

**Estudio de las medidas de Eficiencia Energética
de una vivienda unifamiliar en Quito,
Sector Itchimbía**

Claudia Toledo Donoso

Toledo, D. Claudia, F. (2023).

Estudio de las Medidas de Eficiencia Energética para el diseño de una Vivienda Unifamiliar en Quito, sector Itchimbia.

Universidad Tecnológica Indoamérica - Quito



**Universidad
Indoamérica**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE ARQUITECTURA**

**ESTUDIO DE LAS MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
PARA EL DISEÑO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN
QUITO, SECTOR ITCHIMBIA.**

Trabajo de investigación previo a la obtención del título de
Arquitecto

Autor(a)

Toledo Donoso Claudia Francisca

Tutor(a)

Arq. José Leyva, MSc.

**QUITO - ECUADOR
2023**

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TÍTULACIÓN

Yo, TOLEDO DONOSO CLAUDIA FRANCISCA, declaro ser autora del Trabajo de Titulación con el nombre “ESTUDIO DE LAS MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EL DISEÑO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN QUITO, SECTOR ITCHIMBÍA, 2023 ”. como requisito para optar al grado de Arquitecto y autorico al sistema de Biblioteca de la Universidad Tecnológica Indoamerica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deba firmar convenios especificos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización en la ciudad de Quito, a los 10 días del mes de Agosto de 2023, firmo conforme:



.....
TOLEDO DONOSO CLAUDIA FRANCISCA
C.I. 0804447654
Dirección: Pinar Alto
Correo: cfdt2000@gmail.com

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Arquitecto, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 10 de Agosto de 2023



.....
TOLEDO DONOSO CLAUDIA FRANCISCA
C.I. 0804447654

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “ESTUDIO DE LAS MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EL DISEÑO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN QUITO, SECTOR ITCHIMBÍA, 2023” presentado por TOLEDO DONOSO CLAUDIA FRANCISCA para optar por el título de Arquitecto., CERTIFICO que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, 10 de Agosto de 2023

.....
ARQ. JOSÉ RAMÓN LEYVA GUZMAN, MSC.
C.I. 1756756902.

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado sobre el Tema: ESTUDIO DE LAS MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EL DISEÑO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN QUITO, SECTOR ITCHIMBÍA, 2023, previo a la obtención del Título de Arquitecto, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de integración curricular.

Quito, 10 de Agosto de 2023

.....
Arq. Raul Marcelo Villacis Ormaza, M.Arch.
C.I. 1312200106

.....
Arq. Susana Adriana Moya Vicuña, MSc.
C.I. 1719626952

DEDICATORIA

Dedico especialmente este trabajo de investigación, realizado con todo mi esfuerzo y amor, a la Sra. Aida Ramírez, al Sr. Homero Arellano y a la Srta. Griska Arellano, personas que, aunque no estén físicamente presentes, me han acompañado e iluminado a lo largo de la realización de este documento tan valioso para la culminación de mi carrera profesional, y por supuesto a Dios que los tiene en su gloria y permite que me acompañen día a día.

También se lo dedico a mis padres, quienes han estado a mi lado apoyándome de manera incondicional, desde el momento en que decidí escoger esta carrera, que aunque no ha sido fácil, ha sido un camino verdaderamente gratificante.

Finalmente, quisiera dedicárselo a todas las personas que han aportado para lograr mi meta de culminar esta carrera y que estuvieron ahí para no dejarme desfallecer.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres quienes emocional, física y económicamente, han estado aportando y alentándome para continúe en este proceso, por más difícil que pueda haber sido el camino.

Agradezco a mi hermana que nunca suelta mi mano y siempre me motiva a convertirme en una mejor persona. Quisiera agradecer de la misma forma a mi abuela Ligia, quien también ha estado económica y emocionalmente presente en todo este proceso. Y así mismo a mi abuela Guadalupe, que con sus oraciones me acompaña y guía permanentemente.

Agradezco a mis profesores, compañeros y amigos, quienes se han convertido en una parte fundamental de mi vida; y extendiendo un agradecimiento especial a mi tutor y guía en este trabajo, el Arq. José Leyva Guzmán e igualmente al Arq. Frank Bernal Ylihe y a la Arq. Teresa Pascual Wong.

RESUMEN EJECUTIVO

El incremento en el consumo energético, impulsado por la industria de la construcción y la operación de las edificaciones, agrava la crisis climática global por emisiones de carbono y explotación excesiva de los recursos naturales. La producción de arquitectura tradicional y en particular de vivienda, que emplea fuentes de energía contaminantes, debe erradicarse, y empezar a aportar con procesos e ideas innovadoras que permitan frenar la crisis ambiental, que ha llegado a un punto de no retorno.

En Ecuador, el mayor proveedor de energía para la vivienda es el gas licuado, y la industria local no está enfocando sus esfuerzos hacia implementar la eficiencia energética -fuentes de energía renovable, reducción en los consumos y optimización de recursos- y generar una producción más limpia.

Este trabajo investigativo pretende evaluar el ahorro que podría generar la aplicación de medidas de eficiencia energética, trabajadas en el diseño de un prototipo vivienda unifamiliar sostenible, en la ciudad de Quito, sector Itchim-bía, mediante el uso de una certificación de sostenibilidad; de modo que, se posibilite la mitigación del impacto ambiental causado por las prácticas constructivas y el inconsciente consumo que tradicionalmente produce el sector residencial, posibilitando reducir los niveles de consumo energético generado y la contaminación emitida por este sector en constante desarrollo.

DESCRIPTORES: certificación de sostenibilidad, eficiencia energética, vivienda unifamiliar

ABSTRACT

The increase in energy consumption, driven by the construction industry and building operations, aggravates the global climate crisis due to carbon emissions and excessive exploitation of natural resources. The production of traditional architecture and in particular of housing, which uses polluting energy sources, must be eradicated, and start contributing with innovative processes and ideas that allow stopping the environmental crisis, which has reached a point of no return.

In Ecuador, the major supplier of energy for housing is liquefied gas, and the local industry is not focusing its efforts on implementing energy efficiency -renewable energy sources, reduction in consumption and optimization of resources- and generating more production clean.

This research work aims to evaluate the savings that could be generated by the application of energy efficiency worked on the design of a sustainable single-family housing prototype in the city of Quito, Itchimbia sector; through the use of a sustainability certification. So that the mitigation of the environmental impact caused by construction practices and the unconscious consumption traditionally produced by the residential sector, making it possible to reduce the levels of energy consumption generated and the pollution emitted by this sector in constant development.

KEYWORDS: energy efficiency, single-family home, sustainability certification

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Resumen	8
------------------	---

ETAPA 1 • Conocimiento Previo

2. Introducción	20
2.1. Justificación	26
2.2. Objetivos	28
-Objetivo general	
-Objetivos específicos.	
3. Fundamentación teórica	
-Aportes Escenciales de la Arquitectura al Desarrollo Sostenible.....	29
-La Eficiencia Enfocada a Reducir Impactos de la Arquitectura.....	33
-La Vivivenda	35
-Estudios de Caso	37

2. ETAPA 2 • Aplicación de la Metodología

4. Materiales y Métodos	47
4.1. Fases de la Metodología	48
4.2. Cuadro Metodológico	50
4.3. FASE 1: REPRESENTACIÓN DEL CASO BASE	52
4.4. FASE 2: ANÁLISIS DE CONDICIONES CLIMÁTICAS	57
4.5. FASE 3: DEFINICIÓN DE LAS MEDIDAS DE EF. ENERGÉTICA	61

4.6. FASE 4: DESARROLLO DE LAS MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	68
----------------------------------------------------------------------	----

3. ETAPA 3 • Difusión de los Resultados

5. Resultados	102
6. Reflexiones Finales	107
7. Recomendaciones	108
8. Referencias Bibliográficas.....	109
9. Anexos.....	113

ÍNDICE DE GRÁFICOS

1. Figura 1: Porcentajes de Consumo Energético Global Anual.....	20
2. Figura 2: Demanda de Recursos en Edificos según la fase.....	21
3. Figura 3: Consumo Energético por sector en diferentes Países.....	21
4. Figura 4: Energía Facturada, 2021 (GWh).....	23
5. Figura 5: Consumo promedio mensual de consumidores residenciales 2021 (kWh/consumidor)	23
6. Figura 6: Evolución y Proyección de la población 1990-2030.....	24
7. Figura 7: Evolución histórica y Proyección del consumo del sector residencial..	24
8. Figura 8: Estadística de Población en el área urbana de Quito.....	24
9. Figura 9: Ubicación de la Parroquia Urbana para la Investigación.....	25
10. Figura 10: Tipos de Desarrollo Sostenible.....	25
11. Figura 11: Gestión de los recursos en el Desarrollo Sostenible.....	30
12. Figura 12: Bases de la Arquitectura Sostenible.....	30
13. Figura 13: Diferencia entre las Estrategias Pasivas y Activas.....	31
14. Figura 14: Certificación de Sostenibilidad EDGE y sus características.....	32
15. Figura 15: Componentes de la Eficiencia Energética.....	33
16. Figura 16: Generación de Confort mediante Eficiencia Energética.....	34
17. Figura 17: Fachada Lateral Casa R128.....	37
18. Figura 18: Planta Libre y Espacios de Libre Configuración Casa R128.....	37
19. Figura 19: Diagrama de Conexión Interior-Exterior Casa R128.....	38
20. Figura 20: Estructura Generadora de Espacios Casa R128.....	38
21. Figura 21: Planta libre y espacios abiertos Casa R128.....	38
22. Figura 22: Diagrama de Eficiencia del Vidrio de Triple Cristal	39
23. Figura 23: Provisión de Energía Renovable Paneles Solares.....	39
24. Figura 24: Eficiencia del Sistema de Calefacción	39

25. Figura 25: Fachada Lateral Casa Holmberg.....	40
26. Figura 26: Axonometría explotada Casa Holmberg.....	40
27. Figura 27: Diagrama de Funcionamiento del Sistema de regulación térmica..	41
28. Figura 28: Diagrama de Biofilia como sistema de climatización.....	42
29. Figura 29: Diagrama de Funcionamiento de los Termorreguladores.....	42
30. Figura 30: Fachada Frontal Casa Praderas de Caranqui.....	43
31. Figura 31: Performance del Vidrio doble Low-E.....	44
32. Figura 32: Calentamiento de Agua por Calentador Solar.....	44
33. Figura 33: Luminarias Fotovoltáicas Comunes.....	44
34. Figura 34: Cuadro Conceptual para Desarrollo de la Metodología.....	50
35. Figura 35: Cuadro Conceptual para Desarrollo de la Metodología.....	50
36. Figura 36: Desgloce de la Ubicación geográfica de Quito	52
37. Figura 37: Descomposición en Efecto características y parámetro de las brechas de productividad en Ecuador.....	52
38. Figura 38: Materiales Constructivos de la Vivienda en Quito.....	53
39. Figura 39: Servicios de la vivienda en Quito.....	54
40. Figura 40: Área de la vivienda en m ²	55
41. Figura 41: Cantidad de habitaciones de la vivienda.....	55
42. Figura 42: Cantidad de niveles de la vivienda.....	55
43. Figura 43 Cantidad de Ocupantes de la vivienda.....	55
44. Figura 44: Axonometría del Caso Base: vivienda tradicional de hormigón.....	56
45. Figura 45: Rosa de los Vientos para Quito y solar analizado.....	58
46. Figura 46: Índices de Radiación solar en Quito 8 y 9 de agosto.....	59
47. Figura 47: Carta Solar del Predio analizado.....	59
48. Figura 48: Simulación Solar 2D asoleamiento en el año.....	60
49. Figura 49: Simulación Solar 3D asoleamiento en el año.....	60
50. Figura 50: Vista Axonométrica del Prototipo de vivienda unifamiliar implantado en el terreno seleccionado.....	69

51. Figura 51: Fórmula para el cálculo de la MEE01.....	70
52. Figura 52: Iluminación del Caso Base 3pm.....	71
53. Figura 53: Iluminación del Caso Mejorado 3pm	71
54. Figura 54: Comportamiento según el color del material de cubierta.....	72
55. Figura 55: SRI Techo Caso Base y Absorción de color.....	73
56. Figura 56: SRI Techo Caso Mejorado y Absorción de color.....	73
57. Figura 57: Comportamiento según el color del material de paredes.....	74
58. Figura 58: SRI Paredes Exteriores Caso Base y Absorción de Calor.....	75
59. Figura 59: SRI Paredes Caso Mejorado y Absorción de Calor.....	75
60. Figura 60: Fórmula para el Cálculo de la MEE04.....	76
61. Figura 61: Simulación Solar Caso Base sin DPS - enero 1.....	77
62. Figura 62: Simulación Solar Caso Base sin DPS - julio 21.....	77
63. Figura 63: Simulación Solar Caso Mejorado con DPS - enero 1 y julio 21.....	77
64. Figura 64: Aislamiento de Techo Caso Base.....	79
65. Figura 65: Aislamiento de Techo Caso Mejorado.....	79
66. Figura 66: Aislamiento Losa de Entrepiso Caso Base.....	81
67. Figura 67: Aislamiento Losa de Entrepiso Caso Mejorado.....	81
68. Figura 68: Pared de Bloque de Hormigón enlucida.....	82
69. Figura 69: Aislamiento de Paredes Exteriores Caso Base.....	83
70. Figura 70: Aislamiento de Paredes Exteriores Caso Mejorado.....	83
71. Figura 71: Performance del Vidrio Doble Low-E.....	84
72. Figura 72: Vidrio Simple Caso Base.....	85
73. Figura 73: Vidrio Doble Acristalamiento Caso Mejorado.....	85
74. Figura 74: Proporción de la Abertura según la relación de profundidad y altura del espacio.....	86
75. Figura 75: Ventilación de los espacios Caso Base.....	87
76. Figura 76: Ventilación de los espacios Caso Mejorado	87
77. Figura 77: Calentamiento de Agua Caso Base.....	89

78. Figura 78: Calentamiento de Agua Caso Mejorado.....	89
79. Figura 79: Calentador de Agua Propuesto por el Caso Mejorado.....	89
80. Figura 80: Iluminación Fluorescente Caso Base.....	91
81. Figura 81: Iluminación LED Caso Mejorado.....	91
82. Figura 82: Iluminación Exterior Caso Base.....	93
83. Figura 83: Iluminación Exterior Caso Mejorado.....	93
84. Figura 84: Iluminación con Interruptor Convencional.....	95
85. Figura 85: Iluminación con Sensor Encendido/Apagado.....	95
86. Figura 86: Caso Mejorado con Controles de Iluminación.....	95
87. Figura 87: Selección de Electrodomésticos eficientes.....	97
88. Figura 88: Selección de Electrodomésticos eficientes.....	97
89. Figura 89: Generación Tradicional de Energía.....	99
90. Figura 90: Generación de Energía con Paneles Fotovoltáicos.....	99
91. Figura 91: Incorporación de Paneles Solares al Caso Mejorado.....	99
92. Figura 92: Visualización Resultados Finales.....	102
93. Figura 93: Consumo Eléctrico en kWh de las viviendas.....	103
94. Figura 94: Porcentaje de ahorro en kWh del Caso Mejorado.....	103
95. Figura 95: Resultados Finales del Consumo de Energía en kWh/m ² /año.....	103
96. Figura 96: Consumo Energético Virtual por Calefacción.....	104
97. Figura 97: Consumo Energético de las Instalaciones Comunes.....	104
98. Figura 98: Consumo Energético Virtual por ventiladores de Calefacción.....	104
99. Figura 99: Consumo Energético de las Bombas de Agua.....	104
100. Figura 100: Consumo Energético de los Electrodomésticos.....	105
101. Figura 101: Consumo Energético de la Cocina.....	105
102. Figura 102: Consumo Energético de la Iluminación.....	105
103. Figura 103: Consumo Energético del Calentamiento de Agua.....	105
104. Figura 104: Visualización Realista de Resultados Finales.....	106

ÍNDICE DE GRÁFICOS

1. Tabla 1: Estructura del Consumo Residencial.....	22
2. Tabla 2. Temperaturas Promedio de la Ciudad.....	58
3. Tabla 3. Descripción y Selección de Medidas MEE01 - MEE04.....	62
4. Tabla 4. Descripción y Selección de Medidas MEE05 - MEE08.....	63
5. Tabla 5. Descripción y Selección de Medidas MEE09 - MEE12.....	64
6. Tabla 6. Descripción y Selección de Medidas MEE13 - MEE16.....	65
7. Tabla 7. Descripción y Selección de Medidas MEE17 - MEE20.....	66
8. Tabla 8. Descripción y Selección de Medidas MEE21 - MEE24.....	67
9. Tabla 9. Optimización de Iluminación en m2 con la MEE 01.....	71
10. Tabla 10. Optimización del Calor por el SRI del Techo.....	73
11. Tabla 11. Optimización del Calor por el SRI de Paredes Externas.....	75
12. Tabla 12. Tabla para Cálculo del Factor de Sombreado Anual.....	76
13. Tabla 13. Optimización del Factor de Sombra Anual por Dispositivos de Control Solar.....	77
14. Tabla 14. Optimización del Valor U del Aislamiento de Techo.....	79
15. Tabla 15. Optimización del Valor U del Aislamiento de Losa de Entrepiso.....	81
16. Tabla 16. Optimización del Valor U del Aislamiento de Paredes Exteriores.....	83
17. Tabla 17. Optimización del Valor U y Eficiencia del Vidrio.....	85
18. Tabla 18. Optimización del Calentamiento de Agua.....	89
19. Tabla 19. Tipos de Luminarias y Consumos Energéticos.....	90
20. Tabla 20. Confort Lumínico en los Espacios de la Vivienda	90
21. Tabla 21. Optimización en la Iluminación de Espacios Interiores.....	91
22. Tabla 22. Optimización en la Iluminación de Áreas Internas.....	93
23. Tabla 23. Áreas donde se implementarían Sensores.....	94
24. Tabla 24. Rangos de Eficiencia Energética en Ecuador.....	96

25. Tabla 25. Optimización con el Uso de Electrodomésticos Eficientes.....	97
26. Tabla 26. Energías Renovables y Respectivas Fuentes.....	98
27. Tabla 27. Optimización con la Incorporación de Energía Renovable.....	99

ETAPA 1
Conocimiento Previo

Introducción

La explotación desmesurada que ocasiona altos niveles de emisiones de CO₂, es un conflicto casi incontrolable a nivel mundial. En este sentido, la Agencia Internacional de la Energía (2022) indicó que, durante el 2021-post COVID19-, hubo un incremento generalizado de dos mil millones de toneladas en dichas emisiones.

Este incremento que representó el más alto de la historia, interrumpió el respiro en cuanto a demanda de recursos que obtuvo el planeta en 2020. El intento generalizado de reponerse de la crisis económica que generó la pandemia, fue muy poco sostenible (CMNUCC, 2022).

La ONU Cambio Climático (2022) asegura que la mayoría de los grandes sectores productivos acudieron- como lo hacían previo al confinamiento- a la quema de carbón y de combustibles fósiles para la generación de energía, lo que permitió la rápida reactivación económica de muchos de ellos.

Entre ellos, el sector de la construcción, que representa una de las industrias con mayor generación de empleo, ya que involucra importantes segmentos del mercado, como la arquitectura (OIT, 2021).

Como lo subraya la OIT (2021), este sector es indispensable para el desarrollo social, y a pesar de los obstáculos que atravesó en durante la pandemia, la proyección indica que tiene un alto y rápido potencial de recuperación, que debería enfocarse hacia la sostenibilidad; sin embargo, hoy sigue representando una de las actividades más contaminantes.

La Organización de las Naciones Unidas (2022) para el año 2021 señaló que un 37% del total de las emisiones de CO₂ se dan por los efectos y operaciones del sector constructivo. Este valor está un 5% por encima de lo que se registró 2020 y un 2% arriba de la cifra de 2019, que en ese año ya representó un pico alarmante (ONU, 2022).

EMISIONES DE CARBONO POR EFECTOS DE LA CONSTRUCCIÓN

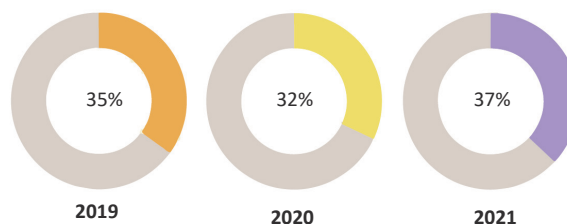


Figura 1. Porcentajes de consumo energético global anual.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

Los elevados niveles de contaminación derivados de la construcción, sumados a la fuerte exigencia de recursos durante la fase de operación y ocupación de los edificios, resultan en un aumento del impacto ambiental y la necesidad de energía a nivel global.

Los elementos edificados, exigen una explotación de recursos aún más fuerte; a nivel mundial “la operación de edificios consume cerca del 70% de la energía eléctrica, además de grandes cantidades de agua para la eliminación de desechos, y genera enormes cantidades de basura” (UNEP, 2008).

La autora Gabriela Álvarez (2013) menciona que, únicamente el 20% de los recursos empleados por la industria se ejecutan en la fase constructiva; el 80% restante estarían siendo empleados en la fase de vida útil de la edificación.

PORCENTAJES DE DEMANDA DE RECURSOS SEGÚN LA FASE

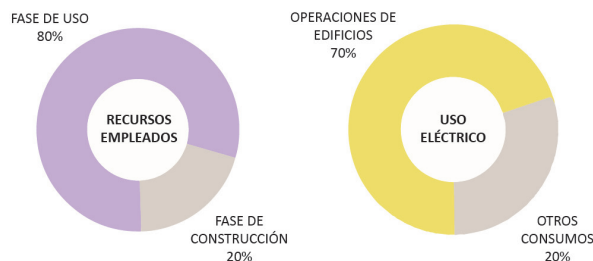


Figura 2. Demanda de recursos en edificios según cada fase.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

Hablando específicamente de demanda y consumo energético, el informe de la ONU (2022) antes mencionado, hace énfasis en la alta demanda energética de la industria, que alcanza un 34% de la demanda general del mundo.

Si bien, durante la etapa constructiva el consumo energético es alto; por ejemplo, en América Latina donde un 45% del uso de energía se destina a ésta (International Finance Corporation [IFC], 2016). Posteriormente, en la fase de ocupación de las edificaciones éste no se reduce, demandando hasta un 81% del total de consumo energético en el Cono Sur.

También, más del 50% de las fuentes de producción de energía empleadas en el continente son los petrolíferos y la electricidad (Banco Interamericano de Desarrollo, 2017).

Entendiendo, que las cifras expuestas se refieren a construcción en general y la industria abarca diferentes sectores y tipologías. En concreto, el sector vivienda está en permanente crecimiento, y representa uno de los mayores consumidores de energía en el mundo después del área industrial y de transporte (Quishpe, 2016).

En el caso de los países de la UE, Quishpe (2016) apunta que en promedio el consumo energético del área residencial es del 27%. De acuerdo con lo que indica el Balance Energético Nacional de 2021, para Ecuador ese porcentaje se reduce al 14%; pero en la comparativa, hay que tener en cuenta la cantidad de población y el desarrollo de los países analizados, lo cual influye en los porcentajes de consumo. (Instituto de Investigación Geológico y Energético [IIGE], 2022).

COMPARACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO POR SECTOR

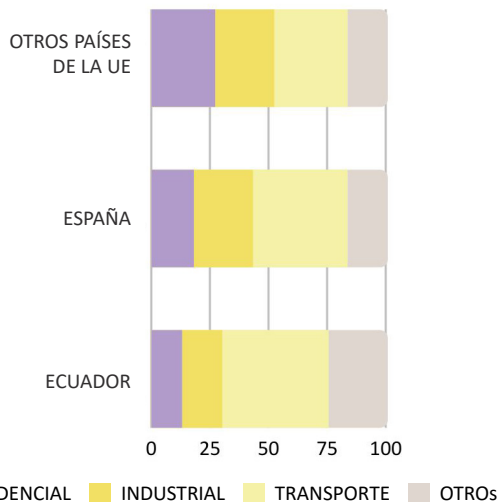


Figura 3. Consumo energético por sector en diferentes países.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

TABLA 1. ESTRUCTURA DEL CONSUMO RESIDENCIAL

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Var. (%) 2020/ 2021	Var. (%) Prom. anual 2011/ 2021
GAS NATURAL	-	-	0.004	0.004	0.018	0.027	0.028	0.031	0.028	0.025	0.031	23,6	-
LEÑA	17.5	6.2	15.0	4.2	12.7	2.3	11.8	1.2	10.5	.79	.2	5,6	-6.3
TOTAL	17.5	16.2	15.0	14.2	12.7	12.3	11.9	11.3	10.5	9.7	9.2	-5,6	-6.2
PRIMARIAS													
ELECTRICIDAD	30.4	1.2	31.8	3.1	35.4	6.4	37.1	7.4	37.4	8.4	37.9	1,3	2.2
GAS LIQUADO	52.1	52.6	53.1	52.7	51.9	51.2	51.0	51.7	52.1	51.8	52.9	2,0	0.2
JET FUEL	0.007	0.005	0.003	0.002	0.002	0.001	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	82.5	83.8	85.0	85.8	87.3	87.7	88.1	89.5	89.5	90.3	90.8	0,6	1.0
SECUNDARIAS													
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-	-

Fuente: Balance Energético Nacional 2021. Ministerio de Energía y Minas, (2021).

Más allá de estas condicionantes, es importante conocer las fuentes que proveen energía al sector residencial en Ecuador.

En este sentido, el mencionado informe, determina que, dentro del porcentaje de consumo, la fuente principal de provisión energética para la vivienda es el Gas Licuado, un producto derivado de los hidrocarburos, que es altamente contaminante y aumenta las emisiones de CO₂ (IIGE, 2022).

La vivienda en Ecuador consume Gas Licuado en un 52,9%, a esta fuente le sigue la Electricidad con un 37,9%, y por último la combustión de Leña con un 9,2% (IIGE, 2022).

Aún más importante, el informe del IIGE (2022) refleja que el uso de las dos primeras fuentes, se ha incrementado en la última década y la incorporación de energías alternativas o renovables ha sido casi inexistente.

De igual forma el Balance Energético Nacional reconoce que, el sector residencial está entre las tres áreas con más contribución a las emisiones de carbono y consumo energético, debido a que las actividades que se realizan en él, dependen directamente de la combustión de gases y de la provisión eléctrica pública (NIH, 2015).

Si bien, el 93% de provisión de electricidad en Ecuador, viene de recursos hídricos, es decir una fuente de energía limpia, las cifras indicaron que entre el 2020 y 2021 la demanda eléctrica en el país aumentó en un 6% (Ministerio de Recursos y Energías Renovables, 2022).

Este incremento en la demanda se asoció también a la reactivación económica que surgió postpandemia; no obstante, esa cifra sugiere que las fuentes de energía renovables en el país deben aumentar su producción. Por lo que es necesario incluir otro tipo de fuentes de energía limpias, más allá de las fuentes hídricas.

CONSUMO ELÉCTRICO POR SECTOR EN ECUADOR (IIGE)

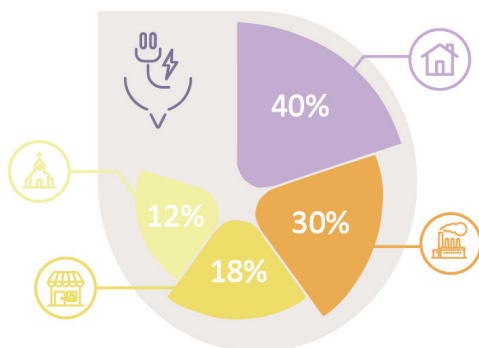


Figura 4. Adaptado de la Figura: Energía facturada, 2021 (GWh).
Fuente: Estadística Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2021-ARCENNR, (2022)

Particularmente, en cuanto a provisión de electricidad nuevamente son tres los principales sectores que demandan provisión del servicio en el país: Residencial, Industrial y Comercial.

Siendo el residencial el de más alto requerimiento del

servicio eléctrico público, según los datos que proporciona la Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2021 (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2022).

Entonces, a pesar de que la demanda de electricidad de otros sectores es importante, es crucial enfocarse en los motivos por los que la vivienda requiere tanto del servicio, puesto que la estadística, asegura que el consumo residencial promedio en Ecuador es de 136 kWh; y pese a que específicamente Quito reporta una demanda de 133 kWh, el consumo es relativamente alto tomando en cuenta las condiciones de la ciudad (ARCENNR, 2022).

En ciudades de la Costa, el consumo promedio es de 170 kWh, donde por la zona geográfica en cambio, si se exige o requiere un uso permanente de sistemas de acondicionamiento eléctricos, tomando en cuenta sus características climáticas y su temperatura (ARCENNR, 2022).

Quito es el cantón de la Sierra con mayor exigencia en el consumo eléctrico, como muestran las estadísticas de consumos promedio en los diferentes cantones del país.

CONSUMO ELÉCTRICO PROMEDIO DEL SECTOR RESIDENCIAL POR CIUDAD EN ECUADOR (KWH/CONSUMIDOR)

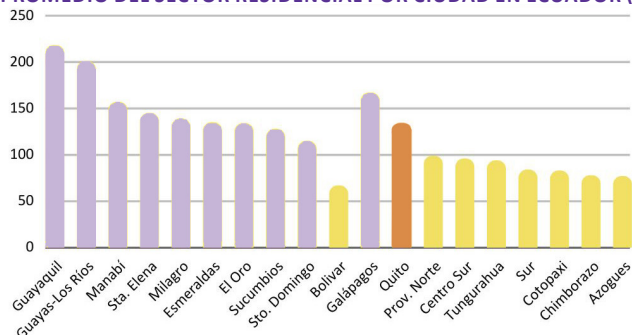


Figura 5. Adaptado de la Figura: Consumo Promedio Mensual de Consumidores Residenciales 2021 (kWh/consumidor).
Fuente: Estadística Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2021-ARCENNR, (2022)

Aunque el sector de la vivienda ya presenta un consumo eléctrico elevado, el Plan Maestro de Electricidad de 2018, generó un modelo de proyección del consumo residencial de electricidad para las áreas urbanas, relacionando el consumo eléctrico promedio y la cantidad de población.

EVOLUCIÓN Y PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN 1990-2030.

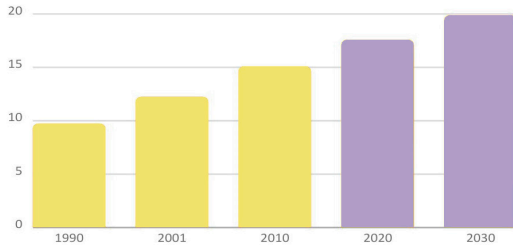


Figura 6. Adaptado de la Figura: Evolución y proyección de la población 1990-2030.

Fuente: Plan Maestro de Electricidad -2018. Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, (2018).

EVOLUCIÓN HISTÓRICA Y PROYECCIÓN DEL CONSUMO PROMEDIO POR USUARIO RESIDENCIAL. (KWH/CONSUMIDOR)

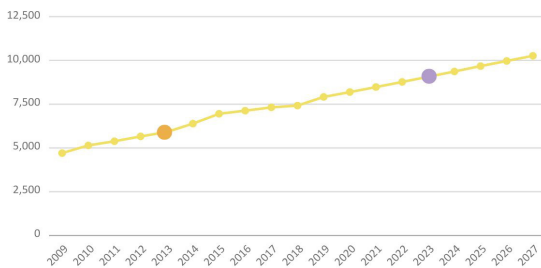


Figura 7: Adaptado de la Figura: Evolución histórica y proyección del consumo del sector residencial.

Fuente: Plan Maestro de Electricidad -2018. Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, (2018).

El informe acota que la proyección estadística del gasto va a la línea creciente; si se comparan los datos presentados

en años anteriores y se le añade el factor de la proyección del crecimiento demográfico, la tendencia continuará al aumento en la próxima década (Ministerio de ENERGÍA y Recursos Naturales No Renovables, 2018).

Como se observa en las gráficas, el consumo energético en el sector de la vivienda tiene gran relación con el crecimiento de las urbes. En América Latina el 75% de la población vive en áreas urbanas (Álvarez, 2013).

Concretamente, en la ciudad de Quito el 68,8% de la población habita en el área urbana, y se proyecta un fuerte crecimiento demográfico hasta del 2040, alcanzando 3.4 millones de habitantes para ese año (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2021). Crecimiento poblacional que representará por ende un aumento demográfico en la zona urbana, mayor demanda y necesidad de vivienda, y en consecuencia aumento de la demanda energética y en las emisiones de CO2.

AUMENTO DE POBLACIÓN HACIA ÁREA URBANA DE QUITO.

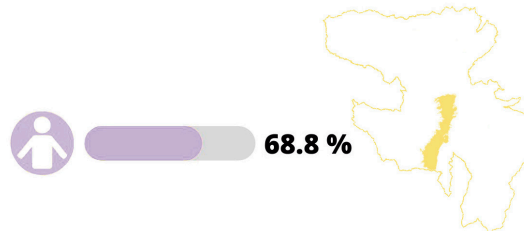


Figura 8. Estadística de población en el área urbana de Quito.

Fuente: Elaboración Propia. 2023

Para este trabajo investigativo se analiza el sector Itchim-bía, ubicado hacia la zona Norte del Centro Histórico de la ciudad; en una parroquia urbana del Distrito Metropolitano de Quito, dentro de la centralidad zonal del El Ejido- Alameda (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2021).

Como el sector se ubica dentro de la zona urbana de la ciudad, las estadísticas y datos presentados tanto de consumo de energía, como demográficas, son aplicables de desarrollar la investigación dentro este sector.

PARROQUIAS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

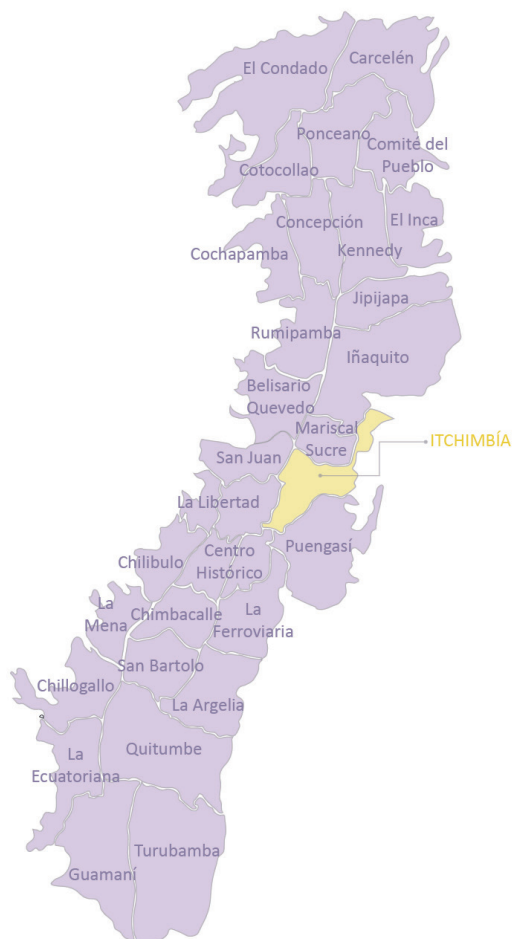


Figura 9. Ubicación de la Parroquia Urbana para la Investigación.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

Justificación

Para contrarrestar los problemas identificados, se pueden presentar varias soluciones desde la rama de la arquitectura que disminuyan las emisiones de carbono y en especial el alto consumo energético. Sean estas enfocadas al diseño, las estrategias sostenibles pasivas, la incorporación de nuevas tecnologías para contrarrestar los efectos climáticos, e incluso la investigación.

Investigar, ayuda a definir indicadores sobre el alcance de la sostenibilidad o eficiencia de un sistema o un proyecto arquitectónico. Es un paso previo hacia la implementación de soluciones sostenibles y amigables con el medio ambiente; además de, facilitar la identificación de puntos de intervención donde se pueden y es más urgente aplicar dichas soluciones, desarrollando estrategias específicas.

Pero más importante, el proceso investigativo modifica los parámetros del diseño creando espacios integralmente más eficientes (Sánchez y Tapia, 2012).

En este sentido, este trabajo investigativo se enfoca en identificar las posibles falencias de las viviendas tradicionales producidas en la ciudad de Quito, que estarían descuidando las prácticas sostenibles, produciendo una alta demanda energética y un consumo eléctrico alto.

En consecuencia, se frena la reducción de emisiones de carbono y del impacto ambiental, desde la fase constructiva hasta la ocupación del sector residencial, que en la ciudad de Quito tiene una fuerte demanda de recursos.

En base a lo investigado se determina que la necesidad de reducir el consumo energético en la vivienda es imperiosa. Tanto por el crecimiento de las áreas urbanas que provoca un aumento en consumo energético, como por la contaminación que se emite desde la construcción, y sus procesos o consecuencias derivadas, según reportes las entidades públicas encargadas (ARCERNNR, 2022; IIGE,2022).

Un buen diseño y proceso constructivo en la vivienda pueden evitar condiciones desfavorables que promuevan el uso de sistemas de acondicionamiento, o iluminación especializados (Bustamante, 2009). Sin dejar de lado que, para reducir las emisiones de carbono en viviendas, se pueden tomar otras medidas, como incorporar la eficiencia energética, utilizando electrodomésticos y sistemas de iluminación más eficientes.

Más que nada, incorporar fuentes de energía renovable, como la energía solar y eólica, para reducir la dependencia de los combustibles fósiles y la provisión eléctrica pública (ONU, 2020).

En el caso de las propuestas de diseño que presenten soluciones amigables con el medio ambiente, la ONU en consecuencia de la pandemia de COVID-19 y sus consecuencias antes señaladas, propone paquetes de impulso para la renovación profunda de edificios y la creación de estándares de desempeño energético óptimo para las nuevas obras que pretendan reducir ágilmente las emisiones y alinearse a los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la Agenda 2020-2030.

Lo que impulsa a la creación de propuestas de vivienda sustentable, que adicionalmente estén bien validadas en cuanto sus beneficios respecto al modelo tradicional.

Ahora bien, específicamente en la zona de estudio que se ha seleccionado, vemos una disminución de la población, que pretende ser contrarrestada por políticas de incorporación de vivienda colectiva y unifamiliar como lo indicó Marco Córdova (2011), así en los últimos años se han propuesto y aprobado varios proyectos de vivienda que pretenden potenciar el sector, en su cualidad turística y habitable.

Poco a poco se ha urbanizado y repoblado, con una nueva característica de barrio bohemio, una nueva estética más modernizada y una actividad más dinámica y que según el PMDOT 2021 -2033 de Quito, tiene una vocación meramente residencial y comercial.

Este trabajo propone la evaluación de proyecto de vivienda unifamiliar que incorpore las características estéticas y sostenibles antes mencionadas; pero a su vez, un diseño consciente con el medio ambiente, que incorpore estrategias pasivas y activas.

Además de respaldarse bajo una investigación profunda en el área de la sostenibilidad, se pretende obtener el aval de una certificación de sostenibilidad enfocada particularmente a viviendas en el contexto ecuatoriano, que se incorpora como un medio necesario para evaluar y validar las estrategias implementadas.

Las certificaciones en la arquitectura sostenible, tienden a incorporarse cada vez más en los proyectos debido a que, por el contrario de lo que se entiende la sostenibilidad no es un concepto intrínseco a los resultados finales de lo ejecutado.

Los proyectos que incorporan la sostenibilidad, deben ser reconocidos y tratados de una manera puntual para que se conviertan en un modelo a seguir en el diseño en general (Tamayo y Rocha 2011).



Objetivos

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar las medidas de eficiencia energética aplicables al diseño de una vivienda unifamiliar en el sector Itchimbía en la ciudad de Quito, y comparar sus resultados frente a la vivienda tradicional, a fin de reducir el consumo energético, eléctrico y mitigar el impacto ambiental.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir las variables de eficiencia energética aplicables a la vivienda, para analizar sus características e incidencia en el impacto ambiental, frente al caso base.
- Analizar las condiciones climáticas y de consumo energético del sitio, que influyen en la selección y aplicación de las medidas de eficiencia energética.
- Simular los datos y resultados, a través de softwares y fórmulas, comparándolos con el caso base, para determinar el alcance de las medidas de eficiencia energética.

Fundamentación Teórica

- **APORTES ESENCIALES DE LA ARQUITECTURA AL DESARROLLO SOSTENIBLE**

Desarrollo sostenible se entiende como un concepto relacionado con la evolución global, expresa un deseo generalizado de cubrir las necesidades del presente, sin comprometer recursos en el futuro.

Indispensablemente, esta comprensión de desarrollo involucra todos los sistemas, desde el político hasta el tecnológico, concretando un avance que asegure la capacidad del planeta de sostener la actividad humana; mejorando la calidad de vida, tomando en cuenta el medio ambiente y sus recursos finitos (ONU,2018; Gómez, 2020).

En este sentido, la ONU en 2015 establece los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), compuestos por 17 metas que pretenden lograr un mejoramiento en la calidad de vida de forma global, en un período de tiempo establecido -década 2020-2030-.

Con base en tres ejes fundamentales: ambiental, social y económico, permanentemente integrados y dependientes el uno del otro (ONU,2018).

DESARROLLO SOSTENIBLE EN SUS TRES EJES Y RELACIONES



Figura 10. Adaptado de Ilustración: Tipos de Desarrollo Sostenible. Fuente: Desarrollo Sostenible. Gómez, (2020).

Al respecto, Lira (2018) dice que el desarrollo sostenible depende directamente de la sostenibilidad en sí, tomando en cuenta que es una característica que se le otorga a aquello que actúa considerando la degradación y depredación del medio natural, pero que al mismo tiempo asegura una buena y equitativa forma de vida para toda la población.

Sin embargo, López (2015) afirma que, la sostenibilidad es un concepto más complejo y ambiguo, donde se deben tomar en cuenta dos ópticas como son:

- a) la intención de llegar a la sostenibilidad
- b) las condiciones para que se dé la sostenibilidad.

Para conseguir la sostenibilidad, debe cumplirse que los recursos se usen de manera sostenible -medurada- para ejecutar las actividades económicas de la sociedad.

Logrando un equilibrio, y en lo posible retribuyendo al medio natural, pero por sobre todo creando una conciencia presente y futura para la búsqueda de una habitabilidad más sostenible (Lira, 2018).

GESTIÓN SOSTENIBLE DE RECURSOS

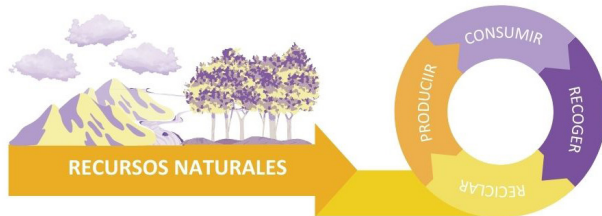


Figura 11. Gestión de los Recursos en el Desarrollo Sostenible
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

Como concuerdan varios autores, las bases de la arquitectura sostenible se centran en lo ambiental. Según Falomir (2019), esta arquitectura da respuesta al agotamiento de recursos, proponiendo un diseño que desde su primer momento busca la optimización de estos y la aplicación de otros medios que permitan reducir la huella de carbono y el impacto ambiental.

Y aunque Garzón (2021) concuerda, en que el uso eficiente de recursos naturales minimiza los impactos de la arquitectura en el contexto, agrega que es fundamental tener en cuenta el fin sociocultural y hasta simbólico de ésta, para optimizar recursos relacionados a lo social, reduciendo por ejemplo las dependencias económicas.

ENFOQUES DE LA ARQUITECTURA SOSTENIBLE



Figura 12. Bases de la Arquitectura Sostenible
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

Esta postura de Garzón (2021) frente al concepto de arquitectura sostenible, se alinearía mejor con los criterios de desarrollo sostenible y sostenibilidad, porque integra los enfoques ambiental, social y económico.

Pero también, asegura que resolver el desafío de minimizar impactos en el sitio y alcanzar la sostenibilidad en la arquitectura, requiere de: concienciar, crear lineamientos, y desarrollar habilidades y herramientas adecuadas y accesibles en este campo.

Compartiendo la óptica de López (2015), que indica que hay varias condiciones más allá de la intención en sí misma de alcanzar la sostenibilidad.

De otro lado, Falomir (2019) no ahonda en el factor social, pero sí en la parte técnica de la arquitectura sostenible.

Dando a entender, que el desarrollo de herramientas y la innovación, también son clave para la aplicación del concepto, señalando principios que pueden aportar hacia reducir la huella de carbono, las emisiones de CO2 y el consumo energético, a través de la arquitectura; y menciona términos esenciales para el entendimiento y desarrollo de esta investigación: Estrategias Sostenibles de Diseño -Pasivas y Activas-.

ESTRATEGIAS SOSTENIBLES PASIVAS Y ACTIVAS

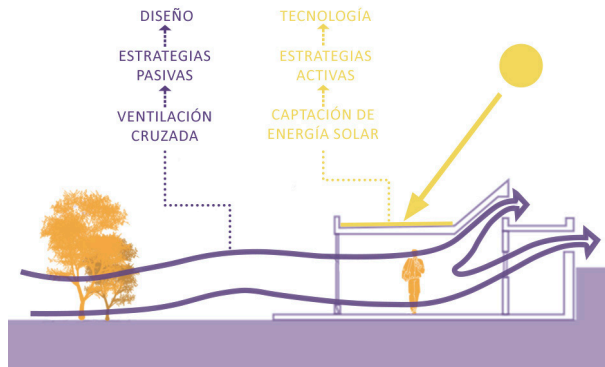


Figura 13. Diferencia entre las Estrategias Pasivas y Activas
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

Por su parte, González (2021) conceptualiza las estrategias sostenibles pasivas o activas de diseño, como pautas y técnicas para el diseño arquitectónico enfocadas hacia la protección del clima, y la reducción del impacto de la arquitectura, desde la construcción hasta el uso mismo de la edificación.

En el mismo sentido, Sassi (2006) asegura que, no existen razones para que no se apliquen dichas técnicas en la producción de nueva arquitectura; ya que estas se respaldan en la investigación y el análisis de tecnologías, mitigando consecuencias sociales y ambientales.

De acuerdo con estas posturas, se concluiría que la arquitectura sostenible, a través de las estrategias de pasivas y activas de diseño, tiene el compromiso de encontrar mejoras en las formas de producir y habitar los espacios.

Sin embargo, según la aseveración de Rocha-Tamayo (2011), hay una necesidad de “calificar” y evaluar edificaciones sostenibles, porque estas no pueden verse únicamente como sostenibles/eco amigables o no; sino que hay una serie factores y elementos que logran una mayor o menor sostenibilidad.

Como él mismo indica, estos factores pueden relacionarse a (Rocha-Tamayo, 2011):

- 1) eficiencia energética
- 2) uso de agua
- 3) disposición
- 4) materialidad
- 5) calidad del aire.

La Corporación Financiera Internacional (IFC), dando respuesta a la creciente necesidad de certificar o examinar la arquitectura, desarrolla la certificación en línea EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies), una plataforma que evalúa edificaciones en base a un estándar verde global, procesado e implementado a través de un software.

Su objetivo es la democratización del mercado de edificios ecológicos, dentro de economías emergentes; donde la normativa rara vez, exige prácticas de construcción eficientes en el uso de recursos (Corporación Financiera Internacional, 2021).

La plataforma evalúa las edificaciones, realizando una comparativa en tiempo real de las prácticas constructivas habituales frente a las proyecciones que ingrese el usuario sobre la reducción de consumo energético, consumo de agua y consumo de energía incorporada en materiales.

Entre las virtudes de la certificación está su categorización con base en (IFC, 2021):

- a) Modelo local base según ubicación geográfica -Línea Base-
- b) Tipos de edificaciones: viviendas, hoteles, tiendas minoristas, oficinas, centros de salud, educativos e industriales
- c) Estado del proyecto: conceptualización, diseño, nuevas construcciones, edificios existentes y renovaciones.

Si se logra un porcentaje mínimo de 20% en dicha comparativa de acuerdo con los parámetros de categorización, se aprueba la certificación.

Se debe mencionar que existen tres diferentes niveles de evaluación: Certificación EDGE: 20% de eficiencia, Certificación EDGE Advanced: 40% de eficiencia y Certificación EDGE Zero Carbon: 100% de energías renovables o 100% de compensación en adquisiciones de carbono (IFC, 2021).

Para este trabajo, se seleccionó EDGE por su Modelo Local Base que permite contextualizar el diseño sostenible a la realidad ecuatoriana, tomando en cuenta medidas alcanzables y evaluables frente a la producción arquitectónica del país. A diferencia de otras herramientas, los parámetros de medición de EDGE, están diseñados para evaluar la sostenibilidad en países en vías de desarrollo.

CARACTERÍSTICAS Y BONDADDES DE LA CERTIFICACIÓN EDGE



Figura 14. Certificación de Sostenibilidad EDGE y sus características
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

- **LA EFICIENCIA ENERGÉTICA ENFOCADA A REDUCIR LOS IMPACTOS DE LA ARQUITECTURA**

Para esclarecer el concepto de eficiencia energética, Espíndola y Valderrama (2018) lo presentan, como un grupo de acciones por medio de las que se puede conseguir una relación más eficiente entre la cantidad de energía empleada, y los productos o servicios que se obtienen con ella.

Mientras que, el Ministerio de Energía de Argentina (2019), concuerda en la definición; pero agrega que el no afectar la calidad de vida del usuario, es una condición básica para lograr verdadera eficiencia. Según esta entidad, añadir el uso de energías renovables a la producción energética, logra un consumo limpio, optimizado y capaz a su vez de abastecer toda clase de actividad.

Continuando, el Ministerio de Energía de Argentina (2019), afirma que es crucial implementar acciones como el desarrollo de tecnologías de mayor rendimiento y fomentar hábitos de uso responsable.

Y tomando en cuenta la postura de Espíndola y Valderrama (2018), que destaca a la eficiencia energética como uno de los factores que más aporta a lograr la sostenibilidad; se podría indicar que el consumo responsable, y el énfasis en las técnicas de producción limpia, pueden generar un consumo más amigable con el medio ambiente.

Muchas veces la cantidad de energía empleada puede ser igual de alta, pero con la implementación de energías renovables se logra un balance que contribuye a la sostenibilidad.

En este sentido es necesario aclarar, que energía renovable es aquella que se obtiene de fuentes naturales que son capaces de renovarse a sí mismas -más rápido o igual velocidad de extracción o utilización-, o bien están permanentemente presentes en el medio natural como el Sol y la rotación de la Tierra, según lo refiere González (2015).

COMPONENTES DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA



Figura 15. Componentes de la Eficiencia Energética.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

Adicionalmente, González (2015) acota que las energías renovables deberían necesariamente ser implementadas en la arquitectura bioclimática o sostenible para lograr un buen diseño.

Lo que expone este autor se conectaría bien con los requisitos que para Falomir (2019) debe cumplir esta arquitectura, porque destaca que sus principios dictan que la iluminación y confort necesarios en un espacio deberían proveerse mediante un menor uso de recursos, entre ellos la energía eléctrica; al implementar energías renovables se reduce la dependencia de éste recuso y se consigue una mayor eficiencia energética.

En el mismo sentido, para Molina y Sabando (2022), hay distintas formas de aplicar las energías renovables en la arquitectura; las edificaciones pueden integrarlas haciendo que más allá de cumplir propósitos de generación energética, logren otros funcionales y estéticos.

Exponen varios proyectos arquitectónicos que dan respuesta a necesidades medio ambientales, a través de soluciones funcionales como los parkings fotovoltaicos, y otros que logran la eficiencia energética, a incorporando sistemas técnicos como la climatización inteligente y las iluminaciones eficientes, o más enfocados al diseño como estrategias pasivas.

Tanto González (2015) como Molina y Sabando (2022), en sus ideas mencionan una relación entre la eficiencia energética y el confort o funcionalidad de los espacios arquitectónicos, ya que la iluminación y los sistemas de acondicionamiento dependen de la producción energética y afectan al consumo.

EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CONFORT INTERIOR



Figura 16. Generación de Confort mediante Eficiencia Energética
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

Al respecto Florez (2021), sugiere que definir el confort en espacios arquitectónicos no es un ejercicio fácil, debido a que las maneras de habitarlos son distintas, no solo porque existen diferentes tipologías arquitectónicas, sino por el contexto y propósito de estos. Se encontrarán variaciones desde las necesidades físicas, hasta las necesidades culturales o sociales del usuario.

A pesar de esto, Chávez (2002) indica que sí hay ciertos parámetros que pueden definir de manera general el confort en los espacios, sobre todo en cuanto a temperatura, esta se puede estandarizar tomando en cuenta las necesidades del cuerpo humano, en base a la temperatura corporal que es un factor estable.

Una temperatura óptima está entre los 19°C y los 29°C en dependencia de los materiales y el ambiente exterior, y más allá de cumplir con la temperatura óptima, el espacio debe garantizar que no se den condiciones de disconfort, pudiendo ser estas un espacio demasiado frío o caliente, o espacios con temperaturas variables en relación con el cuerpo -pies fríos, cuerpo caliente y viceversa- o a un mismo espacio-zonas más cálidas o frías de la habitación-

De otro lado, Moreira (2021) habla sobre el confort lumínico en la vivienda, señalando que el asegurar la mayor cantidad de luz posible dentro de uno de sus espacios no genera confort lumínico. Lo que generalmente importa en estos casos, es que la iluminación sea bien aprovechada; muchas veces puede que ciertos espacios necesiten un bloqueo en el ingreso de luz.

En dependencia del área de la vivienda que se esté trabajando hay diversas estrategias que pueden aportar a lograr como acudir al uso de elementos o dispositivos de control solar.

Con lo que refiere Chávez (2002) sobre el confort térmico que se logra generando un estado placentero para la estancia y lo que refiere Moreira (2021) acerca del confort lumínico y las variaciones que debe tener el ingreso de luz para que se adecuado y funcional, se entendería que la vivienda más allá de regirse a términos numéricos de luz o temperatura específicos, debe asegurar un ambiente satisfactorio en el que el usuario encuentre condiciones estables y funcionales según los requisitos del espacio -dormitorios, cocinas y otros- para refugiarse de condiciones exteriores desfavorables.

- **VIVIENDA**

La Real Academia de la Lengua Española (2022), para uso correcto de la expresión, define la vivienda como, un lugar habitado por personas, construido de manera que está cubierto o cerrado hacia el exterior; definición que brinda una explicación bastante sintética y técnica del término.

Sin embargo, en un enfoque más social, la OMS (2018), indica que más allá un derecho básico, es el lugar físico que da protección para encontrar un estado de seguridad, paz y condiciones físicas básicas adecuadas a un costo asequible.

Para la arquitectura en cambio, la vivienda tiene una connotación más técnica. Como menciona Carrillo (2007), la evolución de la vivienda y de su concepto ha cambiado a lo largo de la historia.

Pero para lograr un diseño óptimo, no se pueden obviar las necesidades básicas que satisface, se deben entender los tipos de actividades que el usuario realiza, desde lo técnico -diseñar espacios que cubran dichas necesidades-. Con este criterio agrupa las acciones en tres niveles: 1) Actividades de Recuperación Física, 2) Actividades de Recuperación Mental/ Recreativas, 3) Actividades de mantenimiento.

En contraste, Velázquez et. al (2007) apunta que hoy en día más allá de satisfacer una necesidad básica, la vivienda prioriza el confort y el diseño interior y es clave involucrar varias disciplinas asociadas a la arquitectura para la conformación ésta.

Las variaciones de la vivienda son cada vez más notorias y dependen de condiciones geográficas y culturales del entorno. Por lo que se entendería que, si bien la vivienda no ha perdido su característica de protección al usuario, en la actualidad aborda otros aspectos de diseño, entre los que se puede incluir la misma sostenibilidad.

La vivienda, podría tener el potencial de reducir las emisiones de carbono. Para Fernández y Morillón (2021), la contaminación que esta produce se da por una desvinculación entre la arquitectura y el medio natural; sugiere, que la revolución industrial promovió dicha desconexión, porque impulsa el uso de materiales, sistemas constructivos y proveedores de energía altamente contaminantes.

Este tipo de prácticas que aplica la vivienda, desde la construcción hasta la ocupación, la disocian del medio natural y en consecuencia de la protección de este.

Según Casseb (2022), especialista miembro del Banco Interamericano de Desarrollo, el incentivo que pueden brindar organizaciones internacionales para la promoción de vivienda sostenible es fundamental.

En este sentido, Santa-Cruz (2014) identifica la vivienda sostenible como aquella que ahorra recursos y mitiga los impactos ambientales, intentando aprovechar las condiciones naturales para reducir la dependencia energética y aplicando sistemas, materiales y procesos menos contaminantes, para mantener una consonancia y un respeto con su entorno.

En Quito, las prácticas de diseño y construcción tradicionales en su mayoría aún no aplican los sistemas sostenibles mencionados anteriormente.

Carrillo (2007) realiza un estudio comparativo de la vivienda en Quito, en cuanto a espacios, sistemas de iluminación ventilación y temperatura.

Asegura que la vivienda en la ciudad se caracteriza por tener tres espacios definidos: 1) zona íntima, 2) zona social y 3) zona de servicio, entre estos espacios destaca la importancia de las áreas tributantes que son aquellas que distribuyen entre espacios.

Asegura también que en los casos analizados no se suele cumplir con la iluminación necesaria para los espacios sociales por lo que se recurre a la iluminación artificial, los espacios no tienen las dimensiones de ventanas adecuadas y esto afecta al ingreso de ventilación correspondiente.

Los ejemplos que menciona Carrillo (2007) provoca una subutilización de los espacios y las mencionadas condiciones no aportan al cumplimiento de los postulados de la vivienda sostenible. Por lo que es necesario emplear estrategias sostenibles de diseño.

Como las que se revisaron con Moreira (2021) quien nos menciona que más allá de conseguir espacios estandarizados, se debe proveer al usuario de las condiciones adecuadas para la comodidad de modo que los espacios puedan ser permanentemente habitables.

Estudios de Caso

Referente internacional
Casa R 128 - Stuttgart, Alemania



Figura 17. Fachada Lateral. Casa R128.
Fuente: Zooney Braun & Roland Halbe, (2002).

Datos generales

Arquitecto: Werner Sobek

Año: 2000

Estructura: Metálica - Aporticada

DIAGRAMA DE COMPOSICIÓN DE PLANTAS ARQUITECTÓNICAS

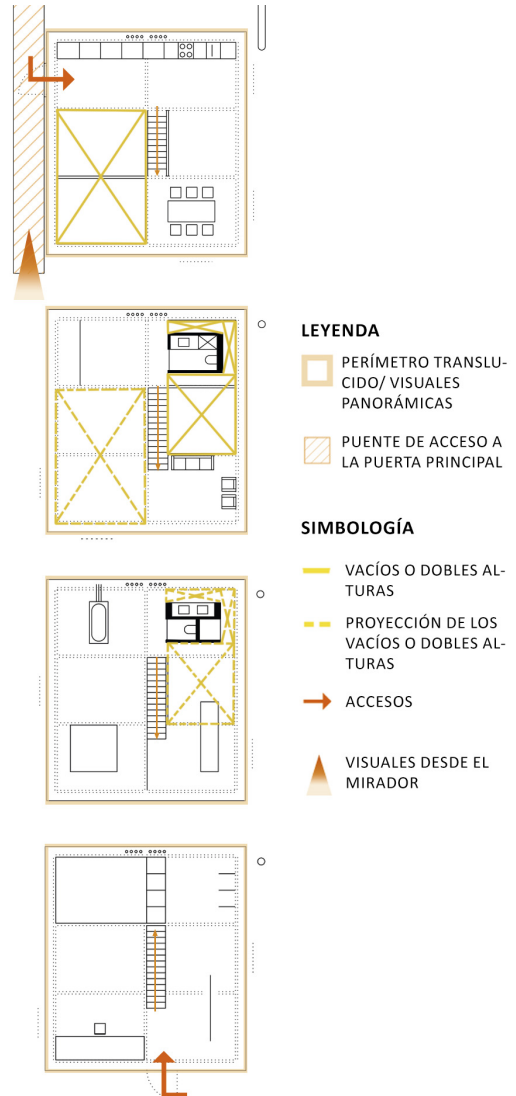


Figura 18: Planta libre y espacios de libre configuración Casa R128.
Fuente: Elaboración Popia. 2023.

La Casa R128 es una vivienda construida como proyecto piloto de Edificación Cero Energía. Tiene tres aspectos principales para cumplir la Cero Energía, está auto-susentada, no emite residuos, ni carbono hacia la atmósfera.

Cumpliendo con todos los estándares de la certificación LEED y Passivhaus. Se caracteriza por ser reciclable en su totalidad reduciendo el impacto ambiental en su entorno.

Está en diseñada en pendiente, razón por la que cuenta con dos ingresos, uno por el nivel inferior y otro por el superior a través de un puente, que termina prolongado formando un mirador.

Su organización espacial está pensada en cuatro niveles. El inferior, alberga espacios de servicio y almacenamiento. El primer nivel, contiene el dormitorio y área privada. El segundo nivel, incluye las áreas comunes, como la sala de estar. Y por último, en el nivel superior se encuentran la cocina y el comedor.

Breve Análisis Arquitectónico

Su diseño arquitectónico se basa en la planta libre y la estructura como generador y distribuidor del espacio.

Formalmente, se expresa como un cubo translucido que intenta proyectar una fuerte conexión visual y espacial con el entorno natural que la rodea. Se caracteriza como minimalista porque no incorpora mayor mobiliario, y el existente se ubica estratégicamente para distribuir los espacios de forma intuitiva

El diseño parte de un módulo que se replica, haciendo fácil su proceso de ensamblaje o desmontaje. Usa un sistema de tuercas y tornillos para unir elementos estructurales.

DIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS DEL CONCEPTO ARQUITECTÓNICO

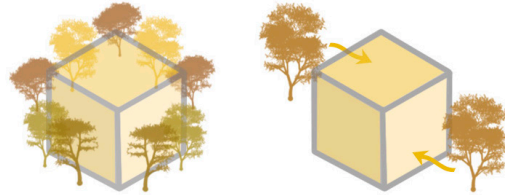


Figura 19: Diagrama de conexión interior-exterior Casa R128.

Fuente: Elaboración Propia. 2023.

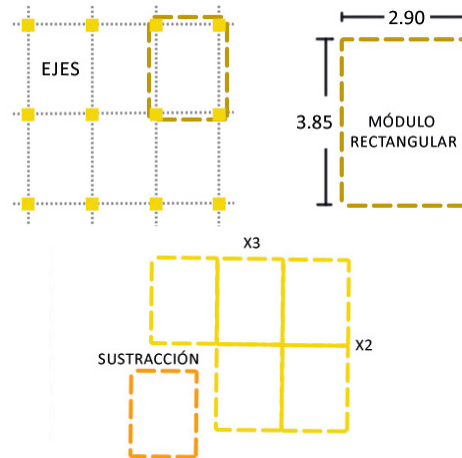


Figura 20: Estructura generadora de espacio Casa R128.

Fuente: Elaboración Propia. 2023.

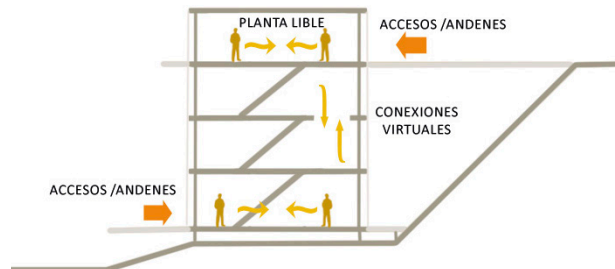


Figura 21: Planta libre y espacios abiertos Casa R128.

Fuente: Elaboración Propia. 2023.

Eficiencia Energética

En términos de eficiencia, el perímetro de vidrio de triple acristalamiento, proporciona gran cantidad de luz natural en el interior y aísla la edificación hacia el exterior.

DIAGRAMAS DE VIDRIO DE TRIPLE ACRISTALAMIENTO

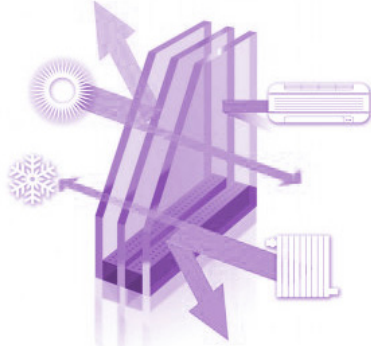


Figura 22: Diagrama de eficiencia del vidrio de triple cristal
Fuente: Adaptado de PVC 3, (2023)

Se incorporan paneles solares en el techo, para abastecer a la electricidad de la casa.

SISTEMA DE PROVISIÓN DE ENERGÍA SOLAR

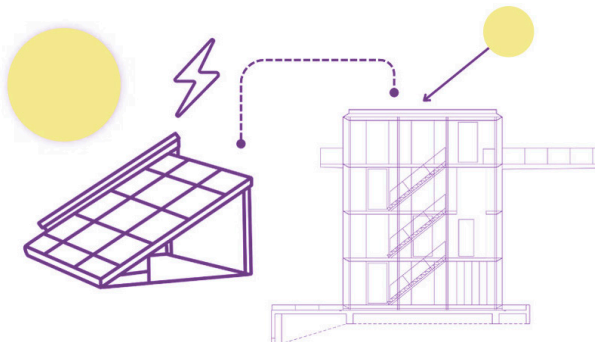


Figura 23: Provisión de Energía Renovable Paneles Solares
Fuente: Elaboración propia. 2023.

Además, el diseño cuenta con un sistema de calefacción y refrigeración instalado en entresijos; funciona a través de bobinas de tubería de cobre llenas de agua, que se calientan o enfrían por energía geotérmica para brindar confort térmico.

SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN EN ENTREPISO

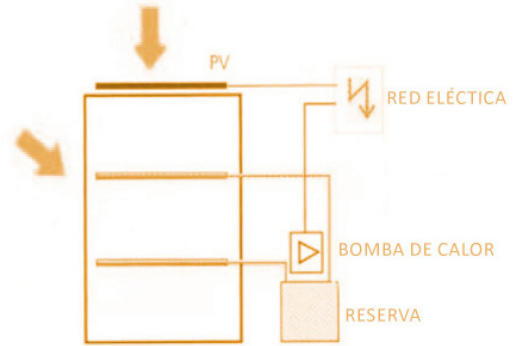


Figura 24: Eficiencia del sistema de calefacción
Fuente: Adaptado de Werner Sobek, (2002)

Se incorpora sistemas de ventilación eficientes, y ventanas osilobatientes para un flujo de aire óptimo, que reduce el consumo de energía.

Referente Latinoamericano

Casa Holmberg - Buenos Aires, Argentina



Figura 25: Fachada Lateral Casa Holmberg.

Fuente: E Borrachia. Plataforma Arquitectura, (2016)

Datos generales

Arquitectos: Estudio Borrachia

Año: 2016

Estructura: Metálica - Aperticada

AXONOMETRÍA EXPLOTADA CASA HOLMBERG

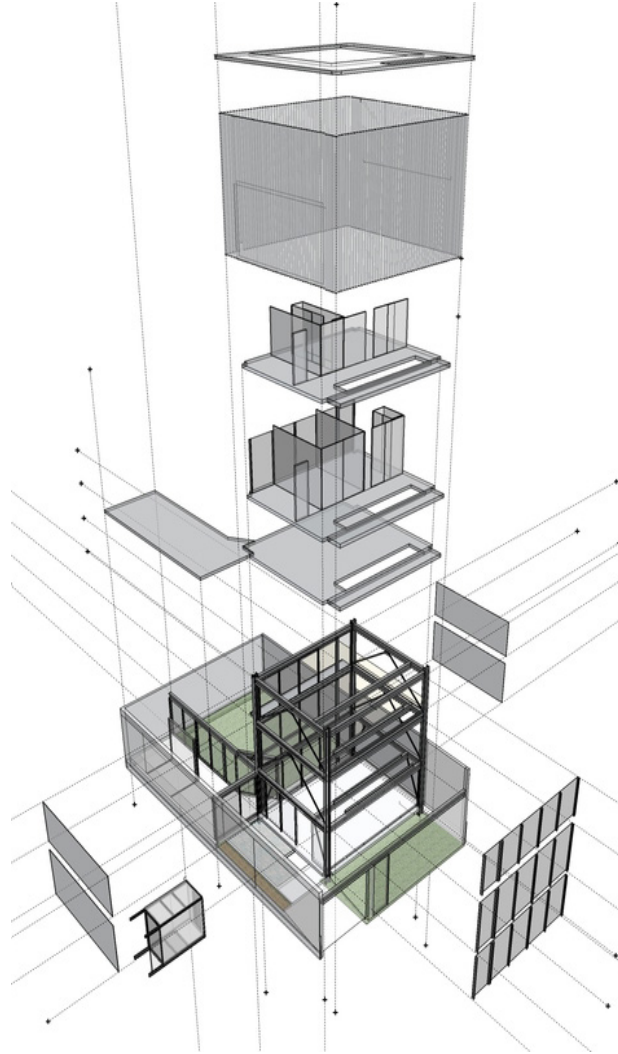


Figura 26: Axonometría explotada Casa Holmberg

Fuente: Estudio Borrachia. Plataforma Arquitectura, (2016).

La Casa Holmberg es una vivienda unifamiliar. Se configura en tres plantas desde el nivel de acera. La planta baja es la de mayor área, y alberga los espacios sociales, así como tres patios internos y un estanque natural que funciona como regulador térmico.

El segundo y tercer nivel alberga los dormitorios y áreas privadas. Los espacios vegetativos en planta baja, ayudan a cumplir los retiros obligatorios y adicionalmente mejorar la sensación térmica de la vivienda.

Es un referente notable en Argentina, ya que la edificación se autorregula térmicamente y únicamente recurre a sistemas constructivos secos, evitando el uso de materiales altos en emisiones de carbono.

Las tecnologías sostenibles implementadas intentan ir más allá de la optimización y los recursos, y conectan las formas de vida de los ocupantes con las del ecosistema natural que genera.

Breve Análisis Arquitectónico

Su arquitectura, se basa en espacios abiertos y flexibles, que se organizan de forma fluida, generando áreas más funcionales si las actividades son cambiantes, ya que sus ocupantes serán niños.

En lo formal, se conforma por un prisma rodeado de una envolvente metálica, que asemeja un radiador. La planta baja se transluce para conectar los patios interiores los espacios habitables. Adicionalmente, las losas se extienden para generar un espacio libre entre la piel del edificio y los espacios internos, de modo que los componentes metálicos no abrumen el área interior.

Eficiencia Energética

Los sistemas integrados en esta vivienda son variados e innovadores.

La edificación, en sí misma funciona como un radiador, razón por la que el diseño incorpora tubos de acero en sus fachadas.

En la losa de techo se instala un estanque y un termostato que calienta agua durante el invierno, el agua baja por los tubos metálicos en la envolvente del edificio, calentando la edificación.

Una vez que el agua se enfría, baja a un estanque en sombra ubicado al exterior en la planta baja, y el agua fría desde él vuelve a subir para calentarla nuevamente.

SISTEMA DE TERMORREGULACIÓN SOSTENIBLE

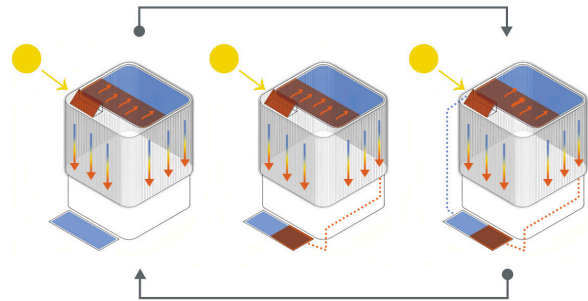


Figura 27: Diagrama de funcionamiento del sistema regulación térmica. Fuente: Adaptado de Estudio Borrachia, (2016).

Por otro lado, los termostatos calientan agua para consumo de la vivienda, entonces el calentamiento de agua no consume energía eléctrica y tampoco se produce por la combustión de gases.

Otra de las estrategias pasivas de sostenibilidad que aplica es el uso de la ventilación cruzada en el diseño lo que logra reducir la acumulación de aire caliente en el interior. Y la biofilia para no recurrir a climatización mecánica en verano.

BIOFILIA COMO SISTEMA DE VENTILACIÓN SOSTENIBLE



Figura 28: Diagrama de biofilia como sistema de climatización. Fuente: Adaptado de Estudio Borrachía, (2016).

FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TERMORREGULADORES

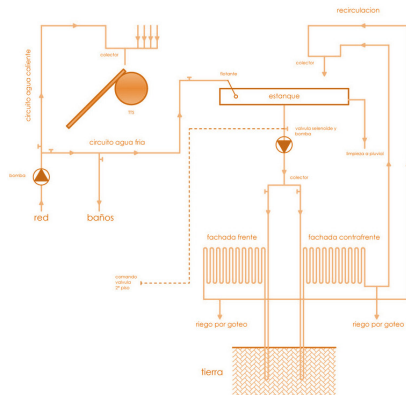


Figura 29: Diagrama de funcionamiento de los termorreguladores. Fuente: Adaptado de Estudio Borrachía, (2016).

Referente Nacional

Praderas de Caranqui - Imbabura, Ecuador



Figura 30: Fachada Frontal Casa Praderas de Caranqui
Fuente: EMOCPRODE, (2020).

Datos generales

Arquitectos: Constructora EMCOPRODE

Año: 2020

Estructura: Hormigón - Aporticada

Praderas de Caranqui es un conjunto de 12 unidades de vivienda unifamiliar adosada, con áreas comunales de recreación dotadas de todas las comodidades, así como área de estancia y circulación dentro del complejo.

Las casas están distribuidas en dos plantas, la planta baja contiene espacios sociales, un hall de distribución, un cuarto de estudio y un patio posterior como área social exterior de recreación, con un horno de leña y una parrilla BBQ.

En la planta alta, se encuentra el área privada, que cuenta con dos habitaciones con baño compartido y una principal con baño privado, vestidor y un balcón.

El proyecto cuenta con la certificación EDGE ADVANCED, un nivel de certificación que pocas edificaciones han logrado en el país; siendo además hasta el momento, el proyecto residencial con mayor ahorro de energía en Ecuador.

Implementa varias estrategias sostenibles en diferentes aspectos como ahorro hídrico y energético. Se enfoca en reducir el impacto ambiental de la vivienda, sin perder el bienestar espacial para el usuario además generar un ahorro económico.

Breve Análisis Arquitectónico

Su diseño se basa en una morfología ortogonal, que parte de un cubo que se extruye en ciertas fachadas para generar dinamismo formal.

Los espacios sociales de la vivienda intentan abrirse principalmente hacia el patio interno que presenta un área recreativa de buena dimensión y genera ventilación, confort y una conexión con elementos verdes.

Eficiencia Energética

Este proyecto presenta altos niveles de eficiencia energética, cuyos porcentajes se dividen entre diferentes sistemas como la integración de una chimenea ecológica potenciada por bioetanol para evitar implementación de sistemas de calefacción.

Vidrio con revestimiento de baja emisividad para reducir las ganancias o pérdidas bruscas de calor en el interior de la vivienda.

FUNCIONAMIENTO DEL VIDRIO DE DOBLE ACRISTALAMIENTO

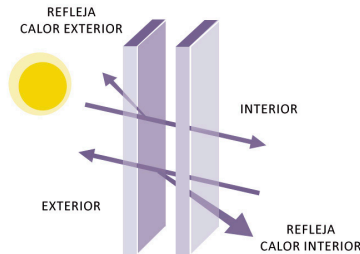


Figura 31: Performance del Vidrio Doble Low-E
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

Calentadores solares de agua para no imprimir uso de energía eléctrica o de combustibles fósiles en el calentamiento de agua; e integra lámparas fotovoltaicas para reducir costes de mantenimiento e iluminación en las zonas comunes.

CALENTADORES SOLARES CASAS PRADERAS DE CARANQUI

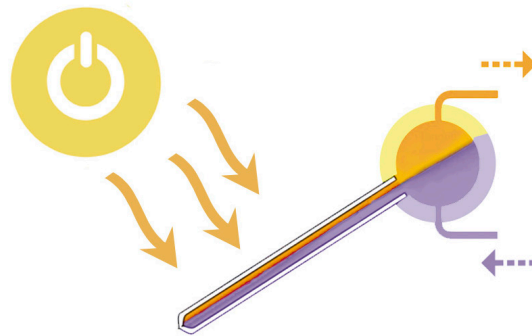


Figura 32: Calentamiento de Agua por Calentador Solar
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

LUMINARIAS FOTOVOLTAICAS PARA ESPACIOS COMUNES



Figura 33: Luminarias Fotovoltaicas Comunes.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

ETAPA 2

Aplicación Metodológica

Materiales y Métodos

El presente trabajo de investigación se diseñará en base a un enfoque mixto, debido a que los datos a recopilar son tanto cuantitativos como cualitativos (Hernández Sampiere, 2014).

La aplicación de la metodología de esta investigación, se desarrollará en cuatro fases, donde se usará un enfoque investigativo según la necesidad y el resultado a lograr. Estas cuatro fases a su vez, se subdividen en diferentes etapas que son los pasos para llegar a cumplir con el producto final de cada una de ellas.

Cada etapa específica una actividad a cumplir y las respectivas herramientas que emplea, ya sea de recopilación teórica o de datos numéricos y estadísticos; una vez finalizadas todas las etapas correspondientes a una fase, se expondrá el resultado, obteniendo finalmente cuatro resultados interdependientes. (Niño, 2011).

La primera Fase se denomina Definición y Representación del Caso Base, y aplica un tipo de investigación documental, ya que recopilará datos teóricos básicos para definir el punto de referencia que el Software analizado, toma como punto de referencia para Quito, en cuanto a vivienda unifamiliar (Hernández Sampiere, 2014).

La segunda fase denominada Análisis de las Condiciones Climatológicas, aplica una investigación experimental de campo, evaluando las condiciones climatológicas específicas del sitio de estudio (Niño, 2011).

La tercera fase tiene por nombre Definición de las Medidas de Eficiencia Energética, incorpora una investigación documental, debido a que pretende definir por medio de datos teóricos las variables de Eficiencia Energética propuestas con la certificación seleccionada (Hernández Sampiere, 2014).

La cuarta y última fase denominada Desarrollo y Aplicación de las Medidas de Eficiencia Energética, usa dos tipos de enfoque, el experimental y el explicativo, para enteneder como se comparan los resultados de cada medida, una vez aplicada al prototipo de vivienda frente a los del Caso Base (Niño, 2011; Hernández Sampieri, 2014).

• FASE 1: DEFINICIÓN DEL CASO BASE

Esta fase servirá como base para poder desarrollar de manera correcta las demás, y cumplir con los objetivos específicos estipulados en la primera parte de este trabajo investigativo.

En la primera etapa de esta fase se buscan datos generales acerca del cálculo que realiza el Software seleccionado para generar un Caso Base, frente al que se compara las mejoras que se apliquen en cada medida de Eficiencia Energética, y genera un porcentaje de ahorro para cada uno de los aspectos que evalúa (IFC, 2021).

Como recurso para esta etapa, se utilizarán herramientas como: entrevistas, búsquedas bibliográficas generales, la encuesta Multipropósito 2020 del INEC y el Manual Edge

Fases de la Metodología

En la siguiente etapa de la fase se realizará una representación gráfica de un prototipo de vivienda tradicional, que cumpla con las mismas bases de diseño del prototipo de vivienda sostenible -cantidad de habitaciones, niveles, otros-; de manera que se pueda comprender de materializadamente los datos obtenidos en la primera etapa de la Fase 1.

Como resultado de esta Fase, se obtendrán gráficos con los datos estadísticos generales obtenidos, y también una representación axonométrica -volumetría- de un prototipo de vivienda tradicional para Quito según EDGE (IFC, 2021).

• FASE 2: APLICACIÓN AL SITIO

A lo largo de la segunda fase se desarrolla una experimentación en campo, relacionada con el Segundo Objetivo Específico, es decir, aplicar las medidas en el sitio de estudio.

Como primera etapa dentro de esta Fase, se describirán de manera general las condiciones y características del sitio donde se ha decidido establecer el prototipo de vivienda unifamiliar sostenible, y posteriormente se revisarán las condiciones climáticas generales, como lo son la temperatura y ubicación geográfica. Las herramientas empleadas en este proceso serán Google Earth y la búsqueda bibliográfica de condiciones generales (Celi, 2023).

En un segundo momento, se procederá a una investiga-

ción más específica que arroje particularidades como el asoleamiento, ventilación y horarios o posiciones de variación de la iluminación, analizando la Carta Solar, las simulaciones 2D y 3D. Para esta etapa, se aplicarán las herramientas SunPath, SunEarthTools y revisiones bibliográficas (Celi, 2023).

Como resultado se obtendrán una serie de gráficos que permitan observar de manera general y específica las condiciones sobre las que se va a trabajar para desarrollar las Medidas de Eficiencia Energética, que EDGE propone para mejorar el consumo energético y eléctrico de la vivienda.

• FASE 3: DEFINICIÓN DE MEDIDAS

En esta tercera fase, finalmente se podrá cumplir con el segundo Objetivo Específico de esta investigación, el cual se refiere a definir las Medidas de Eficiencia Energética una que EDGE APP propone para vivienda unifamiliar, una por una.

En una primera etapa para esta Fase, se caracterizan y definen las medidas de manera teórica y los valores de línea base que se asignan como un dato numérico a cada una de las características gráficas revisadas en la Fase 1; las herramientas a emplear, en esta etapa serán el Manual EDGE 3.0 y el software EDGE APP (IFC, 2021).

Una vez comprendidas las medidas y el valor respectivo del caso base, en una segunda etapa de esta Fase, se incrustan los datos numéricos del Caso Mejorado, que

deben asignarse según la mejora propuesta para cada medida; para asignar estos valores, se deben emplear herramientas como búsquedas bibliográficas, fichas técnicas y cálculos con fórmulas matemáticas.

Adicionalmente, en esta etapa se describirá si se aplicó o no la medida y se dará un sustento que indique por qué se tomó la decisión, ya que no todas son aplicables al prototipo propuesto.

El resultado de esta primera fase, es una tabla comparativo-descriptiva que especifique cada una de las medidas planteadas por EDGE, que se desarrollará mediante los softwares Ilustrador y Photoshop (Mayorga-Ponce, et.al, 2020).

- **FASE 4: SIMULACIÓN DE DATOS**

La cuarta y última Fase pretende lograr el tercer Objetivo Específico, propuesto por la investigación; simular datos en el software EDGE y compararlos con la línea base referencial.

Como primera etapa, se deben seleccionar los valores de la línea base de las Medidas de Eficiencia Energética por las que se optó en la Fase 3, y desarrollarlos de forma teórica y gráfica, en esta etapa deben emplearse las herramientas: Softwares Sketchup, Ilustrador, Photoshop, Autocad y Revit, además de revisiones bibliográficas (IFC, 2021).

Posteriormente, en una segunda Fase se debe aplicar el mismo proceso con los valores del Caso Mejorado ya establecidos en la tabla comparativo-descriptiva de la Fase 3, mediante la aplicación de las mismas herramientas: Softwares Sketchup, Ilustrador, Photoshop, Autocad y Revit, además de revisiones bibliográficas.

El resultado de esta Fase, será una serie de gráficos, diagramas, volumetrías, fotomontajes y planimetrías técnicas, que permitan observar gráficamente como se expresa cada detalle de las medidas abordadas tanto en el Caso Base, como en el Caso Mejorado (IFC, 2021).

Como resumen, en el desarrollo de cada medida también se realizará una pequeña tabla de optimización, que permita comparar los valores y el ahorro que se da con los recursos empleados, mediante la propuesta de mejoramiento del prototipo de vivienda unifamiliar sostenible.

CUADRO CONCEPTUAL DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA - MATERIALES Y MÉTODOS

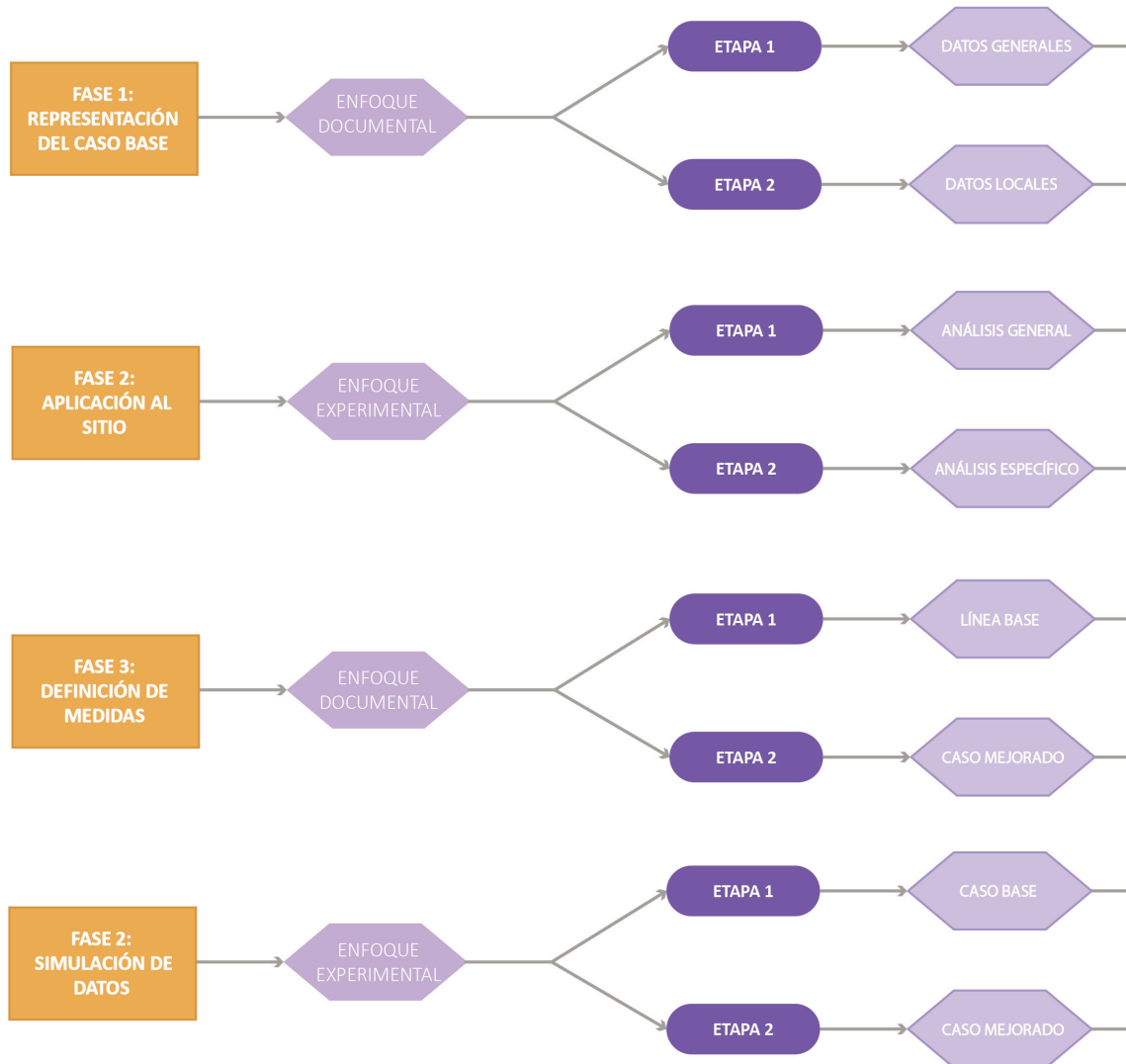


Figura 34: Cuadro Conceptual para Desarrollo de la Metodología.
Fuente: Elaboración Popia. 2023.

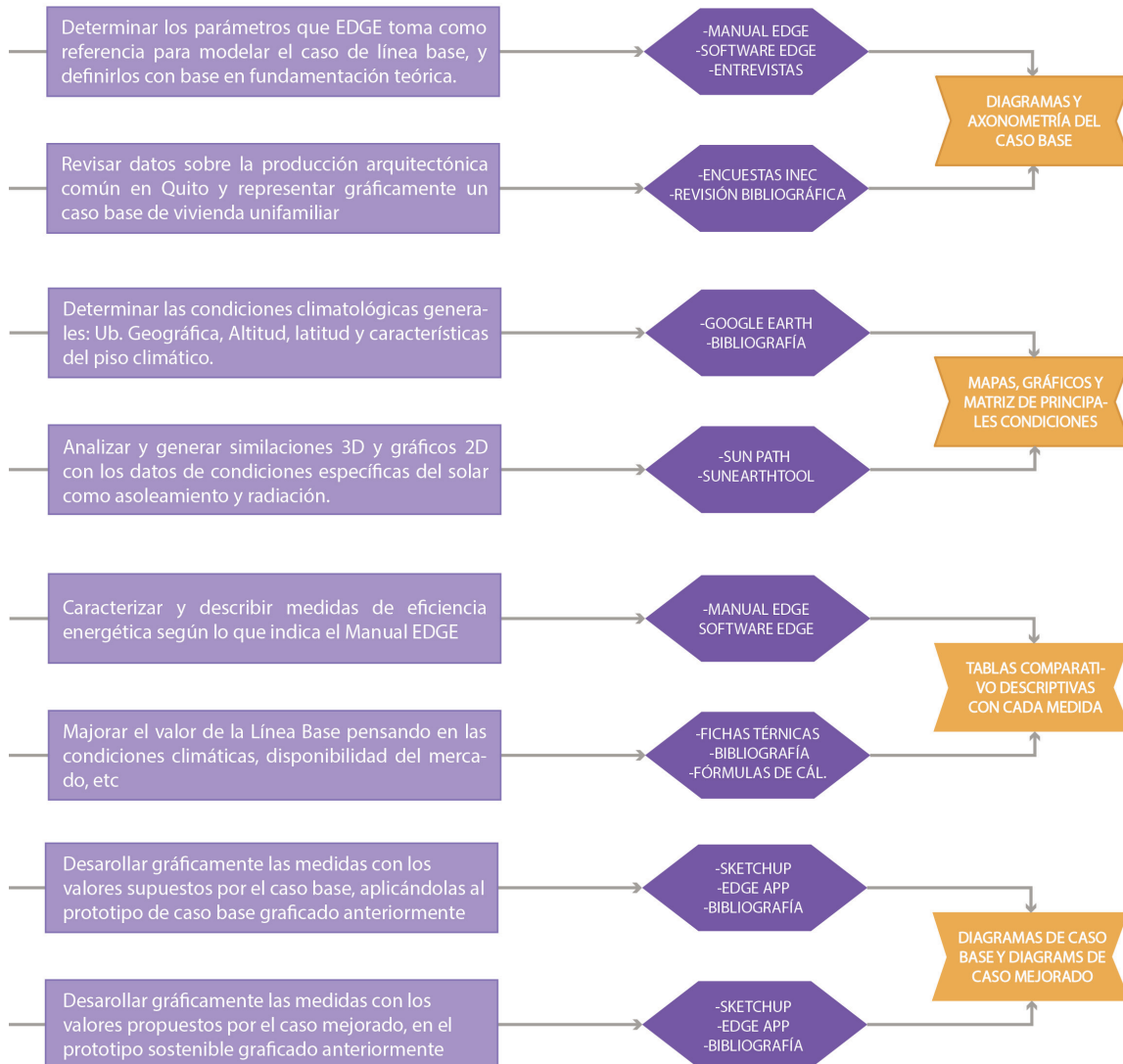


Figura 35: Cuadro Conceptual para Desarrollo de la Metodología.

Fuente: Elaboración Popia. 2023.

Fase 1: Representación del Caso Base de Referencia

Esta fase analiza las condiciones que EDGE toma como referencia - específicamente en la ciudad de Quito -, para arrojar determinado porcentaje de ahorro energético.

En este sentido, para una mejor comprensión y posterior comparación, se representará gráficamente una vivienda unifamiliar con condiciones similares a las del caso de línea base que EDGE APP tiene implícito, y asume por cada estrategia. El software EDGE toma tres factores importantes de los que parte el diseño de su caso base:

1.- Ubicación geográfica: Se debe entender que las condiciones de diseño son distintas dependiendo de la ubicación, por esto el software asume que cuestiones tanto cualitativas -características de la ciudad, nivel del ingreso, otros- como cuantitativas -temperaturas, extensión, otros- pueden afectar al diseño (Benalcázar,2023).

DATOS IMPORTANTES DE LA UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE QUITO

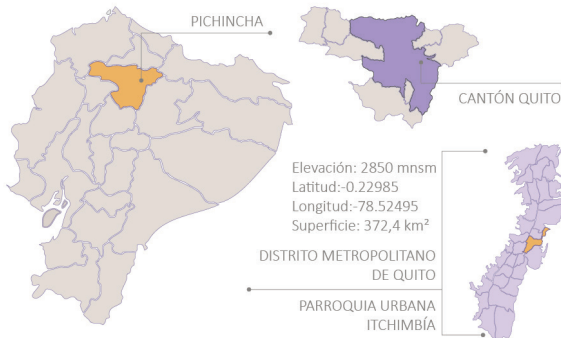


Figura 36: Desglose de la Ubicación Geográfica de Quito.

Fuente: Elaboración Popia. 2023.

Quito tiene sus particularidades geográficas, como el hecho de establecerse en medio de la Cordillera de Los Andes, lo que define el comportamiento de las condiciones climáticas; además es la capital del país, determinando comportamientos sociales y los posibles servicios de nivel urbano. (PNUMA et al., 2022).

ÍNDICES DE PRODUCTIVIDAD EN ECUADOR (CAF)

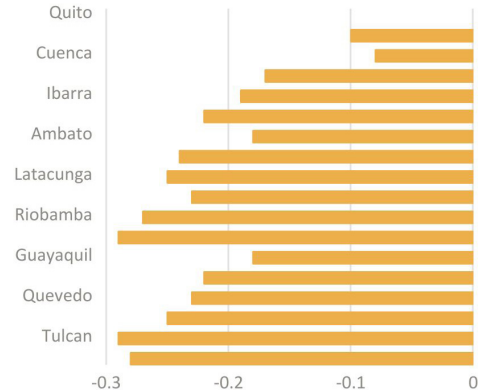


Figura 37: Adaptado de la Figura: Descomposición en efecto características y parámetros de las brechas de productividad en Ecuador. Fuente: Corporación Andina de Fomento. 2021.

Como lo indica la gráfica, Quito es la ciudad más productiva, debido que el índice negativo es cero, a diferencia de otras ciudades del país. Esto se debe a su cualidad de capital de la república, que además influye en el nivel educativo y la aglomeración de actividades económicas (Corporación Andina de Fomento, 2021).

Esto sugiere que la ciudad está mejor servida y tiene diferentes niveles de ingresos económicos; datos que EDGE toma en cuenta para los valores de la línea base, especialmente para los de eficiencia energética, donde tienen alto nivel de influencia (Segura, 2023).

2.- Condiciones Climáticas: Nuevamente EDGE, toma las condiciones climáticas particulares de cada lugar, como la radiación, temperaturas promedio, precipitaciones u otros, y automáticamente evalúa el comportamiento de las estrategias, según sean o no convenientes para las necesidades inferidas de acuerdo a esos datos.

Las condiciones climatológicas de Quito serán ampliadas y especificadas en una siguiente fase del desarrollo metodológico, para que posteriormente se puedan aplicar correctamente a las estrategias que se seleccionen.

3.- Ciudad: Para EDGE las características de la ciudad son la referencia más importante para realizar sus comparaciones. De manera que, para comprender de forma general el funcionamiento de los cálculos internos del software - los cuales son complejos y requieren de un análisis interdisciplinario específico- hay que evaluar las características fundamentales de la arquitectura que más comúnmente se produce en el lugar (Benalcázar, 2023).

A pesar de que las características de la ciudad que toma el caso base, se deben definir de forma general -sin tomar en cuenta cálculos específicos- deben entenderse de forma clara, contextualizada y específica para la ciudad.

Con este propósito, se revisaron los datos de la Encuesta Nacional Multipropósito de Hogares 2020, aplicada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], para obtener datos del comportamiento de la vivienda -tanto físico como social- en Ecuador; para este caso, se filtran

los datos para usar únicamente los del Distrito Metropolitano de Quito (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2020).

Las encuestas demuestran que para el año 2020 en el área urbana del DMQ:

- 1) El 79% de las viviendas fueron construidas con losas de hormigón para techos y entrepisos.
- 2) El 93% de las viviendas fueron construidas con paredes de hormigón.

VIVIENDA EN QUITO (ENCUESTA MULTIPROPÓSITO 2020)

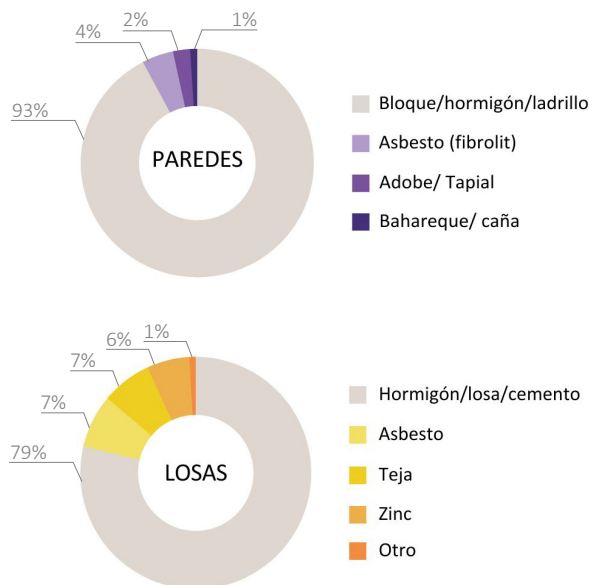


Figura 38: Materiales Constructivos de la vivienda en Quito según datos de la Encuesta Multipropósito INEC.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

3) El 98% de las viviendas cocinan con estufa de gas licuado.

4) El 96% tienen refrigeradora y lavadora de ropa.

5) El 100% de las viviendas dependen del alumbrado público para la provisión de electricidad.

VIVIENDA EN QUITO (ENCUESTA MULTIPROPÓSITO 2020)

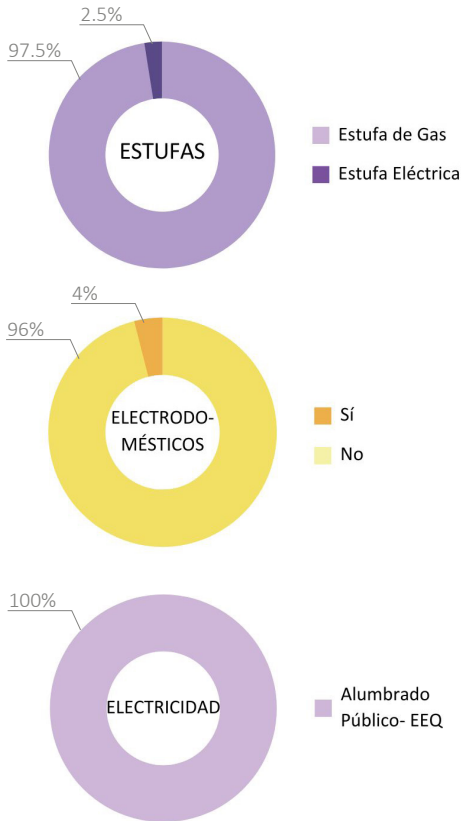


Figura 39: Servicios de la vivienda en Quito según datos de la Encuesta Multipropósito INEC.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

MODELADO DEL CASO BASE - EFICIENCIA ENERGÉTICA

Con estos datos se comprende que el caso base es una vivienda de paredes de hormigón sin aislamiento térmico; el techo y las losas de entrepiso también de hormigón sin aislamiento. Con acabados de paredes piso y techo que no mantienen un confort térmico interior estable.

Los electrodomésticos más utilizados y de mayor consumo son la refrigeradora y lavadora, por lo se incluyen en las mediciones de la línea base. Además la totalidad del consumo eléctrico de la vivienda se carga a la red pública municipal, ya que la línea base no prevé el uso de energías renovables (INEC, 2020; IFC,2021).

Adicionalmente, por los datos estadísticos obtenidos y los verificados en el Software EDGE, se asume que los vidrios no son reflectantes o de doble acristalamiento, y no se prevee el uso de dispositivos de protección solar.

Las cargas de sistemas de climatización para refrigeración o calefacción no se toman en cuenta, ya que su uso no está previsto en concordancia con las condiciones climáticas del sitio de estudio.

Es importante acotar, que el software modifica los valores del caso base también en dependencia del área de la vivienda, la cantidad de habitaciones, la cantidad de ocupantes y la cantidad de pisos en altura. Entonces, para equiparar la comparación, estas condiciones deben plasmarse en la representación de la vivienda de caso base:

- **Área de la vivienda: 250 m²**
- **Cantidad de pisos en altura: 3 niveles de 2.70m**
- **Cantidad de habitaciones: 3**
- **Cantidad de ocupantes: Habitaciones +1**

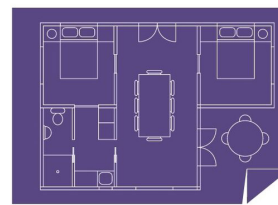


Figura 40: Área de la vivienda en m².

Fuente: Elaboración Propia. 2023.



Figura 41: Cantidad de habitaciones de la vivienda.

Fuente: Elaboración Propia. 2023.

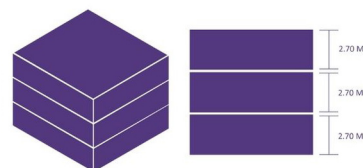


Figura 42: Cantidad de niveles de la vivienda.

Fuente: Elaboración Propia. 2023.



Figura 43: Cantidad de Ocupantes de la vivienda.

Fuente: Elaboración Propia. 2023.

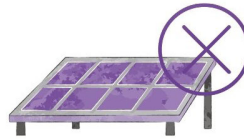
REPRESENTACIÓN AXONOMÉTRICA DEL CASO DE LÍNEA BASE SEGÚN EDGE



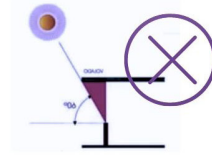
COCINA &
CALENTAMIENTO DE AGUA



REFRIGERADORA Y LAVADORA



SIN ENERGÍAS RENOVABLES



SIN DISPOSITIVOS DE
PROTECCIÓN SOLAR

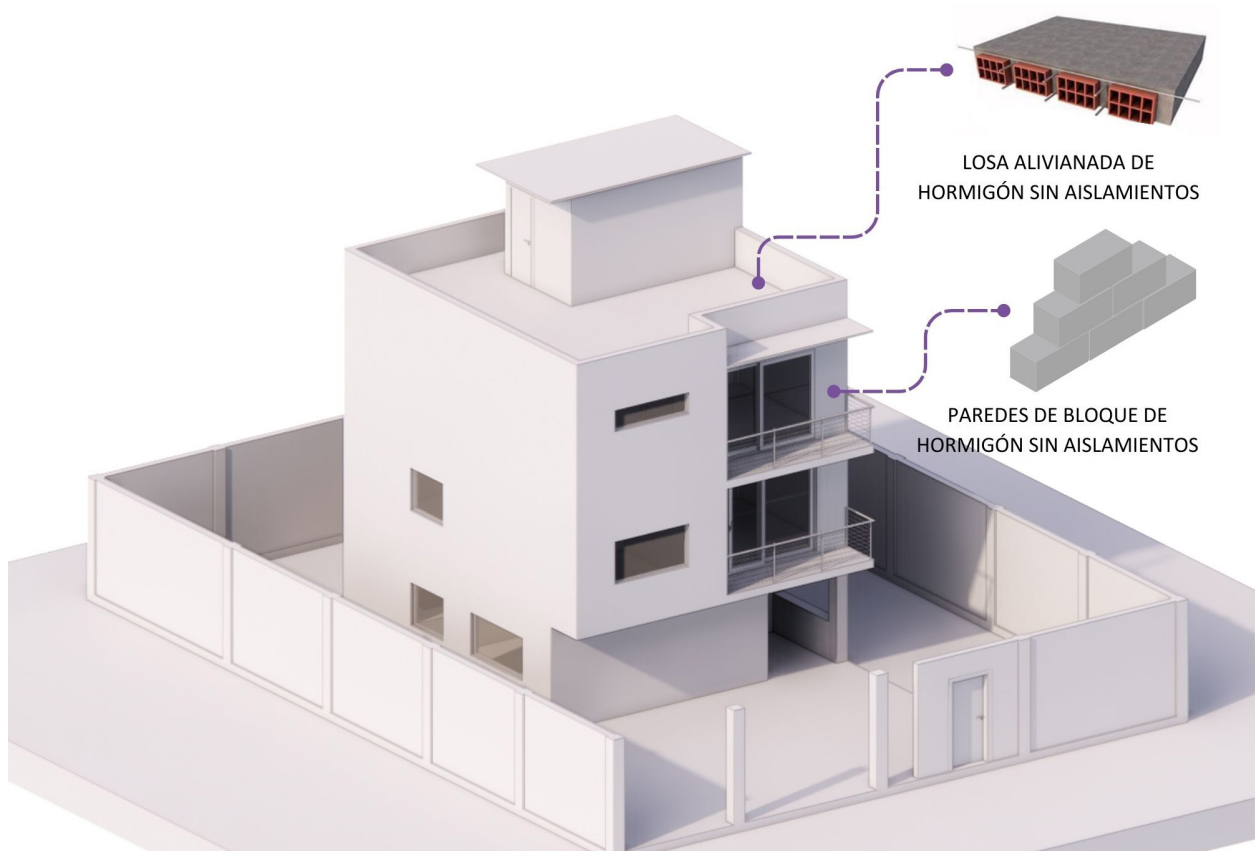


Figura 44: Axonometría del Caso Base: vivienda tradicional de hormigón.

Fuente: Elaboración Popia. 2023.



Fase 2: Análisis de Condiciones Climatológicas

Esta fase aborda la evaluación de las condiciones climatológicas del sitio donde se decidió implantar el prototipo de vivienda unifamiliar, a través de una revisión bibliográfica de los datos que estén disponibles y referidos específicamente al sector de estudio, y posteriormente de la producción de visualizaciones 2D y 3D que brinden una traducción hacia la aplicación práctica de los datos recopilados.

Vivienda Unifamiliar Sector Itchimbía

Para materializar y desarrollar más adelante el estudio de las medidas de eficiencia energética, dadas por el software de la Certificación de Sostenibilidad EDGE, es pertinente desarrollar un prototipo de vivienda unifamiliar establecido en un solar real dentro del DM de Quito, mismo que debe cumplir con las condiciones básicas establecidas previamente en el caso base:

- Vivienda Unifamiliar para 4 ocupantes, distribuída en tres niveles, con un área promedio de 250 m², para una familia de estrato medio.

La composición arquitectónica del elemento se alinea a lo que se encontró como casos comunes de vivienda unifamiliar, en la búsqueda bibliográfica del sustento teórico de este documento.

En Quito el modelo de vivienda unifamiliar existente funciona con base a la diferenciación de 3 zonas: 1) zona íntima, 2) zona social y 3) zona de servicio (Carrillo, 2007).

En el prototipo desarrollado, la zona íntima consta de tres habitaciones, la zona social de una sala-comedor en un solo ambiente abierto, y la zona de servicio se divide entre la cocina y los baños ubicados en las diferentes plantas según la necesidad del espacio.

Para fines de la investigación, se decide ubicarla en un solar en el sector Itchimbía- Quito, Ecuador, por las características del sector y la planificación urbana que proyecta a repoblar y dinamizar el sector. Según el Municipio del DMQ (2021), el sector está ubicado dentro de la centralidad metropolitana del Centro Histórico, entre las centralidades de El Ejido-Alameda.

El sector se ubica hacia el Nor-Este de la ciudad, más específicamente hacia el lado Norte de la zona de amortiguamiento del Centro Histórico.

Condiciones Climatológicas Específicas

Tanto el Ecuador en general, como la ciudad de Quito, tienen condiciones climatológicas tolerables y moderadas, a diferencia de otros países donde las estaciones están bien definidas por condiciones más extremas (Santillán y Zamora, 2021).

Sin embargo, para un buen diseño enfocado a la sostenibilidad -aprovechar recursos del sitio para favorecer el diseño- es importante determinar las particularidades de las condiciones de la ciudad y el solar.

La ciudad de Quito tiene temperaturas promedio alrededor de los 14 °C; sin embargo, en ciertas épocas del año las temperaturas varían considerablemente, y a lo largo de un mismo día, pudiendo bajar a los 8 °C o menos, sobre todo en los horarios de la noche (Rebeca Sánchez Vázquez, 2021).

TABLA 2. TEMPERATURAS PROMEDIO DE LA CIUDAD

MES	TEMPERATURA MÁXIMA	TEMPERATURA MÍNIMA
ENERO	20.6	6.8
FEBRERO	20.4	7.1
MARZO	21.0	8.0
ABRIL	20.2	7.7
MAYO	22.0	7.1
JUNIO	21.6	7.1
JULIO	22.1	6.1
AGOSTO	22.5	6.2
SEPTIEMBRE	22.0	6.8
OCTUBRE	22.6	6.9
NOVIEMBRE	22.3	6.7
DICIEMBRE	20.8	6.2

Fuente: Datos Climáticos Quito. EDGE APP, (2023).

Según EDGE APP, los meses más frío son enero, febrero, marzo, abril y diciembre, con temperaturas promedio por debajo de los 13 °C. Mientras que, los más cálidos son junio, julio, agosto, septiembre y octubre, con temperaturas a veces más altas que los 15 °C.

Adicionalmente, la mayor cantidad de precipitaciones en la ciudad de Quito según Santillán y Zamora (2021), se dan entre los meses de noviembre y mayo con un promedio de 60 mm, en algunos sectores de la ciudad.

Lo que nos indica que la ciudad puede tener épocas lluviosas fuertes, y esto incide en la variación de temperatura que puede darse a lo largo de un día.

Es importante también saber la dirección del viento para poder conocer detalles que favorezcan o perjudiquen al diseño y a las medidas en este sentido.

TABLA -. ROSA DE LOS VIENTOS SECTOR ITCHIMBÍA

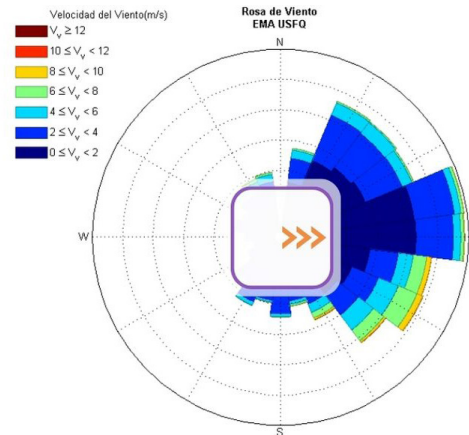


Figura 45: Rosa de los Vientos para Quito, y solar analizado.

Fuente: EMA USFQ, (2015).

Se analiza la rosa de los vientos del sector, que indica que los vientos predominantes vienen del Este con una velocidad máxima de 8 m/s. Ubicar ventanas en esa fachada podría generar corrientes muy frías en los meses de temperaturas más bajas.

El prototipo de vivienda sostenible, condiciona el diseño de aberturas en esa fachada, ya que por privacidad ésta se cierra en su totalidad e incorpora una pared verde. Estas condicionantes deben observarse al momento de

desarrollar las medidas de eficiencia energética, relacionadas con la ventilación natural.

Adicional a todo lo anteriormente analizado, para las medidas de Eficiencia Energética uno de los factores fundamentales que inciden en el consumo, es el confort lumínico de los espacios relacionado a la cantidad de asoleamiento.

ÍNDICE ULTRAVIOLETA DE QUITO EN DOS DÍAS DIFERENTES

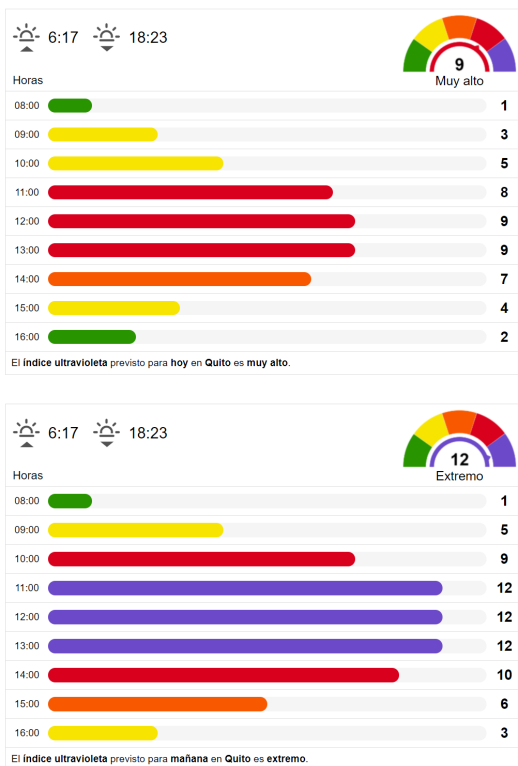


Figura 46: Índices de Radiación Solar en Quito 8 y 9 de agosto.
Fuente: Tu Tiempo, (2023).

En Quito la incidencia del Sol es bastante fuerte, debido a que se encuentra a 2850 msnm. Esto genera que los índices ultravioletas de la ciudad sean especialmente altos.

No obstante, como se pudo observar las temperaturas no son necesariamente altas.

Los altos niveles en el índice ultravioleta relacionados a la alta radiación, generan efectos nocivos para la salud debido a que causa problemas relacionados al cáncer de piel y otras enfermedades.

Por esta razón, es necesario analizar la Carta Solar y el recorrido del Sol en la ciudad, por medio simulaciones que nos permitan determinar los puntos donde se debe trabajar para generar un mejor confort lumínico y térmico en la vivienda.

CARTA SOLAR DEL PREDIO ANALIZADO

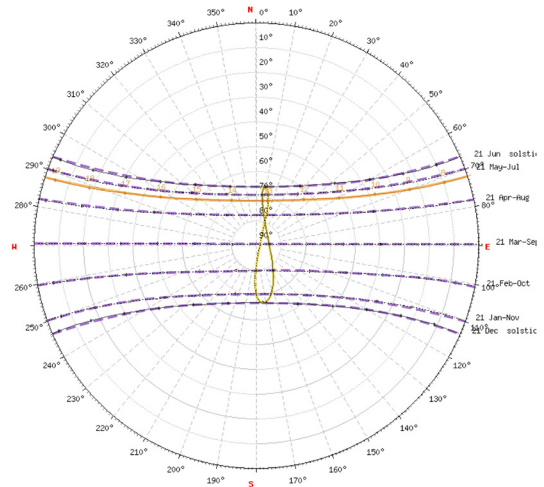


Figura 47: Carta Solar del Predio Analizado.
Fuente: SunEarth Tools, (2023).

Como se puede observar en la carta solar la posición del Sol en la ciudad no tiene una variación considerable a lo largo del año; sin embargo, hay meses en los que el Sol se posiciona más al Norte o más hacia el Sur.

La carta solar se debería trasladar a la visualización en 3D del recorrido solar, incorporando el prototipo para determinar cuáles pueden ser sus fachadas más desfavorecidas en los diferentes horarios y fechas del año; y cómo se debería distribuir los espacios y desarrollar las medidas de Eficiencia Energética asociadas.

SIMULACIÓN SOLAR 2D CON ELEMENTO

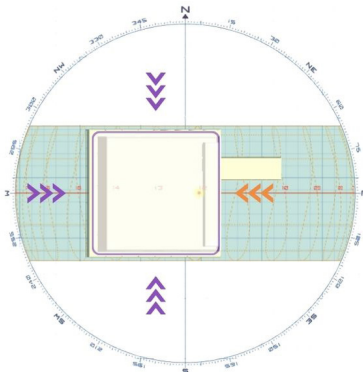


Figura 48: Simulación Solar 2D Asoleamiento en el año.
Fuente: Sun Path 3D. Andrew Marsh. 2023.

Con las simulaciones solares se concluye que las fachadas más desfavorecidas son la Norte, Sur y Oeste, debido a que la Este está totalmente cubierta por la pared ciega que prevé el diseño del portotipo de vivienda sostenible.

SIMULACIÓN SOLAR 3D CON ELEMENTO

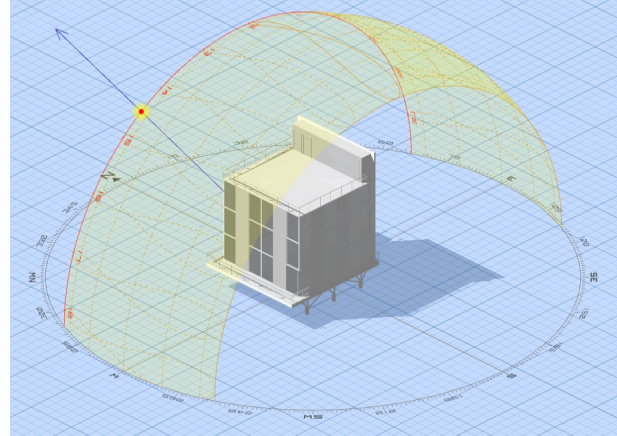


Figura 49: Simulación Solar 3D Asoleamiento en el año.
Fuente: Sun Path 3D. Andrew Marsh. 2023.



Fase 3: Definición de Medias de Eficiencia Energética

Esta fase implica el diseño de tablas resumen que permitan analizar cada una de las medidas de eficiencia energética que EDGE propone, mediante el análisis del Manual EDGE 3.0 y la EDGE APP.

El manual brindará la descripción textual de la medida y las particularidades de su aplicación para que se desarrollen e ingresen adecuadamente (IFC, 2021).

Mientras que la EDGE APP, permitirá observar los valores del caso base, a partir de las características que se establecieron en la Fase 1, asignándole un valor a cada una, según la medida lo requiera.

Por ejemplo, si la medida se refiere a aislamiento de la estructura, el software le asignará un valor a los materiales que toma por supuesto en la línea base, según las especificaciones básicas que toma como parámetro, también descritas en la Fase 1 (IFC, 2021).

Por lo tanto, la información contenida por las tablas indicará no únicamente a qué se refiere la medida, sino que también brindará una comparación resumida entre los valores de la línea base y cómo los mismos pueden mejorar en dependencia de la medida y de los parámetros básicos que EDGE APP dispone para brindar un porcentaje de ahorro energético.

La tabla se compone de una columna donde se incrusta el nombre resumido de la Medida de Eficiencia Energética, según se referencia en el Manual y el Software.

La siguiente columna, coloca la descripción de la medida de manera muy sintética y resumida de acuerdo a cómo esta se explica en el Manual EDGE, en el apartado de objetivos y enfoques de la medida.

En una siguiente columna se colocan los valores de la línea base, alineándolos a las características de la Fase 1, estos valores se obtendrán del Software EDGE APP, una vez diseñado y modelado el Caso Base como corresponde.

La columna que le sigue coloca el valor que de manera ideal y para el caso que nos compete sería el óptimo a utilizar para obtener un mayor porcentaje de ahorro energético, de acuerdo a la disponibilidad del mercado y otras características que se revisarán a través de búsqueda bibliográfica.

En una última columna se colocarán las palabras Aplica o No Aplica, de acuerdo a lo que sea necesario por cada una de las medidas, esto nos permitirá observar posteriormente si deben o no usarse en el desarrollo de la siguiente fase.

Cabe indicar que esta columna debe además tener un sustento redactado que indique el por qué de la selección de los valores y medidas.

Si la medida no se selecciona, también debe indicarse por qué no se dio la aplicación, ya que como se mencionó anteriormente no todas las medidas son aplicables al prototipo por diferentes condiciones.

TABLA 3. DESCRIPCIÓN Y SELECCIÓN DE MEDIDAS - MEE 01 A 04

MEDIDA	DESCRIPCIÓN	LÍNEA BASE DE REFERENCIA	CASO MEJORADO	SELECCIÓN Y SUSTENTO
MEE01	Busca encontrar el equilibrio entre la superficie vacía (vidrio) y la superficie llena (pared) en las fachadas exteriores de la vivienda. Con el objetivo de maximizar el aprovechamiento de la luz natural, pero sin afectar a la transferencia de calor, lo que resulta en un menor consumo de energía.	30% de WWR	38% de WWR	APLICA: Porque las condiciones climáticas de Quito exigen un buen manejo de la proporción Ventana-Pared, además esta variable se relaciona con otras, lo que puede generar un mejor confort térmico interior.
MEE02	Busca especificar un acabado de mayor/menor reflectancia en la cubierta. Según el material que se aplique se refleja más o menos la radiación solar, permitiendo ya sea, reducir la carga de refrigeración en espacios calurosos o mejorar el confort térmico en espacios más fríos. Se busca aprovechar propiedades reflectantes para optimizar la eficiencia energética y mejorar el ambiente térmico.	Índice de reflectancia solar medio: 45	Índice de reflectancia solar bajo: 10-25	APLICA: Si bien Quito se encuentra en un piso climático templado, las variaciones de temperatura, especialmente en la noche, hacen que la absorción de calor solar sea beneficiosa, esto se logra con una menor reflectancia en techo.
MEE03	Busca especificar un acabado de mayor/menor reflectancia en paredes exteriores. Según el material que se aplique se refleja más o menos la radiación solar, permitiendo ya sea, reducir la carga de refrigeración en espacios calurosos o mejorar el confort térmico en espacios más fríos. Se busca aprovechar propiedades reflectantes para optimizar la eficiencia energética y mejorar el ambiente térmico.	Índice de reflectancia solar medio: 45	Índice de reflectancia solar bajo: 10-25	APLICA: Si bien Quito se encuentra en un piso climático templado, las variaciones de temperatura, especialmente en la noche, hacen que la absorción de calor solar sea beneficiosa, esto se logra con una menor reflectancia en paredes.
MEE04	Busca implementar dispositivos de control solar externos en las fachadas, para proteger las ventanas y puertas de vidrio contra la radiación solar directa, moderando el resplandor y reduciendo la ganancia de calor solar radiante para optimizar el consumo de energía, evitar gasto en refrigeración y mejorar el confort térmico de los espacios.	Sin dispositivos de control solar (DPS)	AASF:	APLICA: Las condiciones climáticas indican que en Quito la radiación es particularmente alta, por lo que hay horarios (11 am a 3 pm) en que la luz solar es perjudicial para la salud, por lo que el ingreso de luz puede ser controlado mediante DPS.

Fuente: Elaboración Propia. 2023.

TABLA 4. DESCRIPCIÓN Y SELECCIÓN DE MEDIDAS - MEE 05 A 08

MEDIDA	DESCRIPCIÓN	LÍNEA BASE DE REFERENCIA	CASO MEJORADO	SELECCIÓN Y SUSTENTO
MEE05	Se enfoca en implementar aislamiento en la construcción de techo, para evitar la transferencia de calor entre el exterior y el interior, dependiendo. En climas cálidos, se previene la entrada de calor; y por otro lado, en climas fríos, evita la pérdida de calor del interior. Mientras mejor se el material de aislamiento el valor U será más bajo, mejorando el rendimiento y reduciendo la demanda de energía para climatización.	Valor U: 1.91 W/m ² K	Valor U: 0.4 W/m ² K	APLICA: Si bien Quito se encuentra en un piso climático templado, las variaciones de temperatura, hacen que a lo largo del día el confort interior no sea estable, por lo que un material de buen aislamiento en el techo logra una temperatura interior más estable y confortable.
MEE06	Se enfoca en implementar aislamiento en la construcción del entepiso, para evitar la transferencia de temperatura poco conveniente entre exterior e interior. En climas cálidos, se previene la entrada de calor, y en climas fríos, se evita la pérdida de calor. Mientras mejor se el material de aislamiento el valor U será más bajo, mejorando el rendimiento y reduciendo la demanda de energía para climatización.	Valor U: 0.49 W/m ² K	Valor U: 0.27 W/m ² K	APLICA: Si bien Quito se encuentra en un piso climático templado, las variaciones de temperatura, hacen que a lo largo del día el confort interior no sea estable, por lo que un material de buen aislamiento en los entrepisos logra una temperatura interior más estable y confortable.
MEE07	Intenta implementar techos vegetativos, es decir la colocación de vegetación en el suelo sobre la superficie del techo, para mejorar los beneficios de aislamiento térmico y el sombreado. Esta medida puede reducir la transferencia de calor, ya que la transpiración de la vegetación tiene un efecto de enfriamiento y permiten retener el agua lluvia.	Profundidad del cultivo(mm): 300 mm Superficie del techo verde (%): 100%	Profundidad del cultivo(mm): ----- Superficie del techo verde (%): -----	NO APLICA: Segun las condiciones climáticas revisadas, toda estrategia que se refiera a refrigerar la vivienda, no es aplicable, ya que se busca invertir una menor cantidad de energía para calentar la edificación.
MEE08	Se enfoca en implementar aislamiento en la construcción de paredes, para evitar la transferencia de calor entre el exterior y el interior, dependiendo. En climas cálidos, se previene la entrada de calor; y por otro lado, en climas fríos, evita la pérdida de calor del interior. Mientras mejor se el material de aislamiento el valor U será más bajo, mejorando el rendimiento y reduciendo la demanda de energía para climatización.	Valor U: 1.86 W/m ² K	Valor U: 0.34 W/m ² K	APLICA: Si bien Quito se encuentra en un piso climático templado, las variaciones de temperatura, hacen que a lo largo del día el confort interior no sea estable, por lo que un material de buen aislamiento en las paredes logra una temperatura interior más estable y confortable.

Fuente: Elaboración Propia. 2023.

TABLA 5. DESCRIPCIÓN Y SELECCIÓN DE MEDIDAS - MEE 09 A 12

MEDIDA	DESCRIPCIÓN	LÍNEA BASE DE REFERENCIA	CASO MEJORADO	SELECCIÓN Y SUSTENTO
MEE09	Busca aplicar vidrios con baja emisividad de modo que, en climas cálidos, se disminuya la ganancia de calor, haciendo que este no penetre desde el exterior; y en climas fríos, se refleje el calor interno de vuelta y no se pierda hacia el exterior. Esta medida se puede lograr al combinando un revestimiento de baja emisividad con vidrios doble o triple acristalamiento, para que el coeficiente de ganancia de calor solar (SHGC) sea más bajo.	Valor U: 5.75 W/m ² K SHGC 0.8 FACTOR TV: 0.7	Valor U: 5.75 W/m ² K SHGC 0.8 FACTOR TV: 0.7	APLICA: Si bien Quito se encuentra en un piso climático templado, las variaciones de temperatura, hacen que a lo largo del día el confort interior no sea estable. Un vidrio eficiente ayuda a islar mejor la estructura y a disminuir la incidencia de la radiación en los espacios interiores.
MEE10	Se enfoca en mejorar los detalles de construcción para minimizar las vías de entrada de aire, limitando la entrada de aire no deseado desde el exterior y permitiendo mantener un control de la temperatura interna. Las infiltraciones de aire pueden aumentar cargas de refrigeración en los climas cálidos, pero tienen mayor impacto en las cargas de calefacción en climas fríos ya que en estos casos la diferencia de temperatura interior-exterior puede ser muy alta.	Valor: 0.58 L/s-m ² Tipo de Prueba: Cálculo Detallado de Hermeticidad al Aire Reducción (%): 40%	Valor: 0.58 L/s-m ² Tipo de Prueba: Cálculo Detallado de Hermeticidad al Aire Reducción (%): 40%	NO APLICA: Las pruebas que menciona esta medida deben aplicarse una vez el edificio se haya construido -pruebas de infiltrometría- y la aplicación de la metodología llega hasta una fase preliminar.
MEE11	Esta medida busca abrir las fachadas en un porcentaje determinado para implementar una estrategia de ventilación natural bien diseñada, que se supla la posible necesidad de refrigeración y se mejore el confort interno, con el ingreso de aire fresco, de modo que se reduzca el consumo energético.	Apertura de la Fachada: 0%	Apertura de la Fachada: 30%	APLICA: Si bien por las características climáticas la implementación de una estrategia que aporte a la refrigeración podría ser perjudicial, sin embargo la normativa exige un porcentaje de ventilación natural en casi todos los espacios de vivienda, por lo que debe haber un ingreso de aire fresco.
MEE012	Se enfoca en el uso de ventiladores de techo para mejorar el confort de los espacios y promover la refrigeración evaporativa, aunque cumplan función básica de los ventiladores aumentando el movimiento del aire, y proporcionando una sensación de fresca. Se deberían usar ventiladores para reducir la necesidad de sistemas de climatización que consuman mayor cantidad de energía.	Sin Ventiladores de Techo	Sin Ventiladores de Techo	NO APLICA: Según las condiciones climáticas revisadas, toda estrategia que se enfoque en refrigerar la vivienda, no es aplicable, ya que se busca calentar la edificación y mantener esa temperatura dentro de la vivienda.

Fuente: Elaboración Propia. 2023.

TABLA 6. DESCRIPCIÓN Y SELECCIÓN DE MEDIDAS - MEE 13 A 16

MEDIDA	DESCRIPCIÓN	LÍNEA BASE DE REFERENCIA	CASO MEJORADO	SELECCIÓN Y SUSTENTO
MEE13	Se enfoca en diseñar un sistema de refrigeración eficiente integrado a la vivienda, para reducir la demanda de energía a largo plazo. En la mayoría de viviendas, este no se toma en cuenta originalmente, por lo que se acude a unidades de A/C poco eficientes, que generan un consumo excesivo de energía. Si se integra el diseño del sistema al diseño de la vivienda se puede reducir el consumo energético de los equipos de refrigeración.	Sistema: Bomba de Calor Terminal empaquetada COP:3.16	Sistema: ----- COP: -----	NO APLICA: Esta medida no puede implementarse en Quito puesto que las condiciones climáticas no requieren el uso de un sistema de refrigeración integrado, además de que las estrategias deben enfocarse a calentar la edificación.
MEE14	Se enfoca en implementar variadores de velocidad (VSD) en los ventiladores, para reducir el consumo de energía eléctrica y los costos de servicios públicos, ya que no operan a una velocidad fija. Por otro lado, los ventiladores con VSD ayudan a extender la vida útil de los componentes del sistema, porque se disminuye el desgaste y se requiere menos mantenimiento.	U. frecuencia variable climatizadores: No U. de Velocidad variable para bombas: No	U. frecuencia variable climatizadores: ----- U. de Velocidad variable para bombas: -----	NO APLICA: Esta medida es aplicable a pisos climáticos que requieran de la implementación de la MEE12 (cálidos), que propone los ventiladores de techo como una medida alternativa al uso de sistemas de climatización(HVAC).
MEE15	Busca el preacondicionamiento del aire. Esta medida implica reducir la diferencia de temperatura del aire del exterior respecto al interior; al disminuir la diferencia de temperatura entre el aire exterior y el aire acondicionado antes de que ingrese al edificio, los sistemas de climatización se ven altamente beneficiados.	Línea Base: Sin preacondicionamiento del aire	Línea Base: ----- -----	NO APLICA: Esta medida es aplicable a pisos climáticos que requieran de la implementación de la MEE13, ya que permite que aire se enfríe considerablemente antes de entrar al AC para que se reduzca el consumo del mismo.
MEE16	Se enfoca en seleccionar un sistema de calefacción más eficiente que el del caso base, el cual asume una caldera de agua caliente operada con gas y una eficiencia predeterminada del 78%. Un sistema de calefacción eficiente, reduce la cantidad de energía necesaria para satisfacer la carga de calefacción del edificio, lo que a su vez disminuye las emisiones generadas.	Sistema: Bomba de Calor Terminal empaquetada COP:3.2	Sistema: ----- empaquetada COP:-----	NO APLICA: En el diseño se evita el uso de sistemas de sistemas de climatización integrados puesto que estos aumentan el consumo energético y las temperaturas de Quito no justifican el consumo que estos supondrían.

Fuente: Elaboración Propia. 2023.

TABLA 7. DESCRIPCIÓN Y SELECCIÓN DE MEDIDAS - MEE 17 A 20

MEDIDA	DESCRIPCIÓN	LÍNEA BASE DE REFERENCIA	CASO MEJORADO	SELECCIÓN Y SUSTENTO
MEE17	Busca la instalación de válvulas termostáticas en los radiadores para regular la temperatura de cada habitación de manera más precisa, evitando el desperdicio de calor y reduciendo la demanda de calor del espacio. Esta medida está enfocada a estructuras que están equipadas con calefacción integrada, para que se pueda mantener un control de la temperatura.	Línea Base: Sin Control de Válvula Termostática	Línea Base: Sin Control de Válvula Termostática	NO APLICA: Esta medida es adecuada cuando ya se implementó la MEE16. El diseño del prototipo de vivienda no prevee el uso de un sistema de calefacción integrado.
MEE18	Busca la instalación de válvulas termostáticas en los radiadores para regular la temperatura de cada habitación de manera más precisa, evitando el desperdicio de calor y reduciendo la demanda de calor del espacio. Esta medida está enfocada a estructuras que están equipadas con calefacción integrada, para que se pueda mantener un control de la temperatura.	Colectores Solares: 50% del consumo de agua caliente	Colectores Solares: 100% del consumo de agua caliente	APLICA: Esta medida es de fundamental aplicación ya que puede reducir en gran medida el consumo eléctrico, debido a que el calentamiento de agua es una de las actividades que más energía consume. En Quito por la posición del Sol lo más conveniente es usar un colector o calentador solar.
MEE19	Esta medida implica instalar un dispositivo de recuperación de calor con una eficiencia mínima del 30%. Se utiliza para precalentar el agua que abastece el sistema de agua caliente, por ejemplo, con generadores eléctricos como fuente importante de energía, que ofrecen ventajas como menor necesidad de mantenimiento, funcionamiento más silencioso, mayor disponibilidad de agua caliente, además de la reducción de costos y emisiones de carbono.	Sin sistema de preacondicionamiento de agua caliente	Sin sistema de preacondicionamiento de agua caliente	NO APLICA:
MEE20	Se refiere a la inclusión de economizadores en el sistema de HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado), que permiten reducir el uso de energía para refrigeración, al aprovechar las condiciones del aire exterior, para enfriar el edificio con poca o ninguna refrigeración mecánica. Se debe considerar la inclusión de estos economizadores para reducir la demanda de refrigeración, lo que se traduce en un mayor ahorro energético.	Sin economizadores	Sin economizadores	APLICA: No se puede aplicar esta medida ya que no se prevee el uso de un sistema HVAC, porque las condiciones climáticas no lo exigen ni para calefacción ni para refrigeración integradas.

Fuente: Elaboración Propia. 2023.

TABLA 8. DESCRIPCIÓN Y SELECCIÓN DE MEDIDAS - MEE 21 A 24

MEDIDA	DESCRIPCIÓN	LÍNEA BASE DE REFERENCIA	CASO MEJORADO	SELECCIÓN Y SUSTENTO
MEE21	Al instalar sensores de CO ₂ , se ajusta el flujo de ventilación en función de las mediciones de los niveles de CO ₂ en el aire interior, garantizando una calidad adecuada del aire y evitando el uso innecesario de la ventilación mecánica, esto reduce el consumo eléctrico y mejora la calidad del aire, el confort interno, y reduce las emisiones de gases de efecto invernadero, además de extender la vida útil de los equipos, por la menor demanda sobre el sistema de HVAC.	Sin ventilación con control de demanda por sensores de CO ₂	Sin ventilación con control de demanda por sensores de CO ₂	APLICA: No se puede aplicar esta medida ya que no se prevee el uso de un sistema HVAC, porque las condiciones climáticas no lo exigen ni para calefacción ni para refrigeración integradas.
MEE22	Se refiere al uso de lámparas eléctricas eficientes. Se cumple si al menos el 90% de las lámparas de interiores son de bajo consumo -producen más luz con menos energía- en comparación con las bombillas incandescentes. Esto, resulta en una reducción significativa del consumo de energía para iluminación. Y al generar menos calor residual, calienta menos el espacio interior, lo que disminuye necesidad de refrigeración, y los costos de energía relacionados a refrigeración	Eficiencia de la bombilla: 65 Lm/W	Eficiencia de la bombilla: 100 Lm/W	APLICA: La mayoría de los espacios de la vivienda necesitan tanto luz natural como artificial -en dependencia de los horarios- por lo que usar bombillas más eficientes permitirá que las horas de uso de luz artificial consuman y perjudiquen en menor manera al consumo eléctrico del hogar.
MEE23	Similar a la medida anterior, el uso de lámparas eléctricas eficientes en áreas externas, en al menos un 90%, se traduce en una reducción significativa del consumo de energía, calor y costos de refrigeración. Prolonga la vida útil de las lámparas, reduciendo costos de mantenimiento. Se mejora la calidad del aire y confort y se bajan las emisiones de gases de efecto invernadero.	Eficiencia de la bombilla: 65 Lm/W	Eficiencia de la bombilla: 100 Lm/W	APLICA: El diseño del protitpo de vivienda tiene espacios exteriores que deben iluminarse necesariamente en la noche, usar bombillas más eficientes en este horario permitirá un menor consumo de energía eléctrica.
MEE24	Se refiere al uso de tecnologías de control de iluminación como sensores de ocupación y temporizadores. Se instalan en los espacios requeridos y logran reducir el uso de iluminación artificial. Detectan la presencia de personas y apagan las luces automáticamente. Se evita el desperdicio por iluminación innecesaria y se logra mayor eficiencia energética.	Sin controles de iluminación	Controles de Encendido apagado	APLICA: El diseño del protitpo de vivienda tiene espacios exteriores que deben iluminarse necesariamente en la noche, usar bombillas más eficientes en este horario permitirá un menor consumo de energía eléctrica.

Fuente: Elaboración Propia. 2023.



Fase 4: Desarrollo y Aplicación de Medias Eficiencia Energética

Esta fase implica la aplicación de las medidas de eficiencia energética revisadas y seleccionadas en la Fase 3 del desarrollo metodológico, donde únicamente se escogieron 15 medidas adecuadas para emplearse en un prototipo de vivienda unifamiliar sostenible, que tiene las mismas características fundamentales del caso de línea base revisado a lo largo de la Fase 1.

Cada medida de eficiencia energética se va a desarrollar de forma detallada, tanto gráfica como teóricamente, de acuerdo a la explicación y particularidades que el Manual EDGE 3.0 subraya en cada caso, comparándolas también con los valores que genera el software como punto de referencia -línea base- (IFC, 2021).

Adicionalmente, este desarrollo debe priorizar la observancia de la normativa, según le compete a cada estrategia, implementando las herramientas descritas en el cuadro metodológico -instrumentos legales, fichas técnicas, ordenanzas, otros- para lograr un ahorro energético y menor consumo eléctrico, sin obviar la legislación del país y del Distrito Metropolitano de Quito (MDMQ, 2002).

No se deben tomar en cuenta únicamente las condicionantes de normativa, sino también las abordadas en el desarrollo de la Fase 2, que expuso el análisis de las condiciones climatológicas particulares de la ciudad de Quito, sobre todo las que inciden directamente en la eficiencia energética, como el asoleamiento y radiación.

Como una primera aproximación, esta fase expone una representación gráfica del prototipo de vivienda al que

se le aplicará cada una de las medidas seleccionadas; de manera que, se facilite la comprensión de éstas a lo largo del proceso de incorporación en el prototipo y las modificaciones que pudieran implicar en el diseño arquitectónico.

Cabe aclarar nuevamente, que la vivienda esta pensada para ser ocupada por cuatro personas en tres habitaciones, con su respectiva área social.

Se diseñó en tres pisos tal como la vivienda representada en el caso base, y tiene un área de 250 m². La vivienda no tiene subsuelos, y se pensó en una mejor configuración y acentamiento -sobre pilotes- que permita disminuir los impactos económicos y ambientales suscitados por el movimiento de tierras.

Así mismo, los espacios habitables se disponen de manera que estén iluminados de forma natural en los horarios de la mañana.

PROTOTIPO DE VIVIENDA UNIFAMILIAR IMPLANTADO EN EL SOLAR DEL SECTOR ITCHIMBÍA

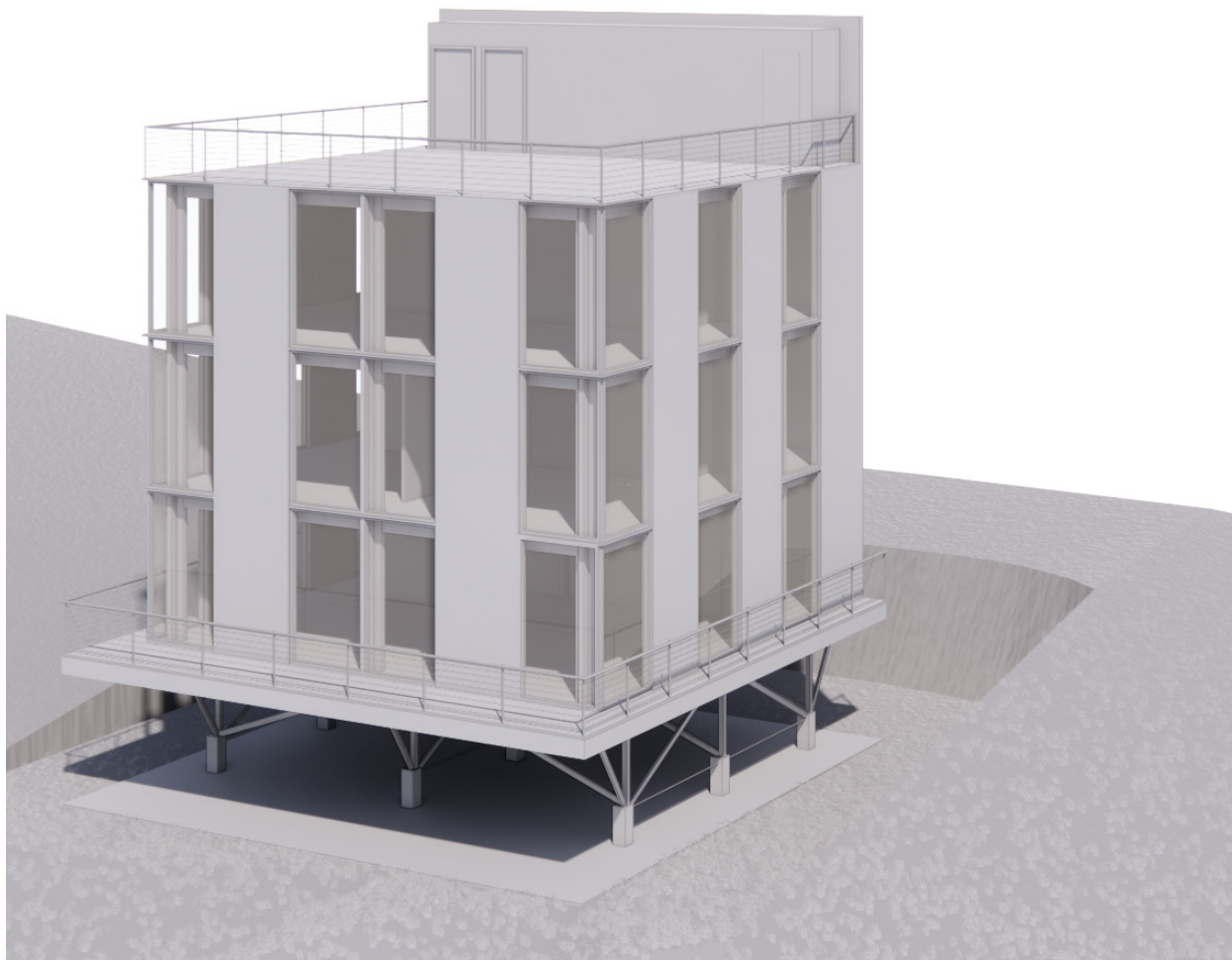


Figura 50: Vista Axonométrica del Prototipo de Vivienda Unifamiliar Implantado en el Terreno Seleccionado.

Fuente: Elaboración Propia. 2023.



MEE01:

RELACIÓN VENTANA/PARED

El Manual EDGE 3.0 y EDGE APP -Software- entienden esta medida, como el porcentaje de vano total de la edificación, en relación al área de cada fachada, porcentaje que incide en el consumo energético, por la transmitancia de temperatura entre exterior e interior; mientras más grande el vano, mayor transmitancia de temperatura, lo que afecta el confort térmico interior (IFC,2021) .

Específicamente para Quito, EDGE APP asume que se puede dar una pérdida de calor, si las superficie vidriada es más amplia; si bien las condiciones climáticas son de un piso mayormente templado, hay variaciones de temperatura, que tienden a enfriar la edificación. (IFC, 2021).

En este sentido, para su línea base EDGE sugiere un porcentaje de máximo del 30% para la relación ventana-pared, evitando fuertes variaciones en la temperatura interior, según las condiciones expuestas (IFC, 2021).

Por otro lado, la Ordenanza Municipal 3457 sugiere que el área mínima de ventana debe ser al menos del 20% del área total del espacio; e indica los espacios de la vivienda donde el ingreso de iluminación natural es obligatorio: habitaciones, sala de estar, comedor. (MDMQ, 2007).

Caso Mejorado

Se propone una proporción total de ventana del 38%. Este porcentaje abastece de iluminación natural a los espacios que la normativa exige, en los horarios en que se ven más favorecidos según el análisis de recorrido solar. Aunque este porcentaje es mayor al indicado por la línea base de EDGE, la afectación a la transmitancia de temperatura puede compensarse con otras medidas.

La decisión de la proporción se toma en base a dos condiciones:

1.- Diseño: Se aumenta la superficie vidriada para generar un diseño más alineado a la producción arquitectónica moderna que se está estableciendo en el sector. En el Manual EDGE sí se prevé variación a una proporción más alta por condicionantes del diseño.

2.- Iluminación: Una mayor proporción en el área de ventana genera un área más amplia de iluminación, permitiendo un mejor ingreso de luz natural, que se puede aprovechar durante todo el día y la tarde, reduciendo a la larga el consumo energético.

FÓRMULA DE CÁLCULO DEL WWR

$$WWR (\%) = \frac{\text{sup.vidriada (m}^2\text{)}}{\text{sup.bruta pared exterior (m}^2\text{)}}$$

Figura 51: Fórmula para el Cálculo de la MEE01.
Fuente: Manual EDGE 3.0, (2021).

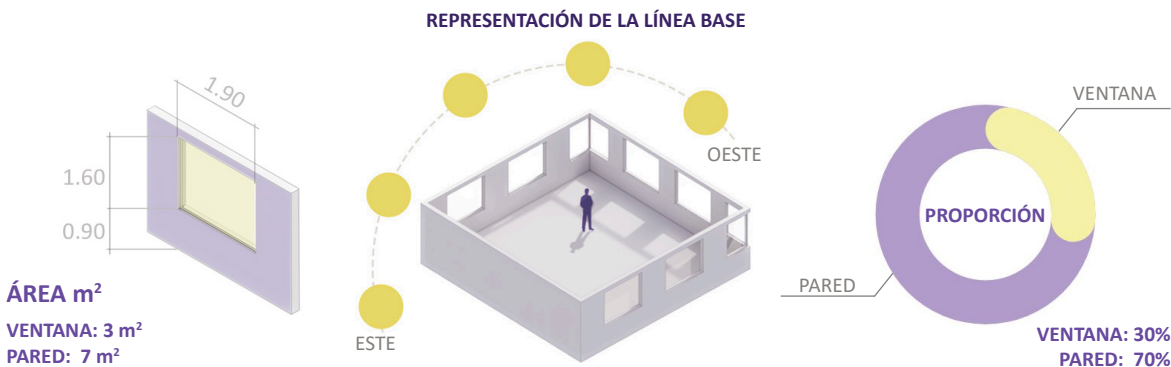


Figura 52: Iluminación del Caso Base- 3pm.
 Fuente: Elaboración Propia. 2023.



Figura 53: Iluminación del Caso Mejorado- 3pm.
 Fuente: Elaboración Propia. 2023.

TABLA 9. OPTIMIZACIÓN DE ILUMINACIÓN EN M² CON LA MEE01

LÍNEA BASE	3 m ²	30 VENTANAS	90 m ²	OPTIMIZACIÓN: Esta medida permite ganar 24 m ² de iluminación en las viviendas y se descartaron otros porcentajes de apertura por cuestiones de diseño, pero a su vez para lograr una iluminación adecuada en los horarios correspondientes al uso de los espacios
CASO MEJORADO	3.8 m ²	30 VENTANAS	114 m ²	
OPTIMIZACIÓN	0.8 m ²	30 VENTANAS	24 m ²	

Fuente: Elaboración Propia. 2023.



MEE02: TECHO REFLECTANTE

El Manual EDGE 3.0 de la IFC (2021), indica que esta medida analiza el Índice de Reflectancia Solar (SRI) del acabado de techo. Este análisis se compone de dos factores:

- 1) Reflectividad Solar Total: indica si el material puede o no reflejar la radiación solar incidente
- 2) Emitancia Térmica: propiedad de aumentar su temperatura al exponerse al calor de la luz solar.

EDGE APP, mide el SRI, -combinación entre los valores de reflectividad y emitancia- en un rango de 10 a 135; los valores más altos son los materiales de color más claro y los más bajos los de color más oscuro (IFC, 2021).

COMPORTAMIENTO DEL ÍNDICE DE REFLECTANCIA SOLAR

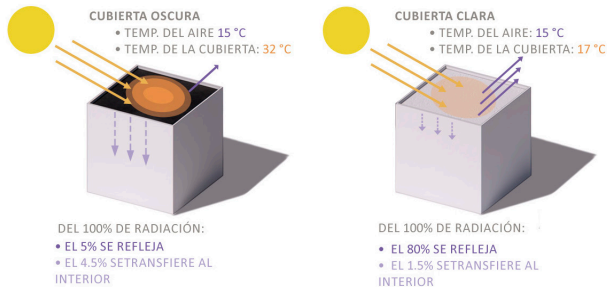


Figura 54: Comportamiento según el color del material de cubierta.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

Un valor más alto -blanco-, hará que el calor de los rayos solares se refleje y no traspase al interior; mientras que, un valor menor-negro- generará cierta absorción de la radiación y aumento de la temperatura (IFC, 2021).

Para el caso de Quito, EDGE asume que el índice de reflectancia solar del acabado de techo debe ser menor, transfiriendo más calor hacia el interior de la vivienda. Sin embargo, la línea base genera un SRI de 45, debido a que la mayoría de cubiertas en la ciudad tienen una reflectancia media -cubiertas de zinc, tejas terracota, otros-

El análisis de condiciones climáticas mostró que la incidencia solar en Quito es alta; y por el ángulo y la posición solar, es conveniente captar su energía y calor.

Caso Mejorado

El caso mejorado propone una membrana de asfalto impermeable de color verde, como acabado final del techo -IMPERPOL 3000-. Este acabado es adecuado, porque al ser de color oscuro, tiene un SRI más bajo; adicionalmente está disponible en el mercado ecuatoriano, lo que facilita su utilización (IMPTEK, 2023)

1.- Aplicación: El Imperpol 3000 es un material termoaderible, de fácil aplicación; se puede usar tanto para cubiertas planas, como inclinadas. Se selecciona en verde porque la absorción térmica será menor que la del negro, haciendo que caminar en la cubierta sea agradable.

2.- SRI: El proveedor en Ecuador no brinda datos sobre el Índice de Reflectancia Solar -SRI-, por lo que se sigue la indicación del Manual EDGE de remitirse a los valores referenciales que brinda para diferentes materiales. Se toma la teja asfáltica verde con SRI 18 como referencia.

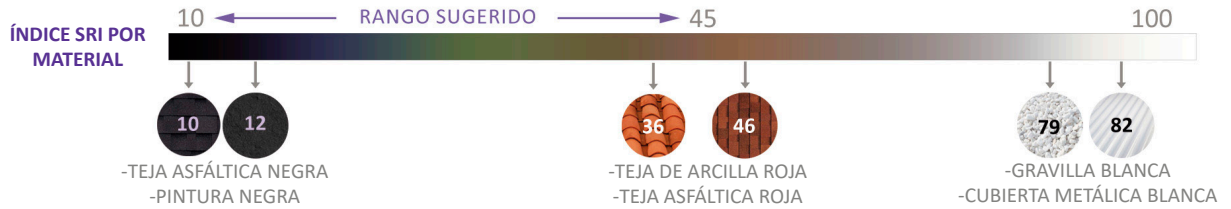


Figura 55: SRI Techo Caso Base y Absorción de Calor
Fuente: Elaboración Propia. 2023.



Figura 56: SRI Techo Caso Mejorado y Absorción de Calor
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

TABLA 10. OPTIMIZACIÓN DEL CALOR POR EL SRI DE TECHO

LÍNEA BASE	SRI 45	APROX 36%	0.4°C - 0.6 °C	OPTIMIZACIÓN: Esta medida permite captar por lo menos 0.6°C en los días más fríos hacia el interior y se descartaron otros materiales ya que este es el que tiene n SRI más alto y comprobable dentro del mercado ecuatoriano
CASO MEJORADO	SRI 17	APROX 15%	0.6 °C - 0.8 °C	
OPTIMIZACIÓN	28 PUNTOS	30 VENTANAS	0.8 °C	

Fuente: Elaboración Propia. 2023.

MEE03: PAREDES EXTERIORES REFLECTANTES

Del mismo modo esta medida analiza el Índice de Reflectancia Solar (SRI), pero para las paredes exteriores de la vivienda.

Según se indica en el Manual EDGE 3.0, los factores de la medición, son los mismos que los revisados en la medida MEE02. Los rangos de medición del SRI para EDGE APP se mantienen para las paredes exteriores -10 a 135- y así mismo, este valor se compone de la combinación entre la reflectividad y emitancia del material (IFC, 2021).

El Manual asegura que para paredes exteriores el color del acabado final, es un componente un poco más determinante, ya que la variedad de producto es menor para los acabados de techo, por lo que pintarlos de determinado color puede aumentar o disminuir su reflectancia (IFC, 2021).

COMPORTAMIENTO DEL ÍNDICE DE REFLECTANCIA SOLAR

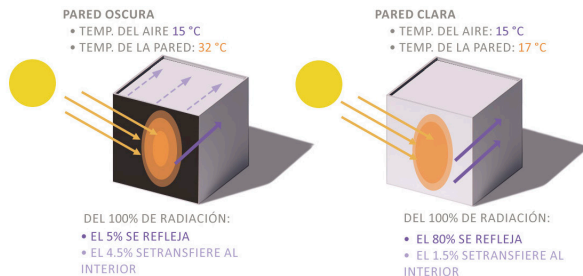


Figura 57: Comportamiento según el color del material de paredes.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

Nuevamente, para Quito EDGE APP asume que el valor de SRI debe ser menor -acabado final de paredes exteriores más oscuro-, para transmitir más calor al interior de la edificación. Así mismo, el valor de la línea base también arroja un SRI de 45, porque comúnmente los acabados de pared en la ciudad están en ese rango de reflectancia -ladrillo visto, colores ocres-(IFC,2021)

Tal como para la medida anterior, el análisis de condiciones climáticas mostró que la incidencia solar en Quito es alta; y por el ángulo y la posición solar es conveniente captar su energía y calor.

Caso Mejorado

El caso mejorado propone la implementación de paredes exteriores compuestas, que no respondan únicamente a la necesidad de un aislamiento térmico, sino a una composición más sostenible, en cuanto a utilización de materiales de menor impacto ambiental y a eficacia en la edificación de la vivienda.

Por lo que, para las paredes exteriores se propone un ensamble de paneles tipo sánduche, con un acabado final exterior de planchas de fibrocemento.

1.- SRI: El acabado de los paneles de fibrocemento es muy similar al del hormigón sin pintar, por lo que una vez más se sigue la indicación del Manual EDGE y se toma de entre las opciones de materiales, el valor referencial SRI de 25, que se le da al acabado de cemento sin pintar.

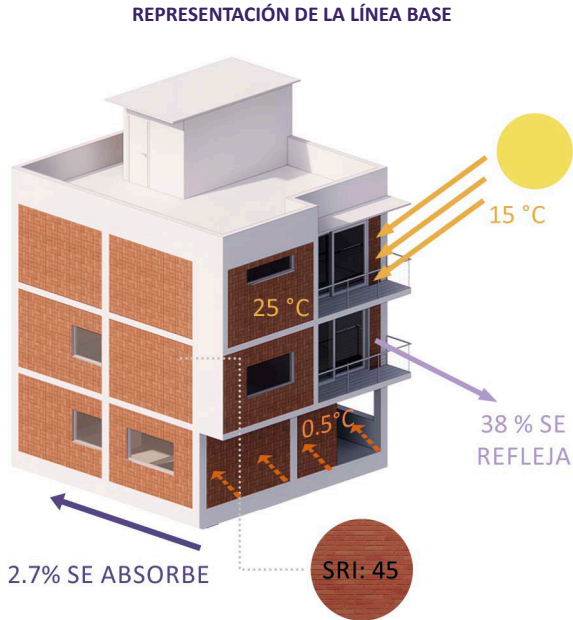


Figura 58: SRI Paredes Exteriores Caso Base y Absorción de Calor
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

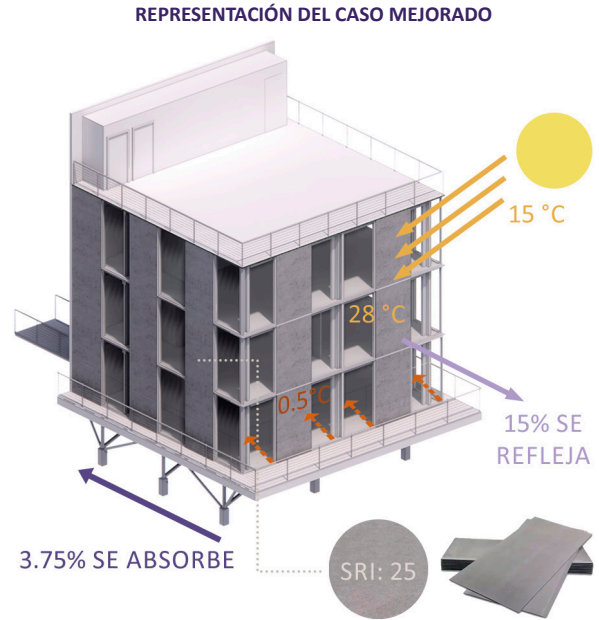


Figura 59: SRI Paredes Exteriores Caso Mejorada y Absorción de Calor
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

TABLA 11. OPTIMIZACIÓN DEL CALOR POR EL SRI DE PAREDES EXTERNAS

LÍNEA BASE	SRI 45	APROX 38%	0.4°C - 0.6 °C	OPTIMIZACIÓN: Esta medida permite captar por lo menos 0.6°C en los días más fríos a través de las paredes. Se descartan otras posibilidades ya que el apartado de materiales toma a los paneles de fibrocemento como el material menos contaminante en las paredes.
CASO MEJORADO	SRI 25	APROX 15%	0.6 °C - 0.8 °C	
OPTIMIZACIÓN	20 PUNTOS	40% GANANCIA	0.8 °C	

Fuente: Elaboración Propia. 2023.



MEE04: DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR

El Manual EDGE 3.0 afirma que esta medida se cumple únicamente si el diseño incluye dispositivos de control solar (DPS) externos en las fachadas más desfavorables del mismo (IFC,2021).

Así mismo, afirma que cuando se tienen grandes superficies vidriadas puede darse una ganancia de calor por la incidencia directa de la radiación solar. De modo que la efectividad de los dispositivos de control solar (DPS) se calcula de la siguiente manera:

FÓRMULA DE CÁLCULO DEL FACTOR DE SOMBREADO ANUAL

$$AASF = 1 - \frac{\text{Ganancia de calor solar anual total de una ventana con control solar (kWh)}}{\text{Ganancia de calor solar anual total de una ventana sin control solar (kWh)}}$$

Figura 60: Fórmula para el Cálculo de la MEE04.

Fuente: Manual EDGE 3.0, (2021).

En su caso base EDGE asume que no hay dispositivos de protección solar, por lo que cuando se selecciona la medida se debe realizar el cálculo del factor AASF -factor de sombreado anual-. Para lo cual el manual EDGE brinda una tabla referencial a la que se puede referir para el

desarrollo de la medida.

Caso Mejorado



El caso mejorado pretende integrar DPS externos en las fachadas, entendiendo que los niveles de radiación solar en Quito pueden llegar a ser nocivos, y la reflectancia puede ser molesta en ciertos horarios del día.

La estructura diseñada se compone de elementos horizontales que rodean a la vivienda en su totalidad por las tres fachadas más desfavorables, y pretende cubrir sobre todo la fachada Oeste que puede ser la más perjudicial.

Los elementos están separados de la ventana por 20 cm y tienen una profundidad de 30 cm, un espesor de 3 cm y una separación de 40 cm entre una fila y otra.

Por lo que, considerando la separación, el alero entra en la categoría de 1/4 de la altura de la ventana y se pueden usar los factores AASF de la Latitud 0°, para Norte, Sur, Este y Oeste. Una vez se saca el promedio de dichos factores se obtiene un valor final de AAS= 0.40.

TABLA 12. PARA CÁLCULO DEL FACTOR DE SOMBREADO ANUAL

Latitud	Proporción de sombreado	Factor de sombreado								Promedio
		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	
Hemisferio norte										
Hemisferio sur		S	SE	E	NE	N	NO	O	SO	
0°-9°	Prof. _s = Alt./1	0,49	0,46	0,49	0,50	0,50	0,52	0,52	0,48	0,50
	Prof. _s = Alt./2	0,44	0,39	0,39	0,40	0,46	0,43	0,41	0,41	0,42
	Prof. _s = Alt./3	0,39	0,34	0,32	0,33	0,39	0,36	0,34	0,35	0,35
	Prof. _s = Alt./4	0,35	0,29	0,27	0,28	0,33	0,31	0,28	0,30	0,30

Fuente: Manual EDGE 3.0, (2021).

REPRESENTACIÓN DE LA LÍNEA BASE

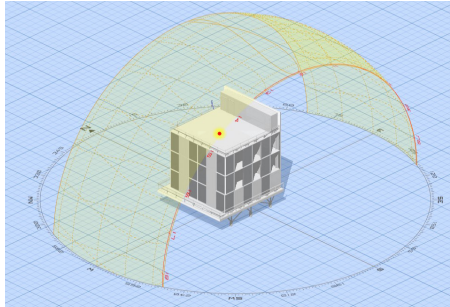


Figura 61: Simulación Solar Caso Base sin DPS- enero 1
Fuente: Sun Path 3D. Andrew Marsh. 2023.

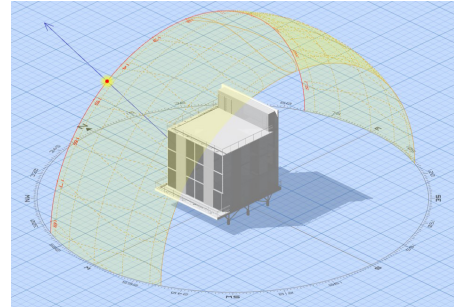


Figura 62: Simulación Solar Caso Base sin DPS- julio 21
Fuente: Sun Path 3D. Andrew Marsh. 2023.

REPRESENTACIÓN DEL CASO MEJORADO

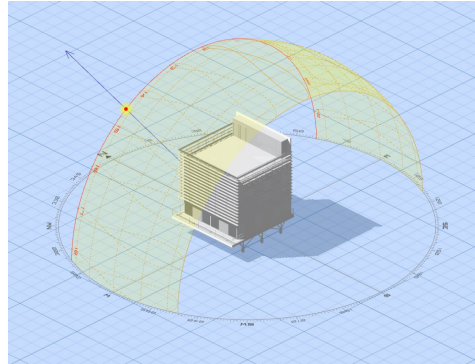
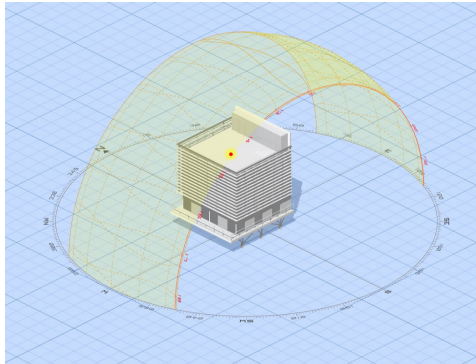


Figura 63: Simulación Solar Caso Mejorado con DPS- enero 1 y julio 21
Fuente: Sun Path 3D. Andrew Marsh. 2023.

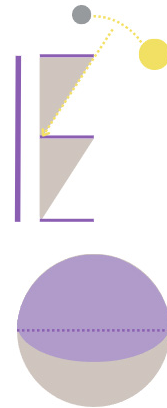


TABLA 13. OPTIMIZACIÓN DEL FACTOR DE SOMBRA ANUAL POR DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR

LÍNEA BASE	AASF 0	0% DE SOMBRA	0° DE SOMBRA	OPTIMIZACIÓN: Esta medida permite mejorar el confort interior en un 40% en los horarios en que la incidencia y la radiación solar afectan más al usuario cuando el ingreso de Sol en horarios de la tarde se vuelve molesto.
CASO MEJORADO	AASF 0.4	40% DE SOMBRA	30° DE SOMBRA	
OPTIMIZACIÓN	0.4	40% DE GANANCIA		

Fuente: Elaboración Propia. 2023.



MEE05: AISLAMIENTO DE TECHO

El Manual EDGE 3.0, indica que mejorar el valor U a través de un paquete constructivo de techo con mayor aislamiento térmico reduce el consumo energético por posibles cargas de sistemas de climatización -HVAC- (IFC, 2021).

Mientras más bajo sea el valor, el aislamiento térmico es mejor, debido a que hay una menor transmitancia de calor del exterior hacia el interior o viceversa. Este valor depende de los materiales que se apliquen en cada capa de composición del sistema constructivo y de su respectivo espesor (IFC, 2021).

El valor U se refiere a la cantidad de energía térmica que se transfiere a través de un material y se expresa en (W/m² K), el valor U puede darse por el fabricante; sin embargo cuando se desarrolla un paquete constructivo propio debe calcularse con el siguiente método:

$$\text{Valor } U = \frac{1}{R_{si} + R_{so} + R_1 + R_2 + R_3, \text{etc.}}$$

Específicamente para Quito, EDGE APP genera un valor máximo para aislamiento de techo de U=1.91 W/m² K; valor que estaría considerando una losa aligerada de hormigón de 20 cm de espesor, con bloques aligerados de hormigón, una terminación de pulido de cemento y arena artificial de aproximadamente 5mm de espesor y un acabado final en cualquier tipo de cerámica (IFC, 2021).

La normativa de eficiencia energética de Ecuador indica que el valor máximo para aislamiento de techo, para el piso climático que le corresponde a Quito -piso 3: Continental lluvioso-, es de U=2.9, este valor vendría a representar un paquete constructivo menos aislante que el que EDGE asume y que por lo tanto generaría un consumo energético más alto. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018).

Caso Mejorado

El caso mejorado busca un valor U mucho más bajo en el paquete constructivo, lo que genera un mejor aislamiento térmico.

Implementando materiales menos contaminantes y de menor impacto en el medio ambiente que contribuyan a mejorar confort y mantener una temperatura interior más estable a lo largo del día.

El paquete constructivo de techo se compone de arriba hacia abajo se compone de:

- Membrana Asfáltica Imperpool 300
- Capa de hormigón o mortero - 1.5 cm
- Lámina de Fibra de vidrio de - 1 mm
- Panel de Madera contrachapado - 1.5 cm
- Espacio de Aire - 10 cm
- Aislante de poliuretano - 10 cm
- Perfilería Metálica - 2.5 cm
- Lámina de Yeso cartón/gypsum - 1 cm

REPRESENTACIÓN DE LA LÍNEA BASE



Figura 64: Aislamiento de Techo Caso Base.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

REPRESENTACIÓN DEL CASO MEJORADO

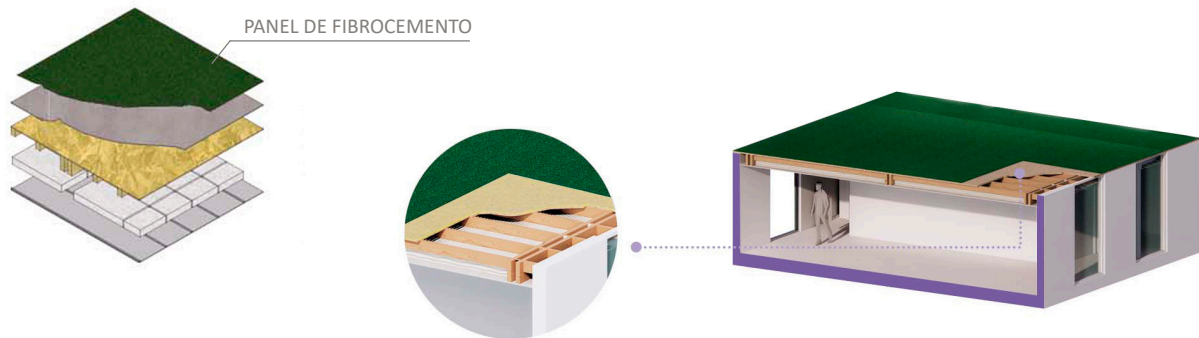


Figura 65: Aislamiento de Techo Caso Mejorado.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

TABLA 14. OPTIMIZACIÓN DEL VALOR U DEL AISLAMIENTO DE TECHO

LÍNEA BASE	POCO AISLANTE	U=1.91 W	100%	OPTIMIZACIÓN: Esta medida permite optimizar en un 86% el valor U del aislamiento de las paredes exteriores del edificio. Este factor se selecciona porque el paquete constructivo se desarrollo para ser menos contaminante y por eso se descartan otras opciones de valor U de aislamiento.
CASO MEJORADO	MUY AISLANTE	U=0.25 W	14%	
OPTIMIZACIÓN		U=1.66 W	86%	

Fuente: Elaboración Propia. 2023.



MEE05: AISLAMIENTO DE LOSA DE ENTRE- PISO

Esta medida también hace referencia a mejorar el paquete constructivo para generar un mejor aislamiento y por ende un valor U más bajo, en este caso para las losas de piso y entrepiso (IFC, 2021).

Mejorar el aislamiento en las losas de piso y de entrepiso permitirá que la transmitancia de calor del exterior -por debajo del edificio- tanto como la que puede existir entre un espacio y otro se reduzca, manteniendo un confort térmico interior más estable (IFC, 2021).

El valor U se calcula con la misma fórmula revisada anteriormente. Sin embargo en esta ocasión se debe tomar en cuenta que EDGE solo toma en cuenta el material final y el material de aislamiento, ya que el paquete constructivo debería ser el mismo al de la losa de techo en cuanto al sistema estructural.

Para Quito, EDGE asume que el acabado en losas de piso y entrepiso es un piso flotante o un alfombrado, que se encuentran sobre un piso de cemento pulido sin ninguna lámina de aislamiento que recubra este material.

Este paquete constructivo tiene una alta transmitancia de temperatura tanto desde exterior como entre los diferentes pisos y espacios de la vivienda.

La NEC de Eficiencia Energética, establece un valor U de $3.2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ que vendría a ser un piso de cerámica o similares que generan una alta transmitancia térmica y son muy poco aislantes.

Caso Mejorado

El caso mejorado tal como en la estrategia anteriormente revisada, busca reducir al máximo el valor U para generar un mejor aislamiento, pero con materiales menos contaminantes y de instalación más eficiente.

Al mejorar el aislamiento de las losas de entrepiso, se mejorará y se mantiene más estable el confort interior.

El paquete constructivo de losas de entrepiso se compone de arriba hacia abajo se compone de:

- Acabado en Madera de Parquet
- Lámina de Poliestireno expandido - 1 mm
- Lámina de Fibra de vidrio de - 1 mm
- Panel de Madera contrachapado - 1.5 cm
- Aislante de poliuretano en bloques - 10 cm
- Perfilera Metálica - 2.5 cm
- Lámina de Yeso cartón/gypsum - 1 cm

REPRESENTACIÓN DE LA LÍNEA BASE



Figura 66: Aislamiento Losa de Entrepiso Caso Base.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

REPRESENTACIÓN DEL CASO MEJORADO



Figura 67: Aislamiento Losa de Entrepiso Caso Mejorado.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

TABLA 15. OPTIMIZACIÓN DEL VALOR U DEL AISLAMIENTO DE LOSA DE ENTREPISO

LÍNEA BASE	POCO AISLANTE	U= 0.49	100%	OPTIMIZACIÓN: Esta medida permite aumentar el aislamiento de las losas de entrepiso, reduciendo el valor U en un 46.9% lo que generará una menor transmitancia térmica del interior al exterior de la edificación y entre los espacios interiores de la misma.
CASO MEJORADO	MUY AISLANTE	U= 0.26	53.1%	
OPTIMIZACIÓN		0.23	REDUCC. 46.9%	

Fuente: Elaboración Propia. 2023.



MEE08: AISLAMIENTO DE PAREDES EXTERIORES

Esta medida en el Manual EDGE 3.0 también se aborda como una medida de aislamiento, donde mejorando el valor U con un paquete constructivo de paredes exteriores con aislamiento térmico se reduce el consumo energético (IFC, 2021).

EDGE menciona que en los climas que tienden a ser más fríos, mejorar el aislamiento de las paredes exteriores tiene un gran impacto en los costos, ya que la necesidad de un sistema de calefacción se vuelve casi inexistente (IFC, 2021).

El valor U en este caso, según las indicaciones del Manual EDGE 3.0, se calcula de la misma manera que en las medidas anteriormente abordadas y también se expresa en $W/m^2 K$ (IFC, 2021).

Para Quito, EDGE APP en su línea base adopta un valor U de $1.86 W/m^2 K$, que representaría una pared de bloque de hormigón o ladrillo hueco de 15 cm con enlucido de Yeso en sus dos caras. Como se puede observar EDGE tiene en cuenta los materiales y paquetes constructivos más presentes en la ciudad (IFC, 2021).

Para paredes exteriores la NEC de Eficiencia Energética, establece un valor U máximo de $2.35 W/m^2 K$, que representaría una pared de ladrillo macizo de 15 cm, con enlucido en las dos caras; este paquete constructivo generaría mayor transmitancia térmica -menor aislamiento- (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018).

PAQUETE CONSTRUCTIVO CONSIDERADO POR EL CASO BASE



Figura 68: Pared de bloque de hormigón enlucida.
Fuente: Techart, (2023).

Caso Mejorado

Tanto en climas cálidos como climas fríos, es conveniente aplicar un paquete constructivo con mejor aislamiento térmico en paredes exteriores.

El paquete constructivo de paredes exteriores, desde afuera hacia adentro, del caso mejorado se compone de:

- Paneles de fibrocemento
- Rieles de Madera
- Paneles de madera contrachapada
- Capa de poliuretano expandido
- Perfilería de Madera
- Paneles de madera contrachapada
- Lámina de fibra de vidrio
- Rieles de madera
- Doble capa de Yeso cartón/ gypsum

REPRESENTACIÓN DE LA LÍNEA BASE

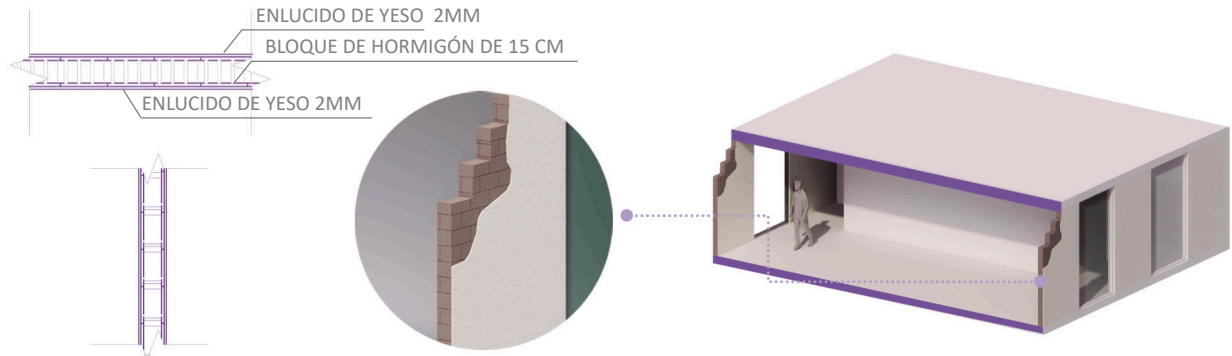


Figura 69: Aislamiento Paredes Exteriores Caso Base.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

REPRESENTACIÓN DEL CASO MEJORADO

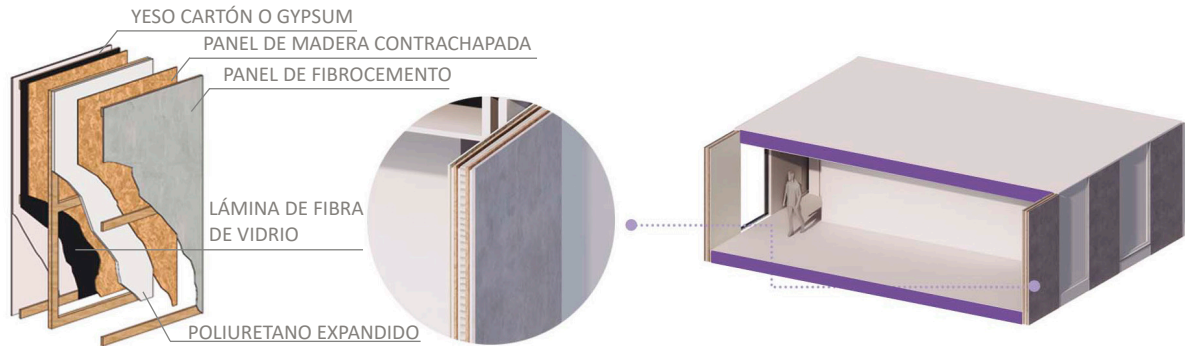


Figura 70: Aislamiento Paredes Exteriores Caso Base.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

TABLA 16. OPTIMIZACIÓN DEL VALOR U DEL AISLAMIENTO DE PAREDES EXTERIORES

LÍNEA BASE	POCO AISLANTE	U= 1.86	100%	OPTIMIZACIÓN: Esta medida permite aumentar el aislamiento de las paredes exteriores, reduciendo el valor U en un 86% lo que generará una menor transmitancia térmica del interior al exterior de la edificación.
CASO MEJORADO	MUY AISLANTE	U= 0.26	13.9%	
OPTIMIZACIÓN		0.4	REDUCC. 86.1%	

Fuente: Elaboración Propia. 2023.

MEE09: EFICIENCIA DEL VIDRIO

Esta medida propone reducir el consumo energético que las superficies vidriadas ocasionan por la pérdida o ganancia de calor que altera el confort interior (IFC,2021).

El Manual EDGE 3.0, señala dos aspectos básicos en la medida la reflectividad y la absorción de calor del material. El primero reflejará el calor de la luz solar; mientras que el segundo aislará el elemento para prevenir pérdidas de calor (IFC,2021).

La eficiencia del vidrio está directamente relacionada con la MEE01; si la proporción de ventana aplica un material más eficiente, se disminuye el consumo energético.

FUNCIONAMIENTO DEL VIDRIO DE DOBLE ACRISTALAMIENTO

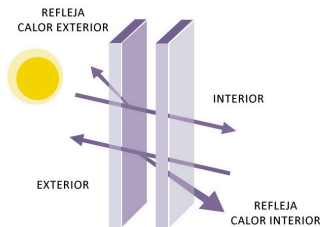


Figura 71: Performance del Vidrio Doble Low-E
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

Al tomar en cuenta las características de la ciudad, EDGE APP en la línea base genera un valor U en la eficiencia del vidrio de $5.75 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, valor que vendría a representar un vidrio de una sola capa y periferia simple de aluminio (IFC,2021).

La NEC de Eficiencia Energética establece un valor U para el vidrio en fachadas de 5.78, un valor muy similar al que propone EDGE, que podría variar únicamente por el material del marco de la ventana.

Como se explica en anteriores medidas, EDGE asume para Quito que las pérdidas de calor y el enfriamiento no son convenientes; de manera que un vidrio Low-E sería lo óptimo (IFC,2021).

Así mismo, las variaciones de temperatura a lo largo del día en Quito hacen que el confort térmico interior no siempre se mantenga estable, produciendo disconfort, como se explicó en la Fase 2 de la metodología.

Caso Mejorado

Para esta medida el caso mejorado propone la incorporación de un vidrio Low-E disponible de doble acristalamiento que genera mayor seguridad y está siendo comercializado en el mercado ecuatoriano.

El vidrio tiene un valor U $0.4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, ya que es más térmicamente aislante y un SHGC -Coeficiente de Ganancia Solar- de 0.56, SC -Coeficiente de sombra- de 0.65.

El vidrio es un vidrio doble de 8.3 mm con láminas de 4mm. Con una lámina FAITEM ubicada en la cara exterior del vidrio interno para que refleje el calor hacia adentro del edificio.

REPRESENTACIÓN DE LA LÍNEA BASE

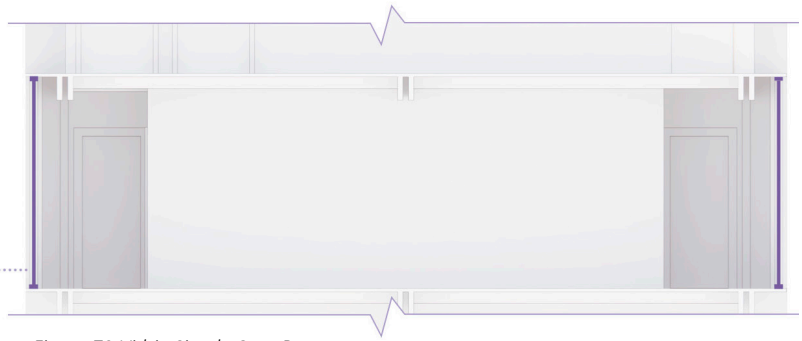


Figura 72: Vidrio Simple Caso Base.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

REPRESENTACIÓN DEL CASO MEJORADO

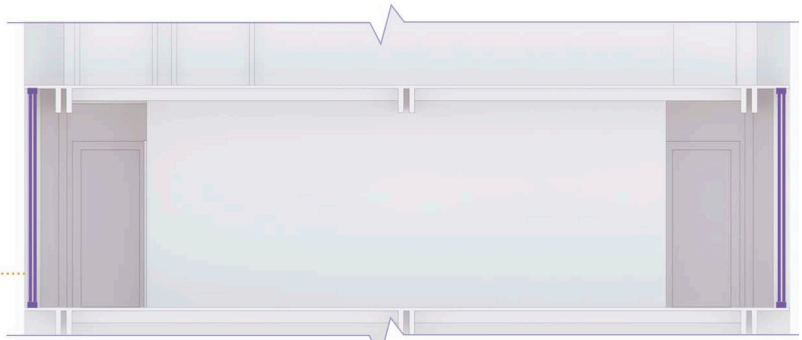
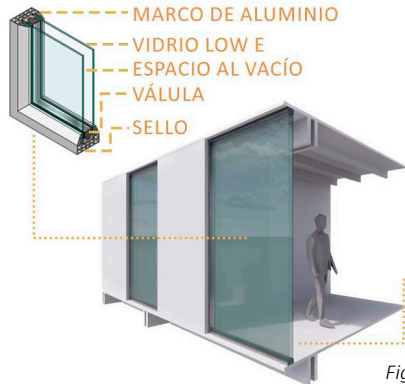


Figura 73: Vidrio Doble Acristamiento Caso Mejorado.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

TABLA 17. OPTIMIZACIÓN DEL VALOR U Y EFICIENCIA DEL VIDRIO

LÍNEA BASE	0.8 - 0.7	U=5.75 W	100%	OPTIMIZACIÓN: Esta medida permite optimizar un 92% en el valor U de la eficiencia del vidrio. Este factor se selecciona porque este producto ya ha sido provado en proyectos arquitectónicos y es el más aislante de mejor factor de sombra que se encontró en el mercado en Quito.
CASO MEJORADO	0.56 - 0.65	U=0.44 W	8%	
OPTIMIZACIÓN	0.24 - 0.05	U=5.31 W	92%	

Fuente: Elaboración Propia. 2023.



MEE11: VENTILACIÓN NATURAL

Según el Manual EDGE 3.0 si se usa esta medida se debe hacer un estudio detallado de los espacios de la edificación, debido a que las dimensiones y las necesidades de estos son diferentes en cada tipología.

Así mismo, indica que los espacios que obligatoriamente requieren de ventilación natural dentro de la vivienda son las habitaciones, la sala de estar y la cocina. Y que los tipos de ventilación que se pueden aplicar en esta son la ventilación natural y la ventilación cruzada.

Por otro lado, EDGE establece dos referencias básicas que permitan seleccionar el tipo de ventilación natural adecuado a aplicarse en un espacio:

PROPORCIÓN DE LA ABERTURA SEGÚN LA RELACIÓN DE PROFUNDIDAD Y ALTURA DEL ESPACIO

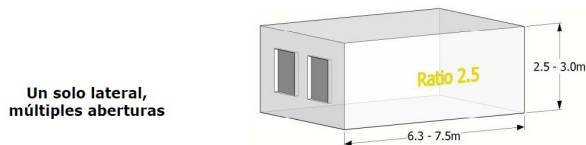


Figura 74: Proporción de la Abertura por relación profundidad/altura.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

- la relación máxima entre la profundidad del piso y la altura del cielorraso
- la ganancia de calor que se debe disipar

El caso base de EDGE entiende que ninguna de las fachadas de los espacios requeridos tienen aberturas pero una vez que se selecciona la medida, se asume que hubo una mejora.

Caso Mejorado

El caso mejorado propone una abertura tipo ventolera en la parte superior de la ventana de 40 cm de altura, para generar espacio de ventilación hacia los dos lados de la edificación.

Las aberturas se ubicarán en las ventanas de las fachadas Norte y Sur de la edificación. A pesar de que la vivienda se ubica en Quito, y no es necesario generar una ventilación cruzada para enfriar la edificación, estas aberturas contribuirán con un cambio de aire para que los espacios estén más frescos.

El generar estas pequeñas aberturas permitirá que el ingreso de la ventilación sea controlado, no afectará al diseño de la edificación, y al no estar ubicadas hacia los vientos más predominantes no generarán corrientes demasiado frías.

REPRESENTACIÓN DE LA LÍNEA BASE

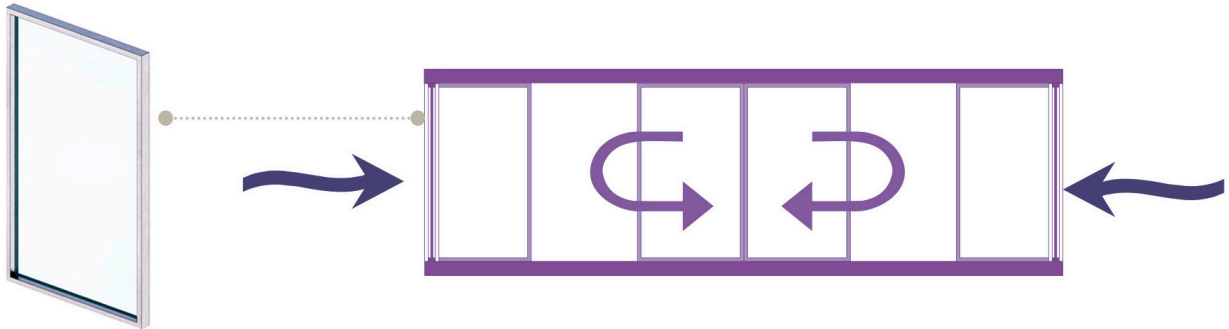


Figura 75: Ventilación de los Espacios Caso Base.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

REPRESENTACIÓN DEL CASO MEJORADO

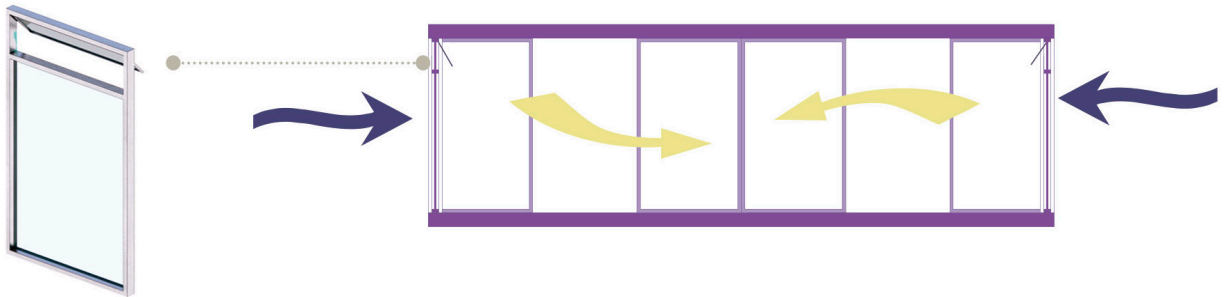


Figura 76: Ventilación de los Espacios Caso Mejorado.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.



MEE18: EFICIENCIA DEL SISTEMA DE AGUA CALIENTE PARA USO DOMÉSTICO

Para el Manual EDGE 3.0 y para EDGE APP, esta medida es de vital importancia en la tipología de vivienda, ya que dentro de las actividades que producen más emisiones de carbono o más consumo eléctrico en la hogar, está el calentamiento de agua (IFC, 2021).

Las alternativas que EDGE toma en cuenta para que se consiga una mejora en el calentamiento doméstico de agua, tienen tres enfoques:

- 1) Calderas
- 2) Colectores Solares
- 3) Bombas de Calor

Cada enfoque tiene particularidades para emplearlos y calcular su eficiencia que también están descritas en el Manual EDGE 3.0 (IFC, 2021).

EDGE calcula la eficiencia de estos sistemas basándose en el porcentaje de demanda de agua que puede suplir el sistema eficiente. Por lo tanto asegura que reducir el consumo de agua -estrategias de eficiencia hídrica- se puede reducir la capacidad del sistema y afirmar que está cubriendo un mayor porcentaje de demanda (IDC, 2021).

El caso base que EDGE APP asume no tiene un sistema eficiente de calentamiento de agua, sino duchas eléctricas comunes que podrían consumir hasta 105 kwh/mes; sin embargo, una vez que se habilita la estrategia el software automáticamente genera un valor del 50% de

agua caliente que se cubre mediante la implementación de un colector solar.

Según lo revisado en la Fase 2, las condiciones climáticas del sitio analizado, se prestan para la implementación de un dispositivo solar para el calentamiento de agua.

De manera que, esta es la mejor opción que se podría seleccionar frente al resto de sistemas que propone EDGE. Ahorrando una mayor cantidad de energía, e implementando una tecnología más sana.

Caso Mejorado

El caso mejorado propone el uso de un calentador de agua solar que está disponible en el mercado ecuatoriano, cuyas especificaciones técnicas están dadas por el proveedor.

La capacidad de este tanque se calcula de igual forma como sugiere el proveedor para que provea el 100% de agua caliente necesaria para la vivienda

- Capacidad: 200 lts

- Boster eléctrico a 220 V

- Área de Ocupación: 3.5 m²

- Aislante de Poliuretano

SISTEMA SUPUESTO POR EL CASO BASE

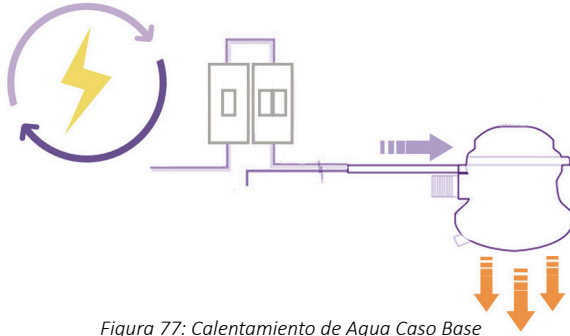


Figura 77: Calentamiento de Agua Caso Base
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

SISTEMA PROPUESTO POR EL CASO MEJORADO

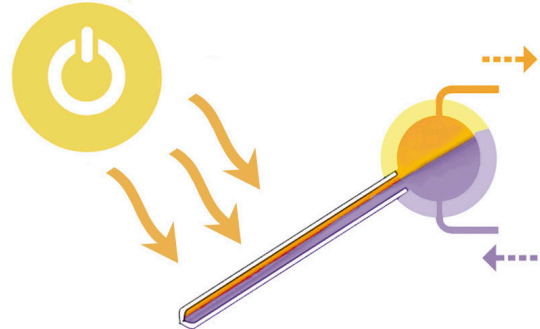


Figura 78: Calentamiento de Agua Caso Mejorado
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

REPRESENTACIÓN DEL CASO MEJORADO

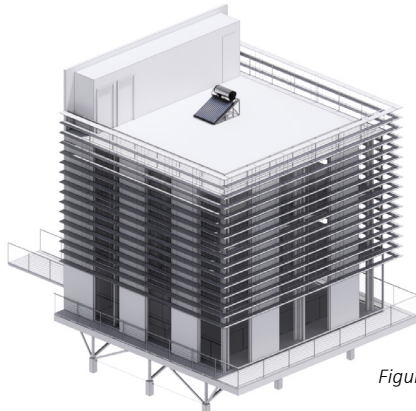


Figura 79: Calentador de Agua Propuesto por el Caso Mejorado
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

TABLA 18. OPTIMIZACIÓN DEL CALENTAMIENTO DE AGUA

LÍNEA BASE	DUCHA ELÉCTRICA	105 KW/H	100%	OPTIMIZACIÓN: Esta medida permite optimizar en un 71% la energía empleada para calentar agua. Se selecciona el sistema de calentamiento de agua para aprovechar la luz solar y la radiación, por eso se descartan otros sistemas que no serían tan eficientes al instalarse.
CASO MEJORADO	CALENTADOR	30 KW/H	29%	
OPTIMIZACIÓN	0.24 - 0.05	75 KW/H	71 %	

Fuente: Elaboración Propia. 2023.



MEE22: ILUMINACIÓN EFICIENTE PARA ÁREAS INTERNAS

El Manual EDGE 3.0 indica que las edificaciones deben incluir en sus espacios interiores al menos un 90% de lámparas o puntos de luz eficientes (IFC, 2021).

En EDGE APP la eficiencia de la iluminación artificial se mide de acuerdo a la cantidad de lúmenes que produce una bombilla sobre la cantidad de vatios que consume (lm/W) mientras más alto es el valor de esta relación, mejor es la eficiencia del elemento -produce más iluminación con un menor consumo- (IFC, 2021).

TABLA 19. TIPOS DE LUMINARIAS Y CONSUMOS ENERGÉTICOS

Tipo de lámpara	Rango típico de eficacia (lúmenes/vatio)	Vida útil nominal (horas)
Incandescente: Filamento de tungsteno (bombillas convencionales)	10-19	750-2500
Lámpara halógena	14-20	2000-3500
Fluorescente tubular (T5, T8 y T12)	25-92	6000-20 000
Fluorescente compacta (CFL)	40-70	10 000
Sodio de alta presión	50-124	29 000
Haluro metálico	50-115	3000-20 000
Diodo emisor de luz (led)	50-100	15 000-50 000

Fuente: Manual EDGE 3.0. IFC, (2023).

La línea base EDGE APP genera un valor de 65 lm/W, lo que vendría a ser la eficiencia de una bombilla fluorescente compacta, o foco ahorrador como comunmente se conoce en Quito (IFC,2021).

Este tipo de iluminación está entre los más aplicados iluminar la vivienda por su amplia comercialización en su-

permercados y su accesibilidad económica; sin embargo, la cantidad de lúmenes que aportan es menor por lo que es más difícil cumplir con el confort lumínico establecido por la normativa (INEC, 2020).

TABLA 20. CONFORT LUMÍNICO EN LOS ESPACIOS DE LA VIVIENDA

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

Fuente: NEC EE. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, (2018).

Caso Mejorado

Según los planos técnicos del prototipo, hay una cantidad total de --- puntos de luz que iluminan todos los espacios habitables de la vivienda, siguiendo tanto la exigencia del Manual EDGE 3.0 como la de la normativa.

En todos estos espacios y puntos de luz, se propone la utilización de bombillas LED de 1500 lúmenes, que consumen una cantidad de 15 W. De modo que el 100% de los espacios estén iluminados de forma eficiente. Este producto está disponible en el mercado ecuatoriano y su precio no es excesivamente más elevado que el de un foco ahorrador.

REPRESENTACIÓN DE LA LÍNEA BASE



CONSUMO	20 W
LÚMENES	1130 lm
EFICIENCIA	56.5 lm/W

Figura 80: Iluminación Fluorescente Caso Base
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

REPRESENTACIÓN DEL CASO MEJORADO



CONSUMO	15 W
LÚMENES	1500 lm
EFICIENCIA	100 lm/W

Figura 81: Iluminación LED Caso Mejorado.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

TABLA 21. OPTIMIZACIÓN DE LA ILUMINACIÓN EN ESPACIOS INTERIORES

LÍNEA BASE	20 P. LUZ	15 W C/U	300 W	OPTIMIZACIÓN: Esta medida permite ahorrar por lo menos 5 W por cada punto de luz encendido, en dependencia del tiempo en que este se encuentre iluminando se ahorra hasta 200 W. Se selecciona este foco por disponibilidad en el mercado siendo el de mejor optimización.
CASO MEJORADO	25-27 P.LUZ	20 W C/U	500 W	
OPTIMIZACIÓN	5 - 7 P. LUZ	5 W	200 W	

Fuente: Elaboración Propia. 2023.



MEE23: ILUMINACIÓN EFICIENTE PARA ÁREAS EXTERNAS

Al igual que la medida anterior, EDGE propone esta medida para mejorar el consumo de las luminarias en este caso exteriores y exige que toda área exterior de la vivienda esté iluminada de forma eficiente (IFC, 2021).

En EDGE APP también mide la eficiencia de la iluminación exterior de acuerdo a la cantidad de lúmenes que produce la bombilla o lámpara sobre la cantidad de vatios que consume (lm/W) mientras más alto el valor de la relación, se mejora la eficiencia del elemento -mayor iluminación con menor consumo- (IFC, 2021).

La línea base EDGE APP genera un valor de 65 lm/W, lo que vendría a ser la eficiencia de una bombilla fluorescente compacta, o foco ahorrador como comunmente se conoce en Quito (IFC,2021).

Sin embargo, el manual si menciona el posible o implementación de lámparas solares, pues la iluminación exterior puede ser mucho más compleja de cubrir con focos o lámparas tradicionales.

Caso Mejorado

El prototipo de vivienda tiene un área externa bastante amplia por lo que el posible gasto energético de esta zona sería bastante alto.

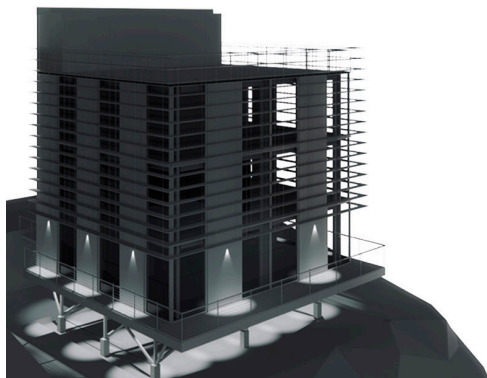
Por lo tanto se propone el uso de dos diferentes sistemas de iluminación exterior.

Una lámpara convencional eficiente, es decir una lámpara con un foco LED de 15 W para exteriores.

Y adicionalmente un sistema de lámparas solares que se active únicamente en las áreas donde el sol puede proveer energía, estas áreas son:

- a) El perímetro del Balcón
- b) En el ingreso de la vivienda a través del puente.

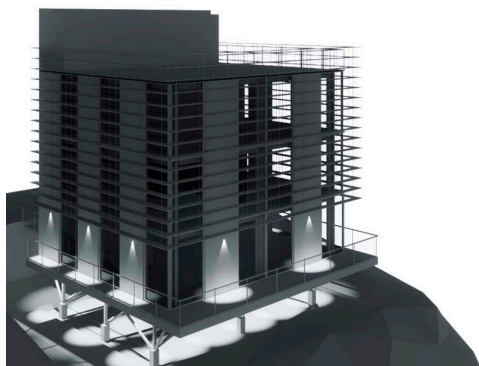
REPRESENTACIÓN DE LA LÍNEA BASE



CONSUMO	4 W
LÚMENES	260 lm
EFICIENCIA	65 lm/W

Figura 82: Iluminación Exterior Caso Base.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

REPRESENTACIÓN DEL CASO MEJORADO



CONSUMO	2.5 W - 4 W
LÚMENES	327 lm
EFICIENCIA	130 lm/W 65 lm/W

Figura 83: Iluminación Exterior Caso Mejorado.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

TABLA 22. OPTIMIZACIÓN DE LA ILUMINACIÓN EN ÁREAS EXTERNAS

LÍNEA BASE	22	4 W C/U	88 W	OPTIMIZACIÓN: Al incorporar iluminación eficiente e iluminación solar, se puede optimizar la cantidad de energía empleada en la iluminación de áreas externas hasta en 39W, lo que generará un ahorro en dependencia de la cantidad de horas en las que estén encendidas las luces
CASO MEJORADO	10-6	2.5 W Y 4 W	49W	
OPTIMIZACIÓN	5-7	1.5 w	39W	

Fuente: Elaboración Propia. 2023.



MEE24: CONTROLES DE ILUMINACIÓN

El Manual EDGE 3.0 indica que la posibilidad de apagar la iluminación en espacios que no están siendo utilizados, reduce el consumo eléctrico de las edificaciones (IFC,2021).

Los controles de iluminación son diferentes sistemas que a través de tecnología permiten encender, apagar o atenuar la iluminación artificial en los espacios. Lo que permite como el nombre de la estrategia lo menciona, controlar la iluminación en la vivienda (IFC,2021).

Hay tres tipos de sistemas que EDGE toma en cuenta en cuanto a tecnologías de control de iluminación:

- 1) Temporizadores
- 2) Sensores de Encendido/Apagado
- 3) Sensores de Luz Natural

Esta medida no tiene un valor ni un porcentaje específico, debido a que no se puede cuantificar el ahorro que generan los controles de iluminación por factores como el sistema que se emplea, la cantidad de tiempo que se permanece en un espacio, y otros.

Sin embargo, el caso base asume que la vivienda no tiene sistemas de control de iluminación integrados. Y una vez que se incluyen en el diseño y planificación de la edificación, se puede afirmar que se usó adecuadamente la medida.

Así mismo el Manual EDGE 3.0 indica que estos sensores son adecuados para ubicarse en los lugares donde la permanencia no es continua o donde la iluminación artificial debe modificarse a lo largo del día.

Caso Mejorado

El caso mejorado propone la utilización de sensores de encendido y apagado que funcionan a través de sensores de luz infrarroja que son regulables entre 10 segundos y 7 minutos para encenderse o apagarse desde momento de ingreso o salida de la habitación.

TABLA 23. ÁREAS DONDE SE IMPLEMENTARÁN SENSORES

ÁREA	CONTROL	SENSOR
PASILLOS	ENCEN/APAGA.	INTERIOR
ESCALERAS	ENCEN/APAGA.	INTERIOR
BAÑOS	ENCEN/APAGA.	INTERIOR
INGRESO	ENCEN/APAGA.	EXTERIOR
BALCÓN	ENCEN/APAGA.	EXTERIOR
PLANTA BAJA	ENCEN/APAGA.	EXTERIOR

Fuente: Elaboración Propia. 2023.

Estos sensores están disponibles en el mercado, y son los de uso más común y más apropiado para la residencia. Y se pretenden ubicar en las áreas comunes tanto internas como externas de la vivienda además de ocuparlos en los baños ya que muchas veces se pueden olvidar las luces encendidas dentro.

SISTEMA SUPUESTO POR EL CASO BASE



Figura 84: Iluminación con Interruptor Convencional.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

SISTEMA PROPUESTO POR EL CASO MEJORADO



Figura 85: Iluminación con Sensor de Encendido Apagado.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

REPRESENTACIÓN DEL CASO MEJORADO

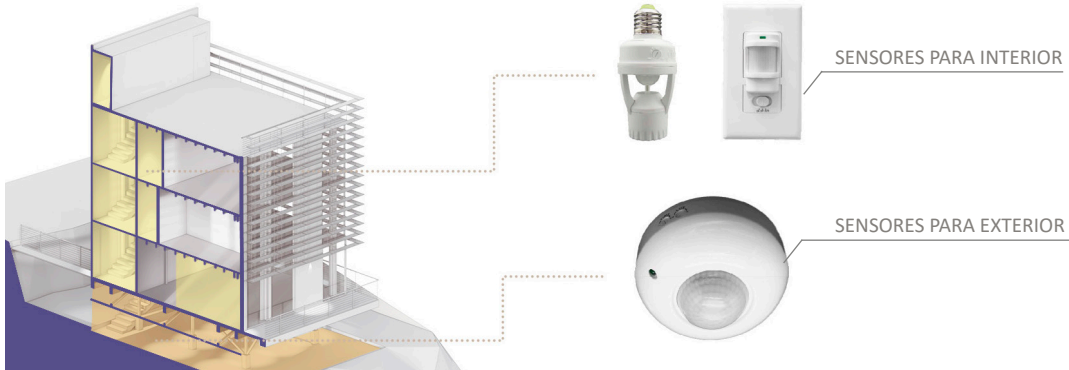


Figura 86: Caso Mejorado con Controles de Iluminación.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.



MEE29: REFRIGERADORAS Y LAVADORAS EFICIENTES

El Manual EDGE 3.0 indica que incorporando electrodomésticos eficientes se reduce el consumo energético de la edificación; para asegurar que se cumpla la medida los aparatos deben etiquetarse según los estándares que EDGE acepta: Etiqueta Energy Star -medida americana- y Clase “A” en el Etiquetado Europeo (IFC, 2021).

La línea base de EDGE APP asume que los electrodomésticos de mayor consumo en la vivienda son la refrigeradora y lavadora, y que estos aparatos no son eficientes; su consumo se debe a que están permanentemente conectados a la toma y requieren de una mayor cantidad de kW/h para operar (IFC,2021).

En Ecuador el etiquetado de eficiencia energética de los electrodomésticos se estandariza a través del Instituto Ecuatoriano de Normalización, con las normas INEN. Para refrigeradoras y lavadoras se establecen las normas RTE INEN 035 e RTE INEN 077 respectivamente, ambas referenciadas en normativa internacional que se alinea a sus respectivas normas ISO -estándar normativo de la unión europea- (INEN, 2013; INEN 2018).

Como se observó con los datos estadísticos obtenidos del Instituto de Estadísticas y Censos (2020), la mayoría de hogares en el DM de Quito, tienen un uso mayoritario y permanente de refrigeradoras y lavadoras.

Sin embargo, en la ciudad y de acuerdo a la norma, se importan y comercializan únicamente aparatos de etiqueta “A” para uso doméstico desde el año 2021, de modo que

la mayoría de aparatos en el mercado cumplen con el estándar que asume EDGE APP. Los electrodomésticos de años anteriores podrían no cumplirla y asumirse como poco eficientes.

TABLA 24. RANGOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ECUADOR

CAPACIDAD ELECTRODOMÉSTICO, en litros	RANGO ELECTRODOMÉSTICO	
	PERMITIDO	NO PERMITIDO
≤ 500	A – B – C	D – E – F – G
> 500	A – B – C – D	E – F – G

Fuente: RTE INEN 035. INEN, (2013).

Caso Mejorado

El caso mejorado selecciona aparatos disponibles en el mercado ecuatoriano, y de presupuesto promedio -entre los \$500 y \$800 por cada uno-.

1.- Lavadora: acabado de acero inoxidable gris mate, carga frontal, display digital y tambor de acero inoxidable; etiqueta de eficiencia energética A y ahorro de agua.

2.-Refrigeradora: acabado de acero inoxidable gris mate, dispensador de hielo, y estantes flexibles; sistema *Inverter* e iluminación *LED para menor consumo*; etiqueta de eficiencia energética A.

REPRESENTACIÓN DE LA LÍNEA BASE



Figura 87: Selección de Electrodomésticos Eficientes.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

REPRESENTACIÓN DEL CASO MEJORADO



Figura 88: Selección de Electrodomésticos Eficientes.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

TABLA 25. OPTIMIZACIÓN CON EL USO DE ELECTRODOMÉSTICOS EFICIENTES

LÍNEA BASE	503 KWH/AÑO	42 KWH/MES	4.41 USD	OPTIMIZACIÓN: Permite ahorrar 81 kWh/año y 0.71 UDS al mes, usando electrodomésticos más eficientes. Se selecciona esta opción porque son los electrodomésticos más completos y eficientes en el rango de precio que se considera adecuado por esto se descartaron otras opciones.
CASO MEJORADO	422 KWH/ AÑO	35.2 KWH/MES	3.7 USD	
OPTIMIZACIÓN	81 KWH/ AÑO	40% GANANCIA	0.71 USD	

Fuente: Elaboración Propia. 2023.



MEE29: ENERGÍA RENOVABLE EN EL EMPLAZAMIENTO

El manual EDGE 3.0 asegura que se puede cumplir esta medida siempre y cuando se pueda afirmar que se está usando alguna fuente de energía renovable para la provisión eléctrica de la edificación dentro del predio donde se ésta se emplaza.

Así mismo, indica que hay diferentes fuentes de energías renovables como lo son: la energía obtenida de paneles fotovoltaicos, la energía de biomasa y las turbinas eólicas.

TABLA 26. ENERGÍAS RENOVABLES Y RESPECTIVAS FUENTES

TIPO DE ENERGÍA	FUENTE
FOTOVOLTAICA y TÉRMICA	SOL
HIDROELECTRICA	AGUA
TURBINA EÓLICA	VIENTO
BIOMASA	MATERIA ORGÁNICA

Fuente: Elaboración Propias. 2023.

Para EDGE es importante tomar muy en cuenta la tipología al momento de aplicar esta medida, debido a que las exigencias en cuanto a cantidad de energía necesaria y el espacio disponible, influirán en la selección del tipo de dispositivo de energía renovable que deba utilizarse.

El caso de línea base, se asume que la edificación no incorpora ningún tipo de energía renovable en el diseño, ni dentro, ni fuera del emplazamiento.

Caso Mejorado

Para el caso mejorado se propone la captación de energía solar, mediante el uso de paneles fotovoltaicos. Al estar en Quito, y según las condiciones climáticas analizadas -al igual que para el calentamiento de agua- aprovechar la energía emitida por la radiación solar es lo más conveniente.

Adicionalmente, se selecciona la energía fotovoltaica, por la disponibilidad de sistemas que hay en el mercado, ya que por las facilidades tributarias, muchas compañías están aumentando la importación y comercialización de este tipo de tecnologías.

En Quito, hay 5 horas pico de luz, por lo que un panel de 200 W, podría producir hasta 2000 W de potencia diaria. Una vivienda que consume aproximadamente 6 kWh por día, necesitaría 8 paneles solares para cubrir el total de la necesidad eléctrica de la vivienda.

Sin embargo, para facilidad de mantenimiento e inversión se decide incorporar 3 paneles, que cubran un poco más del 30% de la necesidad de electricidad de la vivienda.

SISTEMA SUPUESTO POR EL CASO BASE



Figura 89: Generación Tradicional de Energía.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

SISTEMA PROPUESTO POR EL CASO MEJORADO

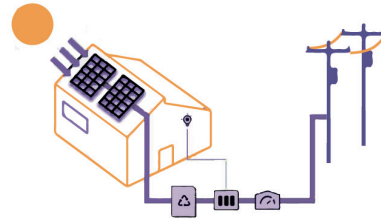


Figura 90: Generación de Energía con Paneles Fotovoltaicos.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

APLICACIÓN DEL CASO MEJORADO EN EL PROTOTIPO

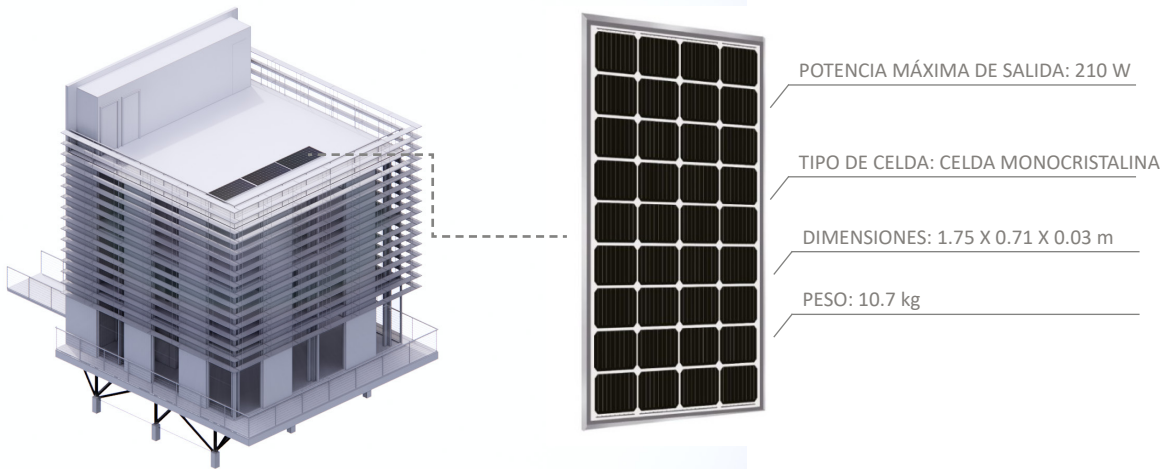


Figura 91: Incorporación de Paneles Solares al Caso Mejorado.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

TABLA 27. OPTIMIZACIÓN CON LA INCORPORACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE.

LÍNEA BASE	0 w	181	100%	OPTIMIZACIÓN: Al incorporar iluminación eficiente e iluminación solar, se puede optimizar la cantidad de energía empleada en la iluminación de áreas externas hasta en 39W, lo que generará un ahorro en dependencia de la cantidad de horas en las que estén encendidas las luces
CASO MEJORADO	210 W	127	70%	
OPTIMIZACIÓN		54	30%	

Fuente: Elaboración Propia. 2023.

ETAPA 3

Difusión de los resultados

Resultados

RESULTADOS FINALES CASO BASE VS MEJORADO

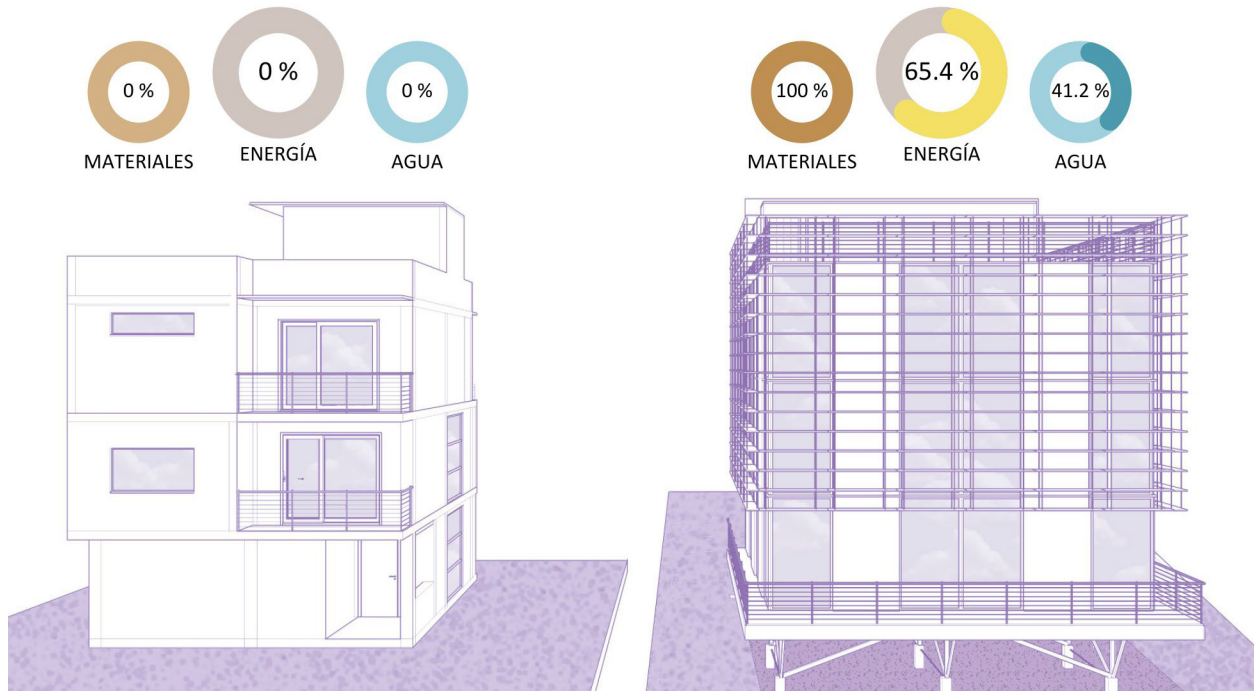


Figura 92: Visualización Resultados Finales.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

Como resultado final se puede afirmar que se aplicaron quince Medidas de Eficiencia Energética, pensando en un caso teórico ideal en el todas podrían aplicarse, debido a que no hay condicionamientos presupuestarios requerimientos específicos del cliente.

El prototipo de vivienda unifamiliar, dentro de los cálculos del software de certificación de sostenibilidad EDGE, logra un porcentaje de ahorro en el apartado de Energía del 65.37%. Lo que supera los requerimientos mínimos de la Certificación EDGE Advanced.

CONSUMO DEL CASO BASE VS CONSUMO DEL CASO MEJORADO

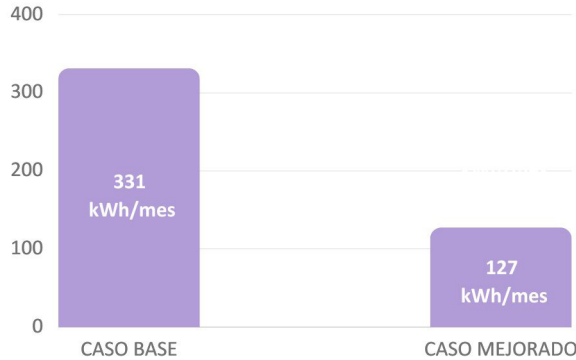


Figura 93: Consumo Eléctrico en kWh de las viviendas.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

PORCENTAJE DE AHORRO DEL CASO MEJORADO

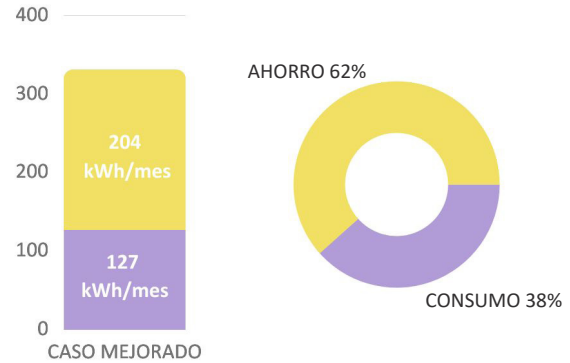


Figura 94: Porcentaje de ahorro en kWh del Caso Mejorado.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

Según el software EDGE APP (2023), el consumo final de energía eléctrica de la vivienda sostenible sería de 127 kwh/mes. Mientras que, la vivienda del caso base, estaría consumiendo 331 kwh/mes.

El ahorro de consumo eléctrico sería de 204 kWh/ mes, que representa un 38.37% de ahorro. EDGE APP, muestra el ahorro en kWh/m²/año. La vivienda del caso base, estaría consumiendo 16 y la vivienda sostenible 7.

RESULTADOS FINALES DEL GASTO ENERGÉTICO ANUAL

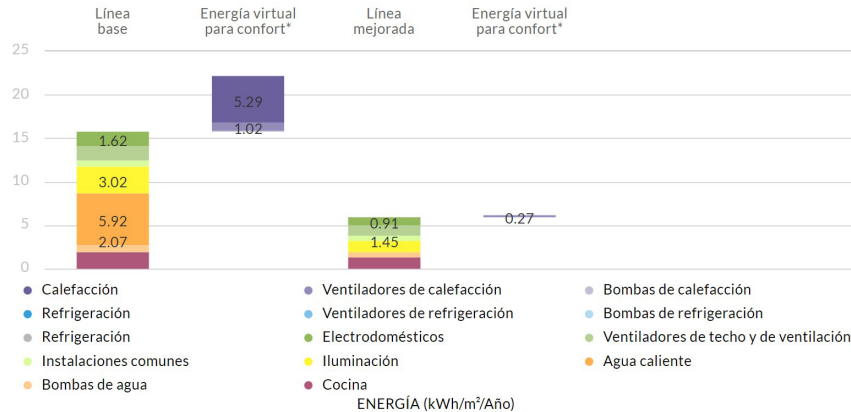


Figura 95: Resultados Finales del Consumo de Energía en kWh/m²/año.
Fuente: EDGE APP, (2023).

DESGLOCE DEL CONSUMO - CALEFACCIÓN

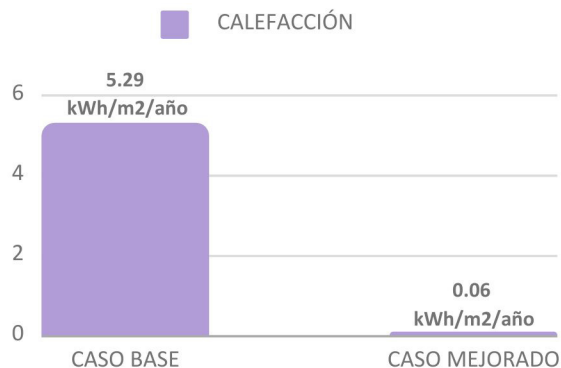


Figura 96: Consumo Energético Virtual por Calefacción.
Fuente: Elaboración Propia, en base a EDGE APP, 2023.

DESGLOCE DEL CONSUMO - INSTALACIONES COMUNES

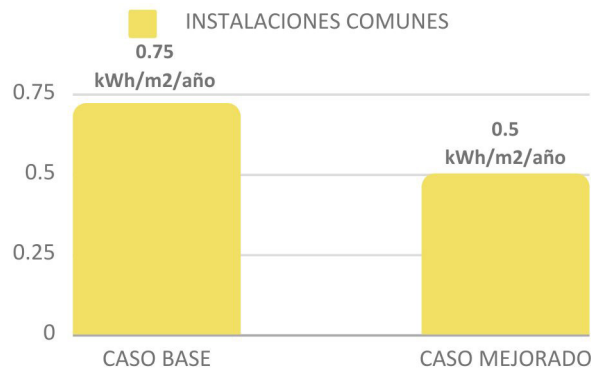


Figura 97: Consumo Energético de las Instalaciones Comunes.
Fuente: Elaboración Propia, en base a EDGE APP, 2023.

Según el software EDGE APP (2023), el consumo energético para calefacción virtualmente en Quito para la vivienda podría ser de 5.29 kwh/m2/año, con el caso mejorado se reduce a 0.06 kwh/m2/año. A su vez indica en que el consumo de ventiladores de calefacción sería de 1.02 kwh/m2/año, y se reduce a 0.27 kwh/m2/año.

EDGE APP indica que el consumo en instalaciones comunes sería de 0.75 kwh/m2/año, pero este se reduce a 0.5 con el caso mejorado. Así mismo con bombas de agua establece un consumo base de 0.79 kwh/m2/año, y el caso mejorado lo reduce a 0.55 kwh/m2/año.

DESGLOCE DEL CONSUMO - VENTILADORES CALEFACCIÓN

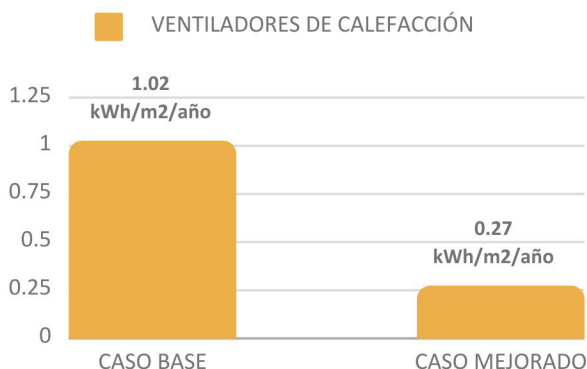


Figura 98: Consumo Energético Virtual por Ventiladores de Calefacción.
Fuente: Elaboración Propia, en base a EDGE APP, 2023.

DESGLOCE DEL CONSUMO - BOMBAS DE AGUA

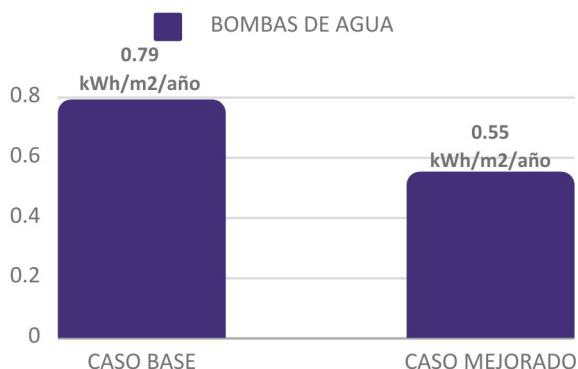


Figura 99: Consumo Energético de las Bombas de Agua.
Fuente: Elaboración Propia, en base a EDGE APP, 2023.

DESGLOCE DEL CONSUMO - ELECTRODOMÉSTICOS

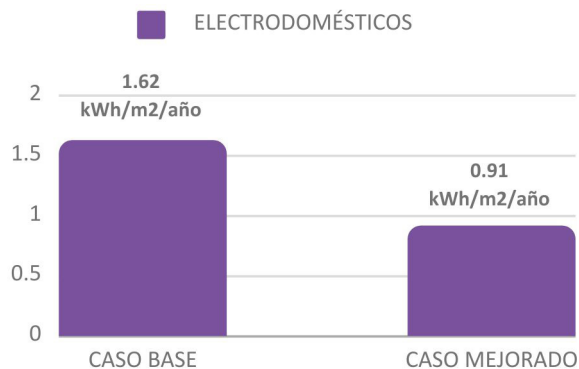


Figura 100: Consumo Energético de los Electrodomésticos.
Fuente: Elaboración Propia, en base a EDGE APP. 2023.

Para los electrodomésticos el caso base asume un consumo de 1.62 kwh/m2/año, con las mejoras del caso óptimo se reduce a 0.91 kwh/m2/año.

En cuanto a iluminación se prevé un consumo de 3.02 kwh/m2/año; sin embargo el caso base lo mejora a 1.36 kwh/m2/año.

DESGLOCE DEL CONSUMO - ILUMINACIÓN

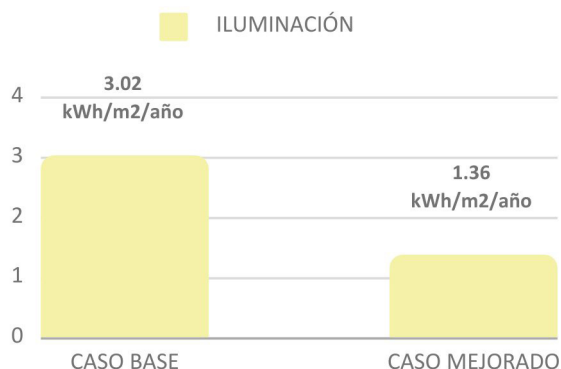


Figura 102: Consumo Energético de la Iluminación.
Fuente: Elaboración Propia, en base a EDGE APP. 2023.

APLICACIÓN DEL CASO MEJORADO EN EL PROTOTIPO

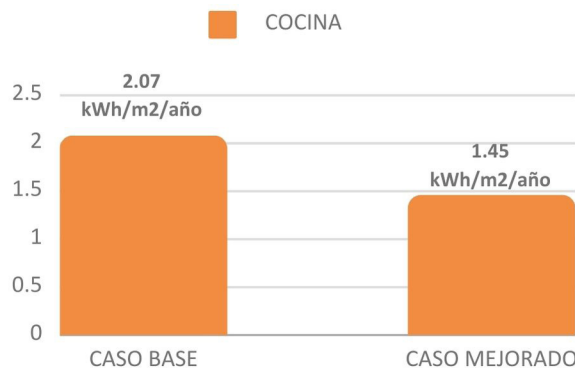


Figura 101: Comportamiento según el color del material de cubierta.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

En el caso base la cocina estaría consumiendo 2.07 kwh/m2/año, mientras que con las estrategias implementadas estaría consumiendo 1.46 kwh/m2/año.

El calentamiento de agua presenta el mayor ahorro ya que se prevé un uso energético de 5.97 kwh/m2/año y el caso mejorado lo logra reducir a 0.06 kwh/m2/año.

APLICACIÓN DEL CASO MEJORADO EN EL PROTOTIPO

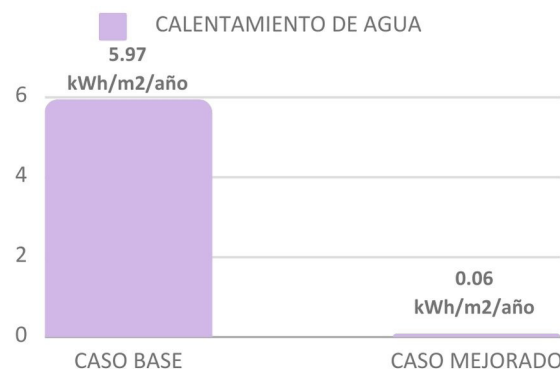


Figura 103: Comportamiento según el color del material de cubierta.
Fuente: Elaboración Propia. 2023.

Finalmente, los resultados se materializan en visualizaciones finales generales.

Al usar quince de las estrategias del Manual y Software EDGE, se obtiene un prototipo de vivienda unifamiliar sostenible, desarrollada mayoritariamente en madera, con sistemas sostenibles, como la inclusión de energías renovables para calentamiento de agua y producción de electricidad; que toma en cuenta el confort térmico y lumínico, con el mayor ahorro posible.

Este ahorro que se ve reflejado en la economía de la vivienda, más allá de la misma esencia de la investigación, ya que se alcanza un 67% de ahorro en costos de electricidad.

Tomando en cuenta que la electricidad en Quito se valora en 0.105 ctvs por kW/h, la vivienda tradicional facturaría \$34.7 al mes, mientras que la propuesta sostenible \$13.35 al mes, con un ahorro mensual de \$21.33 y anual de \$255.96.

RESULTADOS FINALES DEL CASO MEJORADO - ECONOMÍA



Figura 104: Visualización Realista de Resultados Finales.

Fuente: Elaboración Propia. 2023.



Reflexiones Finales

- Se concluye que EDGE es una herramienta efectiva para medir la eficiencia energética; sin embargo, primero se deben definir las medidas y la aplicación de las mismas en cada caso.
- La definición del caso base es fundamental para el entendimiento y el desarrollo del caso mejorado, y ésta se da en dependencia de características independientes por lugar.
- Se concluye, con base en la información obtenida de las entidades encargadas y los datos concretos del Distrito Metropolitano, que menos del 1% de las viviendas están cumpliendo con un ahorro de energético y eléctrico mínimo.



Recomendaciones

- Se recomienda generar con base en la presente, una futura investigación interdisciplinaria que pueda desarrollar las medidas de eficiencia energética a detalle, determinando los consumos promedio de una vivienda del mismo tipo, con el sustento de cálculos matemáticos basados en la estadística y la aplicación de las ingenierías.
- Se recomienda que, en la futura investigación, se busquen maneras de reducir los costos de la vivienda, para que se pueda aumentar paulatinamente la producción de vivienda sostenible y certificada.

Referencias Bibliográficas

- SCOTT, M., & LINDSEY, R. (2016, 15 junio). ¿Qué emite más dióxido de carbono? ¿Los volcanes o la actividad humana? NOAA Climate.gov. <https://www.climate.gov/news-features/climate-qa/%C2%BFqu%C3%A9-emite-m%C3%A1s-di%C3%B3xido-de-carbono-%C2%BFlas-volcanes-o-la-actividad-humana>
- UNEP. (2020). Emisiones del sector de los edificios alcanzaron nivel récord en 2019: informe de la ONU. UN Environment. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/emisiones-del-sector-de-los-edificios-alcanzaron-nivel>
- NIH. (2015). Instituto Nacional del Cáncer, Emisiones en el interior de las viviendas por la combustión de carbón en los hogares. Cancer.gov. <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/sustancias/carbon-en-viviendas>
- Organización de Naciones Unidas. (diciembre, 2020). La carrera hacia las cero emisiones de gases de efecto invernadero, y por qué el planeta depende de ella. Noticias ONU. <https://news.un.org/es/story/2020/12/1484952>
- United Nations Climate Change [CMNUCC]. (2022, marzo). Las emisiones mundiales de CO2 repuntaron en 2021 hasta su nivel más alto de la historia | CMNUCC. unfccc.int. <https://unfccc.int/es/news/las-emisiones-mundiales-de-co2-repuntaron-en-2021-hasta-su-nivel-mas-alto-de-la-historia>
- International Energy Agency. (2022, octubre). World Energy Outlook 2022. OECD. <https://doi.org/10.1787/3a469970>
- Richter, A., & de Desarrollo, B. I. (2020, May 29). El impacto de la crisis del coronavirus en el sector de la construcción pública. Ciudades Sostenibles BID. <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/el-impacto-del-covid-19-en-la-construccion-publica/>
- Naciones Unidas. (noviembre, 2022). Las emisiones históricas del sector de la construcción lo alejan de los objetivos de descarbonización. Noticias ONU. <https://news.un.org/es/story/2022/11/1516722>
- Alvarez García, G. (2013). Energía en Edificaciones. Revista Mexicana de Física, 59(2), 44-51.
- Banco Interamericano de Desarrollo, Hub de América Latina y el Caribe, García, F., Ruchansky, B., Carpio, C., Guillén, J., Lopez, J., Materán, M., Hallack, M., Blanco, A., secretario ejecutivo OLADE, Yépez, A., Aiello, R. G., & Sánchez, J. (2017). Eficiencia Energética en América Latina y el Caribe: Avances y Oportunidades. Iniciativa Energía Sostenible para Todos (Sustainable Energy for All-SEforALL). <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0397.pdf>
- Instituto de Investigación Geológico y Energético - IIGE, Ministerio de Energía y Minas, Lasso, G., & Grunauer, X. V. (2022). Balance Energético Nacional 2021.

www.recursosyenergia.gob.ec

-MUNICIPIO DMQ. (2021). Información sobre demografía - Quito Como Vamos 2020 Demografía Crecimiento poblacional y expansión rural. <https://quitocomovamos.org/wp-content/uploads/2021/05/1.DEMOGRAF%C3%8DA.pdf>

- Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (septiembre, 2021). Plan Metropolitano de Desarrollo Territorial 2021-2033. <https://fundacionmuseosquito.gob.ec/lotaip/2023/RC/1.-%20Plan%20Metropolitano%20de%20Desarrollo%20y%20Ordenamiento%20Territorial-1.pdf>

-Baquero, M., & Quesada, F. (2016). Eficiencia energética en el sector residencial de la Ciudad de Cuenca, Ecuador. MASKANA. (2), 147–165. <https://doi.org/10.18537/mskn.07.02.11>

-Bustamante, W. (2009). Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social Hybrid life cycle inventory of Chilean construction materials View project A mass personalization platform to reduce life-cycle energy demand in Chilean social housing View project. <https://doi.org/10.13140/2.1.2184.3847>

-Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2021). ESTADÍSTICA DEL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO 2020. <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/09/Estadistica-2020-baja.pdf>

- Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2022). ESTADÍSTICA ANUAL Y MULTIANUAL DEL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO 2021. <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/04/Estadisti>

ca2021.pdf

- Serrano, C. & Durán, G. (2020). Geografía de la fragmentación en el periurbano de Quito: un análisis de las nuevas centralidades Cumbayá-Tumbaco y San Antonio de Pichincha. <https://www.scielo.cl/pdf/eure/v46n137/0717-6236-eure-46-137-0247.pdf>

- Souza, E. (18 de julio, 2019). ¿Cómo reducir las emisiones de carbono en proyectos de arquitectura? ArchDaily en español. <https://www.archdaily.cl/cl/921338/como-reducir-las-emisiones-de-carbono-en-proyectos-de-arquitectura>

- Sánchez Fuentes, D.; Tapia Martín, C. (2012). La innovación en formación de investigación en el "máster en ciudad y arquitectura sostenibles". <http://hdl.handle.net/10251/14917>

-Acosta, D. (2009). Arquitectura y construcción sostenibles: CONCEPTOS, PROBLEMAS Y ESTRATEGIAS. <https://www.redalyc.org/pdf/3416/341630313002.pdf>

- Tamayo, R.; Rocha-Tamayo, E. (2011). Construcciones sostenibles: materiales, certificaciones y LCA 1. In Revista nodo N

- Gómez, I. (2020). Desarrollo sostenible. 1(1), 131. <https://books.google.at/books?id=ZSPvDwAAQBAJ>

- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (s/f). Objetivos de Desarrollo Sostenible. UNDP. Recuperado el 5 de mayo de 2023, de <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>

- Organización de las Naciones Unidas. (2018, agosto 22). Objetivos y metas de Desarrollo Sostenible. UN.ORG. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustai>

nable-development-goals/

- Lira, A. (2018). Introducción al concepto de sostenibilidad. Unidades de Apoyo para el Aprendizaje. CUAED/ Facultad de Arquitectura-UNAM. Recuperado el 5 de mayo de 2023, de <https://uapa.cuaieed.unam.mx/sites/default/files/minisite/static/693ee8e8-f02c-43c2-8222-498e1e8b8814/ConceptoSostenibilidad/index.html>

- López, I. (2015). Sobre el desarrollo sostenible y la sostenibilidad: conceptualización y crítica. *Barataria. Revista Castellano- Manchega de Ciencias Sociales*, (20), 111-128.

- Bruno, L., & Ferreyra, L. (2013). Sustentable o Sostenible: ¿un problema solo terminológico? Estudio de caso. Universidad Nacional de Córdoba. <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1780/Bruno,%20Laura.%20Sustentable%20o%20sostenible.pdf?sequence=15&isAllowed=y>

- ÁVILA, P. (2018). LA SUSTENTABILIDAD O SOSTENIBILIDAD: UN CONCEPTO PODEROSO PARA LA HUMANIDAD. *Tabula Rasa*, (28), 409-423. <https://doi.org/10.25058/20112742.n28.18>

- Universidad de Murcia. (2012). Significado de Eco-amigable. *Diccionario de Neologismos del Español Actual*. <https://www.um.es/neologismos/index.php/v/neologismo/424/ecoamigable#:~:text=Definici%C3%B3n,Respetuoso%20con%20el%20medioambiente.>

- Falomir Torregrosa, JJ. (2019). ARQUITECTURA SOSTENIBLE. Aspectos bioclimáticos. <http://hdl.handle.net/10251/134581>

- Garzón, B. (2021). *Arquitectura sostenible: Bases, soportes y casos*. Nobuko. <https://books.google.at/>

[books?id=5I0zEAAAQBAJ](https://books.google.at/books?id=5I0zEAAAQBAJ)

- Sassi, P. (2006). *Strategies for Sustainable Architecture*. Taylor & Francis. <https://books.google.at/books?id=YD-MXssarPvwC>

- González, M. (2021). *DISEÑO SOSTENIBLE DE UN HOTEL EN EL SECTOR DE LA Y, QUITO, 2020*. [Tesis de pregrado Universidad Tecnológica Indoamérica]. <http://repositorio.uti.edu.ec//handle/123456789/1989>

- Rocha-Tamayo, E.(2011). *Construcciones sostenibles: materiales, certificaciones y LCA 1*. En *Revista nodo N* (Vol. 11).

- Corporación Financiera Internacional. (octubre, 2021). *Guía del usuario de EDGE*. (versión 3.0). <https://edgebuildings.com/wp-content/uploads/2022/04/211026-EDGE-User-Guide-for-All-Building-Types-Version-3.0.A.pdf>

- Espíndola, C. & Valderrama, J. O. (2018). *Huella del carbono: cambio climático, gestión sustentable y eficiencia energética*. Editorial ebooks Patagonia - Editorial Universidad de La Serena. <https://elibro.net/es/lc/utiec/titulos/190900>

- Ministerio de Economía Argentina. (2019, septiembre 17). *Eficiencia Energética*. Argentina.gob.ar. <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/eficiencia-energetica>

- United Nations. (2021). *Energías renovables: energías para un futuro más seguro*. Organización de Naciones Unidas Español. <https://www.un.org/es/climatechange/raising-ambition/renewable-energy>

- Cortés, N. M. (2021). *PRODUCCIÓN DE ENERGÍA LIMPIA, EMPLEANDO UNA CELDA DE COMBUSTIBLE MICROBIA-*

NA BÉNTICA [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Morelos]. <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/3345/COVNLC04.pdf?sequence=1>

- González Velasco, J. (2015). Energías renovables. Editorial Reverté. <https://elibro.net/es/lc/utiec/titulos/46748>

- Molina, P., Sabando, M. (2022). La Eficiencia Energética en la Arquitectura. Estudio de caso: Edificio del Gobierno Provincial de Manabí en la ciudad de Portoviejo [Tesis de pregrado, Universidad San Gregorio de Portoviejo]. <http://repositorio.sangregorio.edu.ec/bitstream/123456789/2649/1/ARQ-C2022-011.pdf>

- Castro, S. F. (2021). Confort físico, espacial y psicológico en los espacios arquitectónicos: Experiencia de confort desde la arquitectura [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia]. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/3e17f572-a97e-47c0-919e-8bbd2ee12178/content>

- Chávez, F. (2002). Zona variable de confort térmico. Universidad Politécnica de Catalunya. <https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/6104/07CAPITULO2.pdf>

- Moreira, S. (2021, abril 8). Estrategias de confort lumínico aplicadas en proyectos de vivienda. ArchDaily en español. <https://www.archdaily.cl/cl/959801/estrategias-de-confort-luminico-aplicadas-en-proyectos-de-vivienda>

- Real Academia de la Lengua Española. (2022). VIVIENDA. Rae.es. <https://dle.rae.es/vivienda>

- Organización Mundial de la Salud. (2018). WHO housing and health guidelines. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK583399/pdf/Bookshelf_NBK583399.pdf

- Carrillo, A. (2007). DISEÑO ALTERNATIVO DE VIVIENDA ÓPTIMA. [Tesis de pregrado, Universidad Internacional SEK].

- Fernández, P., & Morillón, D. (2021). Diferencias socioterritoriales en el conocimiento y uso de dispositivos ecológicos para la vivienda de la Ciudad de México. Estudios demográficos y urbanos, 36(2), 563–595. <https://doi.org/10.24201/edu.v36i2.1950>

- Silva, M. (2022, septiembre 1). ¿Cómo incentivar la construcción de vivienda sostenible? Banco Interamericano de Desarrollo. <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/como-incentivar-la-construccion-de-vivienda-sostenible/>

- Corporación Financiera Internacional. (octubre, 2021). Guía del usuario de EDGE. (versión 3.0). <https://edgebuildings.com/wp-content/uploads/2022/04/211026-EDGE-User-Guide-for-All-Building-Types-Version-3.0.A.pdf>

Anexos

Panel Solar Fotovoltaico Eco Green Energy EGE-210M-36(M6) PERC	
DATOS ELÉCTRICOS STC*	
Potencia de salida (PMax)	210W
Tolerancia	0~+5 W
Voltaje máximo (Vmp)	19.89 V
Corriente Máxima (Imp)	10.56 A
Voltaje de circuito abierto (Voc)	23.94 V
Corriente de corto circuito (Isc)	11.13 A
* Condiciones estándar de pruebas (STC): Irradiación: 1.000 W/m2 Temperatura de las celdas: 25°C AM: 1.5	
DATOS ELÉCTRICOS NOCT*	
Potencia de salida (PMax)	156.58 W
Voltaje máximo (Vmp)	18.64 V
Corriente Máxima (Imp)	8.39 A
Voltaje de circuito abierto (Voc)	22.20 V
Corriente de corto circuito (Isc)	9.05 A
** Temperatura nomilan de operación de las celdas (NOCT): Irradiación: 800 W/m2 Temperatura ambiental: 20°C AM: 1.5 Velocidad del viento: 1 m/s	
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	
Tipo de celda	Monocristalina(166x166 mm)
Numero de celdas	36
Dimensiones	1,570x710x30mm
Peso	10.7 kg
Vidrio	Vidrio templado de 3.2 mm, Alta transmisión (>94%), Recubrimiento antirreflejo
Armazón	Aleación de aluminio anodizado
Caja de juntura	Calificada IP67
Cable	4.0mm ; 900mm; largo se puede personalizar
Conector	MC4 o compatible con MC4
Carga frontal máxima (p.ej. nieve)	5.400 Pa
Carga trasera máxima (p.ej. viento)	2.400 Pa
CARACTERÍSTICAS DE TEMPERATURA	
NOCT	45°C ±2 °C
Coefficiente de temperatura Pmax	-0.35%/°C
Coefficiente de temperatura Voc	-0.28%/°C
Coefficiente de temperatura Isc	+0.048%/°C
RANGOS MÁXIMOS	
Rango de temperatura de operación	-40 °C ~+85 °C
Voltaje máximo del sistema	1,500V/DC(IEC)
Tasa máxima de fusibles de la serie	25 A



Universidad
Indoamérica

Arquitectura

Quito, 2023