reflectividad solar).</li> <li>✓ Fotografías de los materiales y el acabado del techo (si el acabado es blanco, puede concederse sin pruebas adicionales).</li> <li>✓ Nota de entrega y documentos de compra donde conste que el acabado del techo especificado ha sido entregado en la obra.</li> </ul>
HME03	Pintura reflectiva para las paredes exteriores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ficha de datos del producto correspondiente al acabado de las paredes (incluido el valor de reflectividad solar).</li> <li>✓ Fotografías de los materiales y el acabado de las paredes (si el acabado es blanco, puede concederse sin pruebas adicionales).</li> <li>✓ Nota de entrega y documentos de compra donde conste que el acabado de las paredes especificado ha sido entregado en la obra.</li> </ul>
HME04	Dispositivos de protección solar externos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los dispositivos de protección solar en todas las fachadas.</li> <li>✓ Planos de las fachadas terminadas que muestren los dispositivos de protección solar que se instalaron.</li> <li>✓ Actualización de los cálculos del factor de sombreado si hubo cambios con respecto a la etapa de diseño.</li> </ul>
HME05	Aislamiento del techo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nota de entrega donde conste que el material de aislamiento ha sido entregado en la obra.</li> <li>✓ Fotografías de la construcción del techo cuando el material de aislamiento estaba visible.</li> <li>✓ Cálculos actualizados del valor U si el grosor y el tipo de aislamiento se modificaron con respecto al diseño original.</li> </ul>
HME06	Aislamiento de las paredes exteriores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nota de entrega donde conste que el material de aislamiento ha sido entregado en la obra.</li> <li>✓ Fotografías de la construcción de las paredes exteriores cuando el material de aislamiento estaba visible.</li> <li>✓ Cálculos actualizados del valor U si el grosor y el tipo de aislamiento se modificaron con respecto al diseño original.</li> </ul>
HME07	Vidrio de baja emisividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de las unidades de vidrio instaladas.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes al vidrioado.</li> </ul>

HME07	Vidrio de baja emisividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fichas de datos del fabricante que indiquen el valor U promedio estacional para el vidriado (incluidas las pérdidas a través del vidrio y el marco) y el coeficiente de ganancia solar (SHGC) del vidrio.</li> </ul>
HME09	Ventilación natural con ventanas operables y sin aire acondicionado	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos conformes a obra, que incluyen las plantas y secciones.</li> <li>✓ Confirmación del equipo del proyecto de que no se realizaron modificaciones al plano ni a la altura entre el piso y el cielorraso durante el proceso de diseño y construcción.</li> <li>✓ Evidencia fotográfica para demostrar que la construcción se llevó a cabo conforme a la disposición de los pasillos y la ubicación de las aberturas especificadas en la etapa de diseño.</li> </ul>
HME16	Bombillas ahorradoras de energía - Espacios internos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de las luminarias instaladas. No es necesario adjuntar fotos de cada luminaria instalada; no obstante, el auditor debe tener la certeza de que se ha controlado y verificado una proporción razonable de estas.</li> <li>✓ Planos de las instalaciones eléctricas conformes a obra, con la disposición de luminarias, si se modificó con respecto al diseño.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a las lámparas.</li> </ul>
HME17	Bombillas ahorradoras de energía - Espacios externos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de las luminarias instaladas. No es necesario adjuntar fotos de cada luminaria instalada; no obstante, el auditor debe tener la certeza de que se ha controlado y verificado una proporción razonable de estas.</li> <li>✓ Planos de las instalaciones eléctricas conformes a obra, con la disposición de luminarias, si se modificó con respecto al diseño.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a las lámparas.</li> </ul>
HME18	Controles de iluminación para pasillos y escaleras	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los controles de iluminación. No es necesario adjuntar fotos de cada sensor instalado; no obstante, el auditor debe tener la certeza de que se ha controlado y verificado una proporción razonable de estos.</li> <li>✓ Planos de las instalaciones eléctricas conformes a obra que muestren el tipo y la ubicación de los sensores y controles, si se modificaron con respecto al diseño.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los sensores y controles.</li> </ul>
<b>Medidas relativas al agua</b>		<b>Requisitos de auditoría de construcción</b>
HMW01	Cabezales de ducha de bajo flujo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ On site test results by the auditor of the flow rate at the highest flow per minute, using a timer and a measurement container. It is also recommended to use a Pressure gauge to measure the water pressure.</li> <li>✓ Fotografías de los cabezales de ducha instalados.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los cabezales de ducha.</li> </ul>
HMW02	Grifos de bajo flujo para cocina	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los grifos o limitadores de flujo instalados.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los grifos o limitadores de flujo.</li> </ul>
HMW03	Grifos de bajo flujo para lavabos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los grifos o limitadores de flujo instalados.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los grifos o limitadores de flujo.</li> </ul>
HMW04	Sanitarios de descarga doble	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los sanitarios instalados.</li> </ul>



HMW04	Sanitarios de descarga doble	✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los sanitarios.
<b>Medidas del material</b>		<b>Requisitos de auditoría de construcción</b>
HMM01	Losas de piso y entrepiso	✓ Fotografías con fecha de las losas de piso y entrepiso, tomadas durante o después de la construcción, y ✓ Recibo de compra del material especificado para las losas de piso y entrepiso, o ✓ Notas de entrega.
HMM02	Construcción de cubierta	✓ Fotografía con fecha del techo, tomada durante o después de la construcción, y ✓ Recibo de compra de los materiales de construcción utilizados para el techo, o ✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para la construcción del techo.
HMM03	Paredes externas	✓ Fotografía con fecha de las paredes, tomada durante o después de la construcción, y ✓ Recibo de compra de los materiales de construcción utilizados para las paredes, o ✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para la construcción de las paredes.
HMM04	Paredes interiores	✓ Fotografía con fecha de las paredes, tomada durante o después de la construcción, y ✓ Recibo de compra de los materiales de construcción utilizados para las paredes, o ✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para la construcción de las paredes.
HMM05	Acabado de piso	✓ Fotografía con fecha del acabado de piso una vez colocado, y ✓ Recibo de compra de los materiales de construcción especificados utilizados como acabado de piso, o ✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para el acabado de piso.
HMM06	Marcos de ventana	✓ Fotografía con fecha de las ventanas instaladas, y ✓ Recibo de compra de la ventana especificada, o ✓ Nota de entrega de las ventanas.
HMM07	Aislamiento de paredes	✓ Fotografía con fecha del aislamiento instalado durante la construcción, y ✓ Una factura por el aislamiento especificado, o ✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para el aislamiento.
HMM08	Aislamiento de techo	✓ Fotografía con fecha del aislamiento instalado durante la construcción, y ✓ Una factura por el aislamiento especificado, o ✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para el aislamiento.

## Anexo XI

### Informe de resultados en EDGE de Alternativa 6



Nombre del Proyecto: CONJUNTO HABITACIONAL  
Nombre del subproyecto: ALTERNATIVA 6

  
**Evaluación de EDGE: v2.1.5**  
Fecha y hora de la descarga: 2021-01-10 21:30  
52.36% | 24.27% | 66.56%

#### Detalles del Proyecto

Nombre del Proyecto	Dirección línea1
CONJUNTO HABITACIONAL	CALLE EL PLACER
Cantidad de edificios distintos	Dirección línea2
16	PASAJE
Cantidad de subproyectos EDGE asociados	Ciudad
7	QUITO
Superficie total del proyecto (m <sup>2</sup> )	Estado/Provincia
87,648	PICHINCHA
Nombre del titular del Proyecto	Código postal
KEVIN AGUILAR	170201
Email del titular del Proyecto	País
kevin.aguilar@epn.edu.ec	ECUADOR
Teléfono del titular del Proyecto	Número del Proyecto
Móvil 593 - 0987531564	1000744804
¿Compartir con inversor(s) o banco(s)?	
No	

Subproyecto(s) asociado(s)  
ALTERNATIVA 7, ALTERNATIVA 6, ALTERNATIVA 3, ALTERNATIVA 5, ALTERNATIVA 4, ALTERNATIVA 2, ALTERNATIVA 1

#### Detalles del subproyecto

Nombre del subproyecto	Dirección línea1
ALTERNATIVA 6	CALLE EL PLACER
Nombre de la Casa o Edificio	Dirección línea2
CASA 6	PASAJE
Multiplicador del subproyecto para el proyecto	Ciudad
16	ECUADOR
Etapas de certificación	Estado/Provincia
Preliminar	PICHINCHA
Estado	Código postal
Self-Review	170201
Auditoría	País
	Ecuador
Certificador	Tipo de subproyecto
	Edificio nuevo

## Datos de ubicación



## Datos del edificio

Tipo de unidad de vivienda	Casas
Área promedio de la unidad de vivienda (m <sup>2</sup> )	66
Dormitorios/Unidad (n.o)	3
Número de pisos/niveles (n.o)	2
Unidades de vivienda (n.o)	16
Ocupación (personas por unidad) (n.o)	4

## Área detallada

Per defecto	Entrada de usuario
Dormitorios/Unidad (m <sup>2</sup> ) 22-4	30
Cocina (m <sup>2</sup> ) 5-9	7
Sala/Comedor (m <sup>2</sup> ) 21-8	18
Baño (m <sup>2</sup> ) 3-4	11
Cuarto de ropas, balcón, punto fijo** (m <sup>2</sup> )	-
Área interna bruta (m <sup>2</sup> ) 66	
Longitud de las paredes externas en metros por piso (metros)	23
Área del techo/unidad (m <sup>2</sup> ) 33-9	49
Proporción de vidrio respecto a la superficie/piso (%)	59.7%

\*\*El campo de cuarto de ropas, balcón y punto fijo (m<sup>2</sup>) es equivalente al espacio restante para alcanzar el área interna bruta total (m<sup>2</sup>).



### Supuestos para la línea base

Por defecto	Entrada de usuario	Por defecto	Entrada de usuario
Combustible para el calentamiento de agua			
Resistencia eléctrica	<b>Resistencia eléctrica</b>		
Combustible utilizado para la calefacción		Ene.	14.15
Electricidad	<b>Electricidad</b>	±0.0	
Costo de la electricidad (\$/kWh)	0.04	Feb.	13.95
0.10		±4.0	
Costo del combustible diésel (\$/L)		Mar.	13.85
1.61		±0.0	
Costo del GLP/Gas Natural (\$/L)		Abr.	13.85
-		±0.0	
Costo del agua (\$/KL)	0.41	Mayo	13.95
±.98		±4.0	
Emissiones de CO <sub>2</sub> g/kWh de electricidad (gramos/kWh)		Jun.	14.05
531.00		±4.1	
Proporción de vidrio respecto a la pared (%)		Jul.	14.55
30%		±0.0	
Reflectividad solar de la pintura: pared (%)		Ago.	13.95
40%		±4.0	
Reflectividad solar de la pintura: techo (%)		Sept.	14.25
30%		±0.0	
Eficiencia de la caldera de agua caliente (%)		Oct.	13.75
80%		±0.0	
Valor-U del techo (W/m <sup>2</sup> .K)		Nov.	13.65
2.12		±0.6	
Valor-U de la pared (W/m <sup>2</sup> .K)		Dic.	13.55
1.86		±0.6	
Valor-U del vidrio (W/m <sup>2</sup> .K)		Latitud (Grados)	
5.75		0	
Coefficiente de ganancia solar (SHGC) del vidrio (Factor)			
0.80			
Eficiencia del sistema de aire acondicionado (COP)			
2.90			

## Resultados

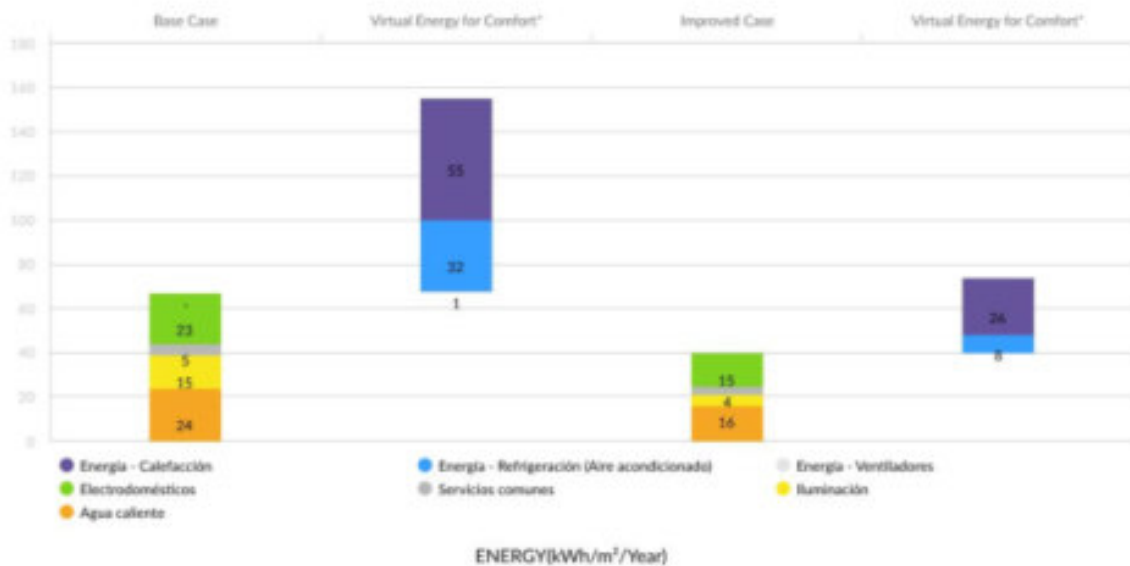
Consumo final de energía (kWh/Mes/Unidad Vivienda)	220.18	Ahorro de CO <sub>2</sub> durante el uso (tCO <sub>2</sub> /Año/Unidad Vivienda)	0.93
Consumo final de agua (KL/Mes/Unidad Vivienda)	8.90	Ahorro de energía incorporada en materiales (MJ/unidad)	244,570.65
Costos de servicios públicos - Línea base (\$/mes/unidad)	19.48	Costo incremental (\$/unidad)	4,546.58
Reducción en el costo de servicios públicos (\$/mes/unidad)	7.02	Retorno en años (Años)	53.95
Ahorros de energía (MWh/Año)	449.56	Ahorros de agua (m <sup>3</sup> /año)	8,764.67
Ahorros de energía incorporada en los materiales (GJ)	62,610.09	Superficie total del subproyecto (m <sup>2</sup> )	16,896
Emisiones De Carbono (tCO <sub>2</sub> /Año)	359.16		

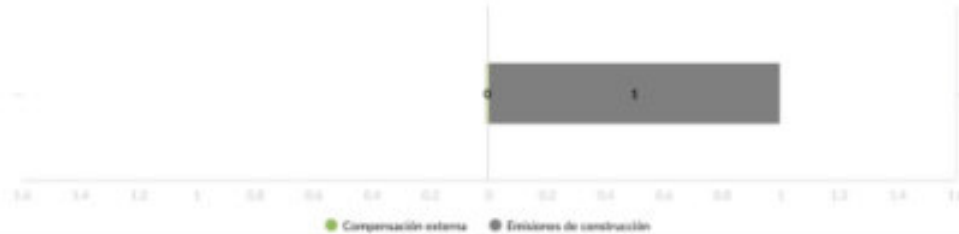
## AHORROS DE ENERGÍA

**EDGE ADVANCED**

Medidas de eficiencia energética 52.36%

Cumple con la norma EDGE en materia de energía



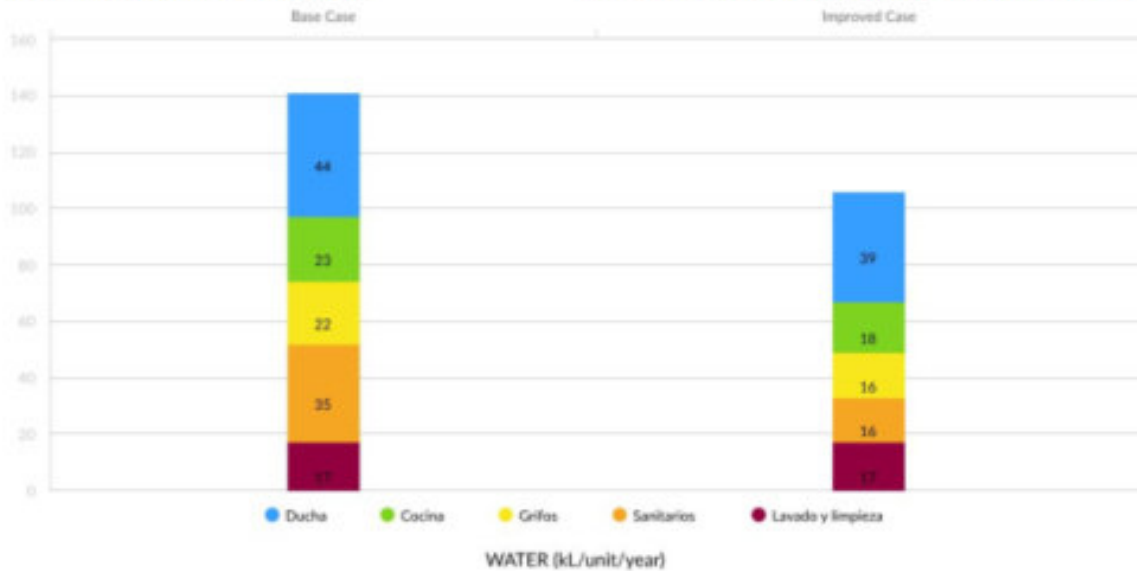
**Emisiones De Carbono: 1.40 tCO<sub>2</sub>/Año/Unidad**
**Vivienda**

**Medidas de eficiencia energética 52.36%**

✓ HME01 Reducción de la Proporción de vidrio en la fachada exterior - WWR de 20%	HMET3 Sensible Heat Recovery from Exhaust Air - Efficiency of 50%
WWR % 20	HME13 Caldera de alta eficiencia para agua caliente - Eficiencia de 95 %
✓ HME02 Pintura reflectiva/tejas para techo: reflectividad solar (albedo) de 0.25	HME14 Bomba de calor para agua caliente - COP de 3
SR 0.25	✓ HME15 Refrigeradores y lavadoras de ropa energéticamente eficientes
✓ HME03 Pintura reflectiva para paredes externas: reflectividad solar (albedo) de 0.65	✓ HME16 Bombillas ahorradoras de energía - Espacios internos
SR 0.65	✓ HME17 Energy-Saving Light Bulbs - Common Areas and Outdoor Areas
✓ HME04 Control solar externo - Factor promedio de sombreado anual (AASF) de 0	✓ HME18 Controles de iluminación para iluminación exterior
AASF 0	HME19 Colectores solares de agua caliente - 50 % de la demanda de agua caliente
✓ HME05 Aislamiento del techo - Valor-U de 2.54	✓ HME20 Energía solar fotovoltaica - 25 % del uso total de energía
W/m <sup>2</sup> .K 2.54	% del consumo anual de electricidad 25
✓ HME06 Aislamiento térmico de paredes externas - Valor-U: 0.37	Capacidad (kW pico/unidad de vivienda) 0.7
W/m <sup>2</sup> .K 0.37	HME21 Medidores inteligentes
✓ HME07 Vidrio de baja emisividad - Valor-U: de 3 W/m <sup>2</sup> .K y SHGC: 0.45	HMET4 Consumption Based Energy Meters For
W/m <sup>2</sup> .K 3 SHGC 0.45	source Types: Both Cooling and Heating Energy
HME08 Vidrio de alto rendimiento térmico - Valor-U: 1.9 W/m <sup>2</sup> .K y SHGC: 0.28	HME22 Otra energía renovable para generación de electricidad
✓ HME09 Ventilación natural	HME23 Adquisición de energía renovable externa; equivale a 100 % de CO <sub>2</sub> total durante el uso
HME10 Ventiladores de techo en todos los ambientes habitables	HME24 Compensación de emisiones de carbono ; 100 % de CO <sub>2</sub> total
HME11 Sistema de aire acondicionado - COP de 3.5	
HME12 Caldera de alta eficiencia para calefacción - Eficiencia: 95%	

## AHORRO DE AGUA

Medidas de eficiencia de agua 24.27%

Cumple con la norma EDGE en materia de consumo de agua

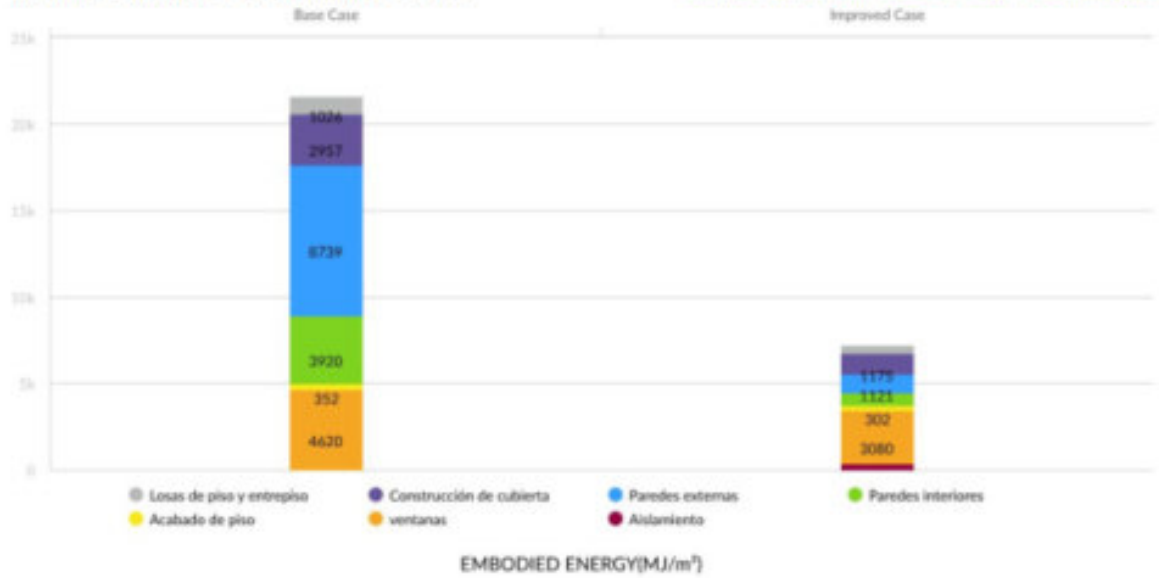


- ✓ HMW01 Cabezales de ducha de bajo flujo - 9 lts./min  
Lts./min 9
- ✓ HMW02 Grifos de bajo flujo para cocina - 6 l/min  
Lts./min 6
- ✓ HMW03 Grifos de bajo flujo en todos los baños - 6 L/min  
Lts./min 6
- ✓ HMW04 Descarga doble para inodoros en todos los baños - 4.8 L en la primera descarga y 3 L en la segunda descarga  
lts. primera descarga 4.8                      lts. segunda descarga 3
- HMW05 Sanitarios de descarga simple - 6 l. por descarga
- HMW06 Sistema de recolección de agua de lluvia - 50% del área del techo utilizado para este fin
- HMW07 Aguas grises recicladas para la descarga de los sanitarios
- HMW08 Aguas negras recicladas para la descarga de los sanitarios

## Ahorro de energía incorporada en materiales

Medidas de eficiencia de los materiales 66.56%

Cumple con la norma EDGE relativa a los materiales





		Proporción %	Grosor (mm)	Barra reforzada de acero (Kg/m <sup>2</sup> )
HMM01	Losas de piso y entrepiso Losas reforzadas de concreto en obra 300 mm Acero : 33 kg/m <sup>2</sup>		200	5.98
HMM02	Construcción de cubierta Losas reforzadas de concreto en obra 300 mm Acero : 33 kg/m <sup>2</sup>	Tipo 1 Losa aligerada de concreto 100%	200	5.98
HMM03	Paredes externas Pared de ladrillo común con yeso externo e interno 200 mm	Tipo 1 Bloques de concreto huecos de peso mediano 100%	150	
HMM04	Paredes interiores Pared de ladrillo común con yeso en ambas caras 100 mm	Tipo 1 Bloques de concreto huecos de peso mediano 100%	100	
HMM05	Acabado de piso Baldosa cerámica	Tipo 1 Baldosa cerámica 50%		
HMM06	Marcos de ventana Aluminio Vidriado simple	Tipo 2 Parqué/acabado con bloques de madera 50% Tipo 1 Aluminio 100%		Vidriado simple
HMM07	Aislamiento de paredes Sin aislamiento U : - 1.86 W/m <sup>2</sup> k	Fibra mineral	100	
HMM08	Aislamiento de techo Sin aislamiento U : - 2.12 W/m <sup>2</sup> k	Sin aislamiento		



## Lista de verificación de la certificación EDGE

Tipo de edificio	Etapas de certificación	Nombre del subproyecto
Casas	Preliminar	ALTERNATIVA 6
Medidas de energética		Requisitos de auditoría preliminares
HME01	Reducción de la proporción de vidrio en la fachada exterior	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cálculo de "superficie vidriada" y de "superficie bruta de pared externa" para cada fachada del edificio y relación ventana-pared ponderada para la superficie del edificio promedio realizado con la calculadora de relación ventana-pared.</li> <li>✓ Todos los planos de la elevación de la fachada, con dimensiones vidriadas y dimensiones generales del edificio.</li> </ul>
HME02	Pintura reflectiva/tejas para el techo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos del diseño del edificio que muestren el material del techo y el acabado del techo.</li> <li>✓ Especificación del techo con indicación de la reflectividad solar de la superficie del techo.</li> <li>✓ Estimación cuantitativa con el acabado del techo claramente marcado.</li> </ul>
HME03	Pintura reflectiva para las paredes exteriores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos de diseño del edificio que muestren el acabado de las paredes.</li> <li>✓ Especificación de las paredes con indicación de la reflectividad solar de la superficie de las paredes.</li> <li>✓ Estimación cuantitativa con el acabado de las paredes claramente marcado.</li> </ul>
HME04	Dispositivos de protección solar externos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos de todas las elevaciones de la fachada: los dispositivos de protección solar, horizontales y verticales, deben estar resaltados.</li> <li>✓ Detalles de las ventanas que muestren claramente la profundidad del dispositivo de protección solar y el cálculo de la proporción.</li> <li>✓ Si no se coloca protección solar vertical y horizontal en todas las ventanas, el equipo de diseño deberá indicar el rendimiento que indica el software de diseño de protección solar.</li> </ul>
HME05	Aislamiento del techo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Plano detallado de la construcción del techo que muestre el tipo y grosor del material de aislamiento. Idealmente, el plano detallado del techo debería incluir la anotación del valor U del techo.</li> <li>✓ Cálculos del valor U, ya sea mediante la fórmula o las calculadoras de valor U.</li> <li>✓ Ficha de datos del fabricante correspondiente al material de aislamiento especificado para el techo.</li> </ul>
HME06	Aislamiento de las paredes exteriores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Plano detallado de la construcción de las paredes exteriores que muestre el tipo y grosor del material de aislamiento. Idealmente, el plano detallado de las paredes exteriores debería incluir la anotación del valor U del techo.</li> <li>✓ Cálculos del valor U, ya sea mediante la fórmula o las calculadoras de valor U.</li> <li>✓ Ficha de datos del fabricante correspondiente al material de aislamiento especificado para las paredes exteriores.</li> </ul>
HME07	Vidrio de baja emisividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fichas de datos del fabricante que indiquen el valor U promedio estacional para el vidrio (incluidas las pérdidas a través del vidrio y el marco) y el coeficiente de ganancia solar (SHGC) del vidrio.</li> </ul>

HME07	Vidrio de baja emisividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Una lista con los diferentes tipos de ventanas incluidos en el diseño (esquema de ventanas).</li> </ul>
HME09	Ventilación natural con ventanas operables y sin aire acondicionado	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos de planta típicos para cada piso, que muestren la disposición de los pasillos, las habitaciones y la ubicación de las aberturas.</li> <li>✓ Cálculos que demuestren la relación altura-profundidad al cielo raso y la superficie mínima de apertura para cada ambiente típico.</li> </ul>
HME15	Energy Efficient Refrigerators and Clothes Washing Machines	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lista resumida de los refrigeradores y las lavadoras de ropa que se instalarán en el edificio, detallando la cantidad, el consumo de energía y la constancia de certificación otorgada por Energy Star, EU Energy Efficiency Labelling Scheme o un ente equivalente.</li> <li>✓ Especificaciones del fabricante que detallen el consumo de energía.</li> </ul>
HME16	Bombillas ahorradoras de energía - Espacios internos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Esquema de luminarias, con una lista que especifique el tipo y la cantidad de lámparas.</li> <li>✓ Planos de las instalaciones eléctricas que muestren la ubicación y el tipo de todas las lámparas instaladas.</li> </ul>
HME17	Bombillas ahorradoras de energía - Espacios externos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Esquema de luminarias, con una lista que especifique el tipo y la cantidad de lámparas.</li> <li>✓ Planos de las instalaciones eléctricas que muestren la ubicación y el tipo de todas las lámparas instaladas.</li> </ul>
HME18	Controles de iluminación para pasillos y escaleras	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos de las instalaciones eléctricas que muestren el tipo y la ubicación de los sensores y controles.</li> <li>✓ Especificaciones del fabricante sobre sensores y controles.</li> </ul>
HME20	Energía fotovoltaica	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ficha de datos del fabricante correspondiente a los paneles especificados, con información expresada en vatios pico por metro cuadrado.</li> <li>✓ Cálculos que demuestren que los paneles propuestos generarán energía suficiente como para alcanzar la proporción declarada de la demanda total y, como mínimo, la superficie estimada por EDGE.</li> <li>✓ Planos del techo y/o demás planos que muestren la ubicación, la orientación y el ángulo de los paneles.</li> </ul>
<b>Medidas relativas al agua</b>		<b>Requisitos de auditoría preliminares</b>
HMW01	Cabeceles de ducha de bajo flujo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos y especificaciones del sistema de plomería, incluidos datos de la marca, el modelo y el caudal de los cabeceles de ducha.</li> <li>✓ Ficha de datos del fabricante correspondiente a los cabeceles de ducha, donde conste el caudal de 3 bar.</li> </ul>
HMW02	Grifos de bajo flujo para cocina	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos y especificaciones del sistema de plomería, incluidos datos de la marca, el modelo y el caudal de los grifos o limitadores de flujo de la cocina.</li> <li>✓ Ficha de datos del fabricante correspondiente a los grifos o limitadores de flujo, donde conste el caudal de 3 bar.</li> </ul>
HMW03	Grifos de bajo flujo para lavabos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos y especificaciones de instalaciones del sistema de plomería, incluidos datos de la marca, el modelo y el caudal de los grifos o limitadores de flujo de los lavabos.</li> <li>✓ Ficha de datos del fabricante correspondiente a los grifos o limitadores de flujo, donde conste el caudal de 3 bar.</li> </ul>

HMM04	Sanitarios de descarga doble	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos y especificaciones del sistema de plomería, incluidos datos de la marca, el modelo y los volúmenes de descarga de los sanitarios.</li> <li>✓ Fichas de datos del fabricante correspondiente a los sanitarios, incluidos datos del volumen de descarga para la descarga principal y la descarga reducida.</li> </ul>
<b>Medidas del material</b>		<b>Requisitos de auditoría preliminares</b>
HMM01	Losas de piso y entrepiso	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Secciones del piso que muestren el armado del piso, o</li> <li>✓ Ficha de datos del fabricante del material de construcción especificado, si corresponde, o</li> <li>✓ Estimación cuantitativa con las especificaciones de losas de piso y entrepiso claramente resaltadas.</li> </ul>
HMM02	Construcción de cubierta	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sección del techo que muestre los materiales y grosores, o</li> <li>✓ Ficha de datos del fabricante del material de construcción especificado, o</li> <li>✓ Estimación cuantitativa con los materiales utilizados para la construcción del techo claramente resaltados.</li> </ul>
HMM03	Paredes externas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos de las fachadas con las especificaciones de paredes exteriores seleccionadas claramente marcadas, y</li> <li>✓ Planos de las secciones de las paredes exteriores, o</li> <li>✓ Ficha de datos del fabricante del material de construcción especificado, o</li> <li>✓ Estimación cuantitativa con los materiales utilizados para las paredes exteriores claramente resaltados.</li> </ul>
HMM04	Paredes interiores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos de las secciones de las paredes interiores, o</li> <li>✓ Ficha de datos del fabricante de los materiales de construcción utilizados para las especificaciones de paredes interiores, si están disponibles, o</li> <li>✓ Estimación cuantitativa con los materiales utilizados para las paredes interiores claramente resaltados.</li> </ul>
HMM05	Acabado de piso	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos donde se marquen claramente las especificaciones de acabado de piso seleccionadas, o</li> <li>✓ Ficha de datos del fabricante de los materiales de construcción utilizados para las especificaciones de acabado de piso, o</li> <li>✓ Estimación cuantitativa con los materiales utilizados para el acabado de piso claramente resaltados.</li> </ul>
HMM06	Marcos de ventana	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos de la fachada donde se marquen claramente las especificaciones de marcos de ventana, o</li> <li>✓ Ficha de datos del fabricante para el vidriado especificado, o</li> <li>✓ Estimación cuantitativa con las ventanas y marcos de ventana claramente resaltados.</li> </ul>
HMM07	Aislamiento de paredes	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos donde se marquen claramente las especificaciones de aislamiento seleccionadas, o</li> <li>✓ Ficha de datos del fabricante para el aislamiento especificado, o</li> </ul>

Nombre del Proyecto: CONJUNTO HABITACIONAL  
Nombre del subproyecto: ALTERNATIVA 8

52.36% | 24.27% | 66.56%

HMM07	Aislamiento de paredes	✓ Estimación cuantitativa con los materiales de aislamiento claramente resaltados.
HMM08	Aislamiento de techo	✓ Planos donde se marquen claramente las especificaciones de aislamiento seleccionadas, o ✓ Ficha de datos del fabricante para el aislamiento especificado, o ✓ Estimación cuantitativa con los materiales de aislamiento claramente resaltados.

## Anexo XII

### Informe de resultados en EDGE de Alternativa 7



Nombre del Proyecto: CONJUNTO HABITACIONAL  
Nombre del subproyecto: ALTERNANTIVA 7



Evaluación de EDGE: v2.1.5

Fecha y hora de la descarga: 2021-01-10 21:36

46.22% | 24.27% | 56.82%

#### Detalles del Proyecto

Nombre del Proyecto <b>CONJUNTO HABITACIONAL</b>	Dirección línea1 <b>CALLE EL PLACER</b>
Cantidad de edificios distintos <b>16</b>	Dirección línea2 <b>PASAJE</b>
Cantidad de subproyectos EDGE asociados <b>7</b>	Ciudad <b>QUITO</b>
Superficie total del proyecto (m <sup>2</sup> ) <b>87,648</b>	Estado/Provincia <b>PICHINCHA</b>
Nombre del titular del Proyecto <b>KEVIN AGUILAR</b>	Código postal <b>170201</b>
Email del titular del Proyecto <b>kevin.aguilar@epn.edu.ec</b>	País <b>ECUADOR</b>
Teléfono del titular del Proyecto <b>Móvil 593 - 0987531564</b>	Número del Proyecto <b>1000744804</b>
¿Compartir con inversor(s) o banco(s)? <b>No</b>	

Subproyecto(s) asociado(s)  
**ALTERNANTIVA 7, ALTERNATIVA 6, ALTERNATIVA 3, ALTERNATIVA 5, ALTERNATIVA 4, ALTERNATIVA 2, ALTERNATI**

#### Detalles del subproyecto

Nombre del subproyecto <b>ALTERNANTIVA 7</b>	Dirección línea1 <b>CALLE EL PLACER</b>
Nombre de la Casa o Edificio <b>CASA 7</b>	Dirección línea2 <b>PASAJE</b>
Multiplicador del subproyecto para el proyecto <b>16</b>	Ciudad <b>ECUADOR</b>
Etapas de certificación <b>Posconstrucción</b>	Estado/Provincia <b>PICHINCHA</b>
Estado <b>Self-Review</b>	Código postal <b>170201</b>
Auditoría	País <b>Ecuador</b>
Certificador	Tipo de subproyecto <b>Edificio nuevo</b>

**Datos de ubicación**

**Datos del edificio**

Tipo de unidad de vivienda	Casas
Área promedio de la unidad de vivienda (m <sup>2</sup> )	66
Dormitorios/Unidad (n.o)	3
Número de pisos/niveles (n.o)	2
Unidades de vivienda (n.o)	16
Ocupación (personas por unidad) (n.o)	4

**Área detallada**

	Entrada de usuario
Por defecto	
Dormitorios/Unidad (m <sup>2</sup> )	30
Cocina (m <sup>2</sup> )	7
Sala/Comedor (m <sup>2</sup> )	18
Baño (m <sup>2</sup> )	11
Cuarto de ropas, balcón, punto fijo** (m <sup>2</sup> )	-
Área interna bruta (m <sup>2</sup> )	66
Longitud de las paredes externas en metros por piso (metros)	23
Área del techo/unidad (m <sup>2</sup> )	49
Proporción de vidrio respecto a la superficie/piso (%)	59.7%

\*\*El campo de cuarto de ropas, balcón y punto fijo (m<sup>2</sup>) es equivalente al espacio restante para alcanzar el área interna bruta total (m<sup>2</sup>).

## Supuestos para la línea base

Por defecto	Entrada de usuario	Por defecto	Entrada de usuario
Combustible para el calentamiento de agua			
Resistencia eléctrica	<b>Resistencia eléctrica</b>		
Combustible utilizado para la calefacción		Ene.	
Electricidad	<b>Electricidad</b>	13.8	<b>14.15</b>
Costo de la electricidad (\$/kWh)		Feb.	
0.19	<b>0.04</b>	14.0	<b>13.95</b>
Costo del combustible diésel (\$/L)		Mar.	
1.61		13.9	<b>13.85</b>
Costo del GLP/Gas Natural (\$/L)		Abr.	
-		13.9	<b>13.85</b>
Costo del agua (\$/kL)		Mayo	
1.98	<b>0.41</b>	14.0	<b>13.95</b>
Emisiones de CO <sub>2</sub> g/kWh de electricidad (gramos/kWh)		Jun.	
531.00		14.1	<b>14.05</b>
Proporción de vidrio respecto a la pared (%)		Jul.	
30%		13.9	<b>14.55</b>
Reflectividad solar de la pintura: pared (%)		Ago.	
40%		14.3	<b>13.95</b>
Reflectividad solar de la pintura: techo (%)		Sept.	
30%		13.9	<b>14.25</b>
Eficiencia de la caldera de agua caliente (%)		Oct.	
80%		13.7	<b>13.75</b>
Valor-U del techo (W/m <sup>2</sup> .K)		Nov.	
2.12		13.6	<b>13.65</b>
Valor-U de la pared (W/m <sup>2</sup> .K)		Dic.	
1.86		13.6	<b>13.55</b>
Valor-U del vidrio (W/m <sup>2</sup> .K)		Latitud (Grados)	
5.75		0	
Coefficiente de ganancia solar (SHGC) del vidrio (Factor)			
0.80			
Eficiencia del sistema de aire acondicionado (COP)			
2.90			



## Resultados

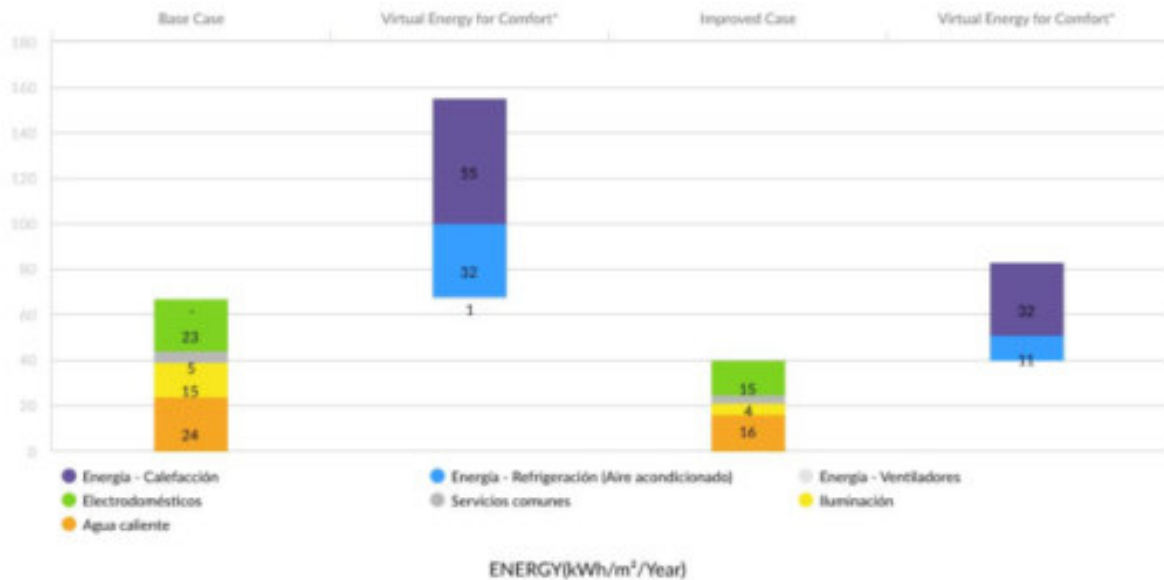
Consumo final de energía (kWh/Mes/Unidad Vivienda) <b>220.18</b>	Ahorro de CO <sub>2</sub> durante el uso (tCO <sub>2</sub> /Año/Unidad Vivienda) <b>0.93</b>
Consumo final de agua (kL/Mes/Unidad Vivienda) <b>8.90</b>	Ahorro de energía incorporada en materiales (MJ/unidad) <b>208,761.82</b>
Costos de servicios públicos - Línea base (\$/mes/unidad) <b>19.48</b>	Costo incremental (\$/unidad ) <b>8,172.02</b>
Reducción en el costo de servicios públicos (\$/mes/unidad) <b>7.02</b>	Retorno en años (Años) <b>96.96</b>
Ahorros de energía (MWh/Año) <b>449.56</b>	Ahorros de agua (m <sup>3</sup> /año) <b>8,764.67</b>
Ahorros de energía incorporada en los materiales (GJ) <b>53,443.02</b>	Superficie total del subproyecto (m <sup>2</sup> ) <b>16,896</b>
Emissiones De Carbono (tCO <sub>2</sub> /Año) <b>359.16</b>	

## AHORROS DE ENERGÍA

EDGE ADVANCED

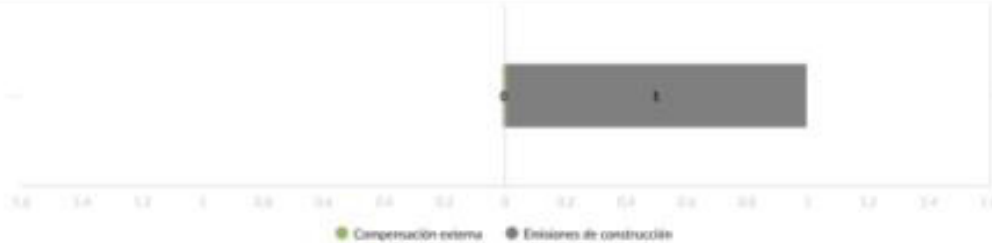
Medidas de eficiencia energética 46.22%

Cumple con la norma EDGE en materia de energía



## Emisiones De Carbono: 1.40 tCO<sub>2</sub>/Año/Unidad

### Vivienda



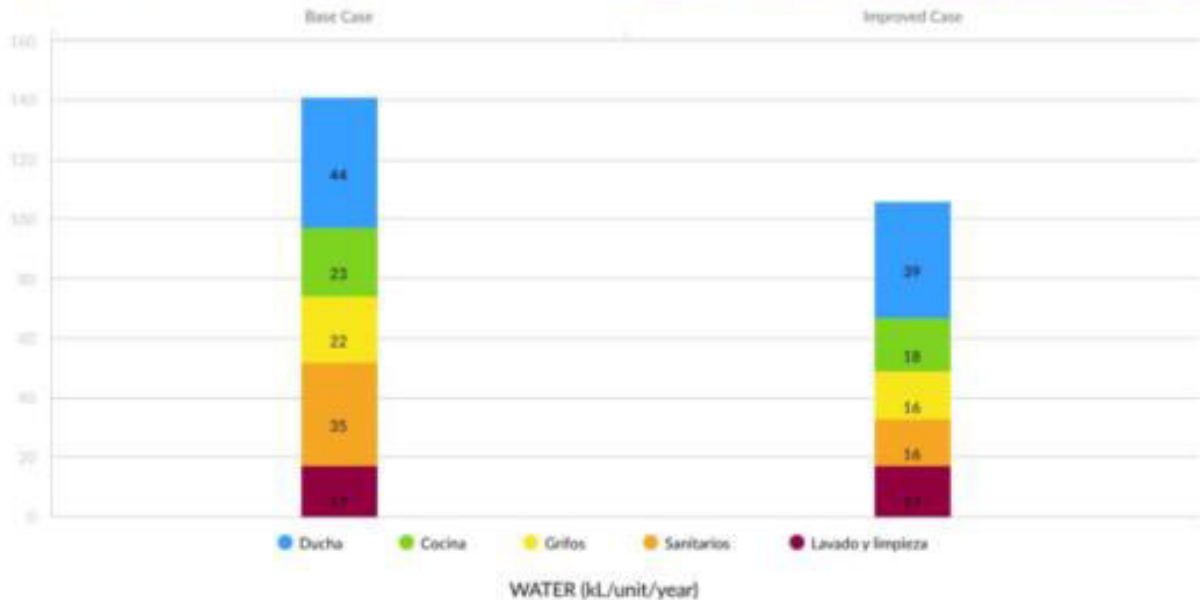
## Medidas de eficiencia energética 46.22%

✓ HME01 Reducción de la Proporción de vidrio en la fachada exterior - WWR de 40% WWR % 40	HME13 Caldera de alta eficiencia para agua caliente - Eficiencia de 95 %
✓ HME02 Pintura reflectiva/tejas para techo: reflectividad solar (albedo) de 0.25 SR 0.25	HME14 Bomba de calor para agua caliente - COP de 3
✓ HME03 Pintura reflectiva para paredes externas: reflectividad solar (albedo) de 0.65 SR 0.65	✓ HME15 Refrigeradores y lavadoras de ropa energéticamente eficientes
✓ HME04 Control solar externo - Factor promedio de sombreado anual (AASF) de 0 AASF 0	✓ HME16 Bombillas ahorradoras de energía - Espacios internos
✓ HME05 Aislamiento del techo - Valor-U de 2.54 W/m <sup>2</sup> .K 2.54	✓ HME17 Energy-Saving Light Bulbs - Common Areas and Outdoor Areas
✓ HME06 Aislamiento térmico de paredes externas - Valor-U: 0.61 W/m <sup>2</sup> .K 0.61	✓ HME18 Controles de iluminación para iluminación exterior
✓ HME07 Vidrio de baja emisividad - Valor-U: de 3 W/m <sup>2</sup> .K y SHGC: 0.45 W/m <sup>2</sup> .K 3 SHGC 0.45	HME19 Colectores solares de agua caliente - 50 % de la demanda de agua caliente
✓ HME08 Vidrio de alto rendimiento térmico - Valor-U: 1.9 W/m <sup>2</sup> .K y SHGC: 0.28	✓ HME20 Energía solar fotovoltaica - 25 % del uso total de energía % del consumo anual de electricidad 25 Capacidad (kW pico/unidad de vivienda) 0.7
✓ HME09 Ventilación natural	HME21 Medidores inteligentes
HME10 Ventiladores de techo en todos los ambientes habitables	HMET4 Consumption Based Energy Meters For Source Types Both Cooling and Heating Energy
HME11 Sistema de aire acondicionado - COP de 3.5	HME22 Otra energía renovable para generación de electricidad
HME12 Caldera de alta eficiencia para calefacción - Eficiencia: 95%	HME23 Adquisición de energía renovable externa; equivale a 100 % de CO <sub>2</sub> total durante el uso
	HME24 Compensación de emisiones de carbono ; 100 % de CO <sub>2</sub> total

## AHORRO DE AGUA

Medidas de eficiencia de agua 24.27%

Cumple con la norma EDGE en materia de consumo de agua



✓ HMW01 Cabezales de ducha de bajo flujo - 9 lts./min  
Lts./min 9

✓ HMW02 Grifos de bajo flujo para cocina - 6 l/min  
Lts./min 6

✓ HMW03 Grifos de bajo flujo en todos los baños - 6 L/min  
Lts./min 6

✓ HMW04 Descarga doble para inodoros en todos los baños - 4.8 L en la primera descarga y 3 L en la segunda descarga  
lts. primera descarga 4.8 lts. segunda descarga 3

HMW05 Sanitarios de descarga simple - 6 l. por descarga

HMW06 Sistema de recolección de agua de lluvia - 50% del área del techo utilizado para este fin

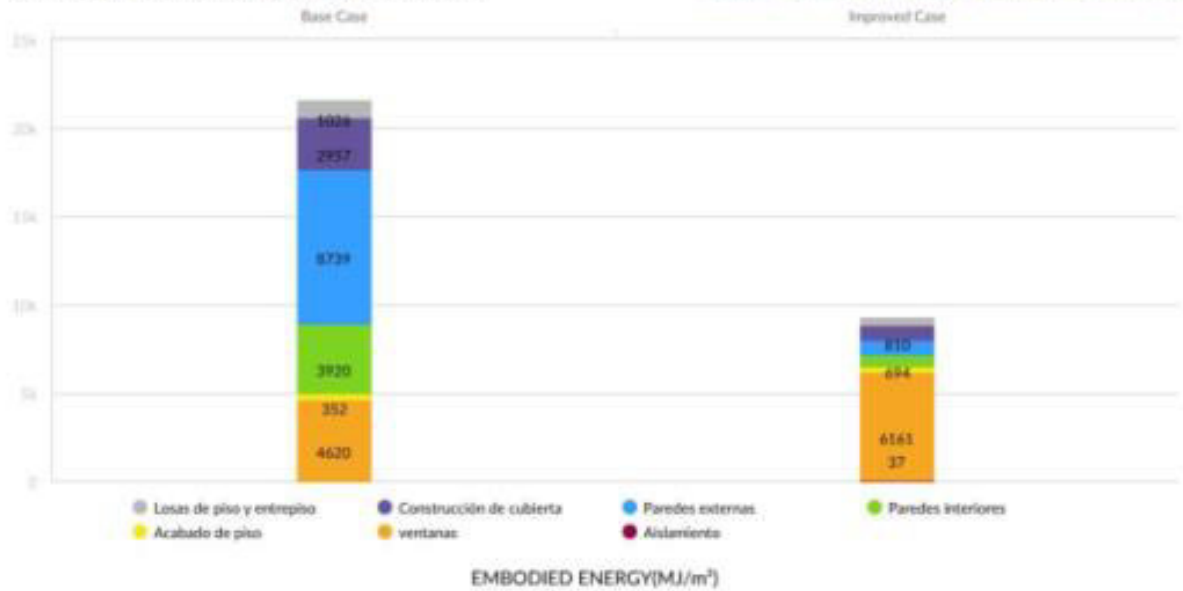
HMW07 Aguas grises recicladas para la descarga de los sanitarios

HMW08 Aguas negras recicladas para la descarga de los sanitarios

## Ahorro de energía incorporada en materiales

Medidas de eficiencia de los materiales 56.82%

Cumple con la norma EDGE relativa a los materiales



		Proporción %	Grosor (mm)	Barra reforzada de acero (Kg/m <sup>2</sup> )
HMM01	Losas de piso y entrepiso Losas reforzadas de concreto en obra 300 mm Acero : 33 kg/m <sup>2</sup>		200	5.98
HMM02	Construcción de cubierta Losas reforzadas de concreto en obra 300 mm Acero : 33 kg/m <sup>2</sup>	Tipo 1 Losa aligerada de concreto 100%	120	5.98
HMM03	Paredes externas Pared de ladrillo común con yeso externo e interno 200 mm	Tipo 1 Bloques de concreto huecos de peso mediano 100%	150	
HMM04	Paredes interiores Pared de ladrillo común con yeso en ambas caras 100 mm	Tipo 1 Bloques de concreto huecos de peso mediano 100%	100	
HMM05	Acabado de piso Baldosa cerámica	Tipo 1 Baldosa cerámica 50% Tipo 2 Parqué/acabado con bloques de madera 50%		
HMM06	Marcos de ventana Aluminio Vidriado simple	Tipo 1 Aluminio 100%		Vidriado simple
HMM07	Aislamiento de paredes Sin aislamiento U : - 1.86 W/m <sup>2</sup> K	Celulosa	100	
HMM08	Aislamiento de techo Sin aislamiento U : - 2.12 W/m <sup>2</sup> K	Sin aislamiento		

**Lista de verificación de la certificación EDGE**

Tipo de edificio	Etapa de certificación	Nombre del subproyecto
Casas	Posconstrucción	ALTERNANTIVA 7
Medidas de energética		Requisitos de auditoría de construcción
HME01	Reducción de la proporción de vidrio en la fachada exterior	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos de la fachada terminada. Fotografías de exteriores e interiores del edificio, con todas las elevaciones.</li> <li>✓ Cálculos actualizados de relación ventana-pared, si es necesario, o confirmación de que la relación ventana-pared de diseño aún es válida.</li> </ul>
HME02	Pintura reflectiva/tejas para el techo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ficha de datos del producto correspondiente a los materiales y el acabado (incluido el valor de reflectividad solar).</li> <li>✓ Fotografías de los materiales y el acabado del techo (si el acabado es blanco, puede concederse sin pruebas adicionales).</li> <li>✓ Nota de entrega y documentos de compra donde conste que el acabado del techo especificado ha sido entregado en la obra.</li> </ul>
HME03	Pintura reflectiva para las paredes exteriores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ficha de datos del producto correspondiente al acabado de las paredes (incluido el valor de reflectividad solar).</li> <li>✓ Fotografías de los materiales y el acabado de las paredes (si el acabado es blanco, puede concederse sin pruebas adicionales).</li> <li>✓ Nota de entrega y documentos de compra donde conste que el acabado de las paredes especificado ha sido entregado en la obra.</li> </ul>
HME04	Dispositivos de protección solar externos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los dispositivos de protección solar en todas las fachadas.</li> <li>✓ Planos de las fachadas terminadas que muestren los dispositivos de protección solar que se instalaron.</li> <li>✓ Actualización de los cálculos del factor de sombreado si hubo cambios con respecto a la etapa de diseño.</li> </ul>
HME05	Aislamiento del techo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nota de entrega donde conste que el material de aislamiento ha sido entregado en la obra.</li> <li>✓ Fotografías de la construcción del techo cuando el material de aislamiento estaba visible.</li> <li>✓ Cálculos actualizados del valor U si el grosor y el tipo de aislamiento se modificaron con respecto al diseño original.</li> </ul>
HME06	Aislamiento de las paredes exteriores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nota de entrega donde conste que el material de aislamiento ha sido entregado en la obra.</li> <li>✓ Fotografías de la construcción de las paredes exteriores cuando el material de aislamiento estaba visible.</li> <li>✓ Cálculos actualizados del valor U si el grosor y el tipo de aislamiento se modificaron con respecto al diseño original.</li> </ul>
HME07	Vidrio de baja emisividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de las unidades de vidrio instaladas.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes al vidrioado.</li> </ul>

HME07	Vidrio de baja emisividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fichas de datos del fabricante que indiquen el valor U promedio estacional para el vidrioado (incluidas las pérdidas a través del vidrio y el marco) y el coeficiente de ganancia solar (SHGC) del vidrio.</li> </ul>
HME09	Ventilación natural con ventanas operables y sin aire acondicionado	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos conformes a obra, que incluyen las plantas y secciones.</li> <li>✓ Confirmación del equipo del proyecto de que no se realizaron modificaciones al plano ni a la altura entre el piso y el cieloraso durante el proceso de diseño y construcción.</li> <li>✓ Evidencia fotográfica para demostrar que la construcción se llevó a cabo conforme a la disposición de los pasillos y la ubicación de las aberturas especificadas en la etapa de diseño.</li> </ul>
HME15	Energy Efficient Refrigerators and Clothes Washing Machines	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lista resumida actualizada de los refrigeradores y las lavadoras de ropa instalados en el edificio, detallando la cantidad, el fabricante y el modelo.</li> <li>✓ Constancia de certificación otorgada por Energy Star, EU Energy Efficiency Labelling Scheme o un ente equivalente.</li> <li>✓ Especificaciones del fabricante que detallen el consumo de energía.</li> </ul>
HME16	Bombillas ahorradoras de energía - Espacios internos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de las luminarias instaladas. No es necesario adjuntar fotos de cada luminaria instalada; no obstante, el auditor debe tener la certeza de que se ha controlado y verificado una proporción razonable de estas.</li> <li>✓ Planos de las instalaciones eléctricas conformes a obra, con la disposición de luminarias, si se modificó con respecto al diseño.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a las lámparas.</li> </ul>
HME17	Bombillas ahorradoras de energía - Espacios externos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de las luminarias instaladas. No es necesario adjuntar fotos de cada luminaria instalada; no obstante, el auditor debe tener la certeza de que se ha controlado y verificado una proporción razonable de estas.</li> <li>✓ Planos de las instalaciones eléctricas conformes a obra, con la disposición de luminarias, si se modificó con respecto al diseño.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a las lámparas.</li> </ul>
HME18	Controles de iluminación para pasillos y escaleras	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los controles de iluminación. No es necesario adjuntar fotos de cada sensor instalado; no obstante, el auditor debe tener la certeza de que se ha controlado y verificado una proporción razonable de estos.</li> <li>✓ Planos de las instalaciones eléctricas conformes a obra que muestren el tipo y la ubicación de los sensores y controles, si se modificaron con respecto al diseño.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los sensores y controles.</li> </ul>
HME20	Energía fotovoltaica	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planos del techo terminado que muestren la ubicación, la orientación y el ángulo de los paneles, si se modificaron con respecto al diseño.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los paneles solares.</li> <li>✓ Fotografías de los paneles instalados.</li> </ul>
<b>Medidas relativas al agua</b>		<b>Requisitos de auditoría de construcción</b>
HMW01	Cabecales de ducha de bajo flujo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ On site test results by the auditor of the flow rate at the highest flow per minute, using a timer and a measurement container. It is also recommended to use a Pressure gauge to measure the water pressure.</li> </ul>

HMW01	Cabezales de ducha de bajo flujo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los cabezales de ducha instalados.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los cabezales de ducha.</li> </ul>
HMW02	Grifos de bajo flujo para cocina	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los grifos o limitadores de flujo instalados.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los grifos o limitadores de flujo.</li> </ul>
HMW03	Grifos de bajo flujo para lavabos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los grifos o limitadores de flujo instalados.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los grifos o limitadores de flujo.</li> </ul>
HMW04	Sanitarios de descarga doble	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías de los sanitarios instalados.</li> <li>✓ Recibos de compra y notas de entrega correspondientes a los sanitarios.</li> </ul>
<b>Medidas del material</b>		<b>Requisitos de auditoría de construcción</b>
HMM01	Losas de piso y entrepiso	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografías con fecha de las losas de piso y entrepiso, tomadas durante o después de la construcción, y</li> <li>✓ Recibo de compra del material especificado para las losas de piso y entrepiso, o</li> <li>✓ Notas de entrega.</li> </ul>
HMM02	Construcción de cubierta	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografía con fecha del techo, tomada durante o después de la construcción, y</li> <li>✓ Recibo de compra de los materiales de construcción utilizados para el techo, o</li> <li>✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para la construcción del techo.</li> </ul>
HMM03	Paredes externas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografía con fecha de las paredes, tomada durante o después de la construcción, y</li> <li>✓ Recibo de compra de los materiales de construcción utilizados para las paredes, o</li> <li>✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para la construcción de las paredes.</li> </ul>
HMM04	Paredes interiores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografía con fecha de las paredes, tomada durante o después de la construcción, y</li> <li>✓ Recibo de compra de los materiales de construcción utilizados para las paredes, o</li> <li>✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para la construcción de las paredes.</li> </ul>
HMM05	Acabado de piso	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografía con fecha del acabado de piso una vez colocado, y</li> <li>✓ Recibo de compra de los materiales de construcción especificados utilizados como acabado de piso, o</li> <li>✓ Nota de entrega de los materiales utilizados para el acabado de piso.</li> </ul>
HMM06	Marcos de ventana	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fotografía con fecha de las ventanas instaladas, y</li> <li>✓ Recibo de compra de la ventana especificada, o</li> <li>✓ Nota de entrega de las ventanas.</li> </ul>



HMM07	Aislamiento de paredes	<input checked="" type="checkbox"/> Fotografía con fecha del aislamiento instalado durante la construcción, y
		<input checked="" type="checkbox"/> Una factura por el aislamiento especificado, o
		<input checked="" type="checkbox"/> Nota de entrega de los materiales utilizados para el aislamiento.
HMM08	Aislamiento de techo	<input checked="" type="checkbox"/> Fotografía con fecha del aislamiento instalado durante la construcción, y
		<input checked="" type="checkbox"/> Una factura por el aislamiento especificado, o
		<input checked="" type="checkbox"/> Nota de entrega de los materiales utilizados para el aislamiento.