



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA  
SUPERIOR  
D'ARQUITECTURA

## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

Escuela Técnica Superior de Arquitectura  
Máster en Arquitectura Avanzada, Paisaje,  
Urbanismo y Diseño

### ANÁLISIS DE LAS TIPOLOGÍAS DE VIVIENDA DEL DEPARTAMENTO DE AREQUIPA (PERÚ) SEGÚN LA ZONA BIOCLIMÁTICA Y PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA.

Autor:

Alonso Cecilio Aguilar Aguirre

Tutor:

Dr. Arq. Vicente Blanca Giménez

Valencia- España  
2020- 2021



## **DEDICATORIA**

A mis padres Celso y Margarita por ser mi guía en el camino para llegar a este punto de mi carrera, con su apoyo y ejemplo.

A mis hermanos David y Enmanuel, por su apoyo emocional.

A mis abuelitos Cecilio (+) y Lucrecia, quienes serán siempre una gran inspiración.

A mi novia Rossy, por su amor y apoyo incondicional.

Alonso C.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por la vida y todas sus bendiciones,

A mi familia, por su apoyo infinito,

A mi director de tesis Vicente Blanca Giménez, por su orientación y tiempo dedicado,

Al gobierno peruano, por la confianza y financiamiento de mis estudios de maestría.

## RESUMEN

El uso excesivo de la energía continua en aumento agotando los recursos energéticos y provocando impactos negativos que contribuyen al cambio climático, gran parte de las emisiones de CO<sub>2</sub> y de la energía consumida en el mundo, son producto de las edificaciones.

La presente investigación evalúa el comportamiento energético de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa en el sur del Perú. Se analiza el contexto, los sistemas constructivos y los materiales predominantes en su construcción; posteriormente se realiza la certificación de eficiencia energética de una tipología de vivienda por cada zona bioclimática en la región.

Una vez obtenida la certificación del estado actual de cada tipología, se proponen medidas de mejoras pasivas y activas, con la finalidad de mejorar su rendimiento energético, evaluando la importancia de cada tipo de mejora en la certificación de eficiencia energética final.

Ante la ausencia de herramientas que calculen la eficiencia energética de los edificios residenciales en el Perú, la investigación se apoya en herramientas aprobadas por el Código Técnico de España (CTE).

**Palabra Clave:** Eficiencia Energética, Medida de Mejora Pasiva, Medida de Mejora Activa, Arequipa, Perú.

## ABSTRACT

The excessive use of energy continues to increase, depleting energy resources and causing negative impacts that contribute to climate change. Much of the CO<sub>2</sub> emissions and the energy consumed in the world are the product of buildings.

This research evaluates the energy behavior of the housing typologies of the Arequipa department in southern Peru. The context, the construction systems and the predominant materials in its construction are analyzed; subsequently, the energy efficiency certification of a housing typology is carried out for each bioclimatic zone in the region.

Once the certification of the current state of each type has been obtained, passive and active improvement measures are proposed, in order to improve its energy performance, evaluating the importance of each type of improvement in the final energy efficiency certification.

In the absence of tools that calculate the energy efficiency of residential buildings in Peru, the research is supported by tools approved by the Technical Code of Spain (CTE).

**Keyword:** Energy Efficiency, Passive Improvement Measure, Active Improvement Measure, Arequipa, Perú.

## INDICE

I.	PRESENTACIÓN DEL TEMA.....	2
1.1.	Estado del arte .....	2
1.2.	Justificación.....	3
1.3.	Objetivos .....	5
1.3.1.	Objetivo General.....	5
1.3.2.	Objetivos Específicos .....	5
1.4.	Metodología.....	5
1.5.	Alcances y Limitaciones .....	6
1.5.1.	Alcances .....	6
1.5.2.	Limitaciones .....	6
II.	MARCO TEÓRICO.....	8
2.1.	Certificación energética en la Unión Europea.....	8
2.1.1.	Certificado de eficiencia energética .....	8
2.1.2.	Certificación energética en Dinamarca .....	10
2.1.3.	Certificación energética en Francia .....	10
2.1.4.	Certificación energética en Alemania.....	11
2.1.5.	Certificación energética en Bélgica .....	15
2.1.6.	Certificación energética en Reino Unido.....	15
2.1.7.	Certificación energética en Europa Oriental .....	17
2.1.8.	Certificación energética en Europa Mediterránea.....	18
2.2.	Certificación energética en España .....	19
2.2.1.	Código Técnico de la Edificación (CTE).....	21
2.3.	Certificación energética en el Perú.....	23
2.3.1.	MiVivienda Sostenible o MiVivienda Verde .....	24
2.3.2.	Normativa en el Perú .....	26
III.	SITUACIÓN ACTUAL AREQUIPA – PERÚ .....	30
3.1.	Situación geográfica y climática del Perú .....	30
3.1.1.	Ubicación .....	30
3.1.2.	Superficie y población.....	30
3.1.3.	Morfología .....	30
3.1.4.	Clima .....	31
3.1.5.	Zonificación bioclimática del Perú .....	33
3.2.	Situación geográfica y climática de Arequipa.....	35
3.2.1.	Ubicación .....	35
3.2.2.	Demarcación política .....	35
3.2.3.	Superficie y población.....	36
3.2.4.	Morfología .....	36

3.2.5.	Zonificación bioclimática de Arequipa .....	36
3.3.	Zonas bioclimáticas de estudio.....	37
3.3.1.	Zona 1: Desértico Marino – Camaná e Islay.....	37
3.3.2.	Zona 3: Interandino Bajo – Caravelí, Castilla y Condesuyos .....	42
3.3.3.	Zona 4: Mesoandino – Arequipa y Condesuyos .....	47
3.3.4.	Zona 5: Altoandino – Caylloma.....	50
3.3.5.	Zona 6: Nevado – La Unión.....	53
3.4.	Tipologías de viviendas: según materiales utilizados .....	57
3.4.1.	Zona 1: Desértico Marino .....	57
3.4.2.	Zona 3: Interandino Bajo .....	58
3.4.3.	Zona 4: Mesoandino .....	59
3.4.4.	Zona 5: Altoandino.....	60
3.4.5.	Zona 6: Nevado .....	60
3.5.	Descripción de sistemas constructivos.....	61
3.5.1.	Sistema constructivo tradicional en Albañilería confinada.....	61
3.5.2.	Sistema constructivo en Adobe.....	62
3.5.3.	Sistema constructivo en Piedra .....	63
3.6.	Propiedades térmicas de los materiales.....	64
3.6.1.	Materiales de construcción en muros.....	64
3.6.2.	Materiales de construcción en techos .....	66
3.6.3.	Materiales de construcción en pisos .....	67
IV.	CERTIFICACIÓN DE EFICIENCIA ENERGETICA.....	70
4.1.	Selección del caso de estudio por zona bioclimática .....	70
4.1.1.	Caso de estudio N° 1 – Zona Desértico Marino .....	71
4.1.2.	Caso de estudio N° 2 – Zona Interandino Bajo.....	74
4.1.3.	Caso de estudio N° 3 – Zona Mesoandino .....	77
4.1.4.	Caso de estudio N° 4 – Zona Altoandino .....	83
4.1.5.	Caso de estudio N° 5 – Zona Nevado .....	86
4.2.	Definición de zonas climáticas en España similar a la de los casos de estudio .....	89
4.3.	Certificación de eficiencia energética de los casos de estudio .....	93
4.3.1.	Caso de estudio N° 1 – Zona Desértico Marino .....	93
4.3.2.	Caso de estudio N° 2 – Zona Interandino Bajo.....	98
4.3.3.	Caso de estudio N° 3 – Zona Mesoandino .....	103
4.3.4.	Caso de estudio N° 4 – Zona Altoandino .....	108
4.3.5.	Caso de estudio N° 5 – Zona Nevado .....	111
V.	MEJORAS ENERGETICAS APLICADAS A LOS CASOS DE ESTUDIOS.....	117
5.1.	Mejoras energéticas Caso de estudio N° 1.....	117
5.1.1.	Memoria constructiva de mejoras .....	117

5.1.2.	Certificación con mejoras pasivas .....	121
5.1.3.	Certificación con mejoras pasivas y activas.....	122
5.1.4.	Viabilidad económica.....	124
5.1.5.	Vistas 3D.....	125
5.2.	Mejoras energéticas Caso de estudio N° 2.....	126
5.2.1.	Memoria constructiva de mejoras .....	126
5.2.2.	Certificación con mejoras pasivas .....	129
5.2.3.	Certificación con mejoras pasivas y activas.....	130
5.2.4.	Viabilidad económica.....	132
5.2.5.	Vistas 3D.....	133
5.3.	Mejoras energéticas Caso de estudio N° 3.....	134
5.3.1.	Memoria constructiva de mejoras .....	134
5.3.2.	Certificación con mejoras pasivas .....	137
5.3.3.	Certificación con mejoras pasivas y activas.....	138
5.3.4.	Viabilidad económica.....	139
5.3.5.	Vistas 3D.....	141
5.4.	Mejoras energéticas Caso de estudio N° 4.....	142
5.4.1.	Memoria constructiva de mejoras .....	142
5.4.2.	Certificación con mejoras pasivas .....	145
5.4.3.	Certificación con mejoras pasivas y activas.....	146
5.4.4.	Viabilidad económica.....	147
5.4.5.	Vistas 3D.....	148
5.5.	Mejoras energéticas Caso de estudio N° 5.....	149
5.5.1.	Memoria constructiva de mejoras .....	149
5.5.2.	Certificación con mejoras pasivas .....	152
5.5.3.	Certificación con mejoras pasivas y activas.....	153
5.5.4.	Viabilidad económica.....	154
5.5.5.	Vistas 3D.....	155
5.6.	Cumplimiento de la norma peruana EM. 110 en las mejoras energéticas.....	156
CONCLUSIONES .....		160
RECOMENDACIONES .....		161
BIBLIOGRAFIA .....		163
ANEXOS.....		166

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cuota global de edificios y energía final de construcción y emisiones 2018. Fuente: IEA (2019) .....	2
Figura 2. Estructura del consumo final de energía y Emisiones de GEI por sectores. Fuente: MINEN (2017) .....	4
Figura 3. Esquema Metodológico. Fuente: Elaboración Propia (2021).....	6
Figura 4. Elementos de Certificación Energética (Indicadores y escala de puntuación). Fuente: Gobierno de España (s.f.).....	9
Figura 5. Certificación Energética en Dinamarca. Fuente: Energimærkning (s.f.) .....	10
Figura 6. Indicador de medida, Certificación Energética Francia. Fuente: Diagnostic of performancé énergétique (s.f.).....	11
Figura 7. Certificación Energética en Francia. Fuente: Diagnostic of performancé énergétique (s.f) .....	11
Figura 8. Certificación Energética en Alemania, Pág. 1 y 2 (Certificado de demanda). Fuente: Energieausweis (s.f.).....	12
Figura 9. Certificación Energética en Alemania, Pág. 3 (Certificado de Consumo) y 4. Fuente: Energieausweis (s.f.).....	13
Figura 10. Criterios del Passivhaus. Fuente: Elaboración Propia basado en Passivhaus Institute (2021) .....	14
Figura 11. Principios Passivhaus. Fuente: Passivhaus Institute (s.f.) .....	14
Figura 12. Certificación Energética Bélgica. Fuente: PEB y Energieprestatiecertificaat (s.f.) .....	15
Figura 13. Certificado Energético Reino Unido, Pág. 1 y 4. Fuente: Energy performance certificate (s.f.).....	16
Figura 14. Certificado Energético en España y Anexo N° 1. Fuente: Gobierno de España (s.f.)... 20	
Figura 15. Certificado Energético en España - Anexo N° 2, Anexo N° 3 y Anexo N° 4. Fuente: Gobierno de España (s.f.).....	20
Figura 16. Etiqueta de Eficiencia Energética en España. Fuente: Gobierno de España (s.f.) .....	21
Figura 17. Esquema Piramidal de la reglamentación. Fuente: CTE (2020) .....	21
Figura 18. Demanda y eficiencia de los sistemas. Fuente: DB-HE, CTE (2020) .....	22
Figura 19. Certificación LEED. Fuente: USGBC (s.f.) .....	23
Figura 20. Certificación EDGE. Fuente: EDGE (s.f.) .....	23
Figura 21. Certificación MiVivienda Sostenible o MiVivienda Verde. Fuente: Fondo MiVivienda (2020) .....	25
Figura 22. Ubicación del Perú en el mundo. Fuente: Google (s.f.).....	30
Figura 23. Mapa morfológico del Perú. Fuente: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MINAGRI) (s.f.) .....	31
Figura 24. Variables de la modificación climática en el Perú. Fuente: Elaboración Propia Basado en MINEDU (2008) .....	31
Figura 25. Mapa climático del Perú según la Clasificación Koppen-Geiger y Thornthwite. Fuente: MINEDU (2008) .....	32
Figura 26. Mapa de las 8 regiones naturales del Perú según Pulgar Vidal. Fuente: Benavides J. (s.f.) .....	32
Figura 27. Mapa bioclimático del Perú según el sistema de Rayter Zúñiga. Fuente: MINEDU (2008) .....	33
Figura 28. Ubicación de Arequipa - Perú. Fuente: Google (s.f.) .....	35
Figura 29. Demarcación política de Arequipa. Fuente: INEI (2017) .....	35
Figura 30. Mapa bioclimático de Arequipa. Fuente: Elaboración propia en base a Rayter Zúñiga (2021) .....	36
Figura 31. Fotografías de las provincias de Islay y Camaná. Fuente: Google (s.f.).....	38
Figura 32. Material predominante en paredes de Camaná e Islay. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017) .....	39



Figura 33. Material predominante en techos de Camaná e Islay. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017) .....	39
Figura 34. Material predominante en pisos de Camaná e Islay. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017) .....	40
Figura 35. Abastecimiento de agua de Camaná e Islay. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017) .....	40
Figura 36. Sistema de alcantarillado de Camaná e Islay. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017) .....	41
Figura 37. Alumbrado eléctrico por red pública de Camaná e Islay. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017) .....	41
Figura 38. Fotografías de las provincias de Caravelí y Castilla. Fuente: Google (s.f.) .....	42
Figura 39. Fotografías de la provincia de Condesuyos. Fuente: Google (s.f.) .....	43
Figura 40. Material predominante en paredes de Caravelí, Castilla y Condesuyos. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017) .....	43
Figura 41. Material predominante en techos de Caravelí, Castilla y Condesuyos. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017) .....	44
Figura 42. Material predominante en pisos de Caravelí, Castilla y Condesuyos. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017).....	44
Figura 43. Abastecimiento de agua de Caravelí, Castilla y Condesuyos. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017) .....	45
Figura 44. Sistema de alcantarillado de Caravelí, Castilla y Condesuyos. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017) .....	46
Figura 45. Conexión de alumbrado eléctrico por red pública de Caravelí, Castilla y Condesuyos. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017) .....	46
Figura 46. Fotografía de la provincia de Arequipa. Fuente: Google (s.f.) .....	47
Figura 47. Material predominante en paredes de Arequipa. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017).....	48
Figura 48. Material predominante en techos de Arequipa. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017).....	48
Figura 49. Material predominante en pisos de Arequipa. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017).....	49
Figura 50. Abastecimiento de agua de Arequipa. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017) .....	49
Figura 51. Sistema de alcantarillado de Arequipa. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017) .....	50
Figura 52. Conexión de alumbrado eléctrico por red pública de Arequipa. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017).....	50
Figura 53. Fotografía de la provincia de Caylloma. Fuente: Elaboración propia (2020).....	51
Figura 54. Material predominante en paredes de Caylloma. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017).....	51
Figura 55. Material predominante en techos de Caylloma. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017).....	52
Figura 56. Material predominante en pisos de Caylloma. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017).....	52
Figura 57. Abastecimiento de agua de Caylloma. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017) .....	53
Figura 58. Sistema de alcantarillado de Caylloma. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017) .....	53
Figura 59. Conexión de alumbrado eléctrico por red pública de Caylloma. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017).....	53
Figura 60. Fotografía de la provincia de La Unión y San Antonio de Chuca. Fuente: Fotografía de Diego Barrientos y Google (s.f.) .....	54

Figura 61. Material predominante en paredes de San Antonio de Chuca. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017).....	55
Figura 62. Material predominante en techos de San Antonio de Chuca. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017) .....	55
Figura 63. Material predominante en pisos de San Antonio de Chuca. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017) .....	55
Figura 64. Abastecimiento de agua de San Antonio de Chuca. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017).....	56
Figura 65. Sistema de alcantarillado de San Antonio de Chuca. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017).....	56
Figura 66. Conexión de alumbrado eléctrico por red pública de San Antonio de Chuca. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017) .....	57
Figura 67. Tipologías de vivienda según su material predominante de construcción de la zona bioclimática "Desértico Marino" (a). Fuente: Elaboración propia (2021).....	57
Figura 68. Tipologías de vivienda según su material predominante de construcción de la zona bioclimática "Desértico Marino" (b). Fuente: Elaboración propia (2021).....	58
Figura 69. Tipologías de vivienda según su material predominante de construcción de la zona bioclimática "Interandino" (a). Fuente: Fotografías de Diego Barrientos (2020) .....	58
Figura 70. Tipologías de vivienda según su material predominante de construcción de la zona bioclimática "Interandino" (b). Fuente: Fotografías de Diego Barrientos (2020) .....	59
Figura 71. Tipologías de vivienda según su material predominante de construcción de la zona bioclimática "Mesoandino". Fuente: Google Maps (2020) .....	59
Figura 72. Tipologías de vivienda según su material predominante de construcción de la zona bioclimática "Altoandino". Fuente: Elaboración propia (2020).....	60
Figura 73. Tipologías de vivienda según su material predominante de construcción de la zona bioclimática "Nevado". Fuente: Elaboración propia (2020).....	61
Figura 74. Sistema constructivo de albañilería confinada. Fuente: Aceros Arequipa (s.f.) .....	62
Figura 75. Sistema constructivo de Adobe. Fuente: Manual del Construcción edificaciones antisísmicas de Adobe (2010) .....	63
Figura 76. Sistema constructivo de Piedra. Fuente: Aroca Martínez M. (2008) .....	64
Figura 77. Ubicación general de los casos de estudio. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	71
Figura 78. Ubicación del caso de estudio N° 1 (a). Fuente: Elaboración propia (2021).....	71
Figura 79. Ubicación del caso de estudio N° 1 (b). Fuente: Elaboración propia (2021) .....	72
Figura 80. Fotografías del caso de estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021).....	72
Figura 81. Caso de estudio N° 1, Planos arquitectónicos - Planta baja - Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021).....	72
Figura 82. Caso de estudio N° 1, Planos arquitectónicos - Planta cubierta – Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021).....	73
Figura 83. Caso de estudio N° 1, Planos arquitectónicos - Sección 1 - 1' – Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021).....	73
Figura 84. Caso de estudio N° 1, Planos arquitectónicos - Sección 2 - 2' – Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021).....	73
Figura 85. Caso de estudio N° 1, Planos arquitectónicos - Elevación frontal – Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021).....	73
Figura 86. Ubicación del caso de estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021).....	74
Figura 87. Fotografías del caso de estudio N° 2. Fuente: Google maps (2021) .....	74
Figura 88. Caso de estudio N° 2, Planos arquitectónicos - Planta baja - Esc. 1/200. Fuente: Elaboración propia (2021).....	75
Figura 89. Caso de estudio N° 2, Planos arquitectónicos - Planta cubierta - Esc. 1/200. Elaboración propia (2021).....	76
Figura 90. Caso de estudio N° 2, Planos arquitectónicos - Sección 1 - 1' (a) - Esc. 1/200. Fuente: Elaboración propia (2021).....	76

Figura 91. Caso de estudio N° 2, Planos arquitectónicos - Sección 1 - 1' (b) - Esc. 1/200. Fuente: Elaboración propia (2021).....	77
Figura 92. Caso de estudio N° 2, Planos arquitectónicos - Sección 2 - 2' - Esc. 1/200. Fuente: Elaboración propia (2021).....	77
Figura 93. Caso de estudio N° 2, Planos arquitectónicos - Elevación frontal - Esc. 1/200. Fuente: Elaboración propia (2021).....	77
Figura 94. Ubicación del caso de estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021).....	78
Figura 95. Fotografías del caso de estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021).....	78
Figura 96. Caso de estudio N° 3, Planos arquitectónicos - Planta baja - Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021).....	79
Figura 97. Caso de estudio N° 3, Planos arquitectónicos - Planta primera - Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021).....	80
Figura 98. Caso de estudio N° 3, Planos arquitectónicos - Planta cubierta - Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021).....	81
Figura 99. Caso de estudio N° 3, Planos arquitectónicos - Sección 1 - 1' - Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021).....	82
Figura 100. Caso de estudio N° 3, Planos arquitectónicos - Sección 2 - 2' - Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021).....	82
Figura 101. Caso de estudio N° 3, Planos arquitectónicos - Elevación frontal - Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021).....	83
Figura 102. Caso de estudio N° 3, Planos arquitectónicos - Elevación posterior - Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	83
Figura 103. Ubicación del caso de estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021).....	84
Figura 104. Fotografías del caso de estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021).....	84
Figura 105. Caso de estudio N° 4, Planos arquitectónicos - Planta baja - Esc. 1/200. Fuente: Elaboración propia (2021).....	85
Figura 106. Caso de estudio N° 4, Planos arquitectónicos - Planta cubierta - Esc. 1/200. Fuente: Elaboración propia (2021).....	85
Figura 107. Caso de estudio N° 4, Planos arquitectónicos - Sección 1 - 1' (a) - Esc. 1/125. Fuente: Elaboración propia (2021).....	86
Figura 108. Caso de estudio N° 4, Planos arquitectónicos - Sección 1 - 1' (b) - Esc. 1/125. Fuente: Elaboración propia (2021).....	86
Figura 109. Caso de estudio N° 4, Planos arquitectónicos - Sección 2 - 2' - Esc. 1/125. Fuente: Elaboración propia (2021).....	86
Figura 110. Caso de estudio N° 4, Planos arquitectónicos - Elevación frontal - Esc. 1/150. Fuente: Elaboración propia (2021).....	86
Figura 111. Ubicación del caso de estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021).....	87
Figura 112. Fotografías del caso de estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021).....	87
Figura 113. Caso de estudio N° 5, Planos arquitectónicos - Planta baja - Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021).....	88
Figura 114. Caso de estudio N° 5, Planos arquitectónicos - Planta cubierta - Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021).....	88
Figura 115. Caso de estudio N° 5, Planos arquitectónicos - Sección 1 - 1' - Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021).....	89
Figura 116. Caso de estudio N° 5, Planos arquitectónicos - Sección 2 - 2' - Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021).....	89
Figura 117. Caso de estudio N° 5, Planos arquitectónicos - Elevación frontal - Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021).....	89
Figura 118. Caso de estudio N° 5, Planos arquitectónicos - Elevación lateral - Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021).....	89
Figura 119. Mapa de las zonas climáticas de España. Fuente: Remicacalefaccion (s.f) .....	92
Figura 120. Zona climática de España. Fuente: Anejo B, CTE (2020) .....	92

Figura 121. Fotografía y modelado en HULC - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	93
Figura 122. Detalle muro de fachada - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	93
Figura 123. Detalle muro de medianera - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	94
Figura 124. Detalle muro de tabiquería - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	94
Figura 125. Detalle cubierta - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	94
Figura 126. Detalle de piso - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	95
Figura 127. Aporte solar en producción de energía térmica para ACS – Caso de Estudio N° 1. Fuente: CHEQ4 (2021) .....	95
Figura 128. Envoltente térmica - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021).....	96
Figura 129. Calificación energética - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021) .	97
Figura 130. Consumo de energía primaria no renovable - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021).....	97
Figura 131. Emisiones de dióxido de carbono - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	97
Figura 132. Demanda de calefacción y refrigeración - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021).....	98
Figura 133. Demanda de ACS cubierta por energía solar – Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021).....	98
Figura 134. Fotografía y modelado en HULC - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	98
Figura 135. Detalle del muro - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021).....	99
Figura 136. Detalle de cubierta de calamina - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	99
Figura 137. Detalle de cubierta de teja de arcilla - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	100
Figura 138. Envoltente térmica (a) - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021)	100
Figura 139. Envoltente térmica (b) - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021)	101
Figura 140. Calificación energética - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021)	102
Figura 141. Consumo de energía primaria no renovable - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021).....	102
Figura 142. Emisiones de dióxido de carbono - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	102
Figura 143. Demanda de calefacción y refrigeración - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021).....	103
Figura 144. Fotografía y modelado en HULC - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	103
Figura 145. Aporte solar en producción de energía térmica para ACS – Caso de Estudio N° 3. Fuente: CHEQ4 (2021) .....	104
Figura 146. Envoltente térmica (a) - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021)	105
Figura 147. Envoltente térmica (b) - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021)	106
Figura 148. Calificación energética - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021)	106
Figura 149. Consumo de energía primaria no renovable - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021).....	107
Figura 150. Emisiones de dióxido de carbono - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	107
Figura 151. Demanda de calefacción y refrigeración - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021).....	107

Figura 152. Demanda de ACS cubierta por energía solar – Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021).....	107
Figura 153. Fotografía y modelado en HULC - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	108
Figura 154. Detalle del muro - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	108
Figura 155. Envoltente térmica (a) - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021).....	109
Figura 156. Envoltente térmica (b) - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021).....	110
Figura 157. Calificación energética - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021).....	110
Figura 158. Consumo de energía primaria no renovable - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021).....	110
Figura 159. Emisiones de dióxido de carbono - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	111
Figura 160. Demanda de calefacción y refrigeración - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021).....	111
Figura 161. Fotografía y modelado en HULC - Caso de Estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	112
Figura 162. Detalle del muro - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021).....	112
Figura 163. Envoltente térmica - Caso de Estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021).....	113
Figura 164. Calificación energética - Caso de Estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021).....	114
Figura 165. Consumo de energía primaria no renovable - Caso de Estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021).....	114
Figura 166. Emisiones de dióxido de carbono - Caso de Estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	114
Figura 167. Demanda de calefacción y refrigeración - Caso de Estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021).....	115
Figura 168. Detalle de mejora del muro de fachada - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021).....	118
Figura 169. Detalle de mejora del muro de medianera - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021).....	118
Figura 170. Detalle de mejora del muro de tabiquería - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021).....	119
Figura 171. Detalle de mejora de la cubierta - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	119
Figura 172. Detalle de mejora del piso - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	119
Figura 173. Aporte solar en producción de energía térmica para ACS post mejora – Caso de Estudio N° 1. Fuente: CHEQ4 (2021) .....	120
Figura 174. Producción de electricidad por energía solar. Fuente: PVGIS-5 (2021).....	121
Figura 175. Calificación energética con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021).....	121
Figura 176. Consumo de energía primaria no renovable con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	122
Figura 177. Emisiones de dióxido de carbono con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021).....	122
Figura 178. Calificación energética con mejoras activas - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021).....	123
Figura 179. Consumo de energía primaria no renovable con mejoras activas - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	123
Figura 180. Emisiones de dióxido de carbono con mejoras activas - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021).....	123
Figura 181. Energías renovables – Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)...	124

Figura 182. Vista 1 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	125
Figura 183. Vista 2 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	125
Figura 184. Vista 3 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	126
Figura 185. Vista 4 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	126
Figura 186. Detalle de mejora de la cubierta de calamina - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021).....	127
Figura 187. Detalle de mejora de la cubierta de teja de arcilla - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021).....	127
Figura 188. Detalle de mejora del piso - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	127
Figura 189. Aporte solar en producción de energía térmica para ACS post mejora – Caso de Estudio N° 2. Fuente: CHEQ4 (2021) .....	128
Figura 190. Producción de electricidad por energía solar. Fuente: PVGIS-5 (2021).....	129
Figura 191. Calificación energética con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021).....	129
Figura 192. Consumo de energía primaria no renovable con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	130
Figura 193. Emisiones de dióxido de carbono con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021).....	130
Figura 194. Calificación energética con mejoras activas - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021).....	131
Figura 195. Consumo de energía primaria no renovable con mejoras activas - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	131
Figura 196. Emisiones de dióxido de carbono con mejoras activas - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021).....	131
Figura 197. Energías renovables – Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021)...	132
Figura 198. Vista 1 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	133
Figura 199. Vista 2 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	133
Figura 200. Vista 3 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	134
Figura 201. Vista 4 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	134
Figura 202. Vista 5 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	134
Figura 203. Detalle de mejora del muro de fachada - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021).....	135
Figura 204. Detalle de mejora de la cubierta - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	135
Figura 205. Detalle de mejora del piso - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	136
Figura 206. Producción de electricidad por energía solar. Fuente: PVGIS-5 (2021).....	137
Figura 207. Calificación energética con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021).....	137
Figura 208. Consumo de energía primaria no renovable con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	138

Figura 209. Emisiones de dióxido de carbono con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021).....	138
Figura 210. Calificación energética con mejoras activas - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021).....	138
Figura 211. Consumo de energía primaria no renovable con mejoras activas - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	139
Figura 212. Emisiones de dióxido de carbono con mejoras activas - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021).....	139
Figura 213. Energías renovables – Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021)...	139
Figura 214. Vista 1 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	141
Figura 215. Vista 2 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	141
Figura 216. Vista 3 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	141
Figura 217. Vista 4 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	142
Figura 218. Detalle de mejora del muro de fachada - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021).....	142
Figura 219. Detalle de mejora de la cubierta de calamina - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021).....	143
Figura 220. Aporte solar en producción de energía térmica para ACS post mejora – Caso de Estudio N° 4. Fuente: CHEQ4 (2021) .....	144
Figura 221. Producción de electricidad por energía solar. Fuente: PVGIS-5 (2021).....	144
Figura 222. Calificación energética con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021).....	145
Figura 223. Consumo de energía primaria no renovable con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	145
Figura 224. Emisiones de dióxido de carbono con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021).....	145
Figura 225. Calificación energética con mejoras activas - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021).....	146
Figura 226. Consumo de energía primaria no renovable con mejoras activas - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	146
Figura 227. Emisiones de dióxido de carbono con mejoras activas - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021).....	146
Figura 228. Energías renovables – Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021)...	147
Figura 229. Vista 1 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	148
Figura 230. Vista 2 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	148
Figura 231. Vista 3 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	149
Figura 232. Vista 4 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	149
Figura 233. Vista 5 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	149
Figura 234. Detalle de mejora del muro de fachada - Caso de Estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021).....	150
Figura 235. Aporte solar en producción de energía térmica para ACS post mejora – Caso de Estudio N° 5. Fuente: CHEQ4 (2021) .....	151
Figura 236. Producción de electricidad por energía solar. Fuente: PVGIS-5 (2021).....	151

Figura 237. Calificación energética con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021).....	152
Figura 238. Consumo de energía primaria no renovable con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	152
Figura 239. Emisiones de dióxido de carbono con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021).....	153
Figura 240. Calificación energética con mejoras activas - Caso de Estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021).....	153
Figura 241. Consumo de energía primaria no renovable con mejoras activas - Caso de Estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	153
Figura 242. Emisiones de dióxido de carbono con mejoras activas - Caso de Estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021).....	154
Figura 243. Energías renovables – Caso de Estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021)...	154
Figura 244. Vista 1 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	155
Figura 245. Vista 2 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	156
Figura 246. Vista 3 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	156
Figura 247. Vista 4 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021) .....	156



## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Zonificación bioclimática del Perú.....	27
<b>Tabla 2.</b> Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m <sup>2</sup> K.....	27
<b>Tabla 3.</b> Clases de Carpinterías de ventanas por zona bioclimática.....	28
<b>Tabla 4.</b> Rangos de las clases de permeabilidad al aire.....	28
<b>Tabla 5.</b> Cuadro comparativo de las 9 zonas bioclimáticas del Perú (a).....	34
<b>Tabla 6.</b> Cuadro comparativo de las 9 zonas bioclimáticas del Perú (b).....	34
<b>Tabla 7.</b> Cuadro comparativo zona bioclimática "Desértico Marino".....	37
<b>Tabla 8.</b> Cuadro comparativo zona bioclimática "Interandino Bajo".....	42
<b>Tabla 9.</b> Cuadro comparativo zona bioclimática "Mesoandino".....	47
<b>Tabla 10.</b> Cuadro comparativo zona bioclimática "Altoandino".....	50
<b>Tabla 11.</b> Cuadro comparativo zona bioclimática "Nevado".....	54
<b>Tabla 12.</b> Características higrométricas del ladrillo.....	64
<b>Tabla 13.</b> Características higrométricas del sillar.....	65
<b>Tabla 14.</b> Características higrométricas del adobe.....	66
<b>Tabla 15.</b> Características higrométricas del concreto armado y concreto simple.....	66
<b>Tabla 16.</b> Características higrométricas de las planchas de calamina.....	67
<b>Tabla 17.</b> Características higrométricas del cemento pulido.....	67
<b>Tabla 18.</b> Características higrométricas de la baldosa cerámica.....	67
<b>Tabla 19.</b> Características higrométricas del piso laminado de madera.....	68
<b>Tabla 20.</b> Características higrométricas de la tierra.....	68
<b>Tabla 21.</b> Criterios de selección de los casos de estudio.....	70
<b>Tabla 22.</b> Zona desértico marino: Temperatura y humedad promedio en las estaciones de primavera y verano.....	90
<b>Tabla 23.</b> Zona interandino bajo: Temperatura y humedad promedio en las estaciones de primavera y verano.....	90
<b>Tabla 24.</b> Zona mesoandino: Temperatura y humedad promedio en las estaciones de primavera y verano.....	90
<b>Tabla 25.</b> Zona altoandino: Temperatura y humedad promedio en las estaciones de primavera y verano.....	90
<b>Tabla 26.</b> Zona nevado: Temperatura y humedad promedio en las estaciones de primavera y verano.....	90
<b>Tabla 27.</b> Cuadro comparativo de características climáticas según la normativa EM. 110 y datos obtenidos con Data Logger.....	91
<b>Tabla 28.</b> Verificación del cumplimiento de la Norma EM. 110, Normativa peruana – Caso de Estudio N° 1.....	98
<b>Tabla 29.</b> Verificación del cumplimiento de la Norma EM. 110, Normativa peruana – Caso de Estudio N° 2.....	103
<b>Tabla 30.</b> Verificación del cumplimiento de la Norma EM. 110, Normativa peruana – Caso de Estudio N° 3.....	108
<b>Tabla 31.</b> Verificación del cumplimiento de la Norma EM. 110, Normativa peruana – Caso de Estudio N° 4.....	111
<b>Tabla 32.</b> Verificación del cumplimiento de la Norma EM. 110, Normativa peruana – Caso de Estudio N° 5.....	115
<b>Tabla 33.</b> Costo estimado actual del Caso de Estudio N° 1.....	124
<b>Tabla 34.</b> Costo estimado de las mejoras energéticas del Caso de Estudio N° 1.....	124
<b>Tabla 35.</b> Cuadro resumen de viabilidad económica del Caso de Estudio N° 1.....	125
<b>Tabla 36.</b> Costo estimado actual del Caso de Estudio N° 2.....	132
<b>Tabla 37.</b> Costo estimado de las mejoras energéticas del Caso de Estudio N° 2.....	132
<b>Tabla 38.</b> Cuadro resumen de viabilidad económica del Caso de Estudio N° 2.....	133
<b>Tabla 39.</b> Costo estimado actual del Caso de Estudio N° 3.....	140

<b>Tabla 40.</b> Costo estimado de las mejoras energéticas del Caso de Estudio N° 3 .....	140
<b>Tabla 41.</b> Cuadro resumen de viabilidad económica del Caso de Estudio N° 3 .....	140
<b>Tabla 42.</b> Costo estimado actual del Caso de Estudio N° 4.....	147
<b>Tabla 43.</b> Costo estimado de las mejoras energéticas del Caso de Estudio N° 4 .....	147
<b>Tabla 44.</b> Cuadro resumen de viabilidad económica del Caso de Estudio N° 4 .....	148
<b>Tabla 45.</b> Costo estimado actual del Caso de Estudio N° 5.....	154
<b>Tabla 46.</b> Costo estimado de las mejoras energéticas del Caso de Estudio N° 5 .....	154
<b>Tabla 47.</b> Cuadro resumen de viabilidad económica del Caso de Estudio N° 5 .....	155
<b>Tabla 48.</b> Cumplimiento de la Norma peruana EM. 110, en las mejoras energéticas del Caso de Estudio N° 1 .....	157
<b>Tabla 49.</b> Cumplimiento de la Norma peruana EM. 110, en las mejoras energéticas del Caso de Estudio N° 2 .....	157
<b>Tabla 50.</b> Cumplimiento de la Norma peruana EM. 110, en las mejoras energéticas del Caso de Estudio N° 3 .....	157
<b>Tabla 51.</b> Cumplimiento de la Norma peruana EM. 110, en las mejoras energéticas del Caso de Estudio N° 4.....	157
<b>Tabla 52.</b> Cumplimiento de la Norma peruana EM. 110, en las mejoras energéticas del Caso de Estudio N° 5 .....	157

# CAPITULO I

PRESENTACIÓN  
DEL TEMA

## I. PRESENTACIÓN DEL TEMA

### 1.1. Estado del arte

El cambio climático y el calentamiento global son las principales preocupaciones de la sociedad actual. Es por ello, que el 12 de diciembre del 2015, luego de varias negociaciones se adoptó en la COP21, el Acuerdo de París. Este acuerdo supone “un acuerdo histórico para combatir el cambio climático y acelerar e intensificar las acciones e inversiones necesarias para un futuro sostenible con bajas emisiones de carbono”. (Convenio Marco De Naciones Unidas Sobre Cambio Climático [UNFCCC], 2015)

El objetivo principal del Acuerdo del Paris es “reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático por medio de mantener el aumento de la temperatura mundial en este siglo muy por debajo de los 2 grados centígrados por encima de los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar aún más el aumento de la temperatura a 1,5 grados centígrados”. (UNFCCC, 2015)

El consumo de energía representa en el mundo la mayor fuente de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) derivadas por la actividad humana. La energía es el principal factor para el desarrollo, es necesaria para el transporte, comercio, industria, edificios, infraestructura, etc.; “todas estas actividades se realizan dentro o alrededor de las ciudades y consumen cerca del 75% de la energía global primaria y emiten entre el 50% y 60% de los gases de efecto invernadero”. (ONU-HABITAT, 2015)

A nivel mundial, gran parte de la energía utilizada y de las emisiones de los gases del efecto invernadero (GEI) son producidas por el sector de la edificación y la construcción, durante el 2019 este sector representó el 36% del uso de energía final y el 39% de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), de los cuales, el 11% se debió a la fabricación de materiales y productos de construcción como acero, cemento y vidrio (Agencia Internacional de Energía [IEA], 2019)

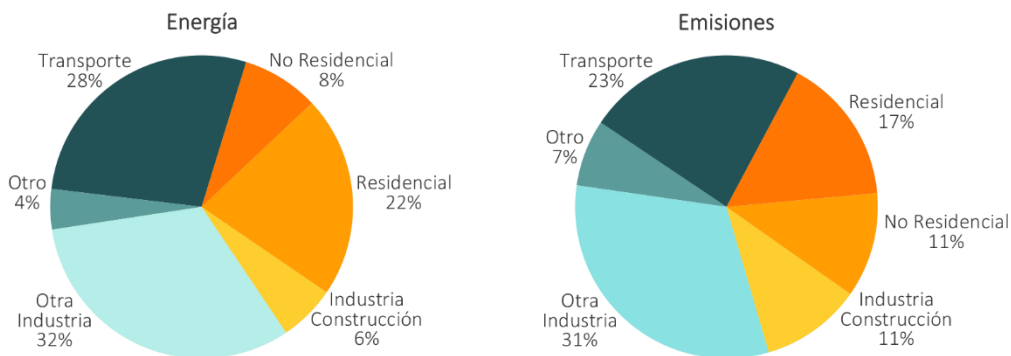


Figura 1. Cuota global de edificios y energía final de construcción y emisiones 2018. Fuente: IEA (2019)

En América latina, el sector de la edificación y construcción representó el 24% del uso de energía y el 21% de emisiones de CO<sub>2</sub> (IEA, GLOBALABC Y UNEP, 2020). El uso de energía en este sector sigue creciendo, los continuos aumentos en la población, la superficie, la mejora de los servicios, los niveles de confort de los edificios y el aumento del tiempo de permanencia en el interior de ellos; son y serán los principales factores del aumento de la demanda y consumo de energía. (L. Pérez-Lombard, J. Ortiz y C. Pout, 2008) (IEA, 2019).

Los edificios representan un gran consumo de energía y emisiones de CO<sub>2</sub> durante todo su ciclo de vida (ONU-HABITAT, 2015), utiliza energía para los materiales de construcción, construcción, mantenimiento y demolición (Danny H.W. Li, Liu Yang y Joseph C. Lam, 2012).

Los edificios tienen un potencial enorme de ahorro energético si se aplican los conceptos de edificación verde y bajo consumo y principios de diseño pasivo". (ONU-HABITAT, 2015) Según la hoja de ruta regional de GlobalABC para edificios y construcción en América Latina 2020-2050, para mejorar estas cifras, se requiere de políticas claras para impulsar una serie de medidas que incluyan el diseño pasivo, la eficiencia de materiales, materiales con bajo contenido de carbono, medidas eficientes de la envolvente del edificio e iluminación y electrodomésticos de alta eficiencia". (IEA, et al., 2020).

La eficiencia energética de las edificaciones debe calcularse con una metodología que incluya las características térmicas, y factores como las instalaciones, energías renovables, elementos pasivos, sombreado, calidad de aire interior, iluminación natural y diseño del edificio. (Directiva 2010/31/UE, 2010)

Las medidas para mejorar la certificación energética de las edificaciones deben tener en cuenta las condiciones climáticas y las particularidades locales (Directiva 2010/31/UE, 2010). Danny H.B. Li Et al. (2012), menciona que el aumento de la temperatura tiene impactos variables en la demanda de energía porque está condicionada a la distribución geográfica de las principales zonas climáticas. Por otro lado, C. Planas, E. Cuerva y P. Alavedra (2018), afirman que es muy importante adaptar un diseño de las fachadas a las condiciones climáticas para garantizar una demanda de energía reducida y un confort térmico interno adecuado.

En el Perú, el consumo de energía en las edificaciones está relacionada a los tipos de artefactos, a los hábitos de consumo de energía en las familias y al diseño arquitectónico. Para las dos primeras, el gobierno peruano cuenta con diferentes políticas, guías y reglamentos, relacionadas al uso eficiente de la energía; mientras que para el diseño arquitectónico cuenta con el Código Técnico de Construcción Sostenible (CTCS), que tiene por finalidad, promover la eficiencia energética e hídrica en las edificaciones; este código es complementado con la Norma EM. 110 "Confort térmico y lumínico con eficiencia energética" del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) que tiene por objeto establecer lineamientos técnicos de diseño para el confort térmico y lumínico con eficiencia energética, para cada zona bioclimática del territorio peruano. Sin embargo, solo una parte de la normativa del país es obligatoria para el sector público, y de orden facultativa en su totalidad para el sector residencial. (D.S. N° 015, 2015) (D.S. N° 006, 2014) (Ministerio de Energía y Minas [MINEM] (2017).

Algunos municipios otorgan beneficios a las construcciones que se diseñen y construyan bajo los criterios de sostenibilidad, parte de sus requisitos es el cumplimiento de manera voluntaria del CTCS y la Norma EM. 110, los beneficios permiten la modificación de los parámetros urbanísticos del municipio; asimismo, el gobierno peruano junto al programa MiVivienda, otorgan bonos para constructoras que construyan edificios sostenibles y para clientes que las adquieran (Bono MiVivienda Sostenible).

## 1.2. Justificación

Perú es una de las 195 naciones que forma parte del Acuerdo de París, en donde el mundo adopto un "conjunto de decisiones que permiten saber con claridad que Perú en el 2030 tiene que ser un país que cuente con un enfoque de sostenibilidad y una economía baja en carbono; un país con grupos humanos, actividades productivas e infraestructuras resilientes al cambio climático". (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2016).

A pesar de ser un país de bajas emisiones, solo con el 0.3% del total de emisiones del mundo, cuenta con siete de las nueve características reconocidas por el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) para ser considerado como "vulnerable". (MINAM, 2016).

## Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

En el Perú, el sector residencial es un importante consumidor de energía, en el año 2015 el consumo final de energía eléctrica en el sector residencial, comercial y público representó el 42%, mientras que las emisiones de CO<sub>2</sub>, acumularon el 7.73% (MINEN, 2017).

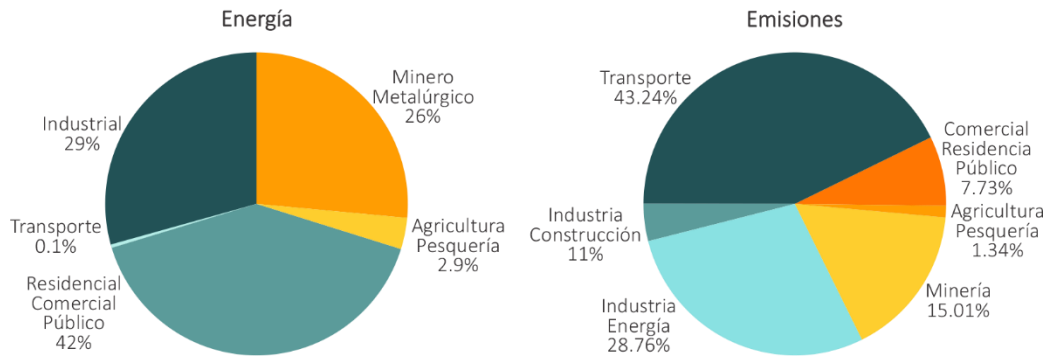


Figura 2. Estructura del consumo final de energía y Emisiones de GEI por sectores. Fuente: MINEN (2017)

El país presenta altas tasas de urbanización con el 79.3% de población urbana y el 20.7% de población rural; en el departamento de Arequipa, el 86.2% son viviendas urbanas y el 13.8% viviendas rurales; de las cuales, el 88.7% son casas independientes, el 4.8% son departamentos en edificios y el 4.4% son viviendas improvisadas; el 2.1% restantes son viviendas en chozas, quintas, vecindades, etc. (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2017).

Con relación a las zonas bioclimáticas, el Perú es un país multi climático, cuenta con 8 de los 11 climas según la clasificación Köppen, y 28 de los 32 climas del mundo según la clasificación Thornthwhite; tiene temperaturas extremas que van desde los -20°C hasta los 40°C y que ya vienen viviendo los efectos del cambio climático. (Ministerio de Educación [MINEDU], 2008)

Perú adopta la clasificación bioclimática de Rayter – Zúñiga (2005), el cual divide el país en 9 zonas bioclimáticas, en donde Arequipa es una de los departamentos que presenta 6 de las 9 zonas, que lamentablemente no son consideradas al momento de diseñar y construir por que la normativa existente sigue siendo facultativa. Asimismo, la región presenta materiales locales que pueden contribuir en la mejora de la eficiencia energética pero que no son utilizados normalmente. (MINEDU, 2008)

Por otro lado, según la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), Perú presenta cifras alarmantes en relación con la autoconstrucción o construcción informal, solo en la capital acumula el 70% y a nivel nacional la cifra se incrementa al 80%; según el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) en las zonas periféricas de las ciudades llega hasta el 90% de informalidad. (Idensity, 2018).

Estos hábitos en la construcción de informalidad junto a la normativa facultativa en un país multi climático ocasionan que la mayoría de los diseños de las viviendas sean similares a lo largo de todo el país, y ocasionen entre otros problemas el malestar térmico y lumínico. Solo la población que cuenta con los medios económicos trata de solucionar este problema con la instalación de aparatos eléctricos que mejoren el confort, generando el aumento del consumo energético.

### 1.3. Objetivos

#### 1.3.1. Objetivo General

Analizar el comportamiento energético de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa – Perú de acuerdo a la zonificación bioclimática del país, y proponer medidas de mejora pasivas y activas para mejorar su eficiencia energética. Con el apoyo de herramientas aprobadas por el Código técnico de España (CTE) que complemente la Normativa Peruana.

#### 1.3.2. Objetivos Específicos

- Conocer el desarrollo de la Certificación Energética de Edificaciones en la Unión Europea y en el Perú.
- Identificar las zonas bioclimáticas del Perú y analizar las que se localizan en el departamento de Arequipa.
- Identificar las tipologías según sus sistemas constructivos y materiales predominantes de construcción de cada zona bioclimática presente en el departamento de Arequipa.
- Analizar el comportamiento energético de una tipología de vivienda por cada zona bioclimática en el departamento de Arequipa, utilizando herramientas aprobadas por el Código Técnico de España (CTE) que complemente la normativa peruana.
- Proponer medidas de mejora pasivas y activas para mejorar la eficiencia energética de las tipologías de vivienda y evaluar la importancia de cada una de ellas.

### 1.4. Metodología

Para alcanzar los objetivos de la investigación se emplea una metodología cíclica y continua, en donde cada fase se superpone a la anterior.

El proceso de investigación se desarrolla en 5 fases:

#### Fase N° 1:

- Se revisará bibliografía para desarrollar los antecedentes y la justificación de la problemática; posteriormente se definen los objetivos, alcances y limitaciones de la investigación.

#### Fase N° 2:

- Se recopila información sobre la certificación energética de las edificaciones en la Unión Europea y en el Perú, incluye el estudio y análisis de la normativa peruana.

#### Fase N° 3:

- Se identifican las zonas bioclimáticas del Perú y se analizan las que se localizan en el departamento de Arequipa. Asimismo, se identifican las tipologías de vivienda según sus sistemas constructivos y materiales predominantes de construcción.

#### Fase N° 4:

- Se realiza el análisis del comportamiento energético de las tipologías de vivienda con la ayuda de herramientas aprobadas por el Código técnico de España que complemente la normativa peruana.

#### Fase N° 5:

- Se proponen medidas de mejora pasivas y se procede a realizar nuevamente la certificación energética de cada vivienda, posteriormente se realiza el mismo procedimiento, agregándole medidas de mejoras activas y se realiza una nueva

certificación energética. Por último, se describen las conclusiones de la investigación, explicando la importancia del uso de mejoras pasivas y activas en cada tipología de vivienda.



Figura 3. Esquema Metodológico. Fuente: Elaboración Propia (2021)

## 1.5. Alcances y Limitaciones

### 1.5.1. Alcances

- El estudio se centra en el análisis del comportamiento energético de una tipología de vivienda por cada zona bioclimática en el departamento de Arequipa – Perú, proponiendo medidas de mejora pasivas y activas para mejorar su eficiencia energética.
- La investigación se presenta como una alternativa de intervención en las viviendas existentes y nuevas del departamento de Arequipa, con la finalidad de mejorar su eficiencia energética.

### 1.5.2. Limitaciones

- Por el tiempo de duración de la investigación, solo se podrá recolectar datos de temperatura y humedad de los casos de estudio en las estaciones de primavera (22 setiembre – 21 diciembre) y verano (21 diciembre – 20 marzo).
- Ante la ausencia de certificaciones energéticas de viviendas unifamiliares existentes en el Perú, la investigación hace uso de herramientas aprobadas por el Código Técnico de España (CTE), que complemente la normativa peruana.



# CAPITULO II

MARCO  
TEÓRICO

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Certificación energética en la Unión Europea

La certificación energética de edificios en la Unión Europea comienza a ser normada en el año de 1993 con la Directiva 93/76/CE, en vista del alto consumo energético que proyectaba el sector de la edificación, esta normativa fomentó la eficiencia energética a través del primer programa de certificación de viviendas, sin embargo, este proceso no tuvo éxito por su ambigüedad.

Años más tarde, la certificación energética en la UE empieza a tener mayores exigencias con la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, y posteriormente por la Directiva 2010/31/UE del 19 de mayo del 2010 que modifica a la primera.

La Directiva del 2002 establece la obligación de otorgar un certificado de eficiencia energética a los usuarios de los edificios, con el objetivo de fomentar la eficiencia energética en edificios, considerando las condiciones climáticas, particularidades del lugar y la relación costo – eficacia. Asimismo, estableció requisitos para la inspección periódica en equipos y para la metodología de cálculo de la eficiencia en edificios nuevos y reformas de gran dimensión. (Directiva 2002/91/CE)

Por su parte, la Directiva del 2010 considera que las reformas de los edificios existentes, ofrecen la oportunidad de mejorar su eficiencia energética independientemente de su tamaño, es por ello que, establece requisitos mínimos para su aplicación en edificios existentes, en los elementos de construcción de las envolventes, en las instalaciones técnicas, en la inspección periódica de las instalaciones y en los sistemas de control. (Directiva 2010/31/UE)

El Consejo Europeo con la finalidad de aumentar la eficiencia energética, propone en el 2007, alcanzar el 20% de reducción del consumo energético y el uso del 20% de energía procedente de fuentes renovables para el 2020. Sin embargo, en el 2016, presenta un “Paquete de medidas: Energía limpia para todos los europeos” pretendiendo para el 2030 la reducción mínima del 40% de gases de efecto invernadero en comparación a 1990, la utilización del 32% de energías renovables sobre la energía total bruta y la mejora del 32.5% de eficiencia energética.

En el 2019, se presenta el “Pacto Verde Europeo”, un plan de acción para frenar el avance del cambio climático, el pacto propone nuevas medidas con el objetivo de una economía sostenible y neutra en emisiones de carbono para el 2050, se establece un nuevo hito en la reducción de emisiones del 50-55% para el 2030, modificando los 40% preestablecidos.

La norma principal encargada de garantizar los cumplimientos de los objetivos de la Unión Europea respecto a la edificación es la Directiva de Eficiencia Energética de Edificios o Energy Performance of Buildings Directive (EPBD); exigiendo a cada país miembro requisitos mínimos de eficiencia energética que cada uno regula a su manera.

Uno de los requisitos es la introducción de los certificados de eficiencia energética en los edificios, ya sea para su construcción, compra o alquiler del inmueble, de forma que los propietarios y posibles usuarios puedan verificar el rendimiento energético antes de ocuparlo.

#### 2.1.1. Certificado de eficiencia energética

El objetivo de estos certificados es demostrar la calidad energética de los edificios. Los documentos deben contener la evaluación de la eficiencia energética del edificio, los requisitos mínimos de eficiencia, las recomendaciones para la mejora energética (incluye las medidas aplicadas en la envolvente y en elementos del edificio) y la información detallada sobre el coste – eficacia; la validez de estos certificados no debe sobrepasar los 10 años de vigencia y deben ser calculados según una metodología que puede diferir por país. (Directiva 2010/31/UE)

### 2.1.1.1. Elementos de la certificación de eficiencia energética

Según la serie N° 7 de IDAE “Calificación de eficiencia energética de edificios” (2009) para evaluar energéticamente los edificios, deben analizarse los siguientes elementos:

- **Indicadores de eficiencia energética**

La eficiencia energética en un edificio debe expresarse de forma cuantitativa a través de indicadores, estos representan el cálculo o medición del consumo de energía necesario para satisfacer las demandas de energía anual.

Los indicadores globales representan el consumo de energía total del edificio y los indicadores parciales el de un sistema específico; los más utilizados en la Unión Europea son: las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> (kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> de superficie útil) y el consumo anual de energía primaria (kWh/m<sup>2</sup> año).

Para la medición de la energía consumida, se incluyen la calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria e iluminación.

El consumo energético de un edificio puede calcularse de dos maneras, de forma teórica, estimando condiciones ocupacionales y funcionales de un edificio mediante programas informáticos, y/o mediante mediciones reales evaluando su comportamiento actual.

- **Grado de similitud**

La calificación energética de un edificio se realiza comparando su comportamiento con el de otros edificios similares.

Existen diferentes opciones como: edificios construidos en el mismo periodo y clima, o con el mismo uso, compacidad, forma, dimensión, orientación, etc.

Sin embargo, para edificios no residenciales, al no tener homogeneidad se comparan con un edificio ficticio denominado objeto de referencia.

- **Escala de puntuación**

Todo tipo de certificación energética debe contener una puntuación dentro de una escala, este valor varía de acuerdo al país, puede ser en letras o numérico.

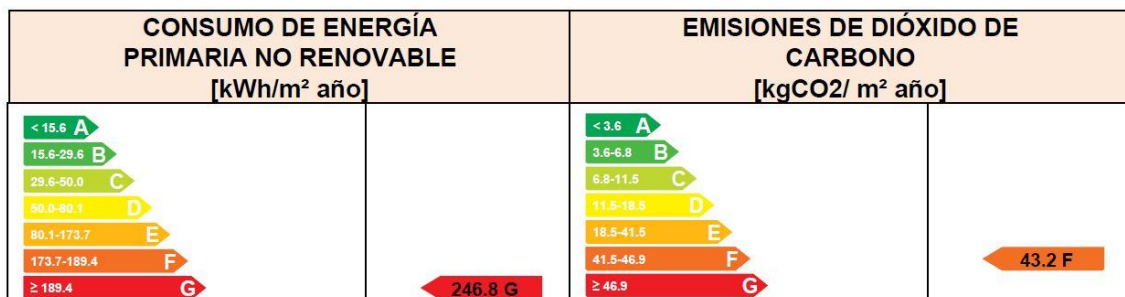


Figura 4. Elementos de Certificación Energética (Indicadores y escala de puntuación). Fuente: Gobierno de España (s.f.)

### 2.1.2. Certificación energética en Dinamarca

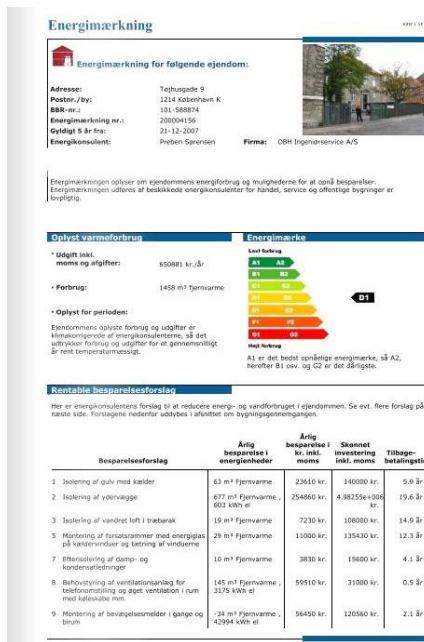


Figura 5. Certificación Energética en Dinamarca. Fuente: Energimærkning (s.f.)

Dinamarca es uno de los países más experimentados en temas relacionados a la eficiencia energética, posee normativas vigentes desde 1961 (BR61). La implementación de las certificaciones energéticas empieza a ser obligatorias a partir del 2006 en edificios nuevos, en el 2007 en edificios existentes en venta y en el 2009 en edificios existentes en alquiler; con el objetivo de que para el 2020 los edificios utilicen el 75% menos de energía. (Rodríguez y García, 2013)

La metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios se realiza mediante el cálculo de la demanda por medidas ponderadas y los softwares utilizados son Be 15 y EK-Pro. (Rodríguez y García, 2013)

El certificado de calificación de eficiencia energética en el país danés es el ENERGI-MÆRKNING con valores en letras desde la A1 (<35+1100/A) hasta la G (240+6500/A) y un indicador de medida obligatorio en kWh/m<sup>2</sup>h y voluntario en CO<sub>2</sub>. (Rodríguez y García, 2013)

La certificación energética en un edificio empieza con una auditoria energética que debe ser realizada por un consultor energético (arquitecto o ingeniero) con al menos 5 años de experiencia en el sector.

La información que se obtiene del documento es la clasificación energética expresada en letras, el consumo energético y emisiones de CO<sub>2</sub>, un informe técnico del estado actual del edificio y otro informe con propuestas de ahorro de agua y energía.

### 2.1.3. Certificación energética en Francia

Francia es el segundo país con más experiencia en eficiencia energética, cuenta con normativas vigentes desde 1980 con el proyecto "Label Haute Isolation". Los certificados energéticos son necesarios desde el 2006 en edificios nuevos en venta, en el 2007 en edificios nuevos en alquiler, en el 2008 en edificios públicos y en el 2009 en edificios existentes residenciales y no residenciales en venta o alquiler; uno de sus objetivos es que para el 2050 se reduzca 4 veces las emisiones de CO<sub>2</sub>. (Rodríguez y García, 2013)

El procedimiento de cálculo de la eficiencia energética la realizan a través del cálculo de la demanda (en base a figuras de referencia) y medición real del consumo in situ; el software más utilizado en edificios existentes es 3CL-DPE (Diagnostic of performance énergétique) y en edificios nuevos el Th-C-E. (Rodríguez y García, 2013)

El certificado de eficiencia energética tiene por nombre DIAGNOSTIC OF PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE (DPE) cuenta con dos etiqueta: la primera, etiqueta energética, califica el consumo de energía primaria en una escala que va desde la A (bajo consumo, inferior a 50 kWh/m<sup>2</sup> año) hasta la G (alto consumo, más de 450 kWh/m<sup>2</sup> año) en edificios residenciales y una escala desde la A hasta I para edificios no residenciales; y la segunda, la etiqueta climática, calcula las emisiones de gases de efecto invernadero emitido en una escala que va desde la A (menos a 5 kg de carbono equivalente/m<sup>2</sup>) a G (más de 80 kg de carbono equivalente/m<sup>2</sup>). El indicador de medida en la primera etiqueta es el kWh/m<sup>2</sup>h y en la segunda el Kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año. (Rodríguez y García, 2013) (Iribarren, 2018)

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

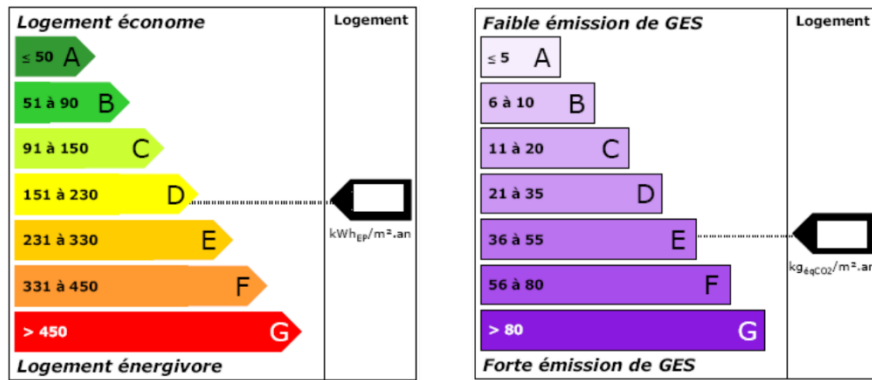


Figura 6. Indicador de medida, Certificación Energética Francia. Fuente: Diagnostic of performancé énergétique (s.f)

El contenido del DPE describe el edificio, equipos de calefacción, producción de agua caliente sanitaria, refrigeración y ventilación. Indica la cantidad de energía consumida real mediante facturas o bien el consumo energético estimado para el edificio. Asimismo, contiene la etiqueta energética y climática, y posteriormente incluye recomendaciones que favorecen el rendimiento energético del edificio pero que no son obligatorias de cumplirse. (Ministère de la Transition Ecologique, 2020).

**Diagnostic pour les logements à chauffage individuel**  
Les consommations sont établies à partir d'un calcul conventionnel

Diagnostic de performance énergétique – logement (6.1)			
N° : Valable jusqu'au : Type de bâtiment : Année de construction : Surface habitable : Adresse :		Date : Diagnostiqueur :  Signature :	
Propriétaire : Nom : Adresse :		Propriét. des installations communes (s'il y a lieu) : Nom : Adresse :	
Consommations annuelles par énergie			
obtenus par la méthode ..... version ..... prix moyens des énergies indexés au			
	Consommations en énergies finales	Consommations en énergie primaire	Frais annuels d'énergie
	détail par énergie et par usage en kWh <sub>EP</sub>	détail par usage en kWh <sub>EP</sub>	
Chauffage	kWh <sub>EP</sub>	kWh <sub>EP</sub>	€ TTC
Eau chaude sanitaire	kWh <sub>EP</sub>	kWh <sub>EP</sub>	€ TTC
Refroidissement	kWh <sub>EP</sub>	kWh <sub>EP</sub>	€ TTC
<b>CONSUMMATIONS D'ÉNERGIE POUR LES USAGES RECENSES</b>			
	kWh <sub>EP</sub>	kWh <sub>EP</sub>	€ TTC
Consommations énergétiques (en énergie primaire) pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire et le refroidissement		Émissions de gaz à effet de serre (GES) pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire et le refroidissement	
Consommation conventionnelle : kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .an		Estimation des émissions : kg <sub>éqCO2</sub> /m <sup>2</sup> .an	

Figura 7. Certificación Energética en Francia. Fuente: Diagnostic of performancé énergétique (s.f)

### 2.1.4. Certificación energética en Alemania

La normativa relacionada a la eficiencia energética en el país de Alemania tiene sus inicios en 1982, la certificación energética en edificios nuevos se vuelve obligatorias desde el 2002, en edificios existentes desde el 2008 y en edificios residenciales y no residenciales desde el 2009, con el objeto de que para el 2050 se reduzca el consumo de energía en un 80%. (Rodríguez y García, 2013)

## Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

La ordenanza de ahorro de energía EnEV, establece los requisitos y metodologías para obtener la certificación energética en Alemania de acuerdo a lo establecido por la Unión Europea. La certificación puede empezar en la etapa de diseño verificados por los asesores técnicos acreditados por la Agencia Alemana de Energía (DENA). (Iribarren, 2018)

El procedimiento de cálculo de la eficiencia energética de los edificios alemanes se realiza mediante el cálculo de la demanda por medidas ponderadas y a través de mediciones reales para los edificios públicos; el software más utilizado es el Energieberater PLUS 18599. (Rodríguez y García, 2013)

El certificado de calificación de eficiencia energética tiene por nombre ENERGIEAUSWEIS y existen dos tipos de certificados: de consumo y de demanda. El primero, contempla los valores de consumo reales de los últimos tres años a través de mediciones; y el segundo, realiza un análisis técnico de todos los datos del edificio para calcular la demanda anual de energía primaria estimada para satisfacer las necesidades del edificio, independientemente del comportamiento del usuario, y la compara con una línea base de referencia. (Rodríguez y García, 2013)

En ambos certificados la escala energética que utiliza Alemania es la HERS (RESNET) que va desde la A+ (más eficiente <30) hasta la H (menos eficiente >250) con un indicador global de kWh/m<sup>2</sup>año (demanda y consumo) y CO<sub>2</sub> (demanda). (Rodríguez y García, 2013) (Iribarren, 2018)

El certificado energético “Energieausweis” contiene el número de registro, la información del edificio, la metodología de cálculo (demanda o consumo) y datos del evaluador. Asimismo, muestra los resultados de la calificación energética con su respectiva etiqueta y en las páginas siguientes incluye recomendaciones y comentarios que favorecen el rendimiento energético del edificio. (Iribarren, 2018)

**ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude** gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom 1...

**ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude** gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom 1...

**Berechneter Energiebedarf des Gebäudes** Registriernummer 2 (oder „Registriernummer wurde beantragt am...“)

**Energiebedarf** CO<sub>2</sub>-Emissionen 3 kg/(m<sup>2</sup>·a)

**Endenergiebedarf dieses Gebäudes** kWh/(m<sup>2</sup>·a)

**Primärenergiebedarf dieses Gebäudes** kWh/(m<sup>2</sup>·a)

**Angaben zum EEWärmeG 5**

**Vergleichswerte Endenergie**

**Erläuterungen zum Berechnungsverfahren**

1 siehe Fußnote 1 auf Seite 1 des Energieausweises 2 siehe Fußnote 2 auf Seite 1 des Energieausweises 3 freiwillige Angabe  
 4 nur bei Neubau sowie bei Modernisierung im Fall des § 16 Absatz 1 Satz 3 EnEV 5 nur bei Neubau 6 nur bei Neubau im Fall der Anwendung von § 7 Absatz 1 Nummer 2 EEWärmeG 7 EFH: Einfamilienhaus, MFH: Mehrfamilienhaus

© Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, 2014

Figura 8. Certificación Energética en Alemania, Pág. 1 y 2 (Certificado de demanda). Fuente: Energieausweis (s.f.)

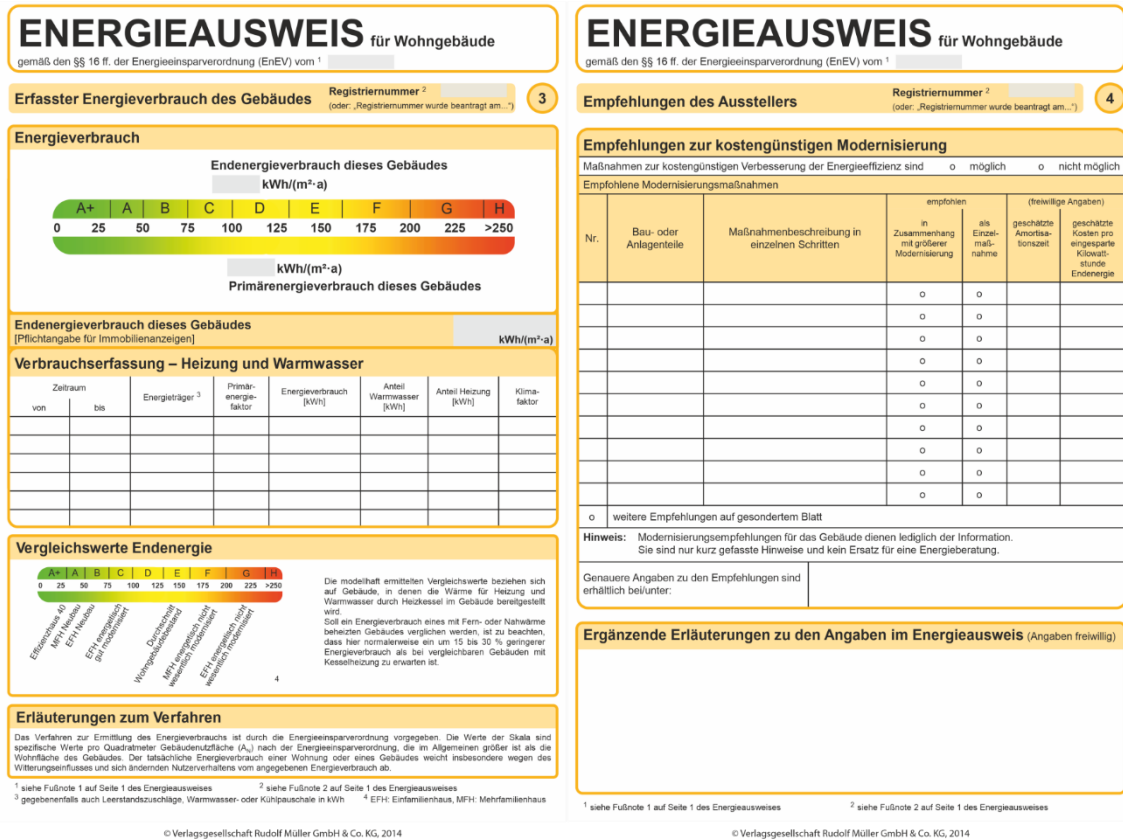


Figura 9. Certificación Energética en Alemania, Pág. 3 (Certificado de Consumo) y 4. Fuente: Energieausweis (s.f.)

### 2.1.4.1. Certificación Passivhaus

El concepto del estándar passivhaus fue desarrollado en mayo de 1988 por los profesores Bo Adamson de la Universidad Lund en Suecia y Wolfgang Feist del Instituto de Edificación y Medio Ambiente de Alemania. (Passivhaus Institute [PHI], s.f.)

En el año de 1990, se pone en práctica la teoría y se construye el primer edificio pasivo en el mundo, se trata de un conjunto de viviendas particulares de cuatro pisos en Darmstadt, Alemania. Desde allí se comienzan a construir innumerables edificios basados en el estándar passivhaus. (PHI, s.f.)

Según el Passivhaus Institute, los criterios que una casa pasiva debe tener son los siguientes:

- Demanda de energía para calefacción menor a los 15 kWh/m<sup>2</sup> año de espacio habitable neto, o 10 W/m<sup>2</sup> de demanda máxima.
- Demanda de energía para refrigeración menor a los 15 kWh/m<sup>2</sup> año de espacio habitable neto.
- Demanda de energía primaria renovable menor a 60 kWh/m<sup>2</sup> año de superficie tratada.
- Hermeticidad menor a 0.6 cambios de aire por hora a una presión de 50 Pascales.
- Confort térmico con no más del 10% de horas en un año por encima de los 25°C.



Figura 10. Criterios del Passivhaus. Fuente: Elaboración Propia basado en Passivhaus Institute (2021)

La obtención de los criterios anteriores, se logran a través de un diseño inteligente y la implementación de 5 principios del passivhaus (PHI, s.f.):

- **Aislamiento térmico:** Aislar los cerramientos del edificio del clima exterior, con un coeficiente de transferencia de calor de 0.15 W/(m<sup>2</sup>K)
- **Ventanas de casas pasivas:** Los marcos de ventanas deben estar aislados y equipados con acristalamiento de baja emisividad rellenos de argón y criptón para evitar la transferencia de calor.
- **Recuperación de calor de ventilación:** Permite una buena calidad de aire interior y ahorro de energía, al menos el 75% del calor de aire se transfiere al aire fresco por medio del intercambio de calor.
- **Estanqueidad del edificio:** Las fugas de los huecos deben ser inferiores a 0.6 del volumen de la casa por hora durante una prueba de presión de 50 Pascal.
- **Ausencia de puentes térmicos:** Los lugares críticos de la envolvente (esquinas, bordes, conexiones, etc.), deben ejecutarse adecuadamente, de manera que se eviten los flujos de energía en el edificio.

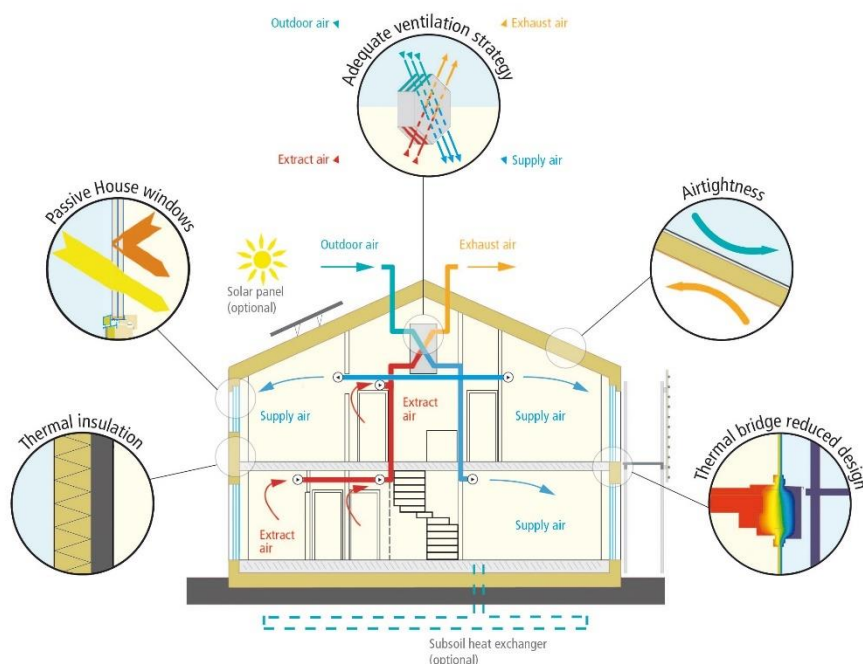


Figura 11. Principios Passivhaus. Fuente: Passivhaus Institute (s.f.)



### 2.1.5. Certificación energética en Bélgica

La normativa de eficiencia energética en el país belga inicia desde 1984, el país no cuenta con un marco normativo nacional, cada región es independiente de las demás con su propia normativa. En Bruselas se implementan las certificaciones energéticas en edificios nuevos desde el 2006 y en edificios públicos y existentes desde el 2011; en Flandes en edificios nuevos en el 2006, en edificios existentes el 2008 y en edificios públicos el 2009; por último, en Wallon en edificios nuevos en el 2009 y en edificios existentes y públicos en el 2010. (Rodríguez y García, 2013)

Bélgica calcula la eficiencia energética mediante el cálculo de la demanda con medidas ponderadas y medición real para edificios públicos; a través del software 3D Software. En Bruselas y Wallon el certificado de calificación de eficiencia energética se le denomina CERTIFICAT DE PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE DES BÂTIMENTS (PEB), el nivel de calificación en el primero va desde A(35) / G(295) y en el segundo de A++(45) / G(510) en ambos sus indicadores son kWh/m<sup>2</sup>h y CO<sub>2</sub>. Por otro lado, en Flandes, al certificado de calificación se le denomina ENERGIEPRESTATIECERTIFICAAT con valores en escala de 0>700 y sin indicador es el kWh/m<sup>2</sup>h. (Rodríguez y García, 2013)

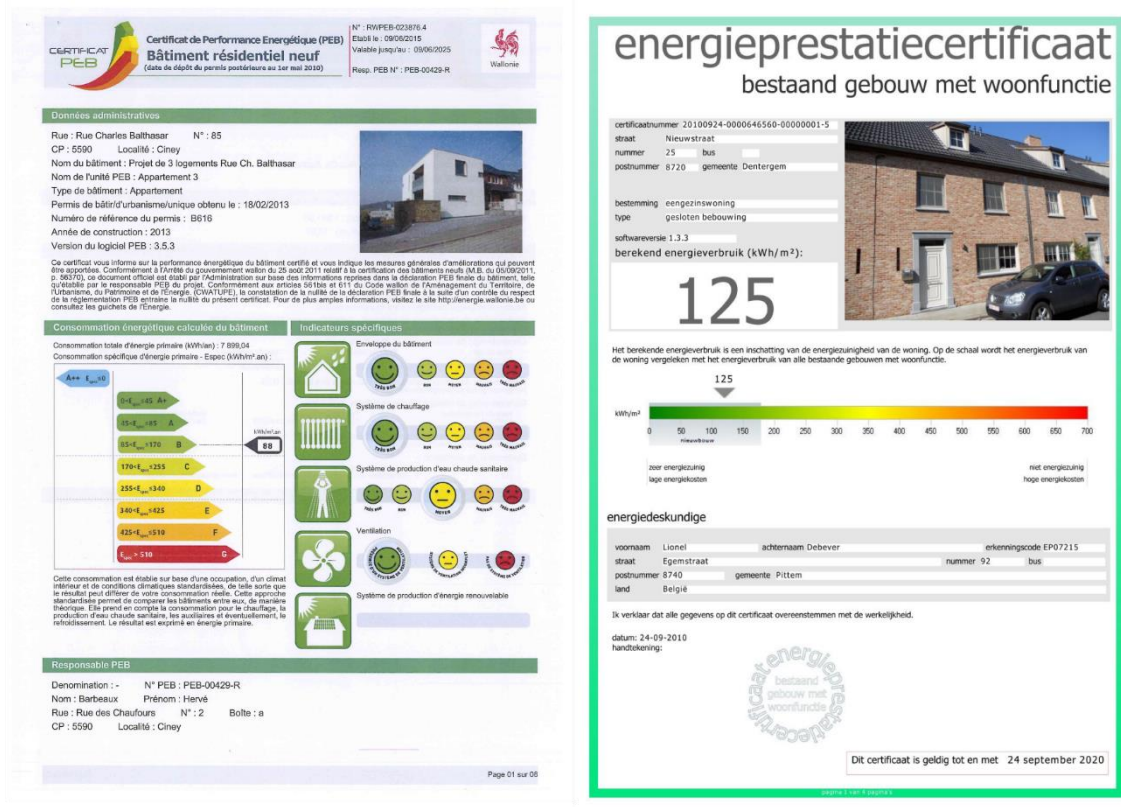


Figura 12. Certificación Energética Bélgica. Fuente: PEB y Energieprestatiecertificaat (s.f.)

### 2.1.6. Certificación energética en Reino Unido

En Reino Unido, la normativa relacionada a la eficiencia energética es aplicada desde 1995, al igual que en Bélgica, no existe un marco normativo que regule todo el país, las normas son elaboradas por cada región independientemente de las demás. Los certificados energéticos son implementados en Inglaterra y Gales desde el 2007/2008 en edificios nuevos y existentes, residenciales o no residenciales; en Escocia desde el 2004 en edificios nuevos y existentes no residenciales; y en Irlanda del Norte desde el 2008 en edificios existentes y nuevos, residenciales o no residenciales. El objetivo del país es la construcción de edificios con cero emisiones de CO<sub>2</sub>. (Rodríguez y García, 2013)

## Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

Reino Unido calcula la eficiencia energética mediante el cálculo de la demanda con medidas ponderadas y a través de los softwares SAP RESIDENCIAL, SBEM NO-RESIDENCIAL y ORCalc (con excepción de Escocia); de igual manera, están permitidos los programas nacionales que cumplan con todos los requisitos establecidos. El certificado de eficiencia energética británico es uno de los más completos de Europa, tiene por nombre ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATE (EPC) para edificios residenciales y no residenciales en construcción, venta o alquiler; y DISPLAY ENERGY CERTIFICATION (DEC) para grandes edificios públicos. Los EPC tienen una calificación energética de la A hasta la G incluyendo una calificación de impacto ambiental y su lista de recomendaciones en los edificios residenciales, y dos calificaciones como si la propiedad fuera nueva y existente en los edificios no residenciales. (Rodríguez y García, 2013)

Por su parte, los DEC, muestran el consumo real de energía de un edificio en relación a su área útil, con una escala de la A hasta la G, con una validez de un año para áreas útiles superiores a 1000 m<sup>2</sup> y de 10 años para áreas útiles entre 250 m<sup>2</sup> – 1000 m<sup>2</sup>. (Iribarren, 2018)

La etiqueta energética del Reino Unido, cuenta con una escala que se basa en el coste de energía en función de su superficie y va desde el 1 que corresponde a la menor calidad energética hasta el 100 que supone lo contrario, una calidad energética aceptable son las superiores a 80. Asimismo, se obtiene una calificación de Impacto Ambiental que presenta la misma escala de valores. (Rodríguez y García, 2013) (Iribarren, 2018)

El indicador de medida es el CO<sub>2</sub>, las emisiones se calculan en base del TER, sin valorar la ubicación, la climatología, el consumo de iluminación y electrodomésticos; pero sí se considera la calefacción, agua caliente sanitaria, iluminación y energía de bombas y ventiladores. La calificación representa el comportamiento energético e impacto en el medio ambiente. (Iribarren, 2018)

El certificado de eficiencia energética, cuenta con los datos del edificio, la calificación energética con su respectiva etiqueta, la estimación de costes, la eficiencia energética de cada elemento, propuestas de mejora, datos del evaluador y CO<sub>2</sub> emitido por año.

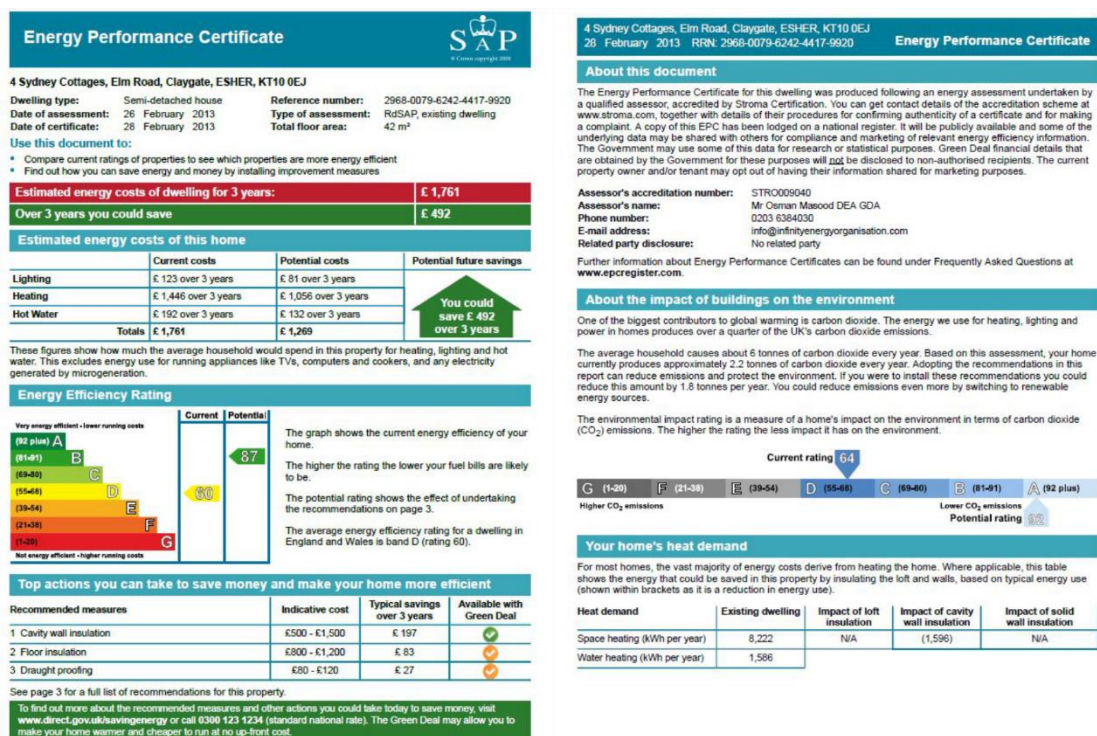


Figura 13. Certificado Energético Reino Unido, Pág. 1 y 4. Fuente: Energy performance certificate (s.f.)

### 2.1.7. Certificación energética en Europa Oriental

#### Bulgaria (2005):

- Implementación de certificaciones energéticas: 2005 en edificios nuevos y existentes y en el 2008 en edificios públicos.
- Método de cálculo: Calculo de la demanda con el software Allgemeine Projektdaten.
- Certificado de eficiencia energética con valores de la A hasta la G e indicador EP<sub>max,r</sub>.

#### Estonia (2009):

- Implementación de certificaciones energéticas: 2009 en todos los edificios.
- Certificado de eficiencia energética con valores de la A hasta la G e indicador kWh/m<sup>2</sup>h.

#### Hungría (2008):

- Implementación de certificaciones energéticas: 2009 en nuevos edificios y públicos (>1000 m<sup>2</sup>) y en el 2012 en edificios existentes residencial o no residencial, venta o alquiler.
- Método de cálculo: Calculo de la demanda y medición para edificios públicos con el software HVAC.
- Certificado de eficiencia energética con valores de la A hasta la I e indicador sin unidades.

#### Republica Checa (2009):

- Implementación de certificaciones energéticas: 2009 en edificios nuevos, existentes y públicos.
- Método de cálculo: Calculo de la demanda con el software NKT.
- Certificado de eficiencia energética con valores de la A hasta la G e indicador kWh/m<sup>2</sup>h.

#### Polonia (2007):

- Implementación de certificaciones energéticas: 2009 en todos los edificios.
- Método de cálculo: Calculo de la demanda y no existen software oficial nacional.
- Certificado de eficiencia energética con valores de escala de 0 a 500 e indicador kWh/m<sup>2</sup>h.

#### Rumania (2011):

- Implementación de certificaciones energéticas: 2007 en nuevos edificios, existentes no residenciales, venta o alquiler, públicos y rehabilitados. 2010 en edificios de uso residencial, venta o alquiler.
- Método de cálculo: Calculo de la demanda con un software nacional comercial, normativa Mc001-2006 y software SR.
- Certificado de eficiencia energética con valores de la A hasta la G e indicador kWh/m<sup>2</sup>h y CO<sub>2</sub>.

#### Letonia (2008):

- Implementación de certificaciones energéticas: 2009 en nuevos edificios, venta o alquiler y edificios públicos.
- Método de cálculo: Calculo de la demanda y medición con hojas de cálculo en Excel.
- Certificado de eficiencia energética con valores de escala de -50 a 400 e indicador kWh/m<sup>2</sup>h y CO<sub>2</sub>.

#### Lituania (2007):

- Implementación de certificaciones energéticas: 2007 en nuevos edificios, 2009 en edificios existentes venta o alquiler y en el 2011 en edificios públicos.
- Método de cálculo: Calculo de la demanda.
- Certificado de eficiencia energética con valores de la A hasta la G e indicador kWh/m<sup>2</sup>h.

**Eslovaquia (2009):**

- Implementación de certificaciones energéticas: 2008 en todos los edificios.
- Método de cálculo: Calculo de la demanda y medición.
- Certificado de eficiencia energética con valores de la A hasta la G e indicador kWh/m<sup>2</sup>h y CO<sub>2</sub>.

**2.1.8. Certificación energética en Europa Mediterránea**

**Chipre (2009):**

- Implementación de certificaciones energéticas: 2010 en edificios residenciales, no residenciales, existentes venta o alquiler.
- Certificado de eficiencia energética con valores de la A hasta la H e indicador CO<sub>2</sub>.

**Portugal (2009):**

- Implementación de certificaciones energéticas: 2007 en edificios residencial y no residenciales, 2008 en edificios nuevos, 2009 en edificios públicos.
- Certificado Energético: “Certificado de desempenho energético”.
- Método de cálculo: Calculo de la demanda con la Agencia INETI.
- Certificado de eficiencia energética con valores de la A+ hasta la F e indicador de energía primaria consumida por superficie kWh/m<sup>2</sup> y en emisiones de CO<sub>2</sub> por superficie kg/m<sup>2</sup>.

**Italia (2009):**

- Implementación de certificaciones energéticas: 2007 en edificios nuevos, 2007-2009 en edificios públicos, 209 en edificios existentes residencial o no residencial.
- Método de cálculo: Calculo de la demanda con los softwares DOCET, TERMO, CASA CLIMA, Región Bolzano, CENED, Región Lombardía, SW Nacional.
- Certificado de eficiencia energética con valores de la A4 hasta la G e indicador kWh/m<sup>2</sup> año.

**Grecia (2012):**

- Implementación de certificaciones energéticas: 2009 en edificios nuevos.
- Método de cálculo: Calculo de la demanda con el software Tee-Kenak.
- Certificado de eficiencia energética con valores de la A hasta la H e indicador K.A.

**Malta (2009):**

- Implementación de certificaciones energéticas: 2009 en todos los edificios.
- Método de cálculo: Calculo de la demanda con el software EPA-NR y ISBEM.
- Certificado de eficiencia energética con valores de escala de 0 hasta 280 e indicador kWh/m<sup>2</sup>h y CO<sub>2</sub>.

**Eslovenia (2008):**

- Implementación de certificaciones energéticas: 2008 en edificios nuevos y públicos.
- Método de cálculo: Calculo de la demanda y medición.
- Certificado de eficiencia energética con valores de la A1, A2 y B1 B2 hasta la G, y con valores de escala de 0 a 175 e indicador kWh/m<sup>2</sup>h y CO<sub>2</sub>.

## 2.2. Certificación energética en España

España es uno de los países que se comprometió de forma tardía en los aspectos relacionados con la eficiencia energética, la certificación energética de los edificios en España primero estuvo regulada por el Real Decreto 47/2007 que se transpuso a la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, y posteriormente por el Real Decreto 235/2013 que se transpuso a la Directiva 2010/31/UE. (R.D. N° 235, 2013)

El Real Decreto del 2007 hace obligatorio la certificación energética en todos los edificios de nueva construcción, sin embargo, en el Real Decreto del 2013 aprueba el procedimiento básico para la certificación energética de todos los edificios entrando en vigor de manera obligatoria en España desde el 1 de junio del 2013; de esta manera, todos los contratos de compraventa o arrendamiento deben presentar al usuario el certificado de eficiencia energética del edificio o parte de él. (R.D. N° 235, 2013)

En España, los certificados de eficiencia energética tienen sus requisitos mínimos establecidos en el Código Técnico de la Edificación (CTE), por su parte, el Ministerio de Industria, Energía y Turismo a través del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), dispone para el público en general los programas informáticos utilizados para la certificación de los edificios existentes. (R.D. N° 235, 2013)

Los certificados energéticos son necesarios en los edificios de construcción nueva, en los edificios existentes que se vendan o alquilen y en los edificios ocupados por autoridades públicas con una superficie superior a los 250 m<sup>2</sup> y en régimen de arrendamiento. Se excluyen los edificios protegidos con un valor histórico o arquitectónico, los edificios de uso de culto o actividad religiosa, las construcciones provisionales, los edificios industriales, los edificios aislados y los edificios adquiridos para una demolición o reforma importante. (R.D. N° 235, 2013)

Los certificados están suscritos por técnicos habilitados que posean cualquiera de las titulaciones académicas y profesionales habilitados para la redacción de proyectos o dirección de obras y dirección de ejecución de obras en las edificaciones (ingenieros y arquitectos); aparte de la titulación, se considera la formación, experiencia y la complejidad de los procesos de certificación. (R.D. N° 235, 2013)

España calcula la eficiencia energética mediante el cálculo de consumo de energía final hora a hora mediante el computo de la demanda horaria y del rendimiento medio horario de los diferentes sistemas que cubren las necesidades del edificio, haciendo uso de los programas: LIDER-CALENER (HULC), CE3, CE3X y CERMA desde el 2016; y CYPETHERM HE Plus, SG SAVE y el complemento para edificios nuevos del CE3X desde el 2018. (Gobierno de España, s.f.)

Según el R.D. N° 235/2013, el contenido de los certificados de eficiencia energética es:

- Identificación del edificio con su referencia catastral.
- Normativa sobre ahorro y eficiencia energética al momento de su construcción.
- Datos del técnico certificador.
- Software informativo utilizado.
- Anexo N° 1. Características del edificio: envolvente térmica, instalaciones térmicas (calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria), instalaciones de iluminación, condiciones de funcionamiento, ocupación y de confort.
- Anexo N° 2. Calificación energética del edificio expresado en una etiqueta.
- Anexo N° 3. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética del edificio en rehabilitaciones.
- Anexo N° 4. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

# Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

### CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

**IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:**

Nombre del edificio: \_\_\_\_\_  
 Dirección: \_\_\_\_\_  
 Municipio: \_\_\_\_\_ Código Postal: \_\_\_\_\_  
 Provincia: \_\_\_\_\_ Comunidad Autónoma: \_\_\_\_\_  
 Zona climática: \_\_\_\_\_ Tipo construcción: \_\_\_\_\_  
 Normativa vigente (construcción / rehabilitación): \_\_\_\_\_  
 Referencias catastrales: \_\_\_\_\_

**Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:**

Edificio de nueva construcción  Edificio Existente

**Vivienda:**  Urbana  Edificio completo  Local  
 Rural  Bloque completo  Vivienda individual

**DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:**

Nombre y Apellidos: \_\_\_\_\_ NIF/NIE: \_\_\_\_\_  
 Razón social: \_\_\_\_\_ NIF: \_\_\_\_\_  
 Domicilio: \_\_\_\_\_  
 Municipio: \_\_\_\_\_ Código Postal: \_\_\_\_\_  
 Provincia: \_\_\_\_\_ Comunidad Autónoma: \_\_\_\_\_  
 e-mail: \_\_\_\_\_  
 Procedimiento reconocido de certificación energética utilizado y versión: \_\_\_\_\_

**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:**

**CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m²/año)**

**EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO<sub>2</sub>/m²/año)**

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que sus datos son los que figuran en el presente documento, a sus anexos.

Fecha: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Firma del técnico certificador

**Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.  
**Anexo II.** Calificación energética del edificio.  
**Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.  
**Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.  
 Registro del órgano Territorial Competente: \_\_\_\_\_

Ficha de generación del documento: XXXXXXXXXX  
 Red Calentador: XXXXXXXXXXXXXXXXXX

Página X de X

### ANEXO I DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y equipación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

**1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN**

Superficie habitable (m<sup>2</sup>): \_\_\_\_\_

Imagen del edificio: Plano de situación:

**2. ENVOLVENTE TÉRMICA**

**Características espacios:**

Nombre	Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	Transmisión (W/m <sup>2</sup> K)	Modo de obtención		
Huecos y luminarias						
Nombre	Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	Transmisión (W/m <sup>2</sup> K)	Factor solar	Modo de obtención, Transmisión	Modo de obtención, Factor solar
<b>3. INSTALACIONES TÉRMICAS</b>						
<b>Generadores de calefacción</b>						
Nombre	Tipo	Potencia nominal (kW)	Rendimiento Estacional (%)	Tipo de Energía	Modo de obtención	
<b>TOTALES</b>						
<b>Generadores de refrigeración</b>						
Nombre	Tipo	Potencia nominal (kW)	Rendimiento Estacional (%)	Tipo de Energía	Modo de obtención	
<b>TOTALES</b>						

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria: \_\_\_\_\_  
 Fecha de generación del documento: XXXXXXXXXX  
 Red Calentador: XXXXXXXXXXXXXXXXXX

Página X de X

**Demanda diaria de ACS a 60°C (litros/día)**

Nombre	Tipo	Potencia nominal (kW)	Rendimiento Estacional (%)	Tipo de Energía	Modo de obtención
<b>Sistemas secundarios de calefacción y/o refrigeración (sólo edificios terciarios)</b>					
Nombre: _____					
Tipo: _____					
Zona asociada: _____					
Nombre	Potencia fría (kW)	Rendimiento estacional calor (%)	Rendimiento estacional frío (%)		
<b>Enfriamiento gratuito</b>					
<b>Enfriamiento evaporativo</b>					
<b>Recuperación de energía</b>					
<b>Control</b>					
<b>Tarjetas de refrigeración (sólo edificios terciarios)</b>					
Nombre	Tipo	Servicio asociado	Consumo de energía (kWh/año)		
<b>TOTALES</b>					
<b>Ventilación y bombas (sólo edificios terciarios)</b>					
Nombre	Tipo	Servicio asociado	Consumo de energía (kWh/año)		
<b>TOTALES</b>					
<b>4. INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN (sólo edificios terciarios)</b>					
Espacio	Potencia instalada (W/m <sup>2</sup> )	VEI (W/m <sup>2</sup> ·100lux)	Rendimiento medio (lux)	Modo de obtención	
<b>TOTALES</b>					
<b>5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN (sólo edificios terciarios)</b>					
Espacio	Superficie (m <sup>2</sup> )	Perfil de uso			
<b>6. ENERGÍAS</b>					
<b>Térmica</b>					
Nombre	Consumo de Energía Final (cubierto en función del servicio asociado) (%)	Demanda de ACS cubierta (%)			
<b>Calefacción</b>					
<b>Refrigeración</b>					
<b>ACS</b>					
<b>TOTAL</b>					
<b>Eléctrica</b>					
Nombre	Energía eléctrica generada y autoconsumida (kWh/año)				
<b>Panel fotovoltaico</b>					
<b>TOTAL</b>					

Ficha de generación del documento: XXXXXXXXXX  
 Red Calentador: XXXXXXXXXXXXXXXXXX

Página X de X

Figura 14. Certificado Energético en España y Anexo N° 1. Fuente: Gobierno de España (s.f.)

### ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática: \_\_\_\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_

**1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES**

**INDICADOR GLOBAL:**

**INDICADORES PARCIALES:**

CALEFACCIÓN	ACS	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN
Emisiones calefacción (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)	Emisiones ACS (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)	Emisiones refrigeración (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)	Emisiones iluminación (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)
Emisiones globales (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)			

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

Emisiones CO<sub>2</sub> por consumo eléctrico: \_\_\_\_\_  
 Emisiones CO<sub>2</sub> por otros combustibles: \_\_\_\_\_

**2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE**

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

**INDICADOR GLOBAL:**

**INDICADORES PARCIALES:**

CALEFACCIÓN	ACS	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN
Energía primaria calefacción (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	Energía primaria ACS (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	Energía primaria refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	Energía primaria iluminación (kWh/m <sup>2</sup> ·año)
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m <sup>2</sup> ·año)			

**3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN**

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort de edificios.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN (kWh/m <sup>2</sup> ·año)

**ANÁLISIS TÉCNICO**

Indicador	Calefacción	Refrigeración	ACS	Iluminación	Total
Consumo Energía Final (kWh/m <sup>2</sup> ·año)					
Consumo Energía primaria no renovable (kWh/m <sup>2</sup> ·año)					
Emisiones de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)					
Demanda (kWh/m <sup>2</sup> ·año)					

Nota: Los indicadores energéticos adicionales están calculados en base a condiciones estándar de operación. A continuación, del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el estudio oportuno de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar de condiciones reales y otros factores de confort de edificios.

**DESCRIPCIÓN DE MEDIDA DE MEJORA**

Características técnicas de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos): \_\_\_\_\_  
 (Según anexo ...)

Coste estimado de la medida: \_\_\_\_\_

Otros datos de interés: \_\_\_\_\_

Ficha de generación del documento: XXXXXXXXXX  
 Red Calentador: XXXXXXXXXXXXXXXXXX

Página X de X

### ANEXO III RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

**Determinación:** \_\_\_\_\_

**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL:**

**CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m<sup>2</sup>·año)**

**EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·año)**

**CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES:**

**DEMANDA DE CALEFACCIÓN (kWh/m<sup>2</sup>·año)**

**DEMANDA DE REFRIGERACIÓN (kWh/m<sup>2</sup>·año)**

Ficha de generación del documento: XXXXXXXXXX  
 Red Calentador: XXXXXXXXXXXXXXXXXX

Página X de X

### ANEXO IV PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL TÉCNICO CERTIFICADOR

Se describen y confirman las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos y de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la credibilidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

Fecha de realización de la visita del técnico certificador: \_\_\_\_\_

Ficha de generación del documento: XXXXXXXXXX  
 Red Calentador: XXXXXXXXXXXXXXXXXX

Página X de X

Figura 15. Certificado Energético en España - Anexo N° 2, Anexo N° 3 y Anexo N° 4. Fuente: Gobierno de España (s.f.)

La certificación de eficiencia energética en un edificio tiene una validez de 10 años, puede realizarse en su totalidad o por unidades de vivienda, y el único responsable de obtener, renovar y/o actualizar la certificación es del promotor o propietario del edificio. (R.D. N° 235, 2013)

En obras nuevas, son necesarias dos certificaciones, la primera al momento de la ejecución de la obra y la segunda con el edificio terminado, esto permitirá evaluar si la obra fue construida de acuerdo a lo descrito en los planos de ejecución. El órgano encargado de la certificación energética dentro de cada Comunidad Autónoma será el encargado de fiscalizar anualmente la veracidad de los certificados emitidos, comprobando la validez de los datos base utilizados en la certificación de cada edificio. (Gobierno de España, s.f.)

La etiqueta de eficiencia energética es el distintivo que señala el nivel de calificación de eficiencia obtenida por un edificio o una unidad del edificio, la calificación energética corresponde a índices dentro de una escala de 07 letras que va desde la A (más eficiente) hasta la G (menos eficiente), con dos indicadores energéticos correspondientes a las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> (kgCO<sub>2</sub>/ m<sup>2</sup> año) y al consumo de energía primaria no renovable (kWh/m<sup>2</sup> año). (Iribarren, 2018)



En el 7° informe del estado de la certificación energética de los edificios en España (IDAE, 2018), menciona que la evolución de la certificación en viviendas nuevas creció de forma acelerada desde el 2014 al 2017, incrementándose aún más en el 2018, actualmente son aproximadamente 60 000 edificios nuevos certificados con un aumento en la calificación A, B y C. En el caso de edificios existentes, desde el 2014 se registran anualmente 700 000 edificios certificados aproximadamente, la mayor cantidad de edificios se encuentran asentados con una calificación energética “E”, sin embargo, en los últimos años muestran una progresión hacia calificación más altas.

Figura 16. Etiqueta de Eficiencia Energética en España. Fuente: Gobierno de España (s.f.)

### 2.2.1. Código Técnico de la Edificación (CTE)

El Código Técnico de la Edificación es el marco normativo que decreta las exigencias básicas que los edificios deben cumplir en materia de seguridad y habitabilidad. El Código permite un entorno normativo flexible, enuncia los criterios mínimos que deben cumplir los edificios, sin embargo, no limita la manera de cumplirlos, dejando abierta la posibilidad de innovar en nuevas tecnologías. (R.D. N° 314, 2006)

El CTE está dividido en dos partes, la primera detalla las exigencias en materia de seguridad y habitabilidad, y la segunda parte contiene todos los documentos básicos de carácter técnico. En un nivel inferior encontramos documentos complementarios que no son obligatorios, pero sí oficiales que complementan la comprensión y aplicación de los documentos básicos. (R.D. N° 314, 2006)

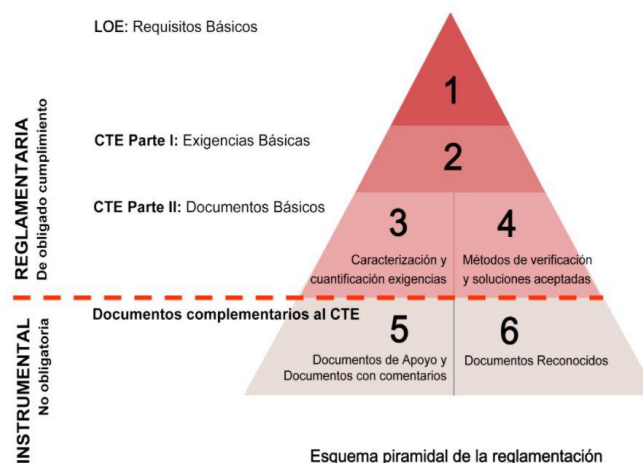


Figura 17. Esquema Piramidal de la reglamentación. Fuente: CTE (2020)

Dentro de los documentos básicos en materia de seguridad considera: Seguridad Estructural (**DB-SE**), Seguridad en caso de incendio (**DB-SI**) y Seguridad de utilización y accesibilidad (**DB-SUA**). En

materia de habitabilidad cuenta con: Ahorro de Energía (**DB-HE**), Protección frente al ruido (**DB-HR**) y Salubridad (**DB-HS**). (R.D. N° 314, 2006)

Al CTE también se le considera como un instrumento de transposición a las directivas de la Unión Europea, en el caso de la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios, el CTE la transpone mediante el **DB-HE** (Ahorro de energía). Este documento básico establece reglas y procedimientos para cumplir el requisito básico de ahorro de energía: “uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios”. (R.D. N° 314, 2006)

- **Exigencia básica HE 0: Limitación del consumo energético.** En función de la zona climática, el uso del edificio y el alcance de intervención en edificios existentes.
- **Exigencia básica HE1: Condiciones para el control de la demanda energética.** Los edificios disponen de una envolvente térmica con características que limitará la demanda de energía primaria para alcanzar el confort térmico.
- **Exigencia básica HE2: Condiciones de las instalaciones eléctricas.** Apropriadas para el bienestar térmico del usuario de acuerdo al Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).
- **Exigencia básica HE3: Condiciones de las instalaciones de iluminación.** Eficaces energéticamente y adecuadas para los usuarios, con un sistema de control que optimice su uso.
- **Exigencia básica HE4: Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria.** Parte de la demanda de energía será cubierta por fuentes renovables o procesos de cogeneración renovable.
- **Exigencia básica HE5: Generación mínima de energía eléctrica.** Instalación de sistemas de generación eléctrica procedente de fuentes renovables para edificios de alto consumo eléctrico.

Los apartados del **DB-HE**, que generalmente son comprobados por los programas aprobados para emitir certificados de eficiencia energética son:

- En HE0: El consumo de energía primaria no renovable y el consumo de energía primaria total.
- En HE1: Transmitancia de la envolvente térmica, control solar de la envolvente térmica y permeabilidad al aire de la envolvente térmica.
- En HE4: Contribución renovable mínima para ACS y/o climatización de piscina.
- En HE5: Cuantificación de la exigencia de la potencia a instalar.

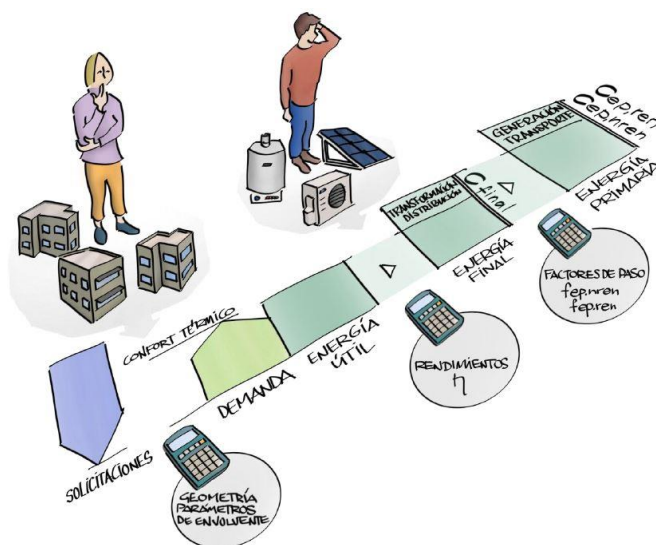


Figura 18. Demanda y eficiencia de los sistemas. Fuente: DB-HE, CTE (2020)



### 2.3. Certificación energética en el Perú

Durante el ciclo de vida de una edificación, se producen emisiones de CO<sub>2</sub> en grandes cantidades, según el Instituto de Economía y Desarrollo Empresarial (IEDEP), la construcción es la segunda actividad económica con mayor crecimiento en el país durante el periodo 2001 – 2019, y según el MINEM, en el 2015 el consumo final de energía eléctrica en el sector residencial, comercial y público representó el 42% y sus emisiones de CO<sub>2</sub>, el 7.73%.

La construcción sostenible en el Perú se remonta a miles de años atrás, las construcciones prehispánicas hacían uso de materiales naturales y regionales. El desarrollo de la construcción sostenible en el país ha sido de crecimiento lento, se podría afirmar que en la actualidad cualquier profesional del rubro de la construcción cuenta con los conocimientos básicos de un edificio sostenible. (Mayer, 2020b)

Un momento importante y determinante para el desarrollo de la sostenibilidad en los edificios residenciales del país, fue en el 2015 con el lanzamiento del programa “MiVivienda Sostenible” o “MiVivienda Verde” desarrollado por el Fondo MiVivienda; anterior a esto, solo se sabía de iniciativas enfocadas en el sector comercial principalmente en la ciudad de Lima, capital del Perú. (Mayer, 2020a)

Este programa de incentivos económicos y tasas preferenciales para la adquisición de viviendas ha permitido ampliar el universo de edificaciones sostenibles, ya no solo se encuentran oficinas o centros comerciales con certificaciones internacionales, ahora algunas edificaciones multifamiliares cuentan con la certificación local MiVivienda Sostenible. (Mayer, 2020a)

Sin embargo, la mayor parte de la población, algunas empresas y profesionales del sector de la construcción tienen el mito de que la edificación sostenible es sinónimo de mayor inversión, sin considerar que, si bien es cierto, pueden incidir en costos adicionales durante el proceso de diseño y ejecución, los ahorros generados durante la etapa de operaciones del edificio hacen que la inversión adicional sea justificada. (Mayer, 2020a)

Según Mayer (2020a, 2020b), en el Perú se utilizan en la actualidad 6 sistemas de certificación: LEED, EDGE, WELL, SITES, ISO 14001, ISO 50001 y MiVivienda Sostenible o MiVivienda Verde. Siendo los más utilizados para las edificaciones comerciales LEED y EDGE con más de 130 proyectos certificados y 200 en proceso de certificación a lo largo de todo el país; y para edificaciones residenciales la certificación local MiVivienda Sostenible.



**Certificación LEED:** “Verifica las características sostenibles de un edificio o desarrollo urbano, lo que permite que el diseño, construcción, operación y mantenimiento de los mismos sea más eficiente en el uso de recursos, de alto rendimiento, más saludables y rentables. Esta es la certificación más utilizada en nuestro país”. (Perú GBC, s.f.)

Figura 19. Certificación LEED. Fuente: USGBC (s.f.)

**Certificación EDGE:** “Se centra en la creación de edificios que sean más eficientes en el uso de recursos para tipos de proyecto comerciales y residenciales de nueva construcción, permite evaluar rápidamente los costos estimados en las estrategias de diseño”. (Perú GBC, s.f.)



Figura 20. Certificación EDGE. Fuente: EDGE (s.f.)

### 2.3.1. MiVivienda Sostenible o MiVivienda Verde

“Tiene por objetivo promover la construcción de viviendas sostenibles o eco-amigables, que implanten en su diseño y construcción criterios de sostenibilidad ambiental, con la finalidad de mejorar la eficiencia energética e hídrica, preservando el medioambiente y sensibilizando a la población beneficiaria sobre el cambio climático”. (FMV, 2018)

Fue lanzado en el año 2015, mediante el Acuerdo de Directorio N° 02-12D-2015, este programa promueve la construcción de viviendas más eficientes y amigables con su entorno, para que un proyecto sea calificado como sostenible debe implementar los criterios de ahorro energético, ahorro hídrico, gestión de residuos sólidos, capacitación de diseño bioclimático y concientización de usuarios. (FMV, 2018)

La certificación de proyectos del Programa MiVivienda Sostenible, aplica en construcciones nuevas y sus detalles de calificación fueron descritos principalmente para viviendas multifamiliares, no obstante, para el caso de viviendas unifamiliares se omiten algunos requisitos. Anteriormente contaba con 2 grados de certificación: Grado I y Grado II, sin embargo, desde abril del 2020 fueron modificadas por las certificaciones: Grado I+, Grado II+ y Grado III+. (FMV, 2020a)

**Grado I+:** Para obtener esta certificación, son necesarios los siguientes requisitos obligatorios y 1 requisito opcional A.

- Instalación de inodoros y grifería de lavaderos, lavatorios y duchas de bajo consumo.
- Instalación de tanque de reserva de agua.
- Instalación de sistemas de riego tecnificada para áreas verdes.
- Instalación de medidores o contómetros independientes.
- Instalación de iluminación de bajo consumo en unidades de vivienda y áreas comunes.
- Instalación de sensores de movimiento en áreas comunes. *(No es necesario en Viviendas Unifamiliares)*
- Instalación de red de gas natural.
- Instalación de tecnologías según estrategia bioclimática apropiada para cada zona bioclimática.
- Instalación de Eco-Materiales.
- Utilización de un Plan de Manejo de Residuos y Reciclaje.
- Instalación de fibra óptica.
- Estacionamiento de Movilidad Sostenible.

Requisito opcional A (1 de 3):

- Instalación de calentadores de agua de bajo consumo, centralizados, de acumulación o de paso.
- Instalación de Calentadores eficientes a gas natural.
- Instalación de Sistema Centralizado de Calentamiento de agua a gas natural.

**Grado II+:** Para obtener esta certificación, son necesarios los mismos requisitos del Grado I+ y un requisito opcional B.

Requisito opcional B (1 de 2):

- Instalación de sistema fotovoltaico para generación de energía eléctrica para áreas comunes interiores.
- Instalación de sistema fotovoltaico para iluminación áreas comunes exteriores o Instalación de equipamiento electromecánico de bajo consumo.

**Grado III+:** Para obtener esta certificación, son necesarios los mismos requisitos del Grado II+ y un requisito opcional C y un requisito opcional D.

Requisito Opcional C (1 de 2):

- Instalación de planta de tratamiento de aguas residuales y otro sistema de tratamiento, para riego de áreas verdes.
- Instalación de planta de tratamiento de aguas residuales y otro sistema de tratamiento para reúso en inodoros.

Requisito Opcional D (1 de 3):

- Área Comercial.
- Área para servicio comunal.
- Zona de lavado comunal.

Con la finalidad de promover el programa de MiVivienda Sostenible, el cuidado del medio ambiente y la mitigación del impacto de la construcción, se crea el **“Bono MiVivienda Sostenible”** (BMS), que consiste en una ayuda económica directa no reembolsable que se otorga a las personas que accedan a una vivienda sostenible con el crédito MiVivienda por medio de una Institución Financiera. (FMV, 2018)

Este bono económico es adicional a cualquier otro beneficio al que podría calificar el comprador y varía de acuerdo al grado de certificación, para las edificaciones que logren el Grado I+ recibirán el 7.1%, el Grado II+ el 6% y el Grado III+ el 5% del monto financiado. Asimismo, obtienen una tasa preferencial del 6.99% en cualquier entidad bancaria. (FMV, 2020b)

Hasta noviembre del 2020, durante el año se habían otorgado 674 BMS, 3% más que el año anterior, de los cuales el 84% están ubicados en Lima, el 2% en Arequipa y el 14% en el resto del país. (FMV, 2020c)



Figura 21. Certificación MiVivienda Sostenible o MiVivienda Verde. Fuente: Fondo MiVivienda (2020)

## 2.3.2. Normativa en el Perú

### 2.3.2.1. Código técnico de construcción sostenible CTCS

El Código Técnico de Construcción Sostenible (CTCS), fue lanzado en el 2015 a través del Decreto Supremo N°015-2015-VIVIENDA por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), Ministerio del Ambiente (MINAM), Colegio de Arquitectos del Perú (CAP), Colegio de Ingenieros del Perú (CIP), Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) y Perú Green Building Council (Perú GBC).

Desde su lanzamiento la aplicación del CTCS ha sido facultativo, lo que ha ocasionado que no se le dé mucho interés dificultando su implementación. En la actualidad se viene trabajando en la versión 2 del CTCS, en donde se busca aterrizar algunos requerimientos de la primera versión, y plantea adicionar estrategias y su obligatoriedad en el sector público, lo cual sería un paso importante en la sostenibilidad del país. (Mayer, 2020a)

“El CTCS tiene por objeto normar los criterios técnicos para el diseño y construcción de edificaciones a fin que sean calificadas como edificación sostenible”. (D.S. N° 015, 2015)

Busca promover la eficiencia energética e hídrica en las edificaciones de la siguiente manera:

#### Eficiencia Energética:

- Transmítancia térmica de cerramientos según zona bioclimática: Las características térmicas de los muros, techos y pisos, deben estar de acorde a la condición bioclimática de la localidad, establecidos en la Norma Técnica EM. 110.
- Iluminación y Refrigeración: Cada artefacto deben ser de tecnología altamente eficiente, con su respectiva etiqueta de eficiencia energética.
- Energía solar térmica: Promueve la inclusión de las termas solares para el calentamiento de agua. (D.S. N° 015, 2015)

#### Eficiencia Hídrica:

- Ahorro de agua y reúso de aguas residuales domesticas tratadas: Los aparatos sanitarios (griferías e inodoros) deben incluir tecnologías de ahorro, y las instalaciones sanitarias deben considerar el aprovechamiento de aguas residuales domesticas tratadas para proyectos de mayor escala. (D.S. N° 015, 2015)

Además de estas estrategias, la versión 2 del CTCS, busca incluir los capítulos de calidad ambiental, manejo de residuos, materiales y movilidad urbana sostenible.

A pesar de que la versión actual es de uso voluntario, algunas municipalidades han optado por incluir el cumplimiento de la versión vigente a cambio de ciertos beneficios como parte de su programa de promoción de edificios verdes.

Tal es el caso de la Municipalidad Distrital de Miraflores en Lima, que mediante la ordenanza N° 510 en el 2019, otorga beneficios como el incremento del porcentaje de área techada, reducción de área mínima por unidad de vivienda y reducción del número de estacionamientos; y de igual forma, la Municipalidad Provincial de Arequipa, mediante ordenanza municipal N°1136 en el 2018, otorga beneficios de edificabilidad, beneficios tributarios y bonos de altura.

Sin embargo, el cumplimiento de la CTCS es solo uno de los requisitos para obtener los beneficios, también se solicita una certificación internacional, lo cual dificulta que las pequeñas edificaciones accedan a este tipo de beneficios.

### 2.3.2.2. Norma EM. 110 confort térmico y lumínico con eficiencia energética

“En el Perú, el consumo de energía en las edificaciones está relacionado al diseño arquitectónico, al tipo de artefactos que la edificación alberga (para iluminación, calefacción, refrigeración, etc.) y a los hábitos de las familias o usuarios”. (D.S. N° 006, 2014)

La norma es optativa en todo tipo de construcción sea nueva o existente, es la primera en el Perú que busca mejorar el confort térmico y lumínico con eficiencia energética de las edificaciones a través del diseño arquitectónico. Establece zonas en el territorio peruano de acuerdo a criterios bioclimáticos para la construcción y lineamientos de diseño para cada zona bioclimática. (D.S. N° 006, 2014)

Tabla 1. Zonificación bioclimática del Perú

Zonificación Bioclimática
01 Desértico Marino
02 Desértico
03 Interandino Bajo
04 Mesoandino
05 Altoandino
06 Nevado
07 Ceja de Montaña
08 Subtropical Húmedo
09 Tropical Húmedo

Fuente: Norma EM. 110 confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética. Elaboración Propia (2020)

#### Confort Térmico: Demanda energética máxima por zona bioclimática

La norma establece valores límites máximos de transmitancias térmicas de los elementos constructivos de la edificación.

Tabla 2. Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m<sup>2</sup>K.

Zonificación Bioclimática	Transmitancia Térmica máxima		
	Muro (Umuro)	Techo (Utecho)	Piso (Upiso)
01 Desértico Marino	2.36	2.21	2.63
02 Desértico	3.20	2.20	2.63
03 Interandino Bajo	2.36	2.21	2.63
04 Mesoandino	2.36	2.21	2.63
05 Altoandino	1.00	0.83	3.26
06 Nevado	0.99	0.80	3.26
07 Ceja de Montaña	2.36	2.20	2.63
08 Subtropical Húmedo	3.60	2.20	2.63
09 Tropical Húmedo	3.60	2.20	2.63

Fuente: Norma EM. 110 confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética. Elaboración Propia (2020)

De igual forma, indica que, para efectos de las condensaciones, la temperatura superficial interna (T<sub>si</sub>) deberá ser superior a la temperatura de rocío (Tr).

En relación a la permeabilidad de aire de las carpinterías, es decir, la cantidad de aire que pasa a través de una ventana cerrada a causa de la presión, las clasifica de la siguiente manera:

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú)  
según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

**Tabla 3.** Clases de Carpinterías de ventanas por zona bioclimática.

Zonificación Bioclimática	Clase de Permeabilidad del Aire
01 Desértico Marino	Clase 1
02 Desértico	Clase 1
03 Interandino Bajo	Clase 1
04 Mesoandino	Clase 2
05 Altoandino	Clase 2
06 Nevado	Clase 2
07 Ceja de Montaña	Clase 1
08 Subtropical Húmedo	Clase 1
09 Tropical Húmedo	Clase 1

Fuente: Norma EM. 110 confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética. Elaboración Propia (2020)

**Tabla 4.** Rangos de las clases de permeabilidad al aire.

Clase de Permeabilidad del Aire	Rango
Clase 1	<50 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> (para presiones hasta 150 Pa)
Clase 2	<20 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> (para presiones hasta 300 Pa)

Fuente: Norma EM. 110 confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética. Elaboración Propia (2020)

# CAPITULO III

SITUACIÓN ACTUAL  
AREQUIPA - PERÚ

### III. SITUACIÓN ACTUAL AREQUIPA – PERÚ

#### 3.1. Situación geográfica y climática del Perú

##### 3.1.1. Ubicación

Perú se encuentra ubicado en el hemisferio Sur, en la parte central y occidental de América del Sur, entre los paralelos 0°02'00" y 18°21'03" latitud sur y los meridianos 68° 39'7" y los 81° 20'13" de longitud. Limita con cinco países: por el Norte con el Ecuador, por el Nor - Este con Colombia, por el Este con Brasil, por el Sur-Este con Bolivia, por el Sur con Chile y por el Oeste con el Océano Pacífico.



Figura 22. Ubicación del Perú en el mundo. Fuente: Google (s.f.)

##### 3.1.2. Superficie y población

La extensión del territorio peruano alcanza 1'208,215.60 km<sup>2</sup> (incluye las islas costaneras en el Mar de Grau y la parte peruana del Lago Titicaca), es el tercer país más grande de América del Sur y uno de los 20 más extensos del mundo. Perú tiene 32'625,948 habitantes, la población urbana acumula el 79.3% y la población rural el 20.7%. (Instituto Nacional de Estadística e informática [INEI], 2017)

##### 3.1.3. Morfología

El territorio peruano es accidentado, su morfología se encuentra determinada por la presencia de la Cordillera de los Andes, que lo atraviesa de Sur a Norte, configurando 3 regiones claramente diferenciadas: Costa, Sierra y Selva.

- La Costa ocupa el 11% del territorio peruano, es una franja longitudinal paralela al Océano Pacífico con un ancho variable entre 50 km. y 100 km. su relieve es moderado, presenta una geografía llana y de baja altitud. Su paisaje es muy árido interrumpido por valle costeros fértiles producto de 53 ríos que provienen de la zona andina. (INEI, 2017)
- La Sierra ocupa el 26% del territorio peruano, está ubicada en la parte central entre la costa y la selva; está conformada por la cordillera de los andes que atraviesa el país longitudinalmente de Sur a Norte. Es una región montañosa y agreste, combinada con altiplanicies y valles interandinos. La altitud de la región va desde 500 m.s.n.m. hasta los 4000 m.s.n.m. Su población se concentra en su mayoría entre los 2000 m.s.n.m. y los 3500 m.s.n.m. (INEI, 2017)
- La Selva acumula el 63% del territorio peruano. La amazonia se divide en Selva Alta o Ceja de Montaña con una altitud menor a 3000 m.s.n.m. y con un relieve accidentado; la Selva



Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú)  
según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

Baja o Llano Amazónico con una altitud por debajo de los 500 m.s.n.m. y un relieve plano. (INEI, 2017)

Asimismo, Perú presenta 3 cuencas hidrográficas: la Cuenca hidrográfica del Pacífico, del Amazonas y del Lago Titicaca. (INEI, 2017)



Figura 23. Mapa morfológico del Perú. Fuente: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MINAGRI) (s.f.)

### 3.1.4. Clima

El territorio peruano por su ubicación geográfica puede definirse como un país tropical, con clima cálido y lluvioso. Sin embargo, producto de la interacción de las siguientes variables: Cordillera de los andes, Latitud, Anticiclón del Pacífico Sur, Anticiclón del Atlántico Sur, Ciclón Ecuatorial, Corriente Peruana o Corriente de Humboldt, Fenómeno del Niño y Placa de Nazca; modifican completamente sus condiciones ecológicas presentando una gran variedad de climas (INEI, 2017) (Ministerio de Educación [MINEDU], 2008)

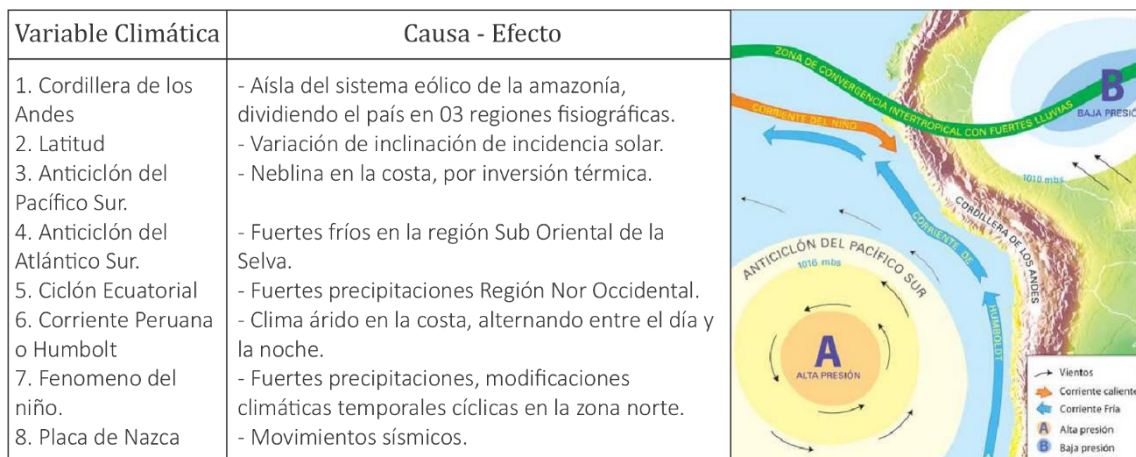


Figura 24. Variables de la modificación climática en el Perú. Fuente: Elaboración Propia Basado en MINEDU (2008)

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

La clasificación del clima puede tener en cuenta diversos criterios, internacionalmente los más utilizados son:

- Según la clasificación **Köppen**, quien toma como criterio de clasificación la distribución de la vegetación, el Perú tiene 8 de los 11 climas del mundo.
- Según la clasificación de **Thornthwite**, que se basa en la “evaporación potencial” lo que genera el balance hídrico, el Perú tiene 28 de los 32 climas del mundo.

Dentro de las clasificaciones nacionales, la más sobresaliente son las 8 regionales naturales de Pulgar Vidal y la clasificación de Carlos Nicholson. (MINEDU, 2008)

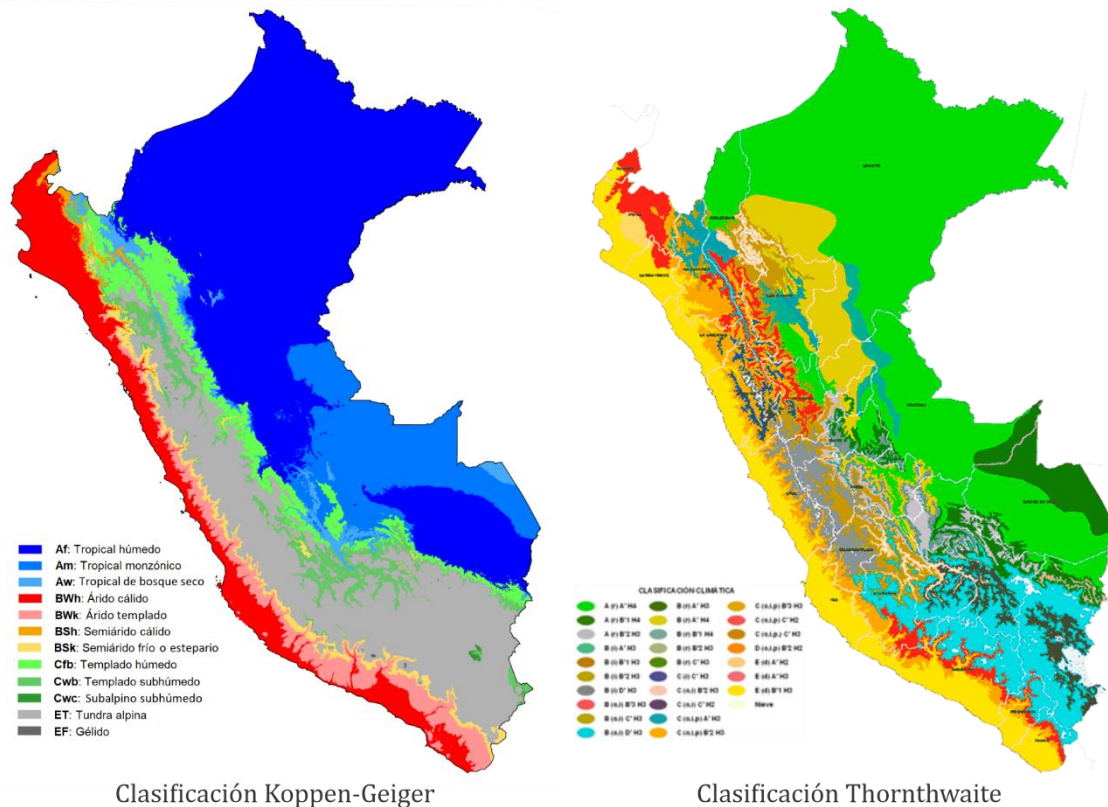


Figura 25. Mapa climático del Perú según la Clasificación Köppen-Geiger y Thornthwite. Fuente: MINEDU (2008)



Figura 26. Mapa de las 8 regiones naturales del Perú según Pulgar Vidal. Fuente: Benavides J. (s.f.)

### 3.1.5. Zonificación bioclimática del Perú

Con la finalidad de realizar diseños arquitectónicos que se adapten a las diferentes variantes climatológicas del país, Perú adopta la clasificación de Rayter – Zuñiga (2005), denominado “Mapa Climático para Diseño Arquitectónico” como su zonificación bioclimática.

Esta zonificación bioclimática, tiene como base la clasificación Köppen, a la cual se le añaden parámetros de altura, inversión térmica, radiación y arquitectura tradicional. La zonificación determina 9 zonas bioclimáticas para fines estrictamente arquitectónicos.



Figura 27. Mapa bioclimático del Perú según el sistema de Rayter Zuñiga. Fuente: MINEDU (2008)

En la Tabla N° 5, podemos observar las 9 zonas bioclimáticas del Perú y sus equivalencias con la clasificación de Köppen, Thornthwaite y Pulgar Vidal.

Producto de la corriente marina, el clima en la costa es cálido, templado y húmedo; las precipitaciones pluviales son escasas durante todo el año con lugares totalmente áridos.

En la sierra el clima es más variado, varía desde temperaturas frías hasta fríos intensos en las cumbres. Las temperaturas pueden variar entre los 2°C y 20°C en un mismo día. Con relación a las precipitaciones, sobre los 3800 m.s.n.m. se representa en forma de nieve y granizo, por debajo en abundantes lluvias durante el verano (Diciembre – Abril).

En la Selva, el clima es cálido y húmedo, con precipitaciones pluviales durante todo el año, con mayor intensidad en los primeros meses del año.

Estas características son fundamentales para determinar los criterios de diseño, sistemas constructivos y materiales a utilizar en un proyecto. Si se toman en cuenta estas premisas, se logrará una edificación con el confort ideal y con un bajo consumo de energía. (INEI, 2017)

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú)  
según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

Tabla 5. Cuadro comparativo de las 9 zonas bioclimáticas del Perú (a).

Zona	Clasificación					Clave	
	Köppen	Thornthwaite	Pulgar Vidal	Temperatura	Precipitación		
01	Desértico Marino	BSs-BW, BW	E(d) B'1 H3	Costa (Yunga Mar)	Semicálido	Árido	A
02	Desértico	Bw	E(d) A' H2	Costa y Yunga	Cálido	Árido	A
03	Interandino	BSw	C(o i p) B'2 H3	Quechua	Templado	Semi Árido	A
			D(o i p) B'2 H2	Quechua	Templado	Semi Árido	B
04	Mesoandino	Dwb	C(o i p) B'3 H3	(Quechua) Suni	Semi Frio	Semi Seco	A
			C(o i p) C' H3	(Quechua) Suni	Frio	Semi Seco	B
			C(o i p) C' H2	(Quechua) Suni	Frio	Semi Seco	C
			C(o i) C' H2	(Quechua) Suni	Frio	Semi Seco	D
			B(o i) C' H3	(Quechua) Suni	Frio	Lluvioso	E
			B(r) C' H3	(Quechua)	Frio	Lluvioso	F
			C(i) C' H3	Puna	Frio	Semi Seco	G
05	Altoandino	ETH	B(i) D' H3	Puna	Semi Frígido	Lluvioso	A
			B(o i) D' H3	Puna	Semi Frígido	Lluvioso	B
06	Nevado	EFH	B(i) F' H2	Janca	Polar	Lluvioso	A
07	Ceja de Montaña	Cw	B(i) B'2 H3	Quechua	Templado	Lluvioso	A
			B(o i) B'3 H3	Quechua	Semi Frio	Lluvioso	B
			C(o i) B'2 H3	Quechua	Templado	Semi Seco	C
			B(r) B'2 H3	Quechua	Templado	Lluvioso	D
			A(r) B'2 H3	Quechua	Templado	Muy Lluvioso	E
			C(o i p) A' H3	Yunga Fluvial	Cálido	Semi Seco	F
			B(i) B'1 H3	Yunga Fluvial	Semi Cálido	Lluvioso	G
			A(r) B'1 H4	Yunga Fluvial	Semi Cálido	Muy Lluvioso	H
08	Sub Tropical Húmedo	Aw	B(r) A' H3	Yunga Marítima	Cálido	Árido	A
			B(r) B'1 H4	Yunga Fluvial	Semi Cálido	Lluvioso	B
			B(i) A' H3	Selva Alta	Cálido	Lluvioso	C
09	Tropical Húmedo	Af	B(r) A' H4	Selva Alta	Cálido	Lluvioso	A
			A(r) A' H4	Selva Alta	Cálido	Muy Lluvioso	B
			B(i) A' H3	Selva Baja	Cálido	Lluvioso	C

Fuente: Guía de aplicación de arquitectura bioclimática en locales educativos. MINEDU (2008)

Tabla 6. Cuadro comparativo de las 9 zonas bioclimáticas del Perú (b).

Zona	Incidencia	Altitud m.s.n.m.	Humedad Relativa	Distribución por Precipitación	Clave	
01	Desértico Marino	2.80%	0 -2000	Húmedo	Deficiencia de lluvias	A
02	Desértico	6.70%	400 - 2000	Media - Alta	Deficiencia de lluvias	A
03	Interandino	3.90%	2000 - 3000	Húmedo	Otoño, Invier. y Primav. Secos	A
			2000 - 3000	Seco	Otoño, Invier. y Primav. Secos	B
04	Mesoandino	14.60%	3000 - 4000	Húmedo	Otoño, Invier. y Primav. Secos	A
			3000 - 4000	Húmedo	Otoño, Invier. y Primav. Secos	B
			3000 - 4000	Seco	Otoño, Invier. y Primav. Secos	C
			3000 - 4000	Seco	Otoño, Invier. y Primav. Secos	D
			3000 - 4000	Húmedo	Otoño e Invierno Secos	E
			3000 - 4000	Húmedo	Abundante todo el año	F
			Mas de 4000	Húmedo	Invierno Seco	G
05	Altoandino	9.00%	4000 - 4800	Húmedo	Invierno Seco	A
			4000 - 4800	Húmedo	Otoño e Invierno Secos	B
06	Nevado	1.40%	Mas de 4800	Seco	Invierno Seco	A
07		9.70%	2000 - 3000	Húmedo	Invierno Seco	A

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

	Ceja de Montaña		2000 - 3000	Húmedo	Otoño e Invierno Secos	B
			2000 - 3000	Húmedo	Otoño e Invierno Secos	C
			2000 - 3000	Húmedo	Abundante todo el año	D
			2000 - 3000	Húmedo	Abundante todo el año	E
			500 - 2000	Húmedo	Otoño, Invier. y Primav. Secos	F
			1000 - 2000	Húmedo	Invierno Seco	G
			1000 - 2000	Muy Húmedo	Abundante todo el año	H
			1000	Húmedo	Abundante todo el año	I
			08	Sub Tropical Húmedo	12.20%	400 a 2000
1000 a 2000	Muy Húmedo	Abundante todo el año				B
09	Tropical Húmedo	39.70%	400 - 1000	Muy Húmedo	Abundante todo el año	A
			400 - 1000	Muy Húmedo	Abundante todo el año	B
			Menos de 400	Húmedo	Invierno Seco	C

Fuente: Guía de aplicación de arquitectura bioclimática en locales educativos. MINEDU (2008)

### 3.2. Situación geográfica y climática de Arequipa

#### 3.2.1. Ubicación



El departamento de Arequipa se encuentra ubicado en la región sur occidental del Perú. Las coordenadas de sus puntos extremos son: por el norte 14°36'06" latitud Sur y 71°59'39" longitud Oeste, por el Este 16°02'51" latitud Sur y 70°47'15" longitud Oeste, por el Sur 17°16'54" latitud Sur y 71°29'21" longitud Oeste y por el Oeste 15°25'13" latitud Sur y 75°05'52" longitud Oeste. (INEI, 2017)

Arequipa limita con seis departamentos: por el Norte con Ica, Ayacucho, Apurímac y Cusco; por el Este con Puno, por el Sur con Moquegua y por el Oeste con el Océano Pacífico o Mar de Grau. (INEI, 2017)

Figura 28. Ubicación de Arequipa - Perú. Fuente: Google (s.f.)

#### 3.2.2. Demarcación política

El departamento de Arequipa tiene como capital la provincia de Arequipa. Está conformado por 8 provincias y 109 distritos.



	Provincias	Capital	N° Distritos
01	Arequipa	Arequipa	29
02	Camaná	Camaná	8
03	Caravelí	Caravelí	13
04	Castilla	Aplao	14
05	Caylloma	Chivay	20
06	Condesuyos	Chuquibamba	8
07	Islay	Mollendo	6
08	La Unión	Cotahuasi	11

Figura 29. Demarcación política de Arequipa. Fuente: INEI (2017)

### 3.2.3. Superficie y población

La extensión del territorio arequipeño alcanza los 63,345 km<sup>2</sup>, representando el 4.9% del territorio peruano. Arequipa tiene 1'382,730 habitantes, la población urbana acumula el 91.8% y la población rural el 8.2%. (INEI, 2017)

La provincia con mayor número de habitantes es Arequipa con 1'080,635 personas acumulando el 78.1% del total, seguido por Caylloma con 6.3%, Camaná con 4.3%, Islay con 3.8%, Caravelí con 3.0%, Castilla con 2.4%, Condesuyos con 1.2% y por último La Unión con 0.9%. (INEI, 2017)

Los porcentajes más altos de población urbana se encuentran en las provincias de Arequipa (98.4%), Islay (95.3%) y Camaná (84.0%). Con relación a la población rural, los porcentajes más altos se encuentran en las provincias de La Unión (82.9%) y Condesuyos (82.4%). (INEI, 2017)

### 3.2.4. Morfología

La morfología de Arequipa es accidentada, es atravesado longitudinalmente de Sur a Norte por las derivaciones de la Cordillera de los Andes. El departamento está conformado por las regiones Costa y Sierra en una proporción similar. La Costa se encuentra ubicada paralela al Océano Pacífico en una franja longitudinal con una altitud desde los 2 m.s.n.m. y comprende las provincias de Caravelí, Camaná e Islay en su totalidad y una pequeña parte de las demás provincias con excepción de La Unión. La Sierra tiene mayor altitud llegando hasta los 6377 m.s.n.m. en los diferentes Nevados de la Región, comprende más del 80% de las provincias de Arequipa, Condesuyos, Caylloma y Castilla; y la provincia de La Unión en su totalidad. (INEI, 2017)

### 3.2.5. Zonificación bioclimática de Arequipa

De acuerdo a la clasificación bioclimática del RNE en la Norma EM. 110, el departamento de Arequipa cuenta con 5 de las 9 zonas bioclimáticas del Perú, sin embargo, según el Mapa Climático para Diseño Arquitectónico de Ryter - Zúñiga (2005) y la "Guía de Aplicación de Arquitectura Bioclimática en Locales Educativos" (2008), el departamento presenta 6 zonas bioclimáticas.

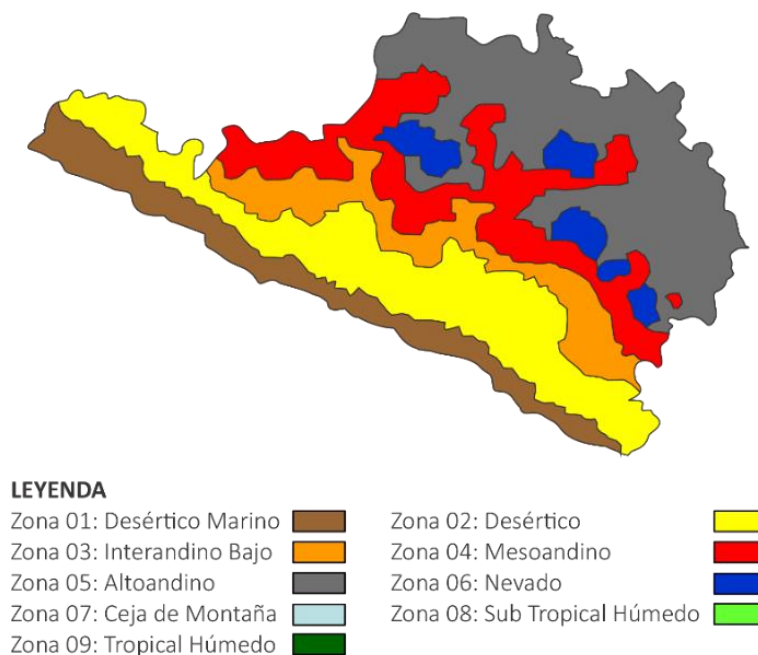


Figura 30. Mapa bioclimático de Arequipa. Fuente: Elaboración propia en base a Rayter Zúñiga (2021)

Para la siguiente investigación prevalecerá la clasificación del RNE, en vista de que los distritos con mayor población e incidencia urbana de cada provincia se encuentran en las 5 zonas bioclimáticas que describe la norma EM. 110; por las mismas razones el análisis de la provincia de Condesuyos solo se realizará en la zona bioclimática 3 y no en la zona bioclimática 4.

Las provincias presentan varias zonas bioclimáticas a lo largo de su territorio, para el análisis solo se tomarán en cuenta los distritos que coincidan en su región natural según el piso altitudinal.

- **Zona 1: Desértico Marino**, abarca a las provincias de *Camaná e Islay*.
- **Zona 3: Interandino Bajo**, comprende a las provincias de *Caravelí, Castilla y Condesuyos*.
- **Zona 4: Mesoandino**, engloba a las provincias de *Arequipa y Condesuyos*.
- **Zona 5: Alto Andino**, contiene a la provincia de *Caylloma*.
- **Zona 6: Nevado**, incluye a la provincia de *La Unión (San Antonio de Chuca – Caylloma)*.

La zona bioclimática Nevado, se encuentra por encima de los 4800 m.s.n.m. y no presenta ciudades importantes, solo se pueden encontrar pequeños poblados y campamentos mineros de acceso restringido. Por lo tanto, para la siguiente investigación analizaremos el distrito de San Antonio de Chuca de la Provincia de Caylloma, porque cumple con todas las características de esta zona bioclimática según “La guía de aplicación de arquitectura bioclimático en locales educativos” (2008).

### 3.3. Zonas bioclimáticas de estudio

#### 3.3.1. Zona 1: Desértico Marino – Camaná e Islay

##### 3.3.1.1. Descripción climatológica

En el departamento de Arequipa la zona bioclimática 1: Desértico Marino, equivale a la zona climática “BSs-BW, BW” de la clasificación Köppen, a la zona climática “E(d) B'1 H3” de la clasificación Thornthwaite y a la región natural “Costa” de la clasificación de Pulgar Vidal.

Esta zona también se la clasifica por presentar una temperatura semicálida y un terreno árido, se extiende por lo general entre los 0 – 2000 m.s.n.m.

**Tabla 7.** Cuadro comparativo zona bioclimática "Desértico Marino"

Zona	Clasificación					Altitud m.s.n.m.
	Köppen	Thornthwaite	Pulgar Vidal	Temperatura	Por Precipitación	
01 Desértico Marino	BSs-BW, BW	E(d) B'1 H3	Costa (Yunga Mar)	Semicálida	Árido	0 - 2000

Fuente: Guía de aplicación de arquitectura bioclimática en locales educativos. MINEDU (2008)

- **Ciudades:** Todos los distritos de las provincias de Camaná e Islay
- **Temperatura Media anual:** 18°C a 19°C.
- **Humedad Relativa:** Húmedo mayor a 70%.
- **Vientos:** Velocidad de 6 – 7 m/s y dirección predominante Sur y Sur – Oeste.
- **Promedio Anual de Energía Solar diaria:** Entre 5 a 5.5 KW h/m<sup>2</sup>.
- **Promedio de Horas de Sol:** 6 horas.
- **Precipitación anual:** Menor a 150 mm., deficiencia de lluvia todo el año.
- **Diferencia de Temperaturas medias:** Diferencia de hasta 20°C entre el día y la noche.

ISLAY - Punta de Bombón



CAMANÁ - Camaná



Figura 31. Fotografías de las provincias de Islay y Camaná. Fuente: Google (s.f.)

### 3.3.1.2. Descripción de viviendas

Según el INEI (2017), en la provincia de Camaná el 84.00% de viviendas son urbanas y el 16.00% rurales; el 94.21% de viviendas son casas independientes, seguido por chozas (1.35%), viviendas improvisadas (1.30%), edificios en departamentos (1.21%) y otros tipos de vivienda (1.93%). En la provincia de Islay el 95.27% de viviendas son urbanas y el 4.73% rurales; al igual que en Camaná hay una supremacía por las viviendas independientes acumulando el 93.84%, seguido por las viviendas improvisadas (3.63%), edificios en departamentos (1.05%) y otros tipos de vivienda (1.48%).

Las viviendas en las provincias de Camaná e Islay son adosadas en una retícula regular e irregular, han sufrido un crecimiento espontáneo y desordenado por agregación urbana. A pesar de que la normativa permite edificaciones de hasta 7 pisos, debido a la situación socioeconómica de la población solo se pueden apreciar viviendas independientes que no superan los 3 niveles de altura, y viviendas en departamentos de hasta de 4 niveles.

#### 3.3.1.2.1. Material de construcción predominante en paredes

En la provincia de Camaná, el material de construcción predominante en paredes es el ladrillo o bloque de cemento acumulando el 59.02% del total de viviendas, seguido por la quincha con el 14.69%, la madera con el 12.76%, el triplay / calamina / estera con el 8.12%; y otros tipos de materiales con el 5.41%.

En la provincia de Islay, al igual que en Camaná, el ladrillo o bloque de cemento es el material predominante en paredes con el 65.47%, seguido por el triplay / calamina / estera con el 13.56%, la quincha con el 9.72%, la madera con el 7.97% y otros materiales con el 3.29% restante.



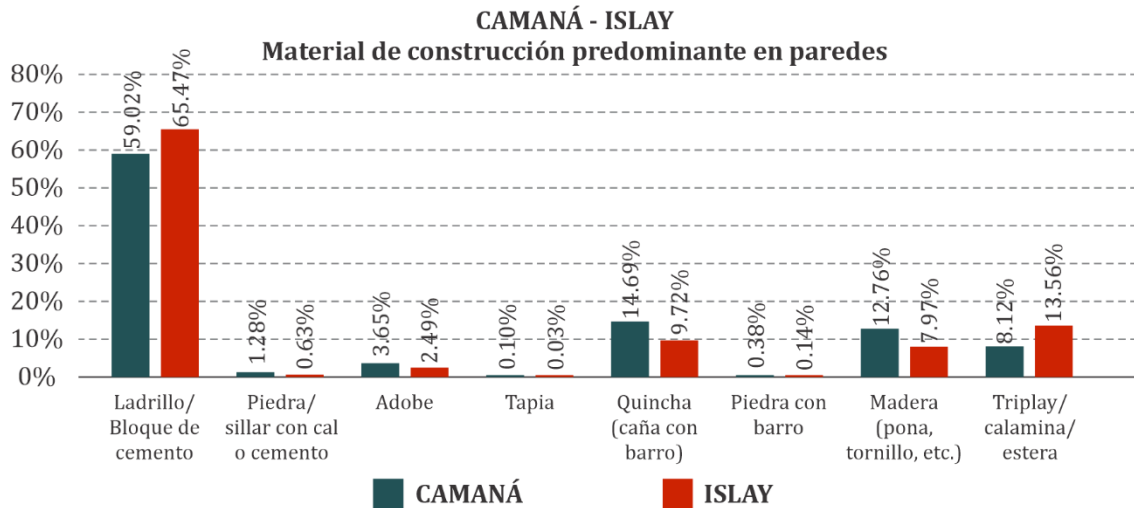


Figura 32. Material predominante en paredes de Camaná e Islay. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)

### 3.3.1.2.2. Material de construcción predominante en techos

En las provincias de Camaná e Islay, el material de construcción predominante en techos es el concreto armado con el 47.05% y el 50.87% respectivamente, seguido por las planchas de calamina con el 28.86% en Camaná y el 33.61% en Islay.

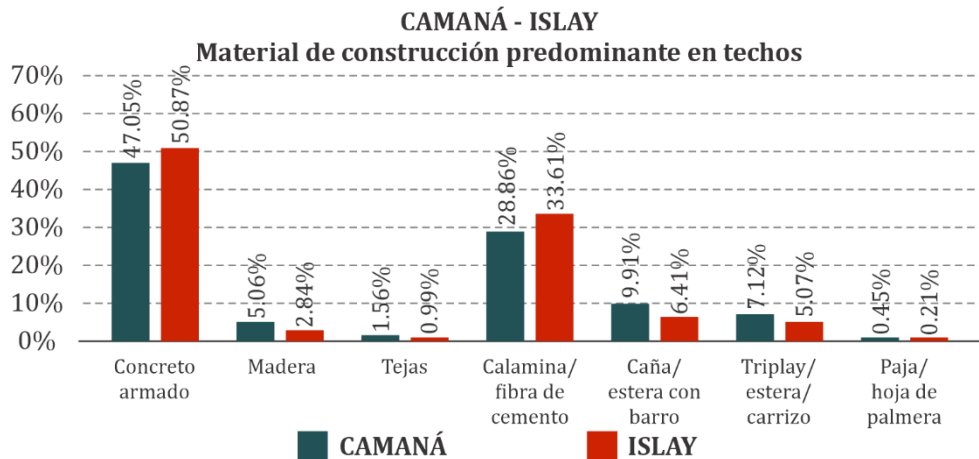


Figura 33. Material predominante en techos de Camaná e Islay. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)

### 3.3.1.2.3. Material de construcción predominante en piso

El material de construcción predominante en los pisos de Camaná e Islay es el cemento con el 56.54% y el 60.99% respectivamente, seguido por la tierra con el 27.41% en Camaná y el 20.38% en Islay; el resto está compuesta por parquet, vinílicos, cerámicos, madera y otro material.

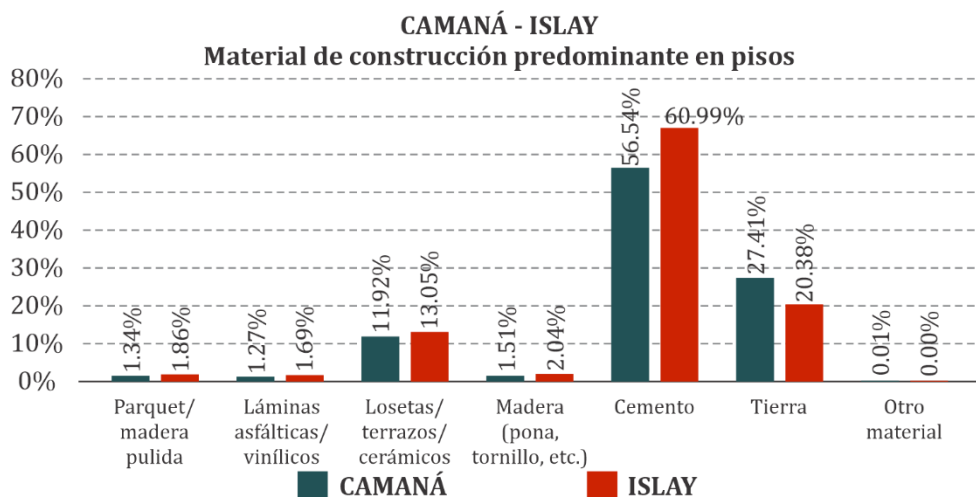


Figura 34. Material predominante en pisos de Camaná e Islay. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)

### 3.3.1.3. Descripción de servicios básicos

El acceso a los servicios básicos en las provincias de Camaná e Islay es exiguo; presentan un mayor déficit en el abastecimiento de agua y alcantarillado que afecta a los centros poblados más alejados o pequeños. Para el abastecimiento de agua recurren de forma periódica a ríos, acequias y camiones cisterna; y para evacuar sus aguas residuales utilizan ríos, acequias y campos abiertos.

#### 3.3.1.3.1. Abastecimiento de agua

En la provincia de Camaná, el 74.50% de las viviendas recibe agua potable a través de una red pública domiciliaria, el 5.09% lo recolecta a través de un pilón o pileta de uso público y el 1.29% lo acumula de un pozo de agua subterránea; sin embargo, el 19.12% de viviendas no cuenta con una red pública que le suministre el servicio de agua potable y lo recibe mayormente de camiones cisterna.

En la provincia de Islay, el 82.56% de las viviendas recibe agua potable a través de una red pública, el 6.87% mediante un pilón o pileta de uso público y el 1.73% de un pozo de agua subterránea; el porcentaje de viviendas que no cuenta con una red pública representa el 8.83%, sin embargo, lo recibe a través de camiones cisterna, manantiales, ríos, acequias.

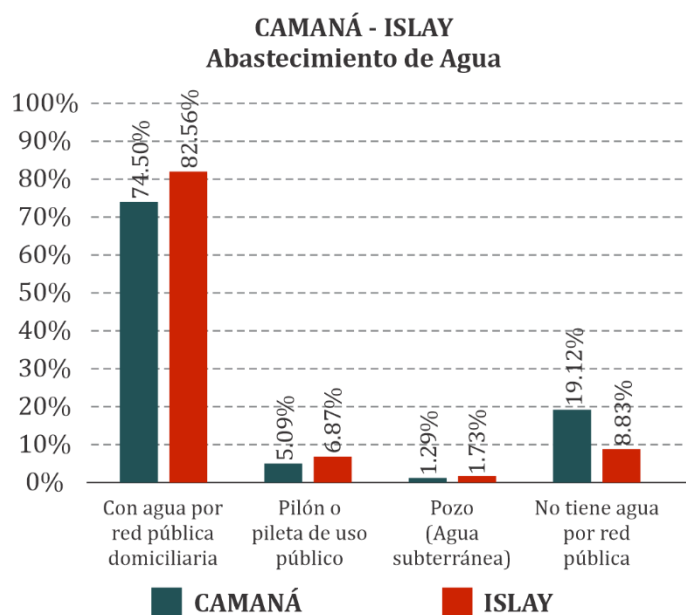


Figura 35. Abastecimiento de agua de Camaná e Islay. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)

### 3.3.1.3.2. Alcantarillado

En la provincia de Camaná el sistema de alcantarillado con una red pública cubre el 62.66%, con pozos sépticos o letrinas el 9.71% y con pozo ciego o negro el 24.36%; las viviendas que no cuentan con ningún servicio suman un total de 3.26% haciendo uso de ríos, acequias, campos abiertos, etc., hacia donde evacuan sus aguas servidas.

En la provincia de Islay la red pública cubre el 79.14%, seguido por el 8.29% con pozos sépticos o letrinas y el 10.21% con pozo ciego o negro; las viviendas que no cuentan con ningún servicio suman un total de 2.36%.

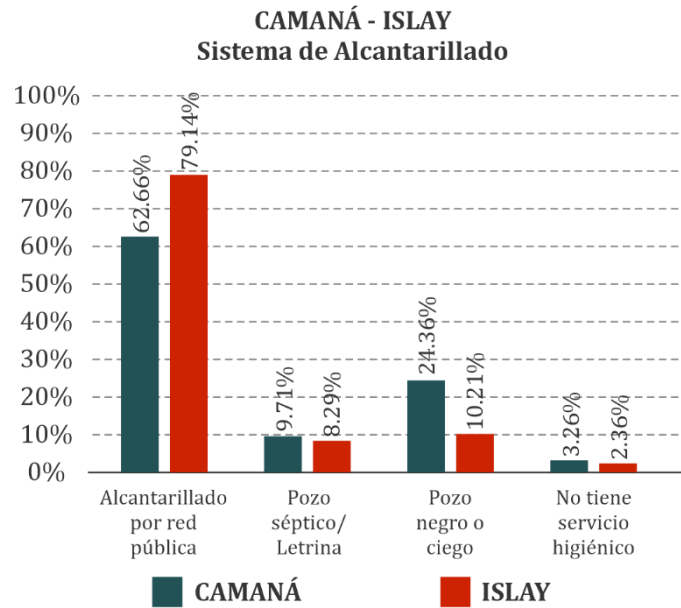


Figura 36. Sistema de alcantarillado de Camaná e Islay. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)

### 3.3.1.3.3. Red eléctrica

El 89.43% de las viviendas de la provincia de Camaná y el 89.11% de la provincia de Islay cuenta con alumbrado eléctrico proveniente de la red pública. Esto quiere decir que, más de 3500 viviendas carecen de este servicio sin considerar como una posibilidad el uso de la energía solar como fuente de energía.

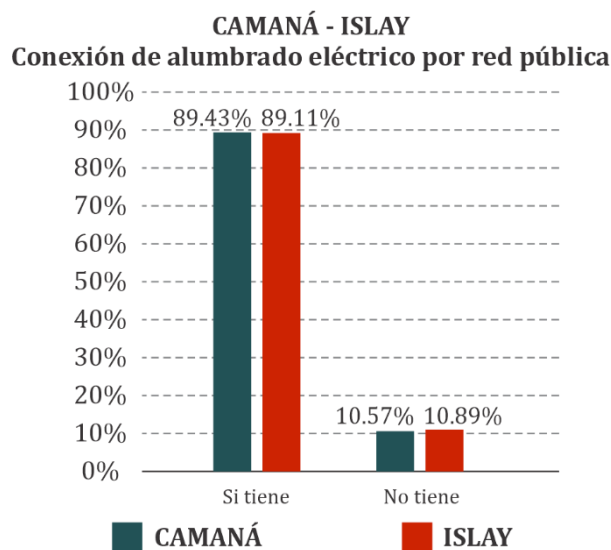


Figura 37. Alumbrado eléctrico por red pública de Camaná e Islay. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)

### 3.3.2. Zona 3: Interandino Bajo – Caravelí, Castilla y Condesuyos

#### 3.3.2.1. Descripción climatológica

En el departamento de Arequipa la zona bioclimática 3: Interandino Bajo, equivale a la zona climática “BSw” de la clasificación Köppen, a la zona climática “D(o i p) B'2 H2” de la clasificación Thornthwaite y a la región natural “Quechua” de la clasificación de Pulgar Vidal.

Esta zona también se la clasifica por presentar una temperatura templada y un terreno semi árido, se extiende por lo general entre los 2000 – 3000 m.s.n.m.

Tabla 8. Cuadro comparativo zona bioclimática "Interandino Bajo"

Zona	Clasificación					Altitud m.s.n.m.
	Köppen	Thornthwaite	Pulgar Vidal	Temperatura	Por Precipitación	
03 Interandino	BSw	D(o i p) B'2 H2	Quechua	Templado	Semi Árido	2000 - 3000

Fuente: Guía de aplicación de arquitectura bioclimática en locales educativos. MINEDU (2008)

- **Ciudades:** Distritos de Caravelí, Cahuacho, Chaparra, Huanuhuanu en la provincia de Caravelí; Aplao, Ayo, Huancarqui, Machaguay, Pampacolca, Tipán, Uñon y Viraco en Castilla; Chuquibamba, Andaray, Chichas, Iray, Salamanca y Yanaquihua en Condesuyos
- **Temperatura Media anual:** 20°C.
- **Humedad Relativa:** Seco entre los 30% y 50%.
- **Vientos:** Velocidad de 5 – 7 m/s y dirección predominante Sur.
- **Promedio Anual de Energía Solar diaria:** Entre 2 a 7.5 KW h/m<sup>2</sup>.
- **Promedio de Horas de Sol:** 6 horas.
- **Precipitación anual:** Entre 151 y 250 mm., las estaciones de otoño, invierno y primavera son secos.
- **Diferencia de Temperaturas medias:** Temperatura máxima de hasta 27.3°C durante el día y temperatura mínima media de 10.7°C en la noche.



CARAVELÍ  
Caravelí



CASTILLA  
Pampacolca

Figura 38. Fotografías de las provincias de Caravelí y Castilla. Fuente: Google (s.f.)



**CONDESUYOS**  
Chuquibamba

Figura 39. Fotografías de la provincia de Condesuyos. Fuente: Google (s.f.)

### 3.3.2.2. Descripción de viviendas

La zona Interandino Bajo está conformada por 5 distritos de la provincia de Caravelí, 8 de la provincia de Castilla y 6 de Condesuyos. Según el INEI (2017), las viviendas analizadas de las provincias de Caravelí, Castilla y Condesuyos son en su mayoría rurales, acumulan el 59.76%, 64.69% y 74.49% de viviendas respectivamente; la tipología con mayor número son las casas independientes con más del 90% de viviendas.

Las viviendas en las áreas urbanas son adosadas en una retícula regular e irregular, mientras que las viviendas en las áreas rurales podrían considerarse aisladas a pesar de estar lotizadas, cuentan con terrenos de mayores dimensiones lo que les permiten tener separaciones entre sus construcciones. La altura de edificación en estas provincias está sujeta al nivel socioeconómico de la población, solo se pueden apreciar viviendas de 1 y 2 niveles, siendo escasas las edificaciones que superan esta altura.

#### 3.3.2.2.1. Material de construcción predominante en paredes

En la provincia de Caravelí, el material predominante en la construcción de paredes exteriores es el ladrillo junto al adobe con el 35.86% y el 35.01% respectivamente, seguido por el triplay / calamina / estera con el 16.38%, la madera con el 10.22% y otros materiales con el 2.53%.

En las provincias de Castilla y Condesuyos, el material predominante es el adobe con el 52.18% y 47.97% respectivamente. En Castilla los materiales de las viviendas restantes son de ladrillo o bloque de cemento el 31.95%, de quincha el 8.89% y otros materiales el 6.98%.

En la provincia de Condesuyos, luego del adobe, tenemos las paredes de ladrillo o bloque de cemento con el 20.13%, el triplay / calamina / estera con el 11.35%, la piedra con barro con el 10.35% y otros materiales el 10.20%.

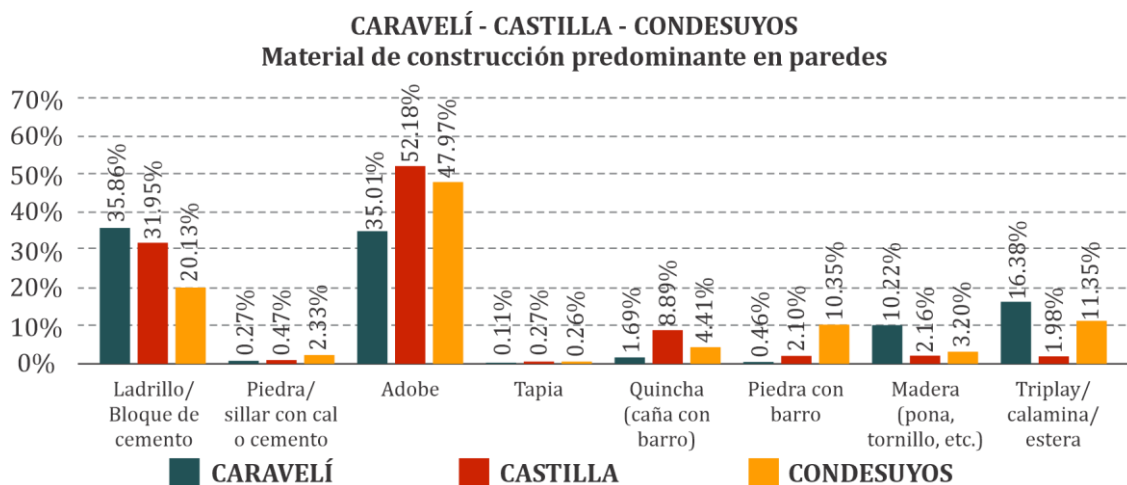


Figura 40. Material predominante en paredes de Caravelí, Castilla y Condesuyos. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)

### 3.3.2.2. Material de construcción predominante en techos

El material de construcción predominante en los techos de las viviendas de la provincia de Caravelí, son las planchas de calamina con el 57.47%, seguido por el concreto armado con el 22.78%, el triplay / estera / carrizo con el 8.17%, la caña con el 7.63%, y la madera, tejas, paja, hoja de palmera y similares con el 3.95%.

En las provincias de Castilla y Condesuyos el material predominante en techos son las planchas de calamina con el 41.29% y el 82.33% respectivamente, seguido por techos de concreto con el 25.87% en Castilla y el 11.95% en Condesuyos. El resto de viviendas tienen techos de caña, madera, tejas, triplay / estera / carrizo, paja y hoja de palmera.

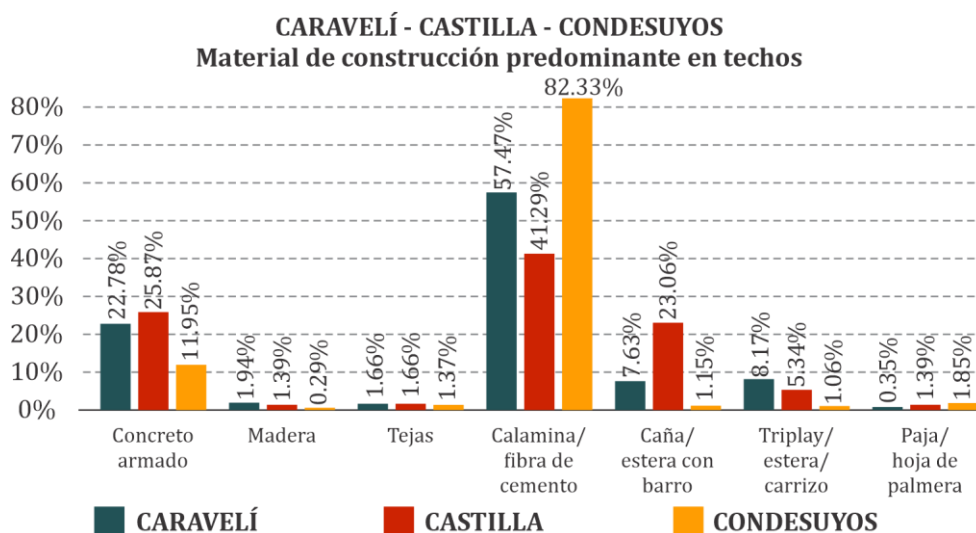


Figura 41. Material predominante en techos de Caravelí, Castilla y Condesuyos. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)

### 3.3.2.3. Material de construcción predominante en piso

En las provincias de Caravelí y Castilla el material predominante en pisos es el cemento con el 55.45% y el 54.47% respectivamente, seguido por la tierra con el 39.84% en Caravelí y el 38.66% en Castilla. En la provincia de Condesuyos sucede lo contrario, el material predominante es la tierra con el 67.79% seguido por el cemento con el 29.63%.

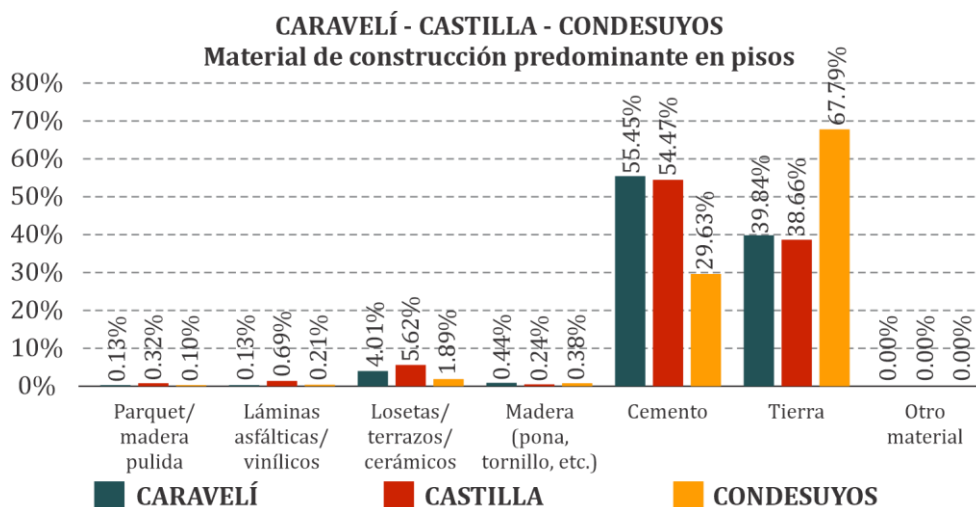


Figura 42. Material predominante en pisos de Caravelí, Castilla y Condesuyos. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)

### 3.3.2.3. Descripción de servicios básicos

El acceso a los servicios básicos en las provincias de Caravelí, Castilla y Condesuyos es insuficiente; los centros poblados más alejados o pequeños son los más afectados. Para el abastecimiento de agua recurren de forma periódica a ríos, acequias y camiones cisterna, para evacuar sus aguas residuales utilizan ríos, acequias y campos abiertos; y ante la ausencia de alumbrado eléctrico pasan las noches a oscuras.

#### 3.3.2.3.1. Abastecimiento de agua

En la provincia de Caravelí el 77.82% de viviendas recibe agua potable a través de una red pública domiciliaria, el 1.36% lo recolecta de un pilón o pileta de uso público y el 2.13% lo acumula de un pozo de agua subterránea; asimismo, el 18.69% de viviendas no cuenta con una red pública, pero lo recibe generalmente de camiones cisterna.

En la provincia de Castilla el 84.68% de viviendas cuentan con una red pública, el 1.31% recolecta agua potable a través de un pilón o pileta de uso público y el 5.32% lo acumula de un pozo de agua subterránea; el porcentaje de viviendas que no cuenta con este servicio representa el 8.69%.

En la provincia de Condesuyos el 64.84% de viviendas tienen conexión a una red pública, el 6.81% lo recolecta a través de un pilón o pileta de uso público y el 4.83% de un pozo de agua subterránea; las viviendas que no cuenta con ningún tipo de abastecimiento de agua potable suman el 23.52%, pero se abastecen en su mayoría de ríos y acequias.

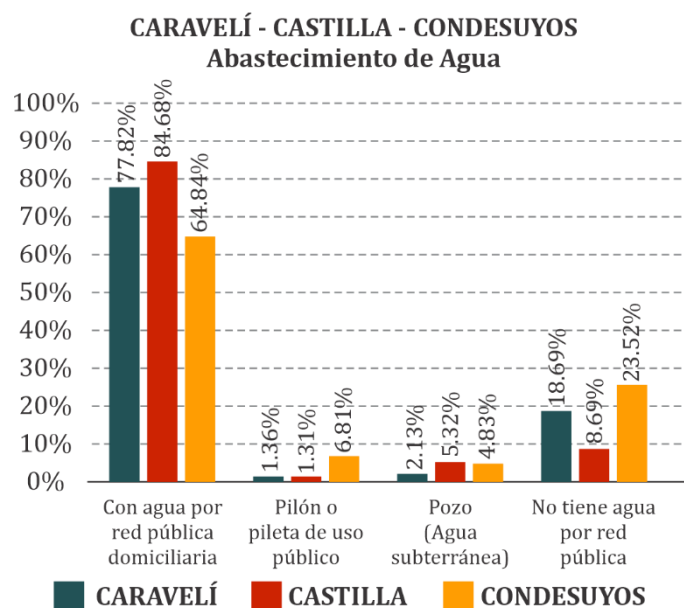


Figura 43. Abastecimiento de agua de Caravelí, Castilla y Condesuyos. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)

#### 3.3.2.3.2. Alcantarillado

El sistema de alcantarillado en la provincia de Caravelí cubre el 51.12% de viviendas con una red pública de desagüe, las que cuentan con pozos sépticos o letrinas suman el 14.93% y con pozo ciego o negro el 19.89%; las que no cuentan con ningún servicio reúnen el 14.06%.

En la provincia de Castilla el 48.08% tienen una red pública de alcantarillado, el 13.38% pozos sépticos o letrinas, el 32.15% pozos ciegos o negros y el 6.39% no cuentan con ningún servicio.

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú)  
según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

En la provincia de Condesuyos hay un mayor déficit de este servicio, apenas el 40.56% de viviendas presentan una conexión pública, el 13.74% pozos sépticos o letrinas, el 30.94% pozos ciegos o negros y el 14.77% no disponen de este servicio.

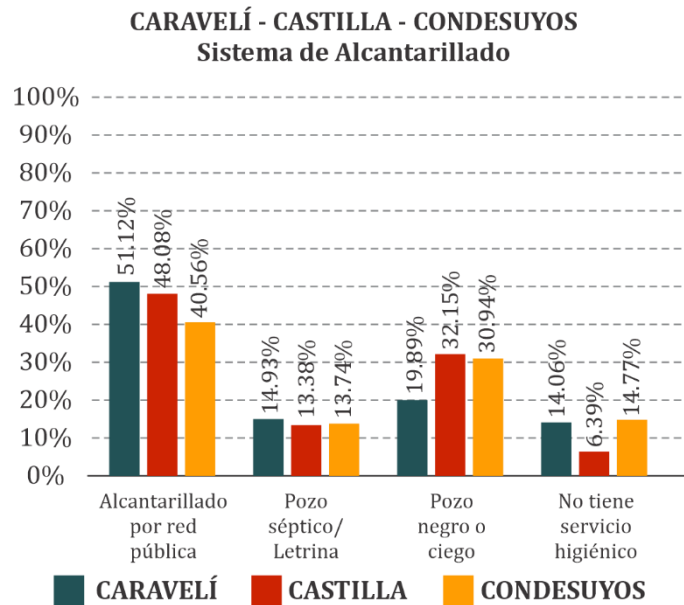


Figura 44. Sistema de alcantarillado de Caravelí, Castilla y Condesuyos. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)

### 3.3.2.3.3. Red eléctrica

El 88.28% de las viviendas de la provincia de Caravelí, el 88.12% de la provincia de Castilla y apenas el 79.35% de la provincia de Condesuyos cuentan con el servicio de alumbrado eléctrico proveniente de la red pública.

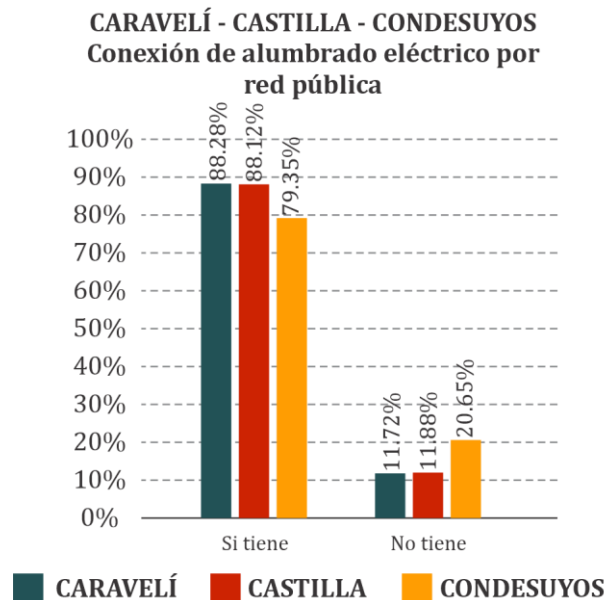


Figura 45. Conexión de alumbrado eléctrico por red pública de Caravelí, Castilla y Condesuyos. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)



### 3.3.3. Zona 4: Mesoandino – Arequipa y Condesuyos

#### 3.3.3.1. Descripción climatológica

En el departamento de Arequipa la zona bioclimática 4: Mesoandino, equivale a la zona climática “Dwb” de la clasificación Köppen, a la zona climática “C(o i p) C' H2” de la clasificación Thornthwaite y a la región natural “Quechua y Suni” de la clasificación de Pulgar Vidal. Esta zona también se la clasifica por presentar una temperatura fría, y un terreno semi seco, se extiende por lo general entre los 3000 – 4000 m.s.n.m.

Tabla 9. Cuadro comparativo zona bioclimática "Mesoandino"

Zona	Clasificación					Altitud m.s.n.m.
	Köppen	Thornthwaite	Pulgar Vidal	Temperatura	Por Precipitación	
04 Mesoandino	Dwb	C(o i p) C' H2	Quechua-Suni	Frio	Semi Seco	3000 - 4000

Fuente: Guía de aplicación de arquitectura bioclimática en locales educativos. MINEDU (2008)

- **Ciudades:** Distritos de Arequipa, Alto Selva Alegre, Cayma, Cerro Colorado, Characato, Chiguata, Jacobo Hunter, Mariano Melgar, Miraflores, Mollebaya, Paucarpata, Pocsi, Polobaya, Quequeña, Sabandía, Sachaca, Socabaya, Yanahuara, Yarabamba, Yura y José Luis Bustamante y Rivero en la Provincia de Arequipa; Cayarani en Condesuyos
- **Temperatura Media anual:** 12°C.
- **Humedad Relativa:** Seco entre 30% y 50%.
- **Vientos:** Velocidad de 7 m/s y dirección predominante Sur y Sur – Oeste.
- **Promedio Anual de Energía Solar diaria:** Entre 2 a 5 KW h/m<sup>2</sup>.
- **Promedio de Horas de Sol:** De 7 a 8 horas.
- **Precipitación anual:** Menor a 150 mm., otoño, invierno y primavera son secos.
- **Diferencia de Temperaturas medias:** Temperatura máxima de hasta 22.6°C durante el día y temperatura mínima media de 8.2°C en la noche.



Figura 46. Fotografía de la provincia de Arequipa. Fuente: Google (s.f.)

#### 3.3.3.2. Descripción de viviendas

La zona Mesoandino está conformada por 21 distritos de la provincia de Arequipa y 1 de Condesuyos, tiene el 97.97% de viviendas urbanas y el 2.03% rurales, cuenta con más del 85% de viviendas independientes, seguido por departamentos en edificios y viviendas improvisadas. (INEI, 2017)

Las viviendas en la ciudad de Arequipa son adosadas en una cuadrícula regular, las viviendas independientes tienen hasta 3 niveles de altura, encontrando en la periferia de la ciudad viviendas de 1 y 2 niveles en su mayoría. Con relación a la altura de las viviendas en

departamentos, tienen de 4 hasta 6 niveles, sin embargo, en los últimos años han comenzado a construir y promover conjuntos residenciales con edificios de departamentos de hasta los 14 niveles.

### 3.3.3.2.1. Material de construcción predominante en paredes

En la provincia de Arequipa, el material de construcción predominante en las paredes exteriores es el Ladrillo o bloque de cemento con el 88.28% del total de viviendas, seguido de lejos por la piedra o sillar con cal o cemento con el 5.79%, el adobe con el 4.18% y el triplay / calamina / estera, la madera, la quincha, la piedra con barro, la tapia y otros materiales con el 1.75%.



Figura 47. Material predominante en paredes de Arequipa. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)

### 3.3.3.2.2. Material de construcción predominante en techos

En la ciudad de Arequipa, el material de construcción predominante en los techos es el concreto armado con el 72.69%, seguido de lejos por las planchas de calamina con el 25.88%; la caña, el triplay / estera / carrizo, la madera, las tejas, la paja, hoja de palmera y otros materiales suman el 1.43%.

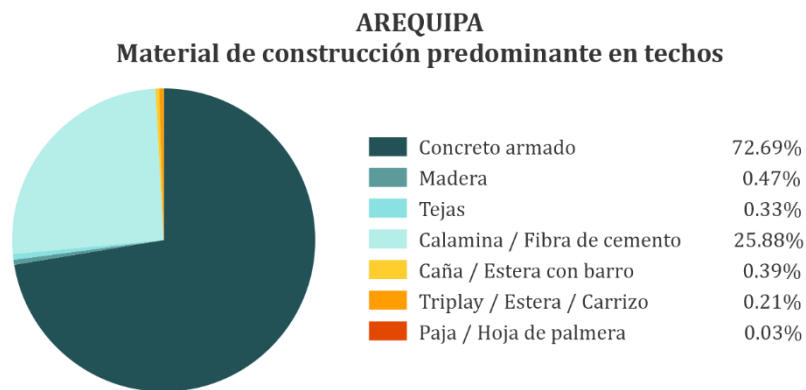


Figura 48. Material predominante en techos de Arequipa. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)

### 3.3.3.2.3. Material de construcción predominante en pisos

En la ciudad de Arequipa el cemento se establece como el material de construcción predominante con el 58.89%, seguido por los cerámicos o similares con el 19.54%, la tierra con el 8.73%, los vinílicos o similares con el 6.37%, el parquet con el 6.02% y la madera con el 0.45%.

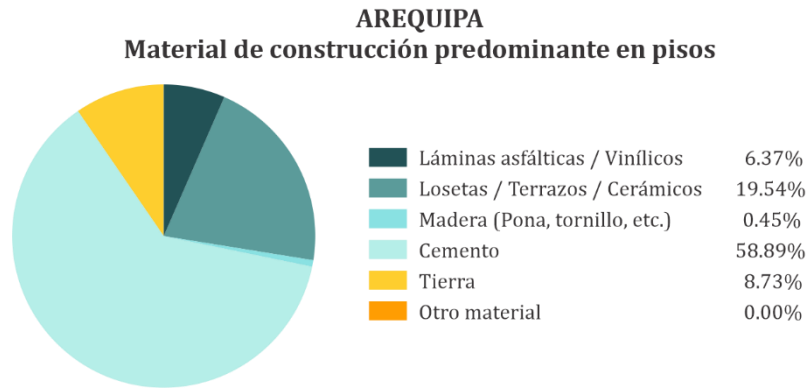


Figura 49. Material predominante en pisos de Arequipa. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)

### 3.3.3.3. Descripción de servicios básicos

A pesar de ser la capital del departamento, la provincia presenta un gran porcentaje de viviendas sin acceso a los servicios básicos (Agua potable, alcantarillado y luz eléctrica), esto se debe principalmente a dos factores: la continua expansión territorial hacia la periferia de la ciudad y la topografía accidentada del terreno en estos sectores; estos factores hacen que muchos de los servicios sean inaccesibles o presenten un mayor grado de dificultad para ser instalados.

Las autoridades no conciben la posibilidad de utilizar la energía solar como fuente de energía para cubrir la demanda de la población durante gran parte del año, ya sea en sus viviendas como en el espacio público urbano.

#### 3.3.3.3.1. Abastecimiento de agua

En la ciudad de Arequipa, el 81.22% de las viviendas recibe agua potable a través de una red pública domiciliaria, el 13.20% recolecta agua potable a través de un pilón o pileta de uso público y el 1.91% acumula el servicio de un pozo de agua subterránea; el porcentaje de viviendas que no cuenta con una red pública que le suministre el servicio de agua potable representa el 3.66% del total, sin embargo, lo recibe a través de camiones cisterna.

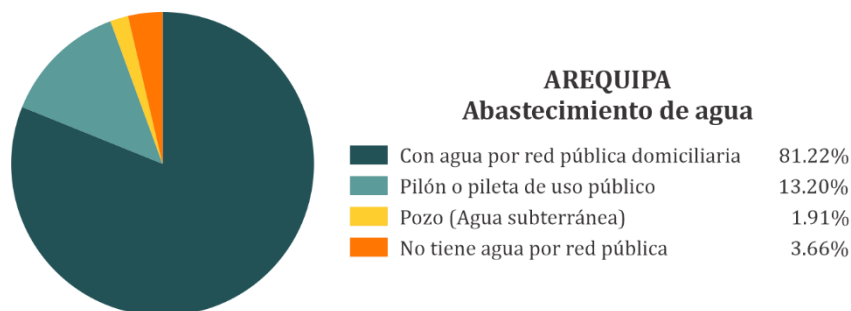


Figura 50. Abastecimiento de agua de Arequipa. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)

#### 3.3.3.3.2. Alcantarillado

La ciudad de Arequipa cuenta con un sistema de alcantarillado que cubre el 77.54% de las viviendas con una red pública de desagües dentro de la edificación, seguido por el 8.54% de viviendas que cuenta con pozos sépticos o letrinas y el 12.44% con pozo ciego o negro; las viviendas que no cuentan con ningún servicio suman un total de 1.48% haciendo uso de ríos, acequias, campos abiertos, etc., hacia donde evacuan sus aguas servidas.

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

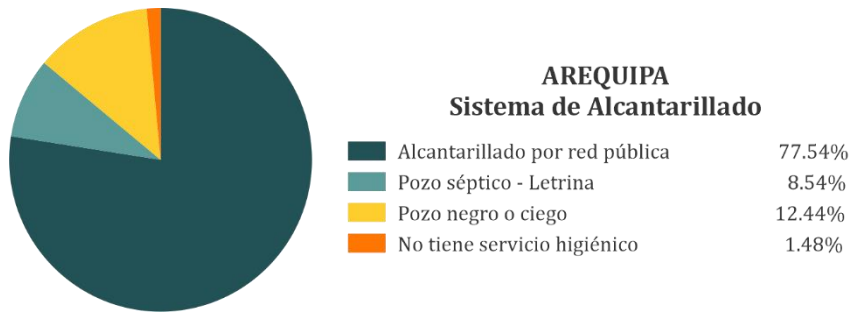


Figura 51. Sistema de alcantarillado de Arequipa. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)

### 3.3.3.3. Red eléctrica

El 93.01% de viviendas de la ciudad de Arequipa cuenta con alumbrado eléctrico de la red pública, y el 6.99% no cuenta con este servicio. A pesar de que la ciudad cuenta en gran parte del año con varias horas de sol durante el día, son pocas las viviendas que utilizan la energía solar únicamente en termas solares.



Figura 52. Conexión de alumbrado eléctrico por red pública de Arequipa. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)

### 3.3.4. Zona 5: Altoandino – Caylloma

#### 3.3.4.1. Descripción climatológica

En el departamento de Arequipa la zona bioclimática 5: Altoandino, equivale a la zona climática “ETH” de la clasificación Köppen, a la zona climática “B(o i) D' H3” de la clasificación Thornthwaite y a la región natural “Puna” de la clasificación de Pulgar Vidal.

Esta zona también se la clasifica por presentar una temperatura semi frígida y un terreno lluvioso, se extiende por lo general entre los 4000 – 4800 m.s.n.m.

Tabla 10. Cuadro comparativo zona bioclimática “Altoandino”

Zona	Clasificación					Altitud m.s.n.m.
	Köppen	Thornthwaite	Pulgar Vidal	Temperatura	Por Precipitación	
05 Altoandino	ETH	B(o i) D' H3	Puna	Semi Frígido	Lluvioso	4000 - 4800

Fuente: Guía de aplicación de arquitectura bioclimática en locales educativos. MINEDU (2008)

- **Ciudades:** Los distritos de Chivay, Achoma, Callalli, Caylloma, Coporaque, Huambo, San Antonio de Chuca, Sibayo, Tapay, Tisco y Tuti en la provincia de Caylloma.
- **Temperatura Media anual:** 6°C.
- **Humedad Relativa:** Húmedo entre 30% y 50%.
- **Vientos:** Velocidad de 9 m/s y dirección predominante Sur y Sur – Oeste.
- **Promedio Anual de Energía Solar diaria:** 5 KW h/m<sup>2</sup>.
- **Promedio de Horas de Sol:** De 8 a 10 horas.

- **Precipitación anual:** Entre 501 a 750 mm., las estaciones de otoño e invierno son secos.
- **Diferencia de Temperaturas medias:** Temperatura máxima de hasta 14.1°C durante el día y temperatura mínima media de -3.5°C en la noche.



Figura 53. Fotografía de la provincia de Caylloma. Fuente: Elaboración propia (2020)

### 3.3.4.2. Descripción de viviendas

La zona Altoandino está conformada por 11 distritos de la provincia de Caylloma, tiene el 22.15% de viviendas urbanas y el 77.85% rurales. Las viviendas independientes representan más del 80% del total, seguido por viviendas improvisadas, chozas y cabañas. (INEI, 2017)

Las viviendas en las áreas urbanas son adosadas en una retícula regular e irregular, sus casas independientes presentan viviendas con alturas de hasta 3 niveles. Las viviendas en áreas rurales son aisladas a pesar de estar en una retícula, cuentan con terrenos de mayores dimensiones que les permiten tener separaciones entre sus construcciones, la altura de sus viviendas llega normalmente hasta 2 niveles, siendo escasas las edificaciones que superan estos niveles.

#### 3.3.4.2.1. Material de construcción predominante en paredes

En la provincia de Caylloma, el material de construcción predominante en las paredes exteriores es el adobe con el 45.18%, seguido por la piedra con barro con el 33.39%, el ladrillo o bloque de cemento con el 15.38% y otros materiales con el 6.05%.

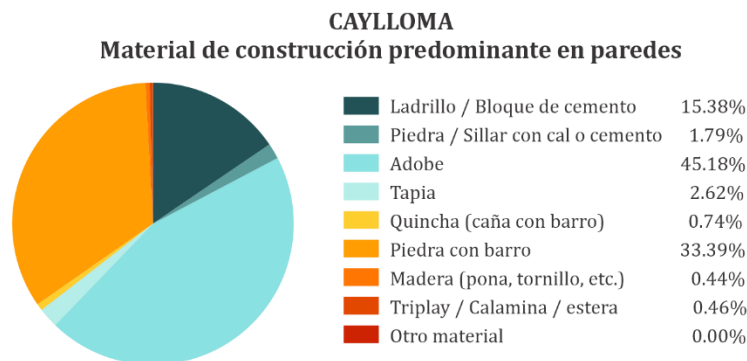


Figura 54. Material predominante en paredes de Caylloma. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)

#### 3.3.4.2.2. Material de construcción predominante en techos

En Caylloma el material de construcción predominante en los techos de las viviendas son las planchas de calamina con el 77.59%, seguido por los techos de concreto armado con el 10.01%, la paja, hoja de palmera y similares con el 10.01% y otros materiales con el 2.40%.

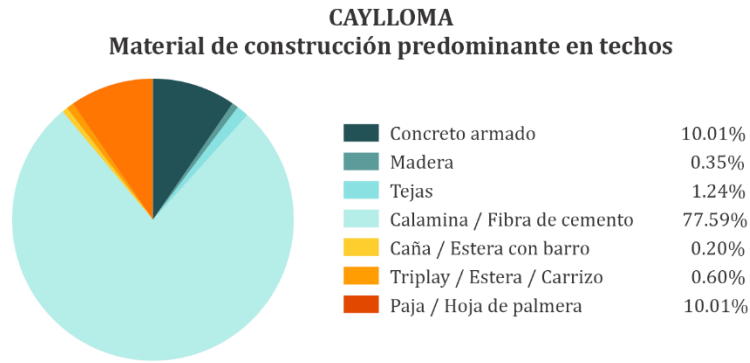


Figura 55. Material predominante en techos de Caylloma. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)

### 3.3.4.2.3. Material de construcción predominante en piso

El material de construcción predominante en pisos en la provincia de Caylloma es la tierra con el 61.04% seguido por el cemento con el 35.11%; el porcentaje restante se distribuye en pisos de parquet, madera, cerámicos y vinílicos o similares.

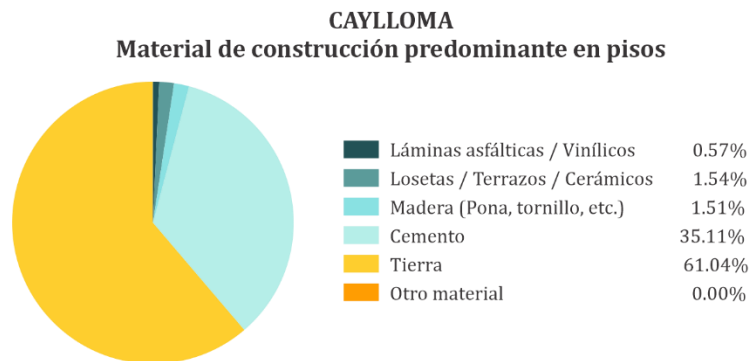


Figura 56. Material predominante en pisos de Caylloma. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)

### 3.3.4.3. Descripción de servicios básicos

El acceso a los servicios básicos en la provincia de Caylloma es deficiente; esto se debe a la presencia de centros poblados pequeños y alejados en donde aún no llega el suministro de estos servicios. Para el abastecimiento de agua recurren de forma periódica a ríos, acequias, manantiales y camiones cisterna; para evacuar sus aguas residuales utilizan ríos, acequias y campos abiertos; y ante la ausencia de energía eléctrica algunas viviendas, sobre todo las más alejadas poseen paneles fotovoltaicos que les proporcionan energía.

#### 3.3.4.3.1. Abastecimiento de agua

En la ciudad de Caylloma, el 66.41% de las viviendas recibe agua potable a través de una red pública domiciliaria, el 4.67% lo recolecta a través de un pilón o pileta y el 16.25% de un pozo de agua subterránea; el porcentaje de viviendas que no cuenta con una red pública representa el 12.67%, sin embargo, se abastecen generalmente de camiones cisterna, ríos, acequias y manantiales.

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú)  
según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

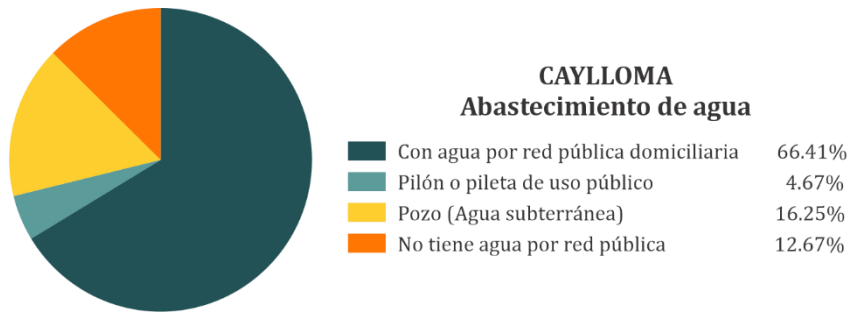


Figura 57. Abastecimiento de agua de Caylloma. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)

### 3.3.4.3.2. Alcantarillado

La provincia de Caylloma cuenta con un sistema de alcantarillado que cubre el 60.49% de viviendas con una red pública de desagües, las viviendas que cuentan con pozos sépticos o letrinas suman el 6.82% y con pozo ciego o negro el 14.51%; las que no cuentan con ningún servicio reúnen el 18.17%.

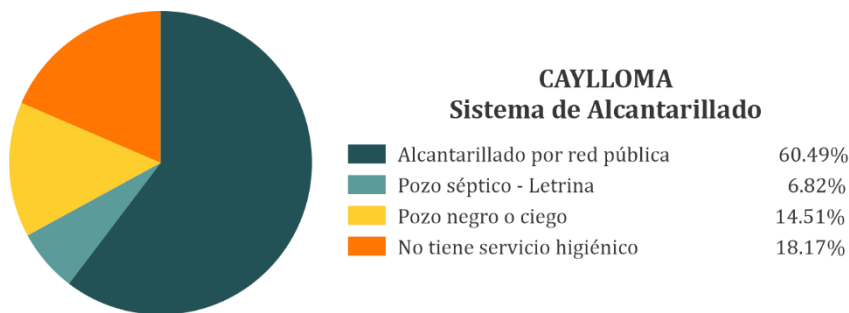


Figura 58. Sistema de alcantarillado de Caylloma. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)

### 3.3.4.3.3. Red eléctrica

El 67.70% de las viviendas de la provincia de Caylloma cuentan con el servicio de alumbrado eléctrico proveniente de la red pública, mientras que el 32.30% restante no tienen ningún tipo de conexión eléctrica. No existe información sobre la cantidad de viviendas que utilizan energía solar mediante paneles fotovoltaicos.



Figura 59. Conexión de alumbrado eléctrico por red pública de Caylloma. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)

## 3.3.5. Zona 6: Nevado – La Unión

### 3.3.5.1. Descripción climatológica

En el departamento de Arequipa la zona bioclimática 6: Nevado, equivale a la zona climática “EFH” de la clasificación Köppen, a la zona climática “B(i) F’ H2” de la clasificación Thornthwaite y a la región natural “Janca” de la clasificación de Pulgar Vidal.

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú)  
según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

Esta zona también se la clasifica por presentar una temperatura polar y un terreno lluvioso, se extiende por lo general a partir de los 4800 m.s.n.m.

**Tabla 11.** Cuadro comparativo zona bioclimática "Nevado"

Zona	Clasificación					Altitud m.s.n.m.
	Köppen	Thorntwaite	Pulgar Vidal	Temperatura	Por Precipitación	
06 Nevado	EFH	B(i) F' H2	Janca	Polar	Lluvioso	Más de 4800

Fuente: Guía de aplicación de arquitectura bioclimática en locales educativos. MINEDU (2008)

- **Ciudades:** Provincia de La Unión y San Antonio de Chuca en Caylloma.
- **Temperatura Media anual:** Menor a 0°C.
- **Humedad Relativa:** Seco entre 70% y 100%.
- **Vientos:** Velocidad de 7 m/s y dirección predominante Sur y Sur – Oeste.
- **Promedio Anual de Energía Solar diaria:** 5 KW h/m<sup>2</sup>.
- **Promedio de Horas de Sol:** De 8 a 11 horas.
- **Precipitación anual:** Entre 250 a 750 mm., la estación de invierno es seca.
- **Diferencia de Temperaturas medias:** Temperatura máxima de hasta 15°C durante el día y temperatura mínima media de -20°C en la noche.

LA UNIÓN - Cotahuasi



CAYLLOMA - San Antonio de Chuca



Figura 60. Fotografía de la provincia de La Unión y San Antonio de Chuca. Fuente: Fotografía de Diego Barrientos y Google (s.f.)

### 3.3.5.2. Descripción de viviendas

Según el INEI (2017), el distrito de San Antonio de Chuca en la provincia de Caylloma, tiene 589 viviendas y todas son rurales. El 94% son casas independientes y el resto chozas y viviendas improvisadas.

Este distrito presenta viviendas aisladas dentro de una retícula regular e irregular. La altura de las viviendas independientes no sobrepasa los 2 niveles de altura.

#### 3.3.5.2.1. Material de construcción predominante en paredes

En el distrito de San Antonio de Chuca en la provincia de Caylloma, el material de construcción predominante en las paredes exteriores es el Adobe con el 48.17% seguido por la piedra con barro con el 37.80% y otros materiales con el 14.02%.



**SAN ANTONIO DE CHUCA**  
**Material de construcción predominante en paredes**

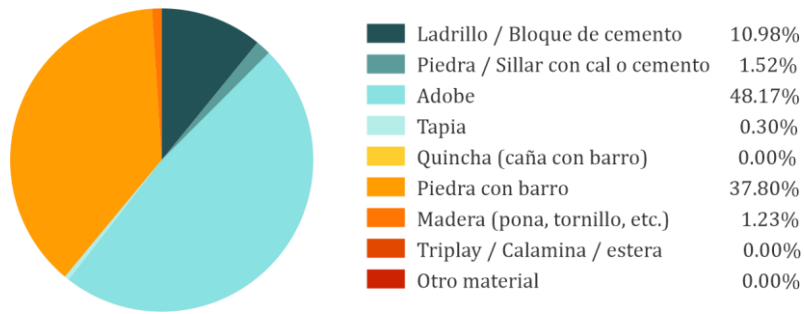


Figura 61. Material predominante en paredes de San Antonio de Chuca. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)

**3.3.5.2.2. Material de construcción predominante en techos**

En San Antonio de Chuca el material de construcción predominante en los techos con superioridad sobre los demás son las planchas de calamina con el 88.11%, seguido por los techos de concreto armado con el 5.79%, de paja, hoja de palmera y similares con el 5.18% y otros materiales con el 0.91%.

**SAN ANTONIO DE CHUCA**  
**Material de construcción predominante en techos**

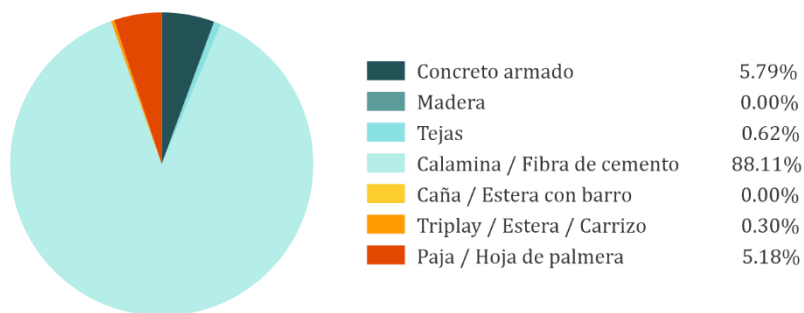


Figura 62. Material predominante en techos de San Antonio de Chuca. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)

**3.3.5.2.3. Material de construcción predominante en piso**

El material de construcción predominante en los pisos de San Antonio de Chuca es la tierra con el 67.07%, seguido de lejos por el cemento con el 30.49% y por cerámicos y maderas con el 2.44%.

**SAN ANTONIO DE CHUCA**  
**Material de construcción predominante en pisos**

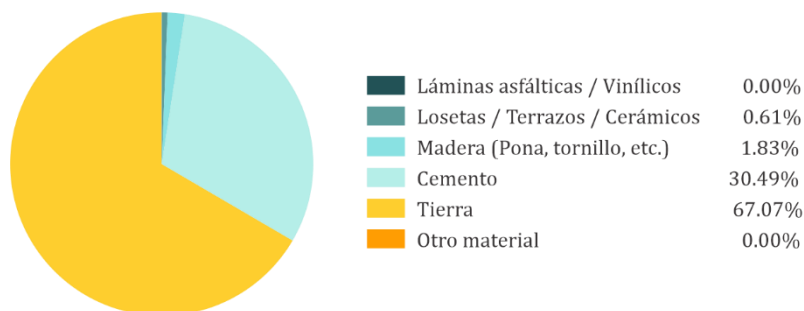


Figura 63. Material predominante en pisos de San Antonio de Chuca. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)

### 3.3.5.3. Descripción de servicios básicos

El acceso a los servicios básicos en las áreas rurales del Perú es un problema de nunca acabar, San Antonio de Chucha cuenta con el 100% de área rural, por lo tanto, presenta un mayor déficit de estos servicios, situación que se agrava por su ubicación geográfica y su difícil acceso. Para el abastecimiento de agua recurren de forma periódica a ríos, acequias, manantiales y lagos; para evacuar sus aguas residuales utilizan ríos, acequias y campos abiertos; y ante la ausencia de energía eléctrica algunas viviendas, sobre todo las más alejadas poseen paneles fotovoltaicos que les proporcionan energía.

#### 3.3.5.3.1. Abastecimiento de agua

En el distrito de San Antonio de Chuca, el 36.28% de viviendas recibe agua potable a través de una red pública domiciliaria, el 9.76% lo recolecta a través de un pilón o pileta de uso público y el 39.02% de un pozo de agua subterránea; el porcentaje de viviendas que no cuenta con una red pública de agua potable representa el 14.94%, sin embargo, se abastecen generalmente de ríos, acequias, lagos y manantiales.

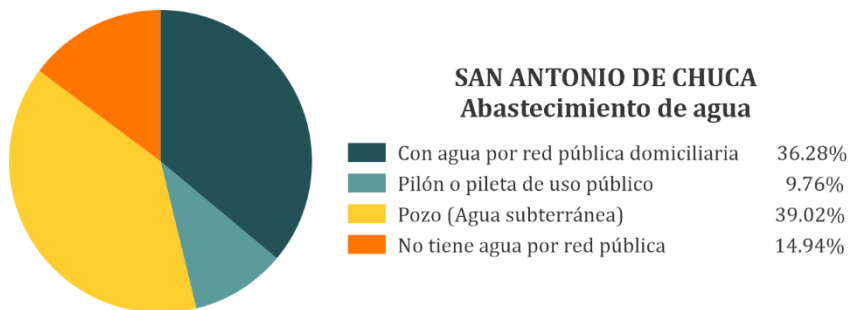


Figura 64. Abastecimiento de agua de San Antonio de Chuca. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)

#### 3.3.5.3.2. Alcantarillado

San Antonio de Chuca cuenta con un sistema de alcantarillado por red pública que solo cubre el 15.85% de viviendas, las que cuentan con pozos sépticos o letrinas suman el 16.77% y con pozo ciego o negro el 28.96%; las viviendas que no cuentan con ningún servicio representan el 38.41%.

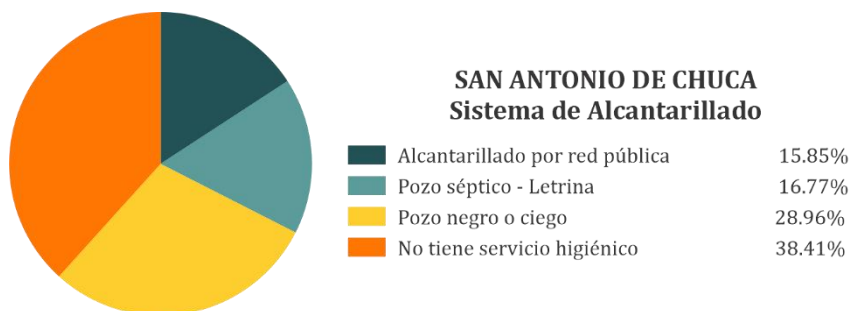


Figura 65. Sistema de alcantarillado de San Antonio de Chuca. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)

#### 3.3.5.3.3. Red eléctrica

El 38.41% de las viviendas del distrito de San Antonio de Chuca de la provincia de La Unión cuentan con el servicio de alumbrado eléctrico proveniente de la red pública, mientras que el 61.59% restante no tienen ningún tipo de conexión eléctrica. No existe información sobre la cantidad de viviendas que utilizan energía solar mediante paneles fotovoltaicos.

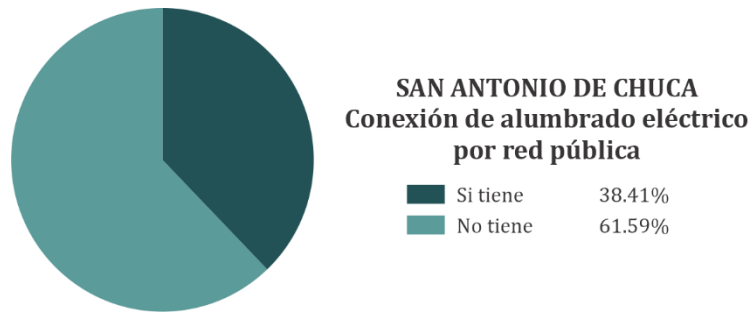


Figura 66. Conexión de alumbrado eléctrico por red pública de San Antonio de Chuca. Fuente: Elaboración propia basado en INEI (2017)

### 3.4. Tipologías de viviendas: según materiales utilizados

La tipología es el estudio de tipos que se usa para la clasificación de disciplinas que presentan semejanzas, en un mundo tan diverso, las tipologías arquitectónicas pueden presentar similitudes en los usos, épocas, funciones, formas, métodos constructivos, etc.; para la presente investigación, nos enfocaremos en las tipologías de vivienda según los materiales de construcción predominantes en muros, techos y pisos.

#### 3.4.1. Zona 1: Desértico Marino

Esta zona bioclimática comprende la totalidad de viviendas de las provincias de Camaná e Islay, según el INEI (2017), los materiales de construcción predominante en ambas provincias son: en paredes exteriores el ladrillo o bloque de cemento, en techos el concreto armado y en pisos el cemento y las cerámicas o similares.

Las tipologías de vivienda que destacan en Camaná son las viviendas independientes con los siguientes materiales de construcción:

- Muros de ladrillo, techo de concreto armado y piso de cemento (30.91%).
- Muros de ladrillo, techo de concreto armado y piso de cerámico o similar (11.20%).

Las tipologías de vivienda que destacan en Islay son las viviendas independientes con los siguientes materiales de construcción:

- Muros de ladrillo, techo de concreto armado y piso de cemento (33.52%).
- Muros de ladrillo, techo de concreto armado y piso de cerámico o similar (11.85%).



Figura 67. Tipologías de vivienda según su material predominante de construcción de la zona bioclimática "Desértico Marino" (a). Fuente: Elaboración propia (2021)



Figura 68. Tipologías de vivienda según su material predominante de construcción de la zona bioclimática "Desértico Marino" (b). Fuente: Elaboración propia (2021)

### 3.4.2. Zona 3: Interandino Bajo

La zona bioclimática Interandino Bajo abarca algunos distritos de las provincias de Caravelí, Castilla y Condesuyos, según el INEI (2017) los materiales de construcción que predominan en las viviendas de Caravelí y Castilla son el adobe y el ladrillo en muros, las planchas de calamina y el concreto armado en techos y la tierra y el cemento en pisos; en Condesuyos el adobe predomina en muros, las planchas de calamina en techos, y la tierra y el cemento en pisos.

Las tipologías que predominan en Caravelí son las viviendas independientes con los siguientes materiales de construcción:

- Muros de adobe, techos de planchas de calamina y pisos de tierra (17.68%).
- Muros de ladrillo, techos de concreto armado y pisos de cemento (16.65%).

Las tipologías que predominan en Castilla son las viviendas independientes con los siguientes materiales de construcción:

- Muros de adobe, techos de planchas de calamina y pisos de tierra (19.28%).
- Muros de ladrillo, techos de concreto armado y piso de cemento (17.72%).

Las tipologías que predominan en Condesuyos son las viviendas independientes con los siguientes materiales de construcción:

- Muros de adobe, techos de plancha de calamina y piso de tierra (36.47%).
- Muros de adobe, techos de plancha de calamina y piso de cemento (9.36%).



Figura 69. Tipologías de vivienda según su material predominante de construcción de la zona bioclimática "Interandino" (a). Fuente: Fotografías de Diego Barrientos (2020)



Figura 70. Tipologías de vivienda según su material predominante de construcción de la zona bioclimática "Interandino" (b). Fuente: Fotografías de Diego Barrientos (2020)

### 3.4.3. Zona 4: Mesoandino

Esta zona bioclimática contiene 21 distritos de Arequipa, según los datos estadísticos recogidos del INEI (2017), en la ciudad el material predominante en paredes exteriores es el ladrillo, en techos es el concreto armado y en pisos el cemento y la cerámica.

Las tipologías que predominan en Arequipa son las viviendas independientes con los siguientes materiales de construcción:

- Muros de ladrillo, techo de concreto armado y piso de cemento. (37.26%)
- Muros de ladrillo, techo de concreto armado y piso de piezas de cerámica (18.84%).



Figura 71. Tipologías de vivienda según su material predominante de construcción de la zona bioclimática "Mesoandino". Fuente: Google Maps (2020)

### 3.4.4. Zona 5: Altoandino

La zona bioclimática Altoandino está conformada por 11 de los 20 distritos de la provincia de Caylloma, según el INEI (2017), los materiales de construcción predominantes en muros es el adobe y la piedra con barro, en techos las planchas de calamina y en pisos la tierra.

Las tipologías que predominan en Caylloma son las viviendas independientes con los siguientes materiales de construcción:

- Muros de adobe, techos de planchas de calamina y piso de tierra (26.46%).
- Muros de piedra con barro, techos de planchas de calamina y pisos de tierra (17.27%).



Figura 72. Tipologías de vivienda según su material predominante de construcción de la zona bioclimática "Altoandino". Fuente: Elaboración propia (2020)

### 3.4.5. Zona 6: Nevado

La zona bioclimática Nevado engloba al distrito de San Antonio de Chuca de la provincia de Caylloma, según la información del INEI (2017), los materiales de construcción predominantes en paredes es el adobe, en techos las planchas de calamina y en pisos la tierra.

Las tipologías que predominan en San Antonio de Chuca son las viviendas independientes con los siguientes materiales de construcción:

- Muros de piedra con barro, techos de planchas de calamina y pisos de tierra (32.32%).
- Muros de adobe, techos de planchas de calamina y pisos de tierra (28.05%).



Figura 73. Tipologías de vivienda según su material predominante de construcción de la zona bioclimática "Nevado".  
Fuente: Elaboración propia (2020)

### 3.5. Descripción de sistemas constructivos

#### 3.5.1. Sistema constructivo tradicional en Albañilería confinada

Es el sistema constructivo utilizado normalmente en las zonas urbanas del Perú, funciona de manera correcta en las zonas de alta sismicidad. Su sistema constructivo consiste en:

- **Cimentación:** Ante la presencia de muros portantes, se utilizan cimientos corridos de dimensiones variables dependiendo del tipo de suelo y peso a soportar, los cimientos están rellenos de concreto ciclópeo (cemento, hormigón, agua y piedra).
- **Sobrecimiento:** Debe ser de concreto ciclópeo con piedras de menor dimensión.
- **Muros:** En los muros portantes deben utilizarse ladrillos King Kong y en las tabiquerías ladrillos pandereta, estos deben estar unidos por una mezcla de mortero (cemento, arena y agua) de 1.00 – 1.50 cm de espesor.
- **Arriostres:** Los elementos verticales son las columnas y placas (acero + concreto), arriostren los muros a una distancia máxima de 4 metros, la unión muro y arriostre vertical debe ser endentando el muro y con mechas de anclaje cada 3 hiladas de ladrillo; los elementos horizontales son las vigas y viguetas (acero + concreto), transmiten las cargas del techo a los muros y proporcionan confinamiento y arriostre a los muros portantes.
- **Techos:** La losa aligerada se apoya sobre los muros, vigas o placas; son de concreto armado (acero + concreto) con ladrillos de techo hueco para alivianar su peso.
- **Revestimientos:** También llamado "estuque", es una mezcla de cemento, arena fina y agua, se aplican en techos, muros internos y externos. Asimismo, sobre el techo se coloca un falso piso compuesto por una mezcla de cemento, arena y agua con un espesor que varía entre los 5 y 10 cm.

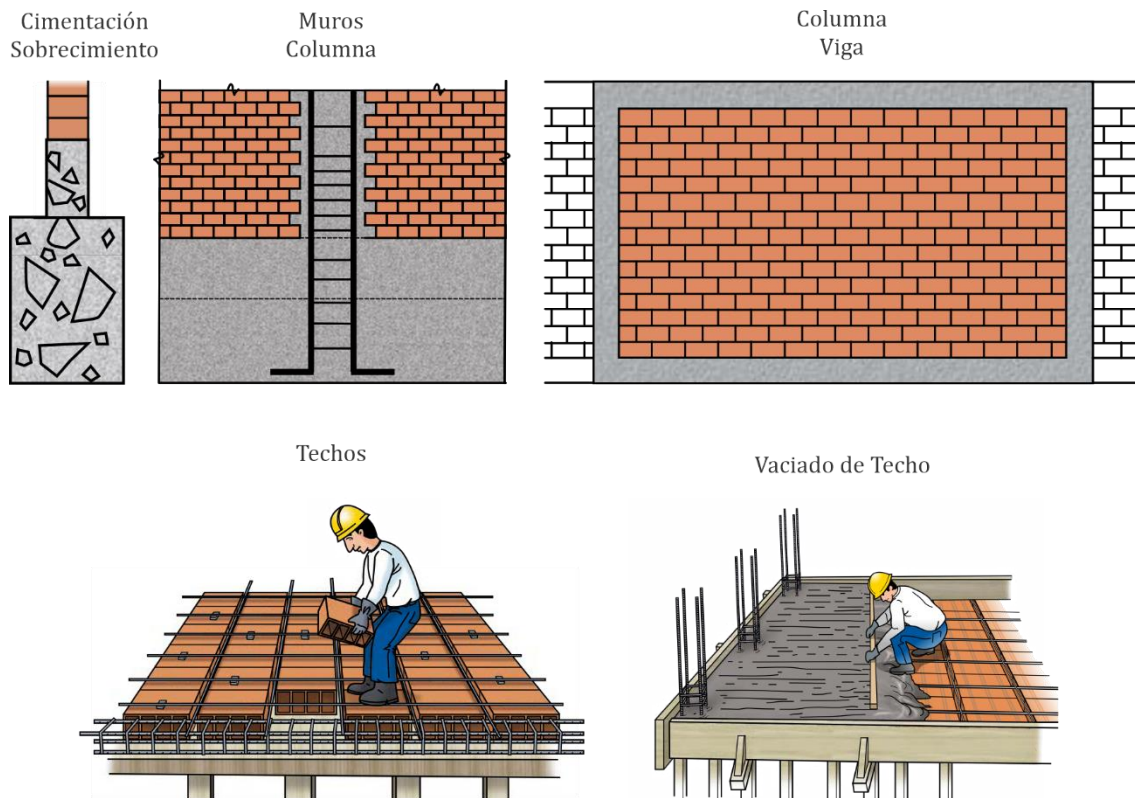


Figura 74. Sistema constructivo de albañilería confinada. Fuente: Aceros Arequipa (s.f.)

### 3.5.2. Sistema constructivo en Adobe

El adobe es un material de construcción que ha sido utilizado por miles de años como una alternativa de construcción para resolver el déficit de vivienda. En el Perú el uso de este material se evidencia en la costa y sierra, en la construcción de casas de interés social y de bajo costo. Su sistema constructivo consiste en:

- **Cimentación:** Deben ser de concreto ciclópeo, es decir, rellena de piedra grande y una mezcla de cemento y hormigón, normalmente debería tener una profundidad de 60 cm y un ancho de 50 cm.
- **Sobrecimiento:** Al igual que la cimentación, debe ser de concreto ciclópeo, con una altura que sobresalga por lo menos 20 cm.
- **Muros:** Deben tener como mínimo 40 cm de espesor y se recomienda una altura entre 2.40 y 3.00 metros, asimismo, deben estar unidos por una mezcla de barro y paja de 2.5 cm., al asentar los adobes, deben ser humedecidos, se recomienda que exista solo 1 vano centrado por cada muro arriostrado.
- **Arriostres:** Pueden ser verticales o horizontales, los primeros sirven para transmitir las cargas a la cimentación y pueden ser los mismos muros, pero con una base mayor o igual a 3 veces el espesor del muro; los segundos le dan rigidez al plano horizontal y evitan desplazamientos laterales de muros.
- **Techo:** Deben ser livianos (calamina, triplay, caña, paja, hoja de palmera, etc.), fijados a los arriostres horizontales, estos arriostres generalmente son de madera y están conformados por vigas soleras (sobre los muros) y viguetas (soporta el techo).
- **Revestimientos:** En muros externos se puede revestir con barro o mortero de cemento y en muros internos con yeso, barro y cemento.



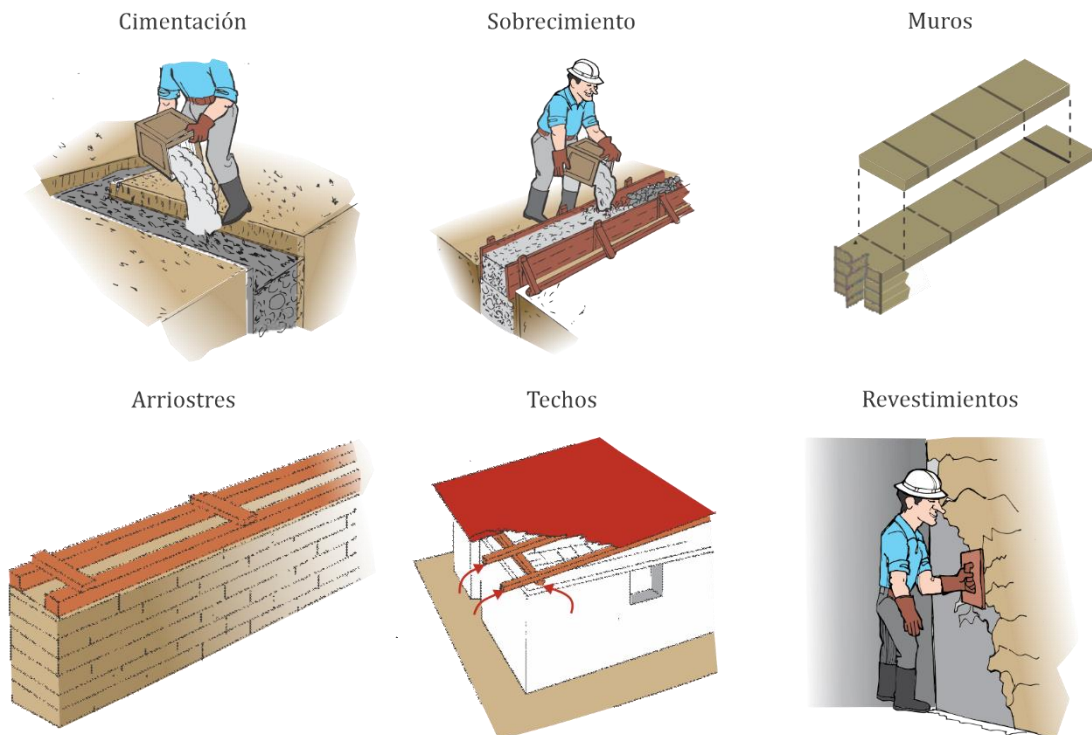


Figura 75. Sistema constructivo de Adobe. Fuente: Manual del Construcción edificaciones antisísmicas de Adobe (2010)

### 3.5.3. Sistema constructivo en Piedra

Es el sistema constructivo está a base de bloques de piedra. Su sistema constructivo consiste en:

- **Cimentación:** Esta compuesta por las mismas unidades de piedra que se colocan dentro de una zanja con el suelo apisonado, pueden usarse mortero de cemento – arena o cal – arena.
- **Sobrecimiento:** No tienen sobrecimiento.
- **Muros:** Está compuesto por bloques de piedra de aproximadamente 30 cm sin grietas, su unión puede ser sin mortero, *en seco*, sin ninguna aglomerante entre ellas y *enripiadas*, calzadas mediante ripios o piedras pequeñas; sin embargo, también puede tener mortero de *cemento – arena* y *cal – arena* con un espesor máximo de 2.5 cm. Al momento de levantar el muro, las piedras deben ser humedecidas con la finalidad de no restarle agua a la mezcla en el caso que la tuviera. Su ancho mínimo no debe ser menor de 25 cm.
- **Arriostres:** Al tener muros gruesos, no presentan arriostres estructurales verticales ni horizontales.
- **Techo:** Deben ser livianos (calamina, triplay, caña, paja, hoja de palmera, etc.), fijados a los arriostres horizontales (no cumplen función estructural), estos arriostres generalmente son de madera.
- **Revestimientos:** En muros externos se puede revestir con barro o mortero de cemento y en muros internos con yeso, barro y cemento.



Figura 76. Sistema constructivo de Piedra. Fuente: Aroca Martínez M. (2008)

### 3.6. Propiedades térmicas de los materiales

#### 3.6.1. Materiales de construcción en muros

##### 3.6.1.1. Ladrillo

El ladrillo es uno de los materiales de construcción con mayor demanda del sector en el Perú, ha sido por años la base de las edificaciones urbanas debido a sus propiedades técnicas térmicas, acústicas y mecánicas; este material es utilizado en muros exteriores e interiores, muchas veces como muros portantes, pero también como tabiquerías o muros divisorios. (D.S. N° 011, 2006)

Las unidades de ladrillos de acuerdo a su materia prima pueden ser de arcilla, sílice – cal o concreto; asimismo, son sólidas, tubulares, huecas o alveolares y son fabricadas de manera artesanal o industrial. (D.S. N° 011, 2006)

La ciudad de Arequipa al ubicarse en el cinturón de fuego del Pacífico, presenta un alto nivel de riesgo sísmico, por lo tanto, las unidades de ladrillos artesanales sólidos solo pueden ser utilizadas como muros portantes en viviendas de hasta 2 niveles, mientras que los ladrillos industriales sólidos pueden ser utilizados en viviendas de hasta 4 niveles; de igual forma, las unidades de ladrillos alveolares, pueden ser utilizados en edificios de hasta 4 niveles pero con sus celdas rellenas de grout.

Las características de este material con relación a su densidad, coeficiente de transmisión térmica, calor específico y factor de resistencia a la difusión de vapor de agua, son los siguientes:

Tabla 12. Características higrométricas del ladrillo.

N°	Material	Densidad $\rho$ (kg / m <sup>3</sup> )	Coefficiente de Transmisión Térmica o de Conductividad térmica $k$ (W / m K)	Transmitancia térmica $U$ (W/m <sup>2</sup> K)	Calor Específico $C_p$ (J / kg °C)	Factor de Resistencia a la difusión de vapor de agua $\mu$ (adimensional)
01	Bloque de arcilla - Ladrillo corriente	1700	0.84	-	800	10
02	Bloque de arcilla - Ladrillo King Kong	1000	0.47	-	930	10
03	Bloque de arcilla - Ladrillo hueco	600	0.35	-	-	10
04	Bloque de concreto - Unidad hueca	1200	0.50	-	1000	6

Fuente: Norma EM. 110 confort térmico y lumínico con eficiencia energética. DS-006-2014-VIVIENDA (2014)

##### 3.6.1.2. Sillar

El sillar es una roca piroclástica (Ignimbrita) de flujos de ceniza utilizado antiguamente en las construcciones de la ciudad, es por ello, que Arequipa es conocida como “La Ciudad Blanca”, porque fue construida enteramente de sillar. (Herrera – Sosa et al., 2020)

Según el Instituto Geofísico del Perú (IGP), la ignimbrita es una roca volcánica producto de la consolidación del flujo piroclástico, en la ciudad aproximadamente hay un área mayor a 600 km<sup>2</sup> y un volumen de 18 km<sup>3</sup> de sillar. Su color blanco y rosa se debe al contenido de cuarzo, piedra pómez, vidrio volcánico, feldespato, etc.

Actualmente, el sillar sigue siendo utilizado, pero en menor proporción, su uso lo vemos principalmente en zonas periféricas de la ciudad para la construcción de viviendas unifamiliares y como revestimientos de envolventes para otorgarle un acabado tradicional a las nuevas edificaciones del centro histórico. (Herrera – Sosa et al., 2020)

El sillar es un material que es blando para su extracción y endurece para al contacto con el aire; en el Perú se han realizado estudios de las propiedades químicas y mecánicas del material, pero se desconocen sus propiedades térmicas. Según Herrera – Sosa et al. (2020a) el sillar tiene buenas propiedades térmicas y acústicas, pero ha sido dejada de lado por el RNE porque no contaba con estudios que le permitan saber con claridad los valores de transmitancia térmica y por lo tanto no era considerado en el listado de materiales que proporciona el reglamento.

El estudio realizado por Herrera – Sosa et al. (2020) “Calidades térmicas del sillar de Arequipa Perú”, concluye en los siguientes valores de las propiedades térmicas del sillar:

**Tabla 13.** Características higrométricas del sillar.

N°	Material	Densidad $\rho$ (kg / m <sup>3</sup> )	Coefficiente de Transmisión Térmica o de Conductividad térmica $k$ (W / m K)	Transmitancia térmica $U$ (W/m <sup>2</sup> K)	Calor Específico $C_p$ (J / kg °C)	Factor de Resistencia a la difusión de vapor de agua $\mu$ (adimensional)
05	Sillar Blanco	1315	0.18 - 0.33	0.53	464	-
06	Sillar Rosa	1658	0.43	1.15	415	-

Fuente: Norma EM. 110 confort térmico y lumínico con eficiencia energética. Herrera – Sosa et al. (2020)

### 3.6.1.3. Adobe

Según el RNE, el adobe es un bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos. También se le pueden agregar otros materiales como el asfalto, cemento, cal, etc. con el fin de mejorar sus propiedades técnicas, a este tipo se le conoce como adobe estabilizado. (D.S. N° 011, 2006)

Sus piezas deben ser solidas con un máximo del 12% de perforaciones en la cara perpendicular de asiento. Con relación a su forma deben ser de planta cuadrada o rectangular (el largo debe ser el doble del ancho) y su altura debe ser mayor a 8 cm.; la composición del suelo debe aproximarse a los siguientes porcentajes: 10% – 20% de arcilla, 15% – 25% de limo y 55% - 70% de arena. (D.S. N° 011, 2006)

El adobe si presenta los refuerzos estructurales necesarios puede soportar las fuerzas sísmicas, sin embargo, se recomienda que para la zona de Arequipa solo se construyan viviendas de hasta 1 piso debido a que se encuentra en la zona sísmica 3 y 4, zonas de alto riesgo sísmico. Sus características higrométricas son las siguientes:

Tabla 14. Características higrométricas del adobe.

N°	Material	Densidad $\rho$ (kg / m <sup>3</sup> )	Coefficiente de Transmisión Térmica o de Conductividad térmica $k$ (W / m K)	Transmitancia térmica $U$ (W/m <sup>2</sup> K)	Calor Específico $C_p$ (J / kg °C)	Factor de Resistencia a la difusión de vapor de agua $\mu$ (adimensional)
07	Adobe	1100 - 1800	0.90	-	-	-

Fuente: Norma EM. 110 confort térmico y lumínico con eficiencia energética. DS-006-2014-VIVIENDA (2014)

### 3.6.2. Materiales de construcción en techos

#### 3.6.2.1. Concreto simple y armado

El concreto simple u hormigón es material compuesto que está formado por cemento, grava o agregado grueso, arena o agregado fino y agua; esta composición generalmente es usada en cimentaciones y trabajan sometidos a compresión.

El concreto armado u hormigón armado consiste en la utilización del concreto simple en cuyo interior se le adiciona acero de refuerzo, en barras o armaduras. Esta combinación permite que el concreto pueda trabajar adecuadamente a tracción.

La ciudad de Arequipa, se encuentra ubicada en una zona altamente sísmica, por lo tanto, recurre al uso del concreto armado en pisos, muros y techos por las propiedades técnicas que presenta. Sin embargo, muy pocas veces consideran las propiedades térmicas del material antes de ser utilizados, las propiedades en este aspecto son:

Tabla 15. Características higrométricas del concreto armado y concreto simple.

N°	Material	Densidad $\rho$ (kg / m <sup>3</sup> )	Coefficiente de Transmisión Térmica o de Conductividad térmica $k$ (W / m K)	Transmitancia térmica $U$ (W/m <sup>2</sup> K)	Calor Específico $C_p$ (J / kg °C)	Factor de Resistencia a la difusión de vapor de agua $\mu$ (adimensional)
08	Concreto armado	2400	1.63	-	1000	80
09	Concreto simple	2300	1.51	-	1000	80

Fuente: Norma EM. 110 confort térmico y lumínico con eficiencia energética. DS-006-2014-VIVIENDA (2014)

#### 3.6.2.2. Planchas de calamina

Las planchas de calamina, son conocidas también como planchas de acero galvanizado onduladas o calaminas de acero y zinc, son usadas normalmente en las construcciones para la protección en techos de viviendas, depósitos y almacenes.

Este material es seguro y resistente, es fabricado con capas de protección que evita la corrosión, asimismo, están producidas para alcanzar una máxima duración y resistencia al agua, hongos y al oxido.

Las planchas son acanaladas por deformación en frío por medio de procesos mecánicos, y para ser instaladas se recomienda colocar tablas en la parte inferior para ser sujetadas con clavos y evitar que el viento los corra. Sus características higrométricas son las siguientes:

Tabla 16. Características higrométricas de las planchas de calamina.

N°	Material	Densidad $\rho$ (kg / m <sup>3</sup> )	Coefficiente de Transmisión Térmica o de Conductividad térmica $k$ (W / m K)	Transmitancia térmica $U$ (W/m <sup>2</sup> K)	Calor Específico $C_p$ (J / kg °C)	Factor de Resistencia a la difusión de vapor de agua $\mu$ (adimensional)
10	Zinc	7200	110.00	-	380	$\infty$
11	Calamina metálica de 2 mm.	-	237.00	-	-	-

Fuente: Norma EM. 110 confort térmico y lumínico con eficiencia energética. DS-006-2014-VIVIENDA (2014)

### 3.6.3. Materiales de construcción en pisos

#### 3.6.3.1. Cemento pulido

Este tipo de acabado lo vemos principalmente en los pisos de las edificaciones y no es más que un piso de concreto que ha sido tratado. Para la construcción de este tipo de piso en la planta baja, primero se compacta la tierra, posteriormente se coloca un contrapiso de hormigón y por último una capa de cemento lisado.

En Arequipa, la mayoría de las edificaciones presentan pisos de cemento y de cemento pulido, este acabado se utiliza porque tiene un bajo costo, poco mantenimiento, es duradero y muy fácil para limpiar. Sus características higrométricas son las siguientes:

Tabla 17. Características higrométricas del cemento pulido.

N°	Material	Densidad $\rho$ (kg / m <sup>3</sup> )	Coefficiente de Transmisión Térmica o de Conductividad térmica $k$ (W / m K)	Transmitancia térmica $U$ (W/m <sup>2</sup> K)	Calor Específico $C_p$ (J / kg °C)	Factor de Resistencia a la difusión de vapor de agua $\mu$ (adimensional)
12	Cemento pulido (e= 5 cm.)	-	0.53	-	-	-

Fuente: Norma EM. 110 confort térmico y lumínico con eficiencia energética. DS-006-2014-VIVIENDA (2014)

#### 3.6.3.2. Cerámicos

Las baldosas de cerámica están compuestas por arcillas y otros componentes minerales, a veces con aditivos que se someten a un proceso de modelado, secado y acabado (aplicación de esmaltes). Este material se puede clasificar de acuerdo a su acabado, ubicación de su uso (interior o exterior), proceso de fabricación y absorción de agua. Con relación a sus características funcionales, se destaca su durabilidad, estabilidad dimensional, resistencia al agua, resistencia al fuego y su fácil mantenimiento y limpieza. Sus características higrométricas son las siguientes:

Tabla 18. Características higrométricas de la baldosa cerámica.

N°	Material	Densidad $\rho$ (kg / m <sup>3</sup> )	Coefficiente de Transmisión Térmica o de Conductividad térmica $k$ (W / m K)	Transmitancia térmica $U$ (W/m <sup>2</sup> K)	Calor Específico $C_p$ (J / kg °C)	Factor de Resistencia a la difusión de vapor de agua $\mu$ (adimensional)
13	Baldosa cerámica	2000	1.00	-	800	30

Fuente: Norma EM. 110 confort térmico y lumínico con eficiencia energética. DS-006-2014-VIVIENDA (2014)

### 3.6.3.3. Madera

Los pisos laminados de madera, son de fácil instalación, resistentes, duraderos, térmicos, acústicos y de bajo coste económico, lo que lo hace un material muy accesible.

Estos materiales aíslan el espacio de la temperatura exterior, y además es compatible con la calefacción de un suelo radiante, tiene un espesor que varía entre los 6 y 14 milímetros, mientras sea más grueso, sus propiedades térmicas y acústicas se comportaran de mejor manera.

Sus características higrométricas son las siguientes:

**Tabla 19.** Características higrométricas del piso laminado de madera.

N°	Material	Densidad $\rho$ (kg / m <sup>3</sup> )	Coefficiente de Transmisión Térmica o de Conductividad térmica $k$ (W / m K)	Transmitancia térmica $U$ (W/m <sup>2</sup> K)	Calor Específico $C_p$ (J / kg °C)	Factor de Resistencia a la difusión de vapor de agua $\mu$ (adimensional)
14	Maderas livianas	320	0.13	-	1600	50

Fuente: Norma EM. 110 confort térmico y lumínico con eficiencia energética. DS-006-2014-VIVIENDA (2014)

### 3.6.3.1. Tierra

La tierra o suelo, es la parte superficial de la corteza terrestre, que se ha ido formando a través de los años, producto de la desintegración o alteración física o química de la roca matriz por la interacción de factores climáticos (cambios de temperatura, viento, acción del agua), factores biológicos (flora y fauna) y factores químicos.

Las viviendas de escasos recursos, especialmente las que se encuentran en las zonas periféricas de la ciudad, son las que no presentan algún tipo de pavimento, dejando la tierra como el único material en sus pisos.

Para un mejor uso de este material en el interior de las viviendas de Arequipa, se remueve la tierra y se la apisona con agua por capas hasta que el material se endurezca, este proceso aparte de darle estabilidad a los usuarios, impedirá que las partículas de polvo se dispersen por el interior de la vivienda. Sus características higrométricas son las siguientes:

**Tabla 20.** Características higrométricas de la tierra.

N°	Material	Densidad $\rho$ (kg / m <sup>3</sup> )	Coefficiente de Transmisión Térmica o de Conductividad térmica $k$ (W / m K)	Transmitancia térmica $U$ (W/m <sup>2</sup> K)	Calor Específico $C_p$ (J / kg °C)	Factor de Resistencia a la difusión de vapor de agua $\mu$ (adimensional)
15	Tierra	≤ 2050	0.52	-	1840	-

Fuente: Norma EM. 110 confort térmico y lumínico con eficiencia energética. DS-006-2014-VIVIENDA (2014)

# CAPITULO IV

CERTIFICACIÓN DE  
EFICIENCIA ENERGÉTICA

## IV. CERTIFICACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

### 4.1. Selección del caso de estudio por zona bioclimática

El clima y el entorno son factores importantes en la arquitectura, definen los materiales, orientación, vanos, techos, protección solar, etc.; sin embargo, en las viviendas del Perú, a pesar de ser un país multi climático, estos factores pasan desapercibidos en su diseño y ejecución, producto de la informalidad constructiva y la normativa facultativa relacionada a la eficiencia energética.

Cada zona bioclimática en la que se divide el país, no solo presenta características climatológicas diferentes (altitud, temperatura, humedad, etc.), sino también, sistemas constructivos distintos que se han ido adaptando con el tiempo por su climatología y su vulnerabilidad ante eventos sísmicos; por lo tanto, es necesario considerarlos en el diseño y rehabilitación de viviendas.

Para la presente investigación se realiza el análisis y mejora energética de 5 casos de estudios determinados por su zona bioclimática y por los siguientes criterios de selección que fueron analizados en los capítulos anteriores:

- Ubicación: Zona bioclimática, altitud y provincia y distrito con mayor porcentaje de población y número de viviendas; en base a la norma EM. 110 confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética y al INEI (2017).
- Materiales predominantes de construcción en muros, techos y pisos en base al INEI (2017).
- Altura de edificación en base a una inspección visual.
- Sistema constructivo en base a una inspección visual y al INEI (2017).
- Tipo de vivienda con mayor porcentaje en base al INEI (2017).

Tabla 21. Criterios de selección de los casos de estudio.

Criterios de selección - Casos de Estudio								
Criterios	Caso N° 1	Caso N° 2	Caso N° 3	Caso N° 4	Caso N° 5	Justificación	Fuente	
Ubicación	Zona Bioclimática	Desértico Marino	Interandino Bajo	Mesoandino	Altoandino	Nevado	Factores ambientales	Norma EM. 110 confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética
	Altitud	0 - 2000	2000 - 3000	3000 - 4000	4000 - 4800	Más de 4800	m.s.n.m.	
	Provincia	Islay	Castilla	Arequipa	Caylloma	Caylloma	> Población	
Materiales	Ciudad	Mollendo	Pampacolca	Cerro Colorado	Chivay	San Antonio de Chuca	> Población	Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI)
	Muros	Ladrillo	Adobe	Ladrillo	Adobe	Piedra con barro	> Porcentaje	
	Techos	Concreto Armado	Calamina	Concreto armado	Calamina	Calamina	> Porcentaje	
	Pisos	Cemento / Cerámico	Tierra	Cemento	Tierra	Tierra	> Porcentaje	
	Altura de Edificación	1 piso	1 piso	2 pisos	1 piso	1 piso	Contexto	
Sistema Constructivo	Albañilería	Adobe	Albañilería	Adobe	Piedra	> Porcentaje		
Tipo de Vivienda	Independiente					> Porcentaje	INEI	

Fuente: Elaboración propia (2020).



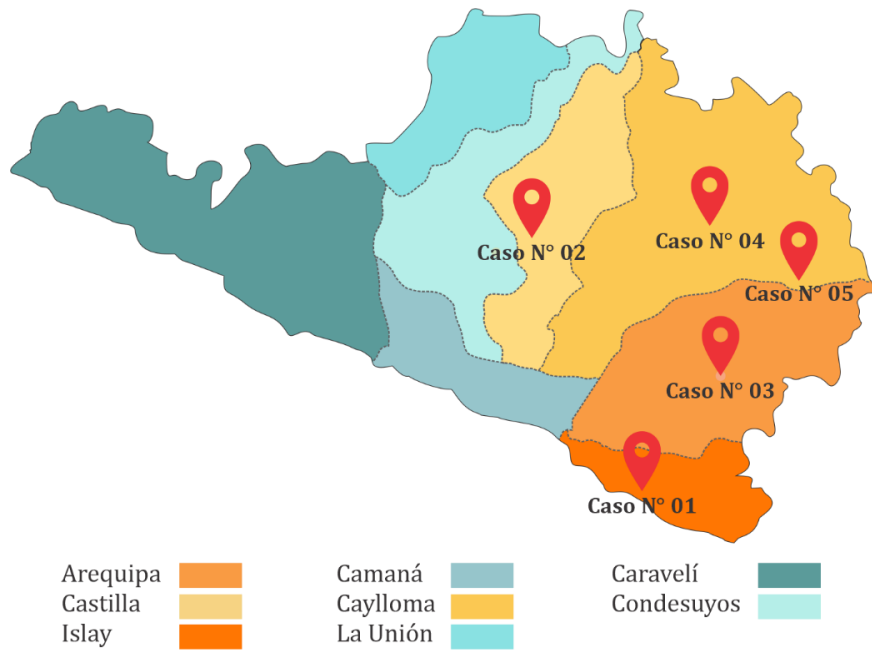


Figura 77. Ubicación general de los casos de estudio. Fuente: Elaboración propia (2021)

#### 4.1.1. Caso de estudio N° 1 – Zona Desértico Marino

La vivienda seleccionada se encuentra ubicada en la calle Aurelio la Puente, en el Cercado del Distrito de Mollendo y Provincia de Islay; a una altitud de 25 m.s.n.m., con coordenadas latitud sur 17°2'3.80" y longitud oeste 72°0'53.76". Se emplaza a 100 m. de la Avenida Mariscal Castilla, uno de los principales ejes viales de la ciudad, a 200 m. del Estadio Municipal de Mollendo y a 1.5 km. de la plaza principal de Mollendo.

El terreno es de forma rectangular con un área de 59.85 m<sup>2</sup> y un perímetro de 33.30 ml; limita por el frente con la Calle Aurelio la Puente con 5.25 ml., por el costado derecho e izquierdo con una vivienda de un nivel con 11.40 ml., y por el fondo con un terreno vacío con 5.25 ml.

La vivienda tiene un nivel con un área construida de 43.12 m<sup>2</sup> que contiene: sala, comedor, cocina, lavandería, dos dormitorios, un baño completo y patio; su tipología es independiente.

Los materiales de construcción de la vivienda son los que predominan en la zona desértico marino: Muros de ladrillo, techos de concreto armado y pisos de cemento.

En relación a los servicios básicos, cuenta con conexión de alumbrado eléctrico y red pública de agua y alcantarillado, asimismo, con un tanque elevado sin terma solar.



Figura 78. Ubicación del caso de estudio N° 1 (a). Fuente: Elaboración propia (2021)



Figura 79. Ubicación del caso de estudio N° 1 (b). Fuente: Elaboración propia (2021)



Figura 80. Fotografías del caso de estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)

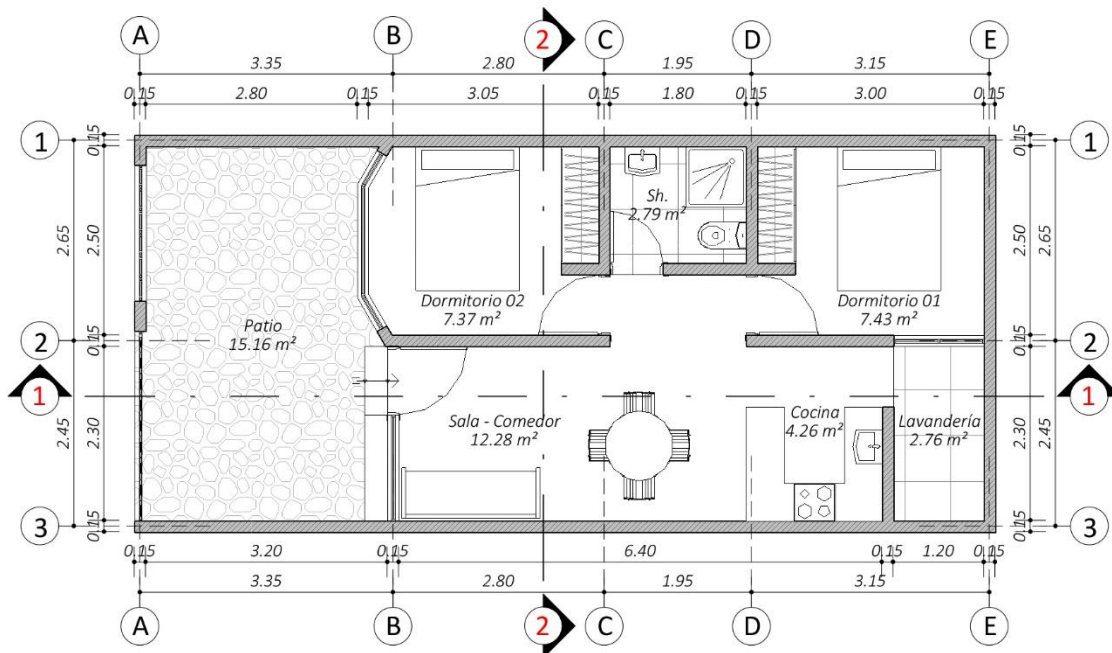


Figura 81. Caso de estudio N° 1, Planos arquitectónicos - Planta baja - Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021)

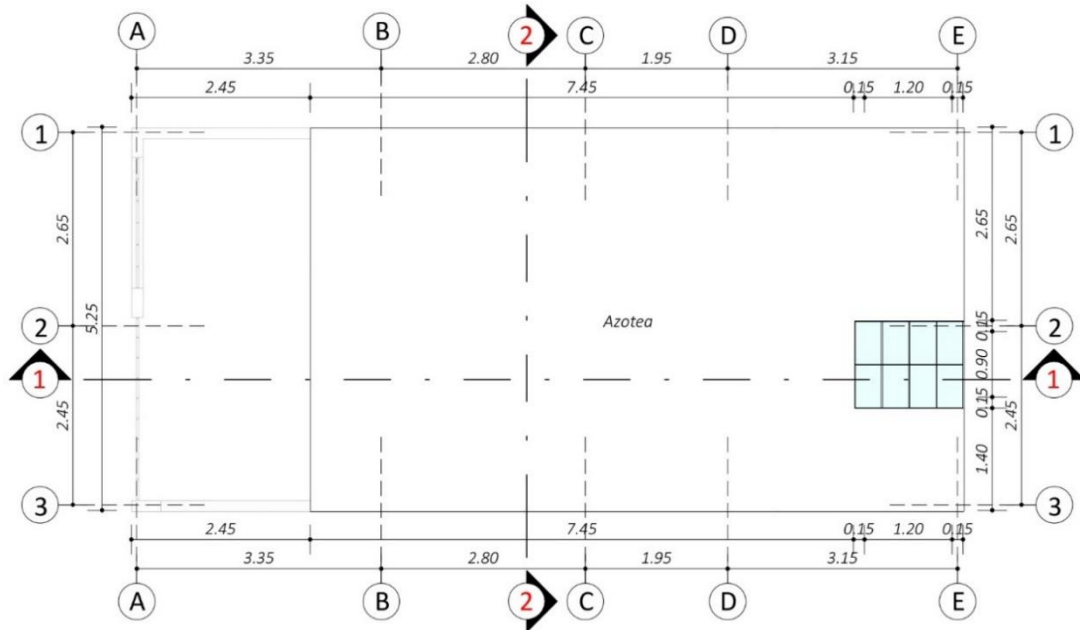


Figura 82. Caso de estudio N° 1, Planos arquitectónicos - Planta cubierta – Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021)

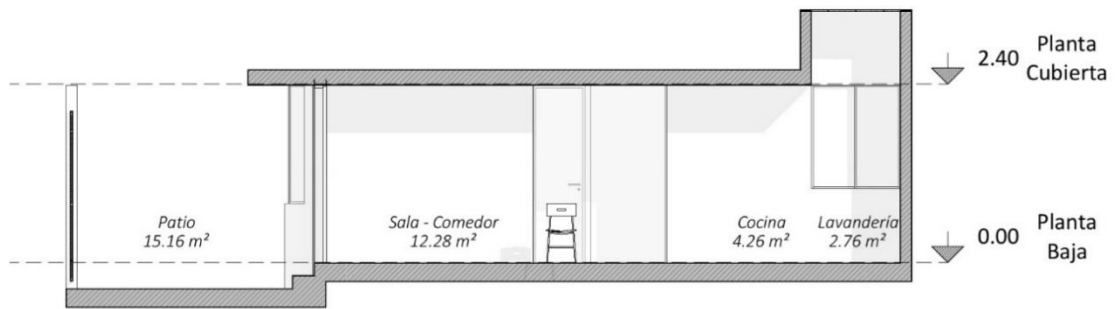


Figura 83. Caso de estudio N° 1, Planos arquitectónicos - Sección 1 - 1' – Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021)

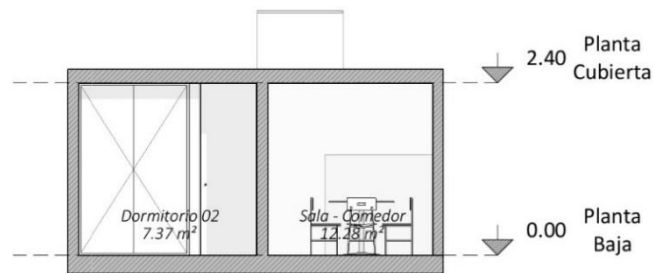


Figura 84. Caso de estudio N° 1, Planos arquitectónicos - Sección 2 - 2' – Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021)

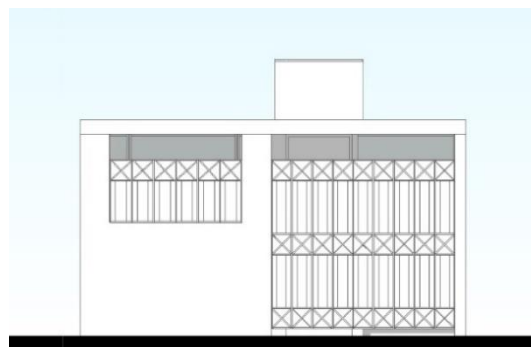


Figura 85. Caso de estudio N° 1, Planos arquitectónicos - Elevación frontal – Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021)

#### 4.1.2. Caso de estudio N° 2 – Zona Interandino Bajo

La vivienda seleccionada se encuentra ubicada en la Av. Castilla en el Distrito de Pampacolca y Provincia de Castilla; a una altitud de 2920 m.s.n.m., con coordenadas latitud sur 15°42'43.33" y longitud oeste 72°34'33.65". Se emplaza a 300 m. de la plaza principal de la ciudad.

El terreno tiene una forma rectangular con un área de 1000.00 m<sup>2</sup> y un perímetro de 140.00 ml; limita por el frente con la Av. Castilla con 20.00 ml., por el costado derecho e izquierdo con una vivienda de un nivel con 50.00 ml., y por el fondo con una vivienda de un nivel con 20.00 ml.

La vivienda tiene un nivel con un área construida de 365.90 m<sup>2</sup> que contiene: 2 salas - comedor, cocina, 3 dormitorios, baño, almacén, patio y zona de gallos; su tipología es independiente.

Los materiales de construcción de la vivienda son los que predominan en la zona interandino bajo: Muros de adobe, techos de calamina y pisos de tierra. En relación a los servicios básicos, cuenta con conexión de alumbrado eléctrico y red pública de agua y alcantarillado.



Figura 86. Ubicación del caso de estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021)



Figura 87. Fotografías del caso de estudio N° 2. Fuente: Google maps (2021)

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú)  
según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

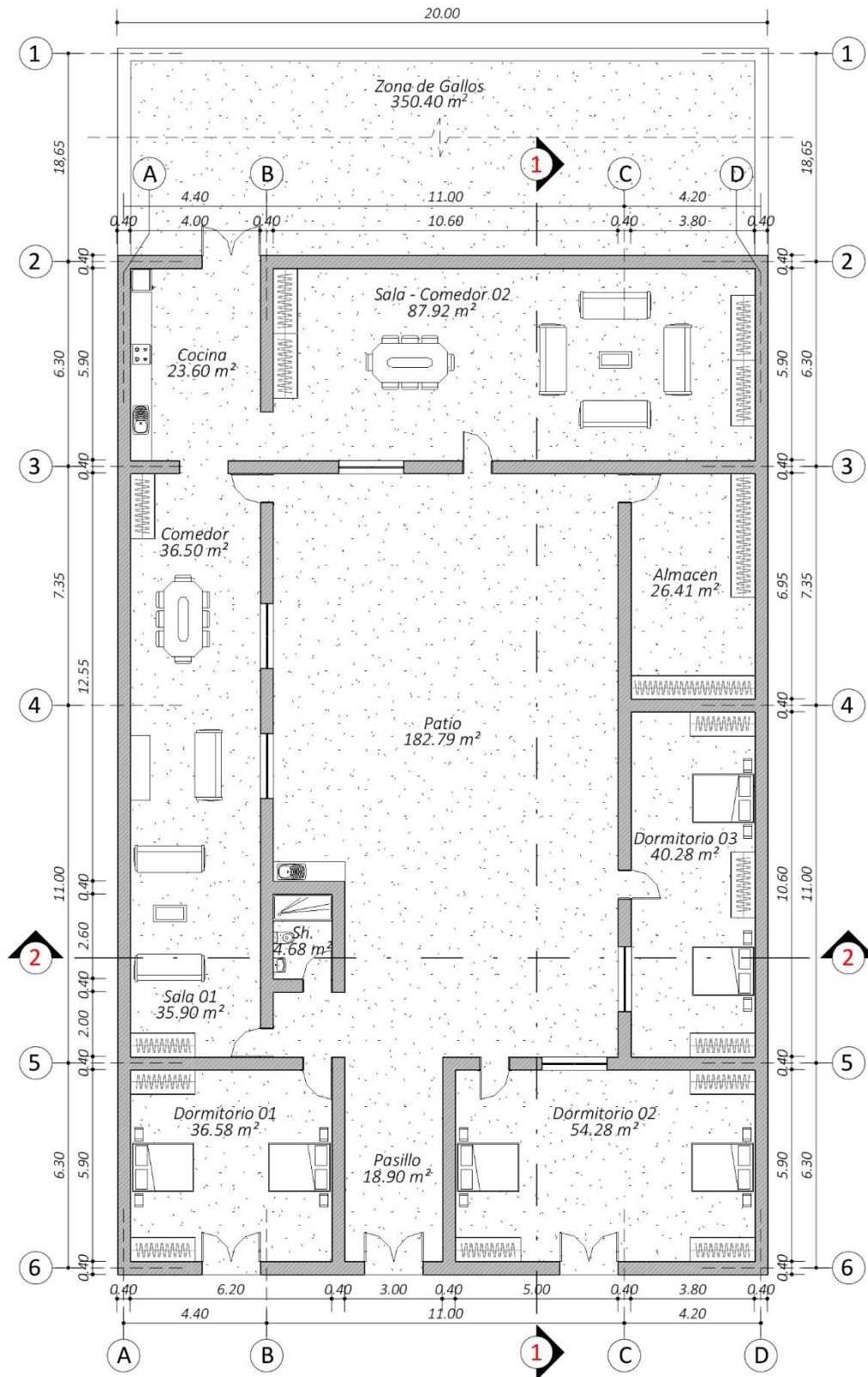


Figura 88. Caso de estudio N° 2, Planos arquitectónicos - Planta baja - Esc. 1/200. Fuente: Elaboración propia (2021)

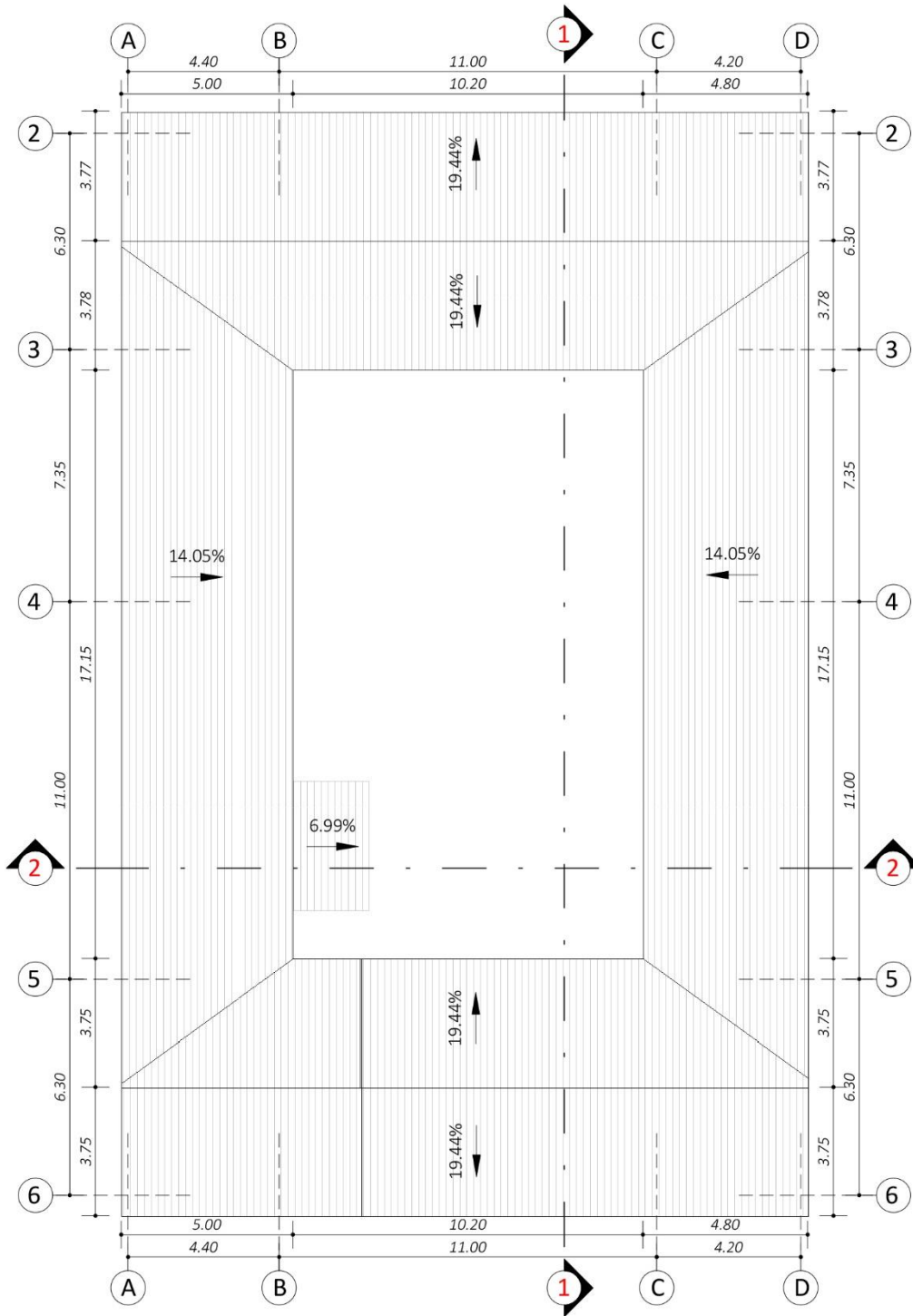


Figura 89. Caso de estudio N° 2, Planos arquitectónicos - Planta cubierta - Esc. 1/200. Elaboración propia (2021)

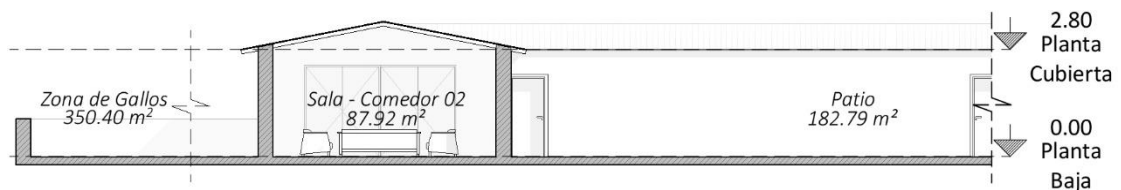


Figura 90. Caso de estudio N° 2, Planos arquitectónicos - Sección 1 - 1' (a) - Esc. 1/200. Fuente: Elaboración propia (2021)

## Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

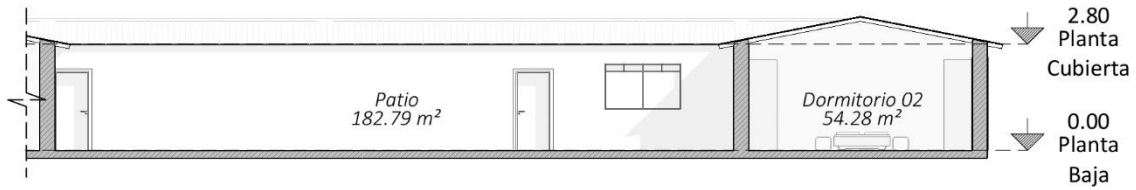


Figura 91. Caso de estudio N° 2, Planos arquitectónicos - Sección 1 - 1' (b) - Esc. 1/200. Fuente: Elaboración propia (2021)

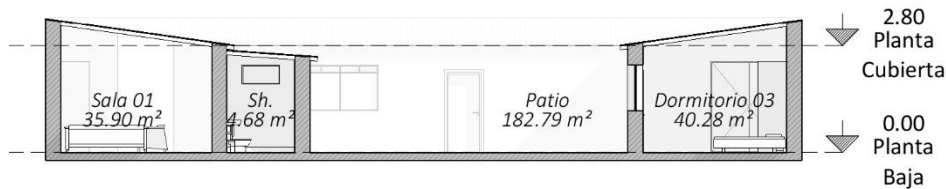


Figura 92. Caso de estudio N° 2, Planos arquitectónicos - Sección 2 - 2' - Esc. 1/200. Fuente: Elaboración propia (2021)

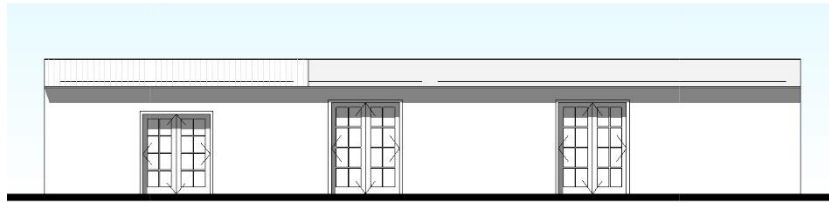


Figura 93. Caso de estudio N° 2, Planos arquitectónicos - Elevación frontal - Esc. 1/200. Fuente: Elaboración propia (2021)

### 4.1.3. Caso de estudio N° 3 – Zona Mesoandino

La vivienda seleccionada se encuentra ubicada en la Urbanización La Merced, Distrito de Cerro Colorado y Provincia de Arequipa; a una altitud de 2441 m.s.n.m., con coordenadas latitud sur 16°23'29.83" y longitud oeste 71°33'26.10". Se emplaza a 100 m. de la avenida metropolitana, uno de los principales ejes viales de la ciudad, y a 3 km. del centro de la ciudad de Arequipa.

El terreno tiene una forma rectangular con un área de 120.40 m<sup>2</sup> y un perímetro de 45.20 ml; limita por el frente con la Calle N° 2 con 8.60 ml., por el costado derecho con una vivienda de dos niveles y por el costado izquierdo con un terreno vacío con 14.00 ml. y por el fondo con la Calle N° 4 con 8.60 ml.

La vivienda tiene 2 niveles con un área construida de 176.90 m<sup>2</sup> (86.17 m<sup>2</sup> en la planta baja, 86.17 m<sup>2</sup> en la planta primera y 4.56 m<sup>2</sup> en la azotea) que contiene en la planta baja: sala, comedor, cocina, depósito, almacén, baño y patio; en la planta primera 4 dormitorios y 2 baños completos; y en la azotea lavandería y terraza. Su tipología es independiente.

Los materiales de construcción de la vivienda son los que predominan en la zona Mesoandino: Muros de ladrillo, techos de concreto armado y pisos de cemento.

En relación a los servicios básicos, cuenta con conexión de alumbrado eléctrico y red pública de agua y alcantarillado; asimismo, cuenta con un tanque elevado y terma solar.



Figura 94. Ubicación del caso de estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021)



Figura 95. Fotografías del caso de estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021)



Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú)  
según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

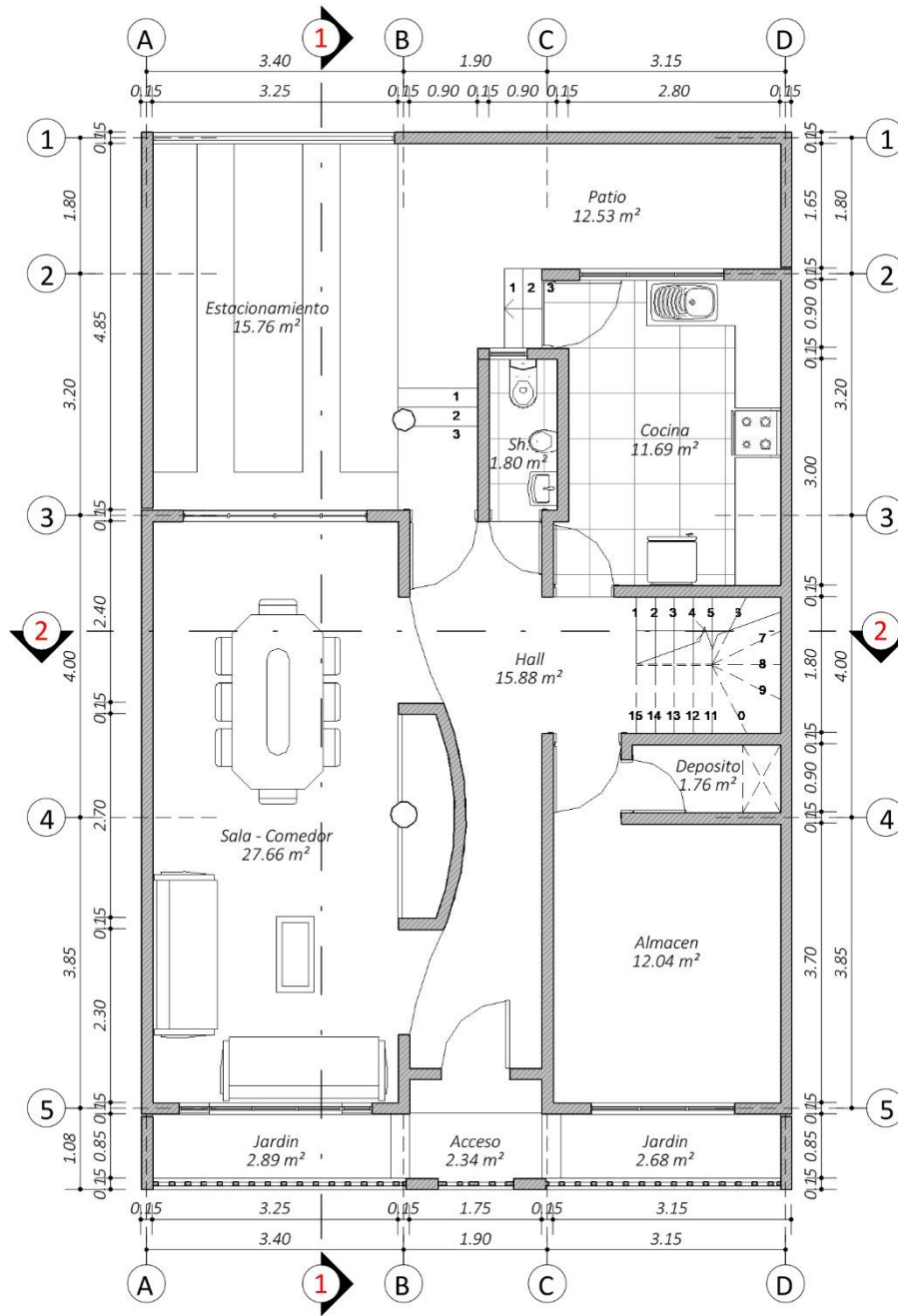


Figura 96. Caso de estudio N° 3, Planos arquitectónicos - Planta baja - Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021)

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú)  
según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

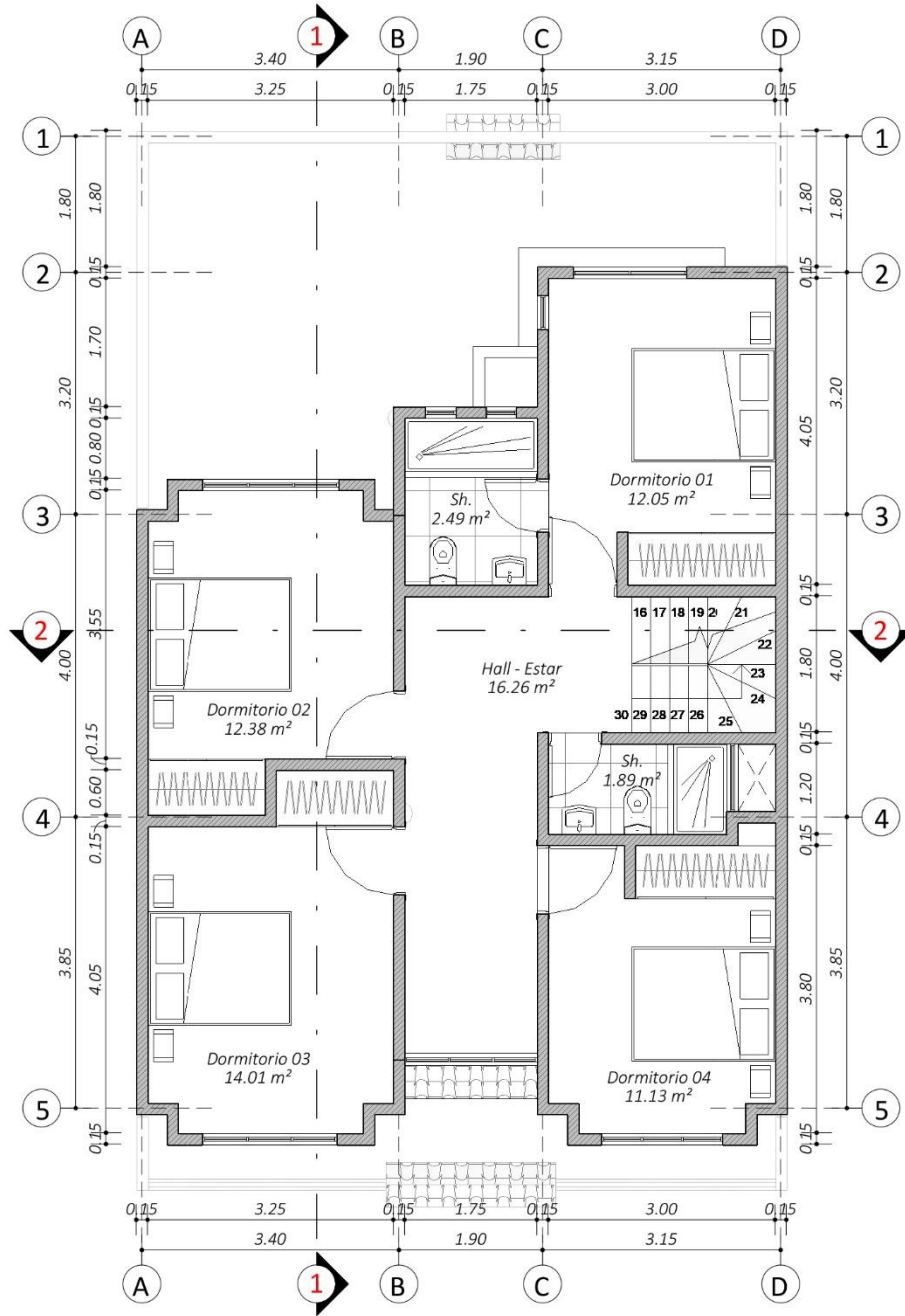


Figura 97. Caso de estudio N° 3, Planos arquitectónicos - Planta primera - Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021)

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú)  
según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

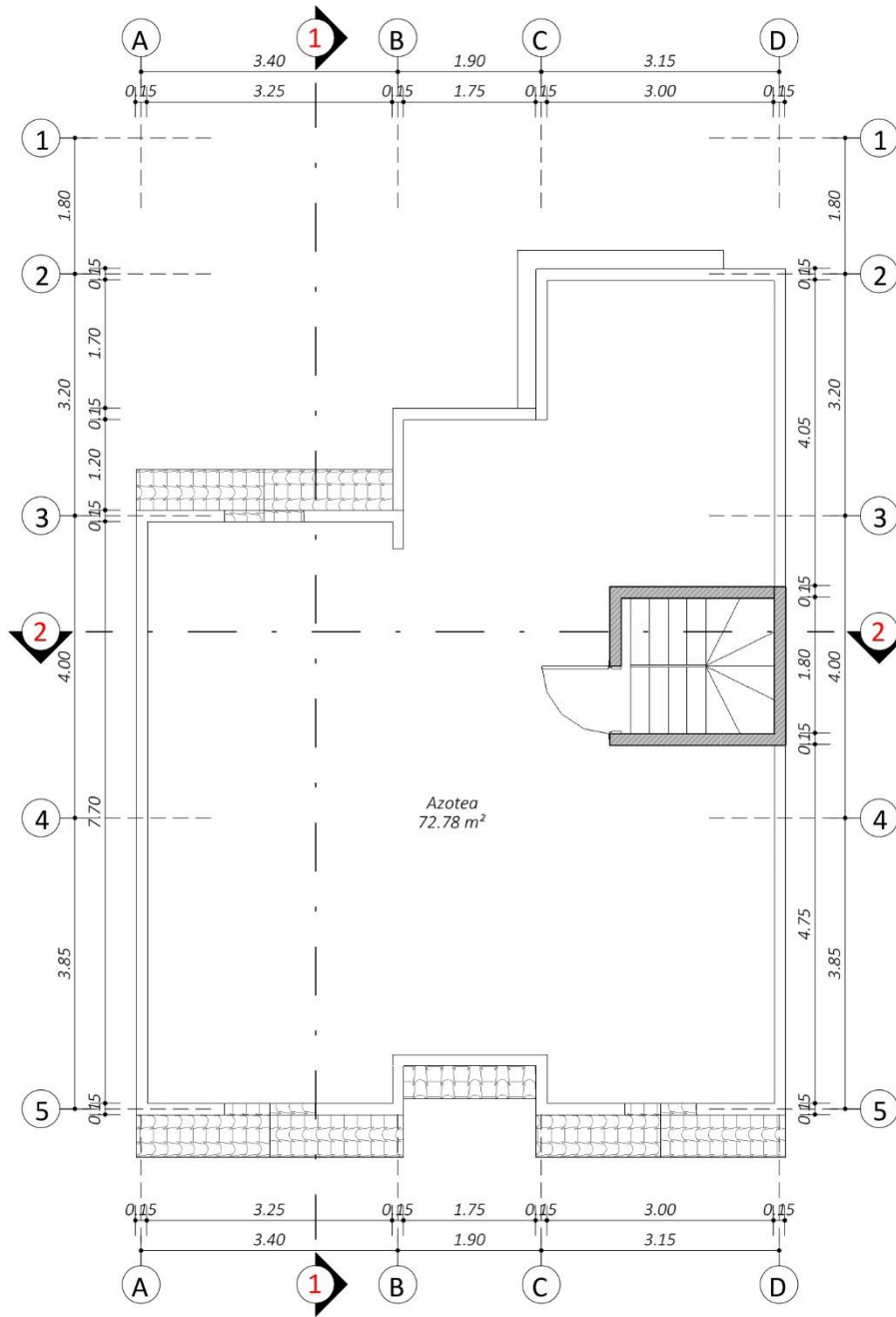


Figura 98. Caso de estudio N° 3, Planos arquitectónicos - Planta cubierta - Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021)

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú)  
según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

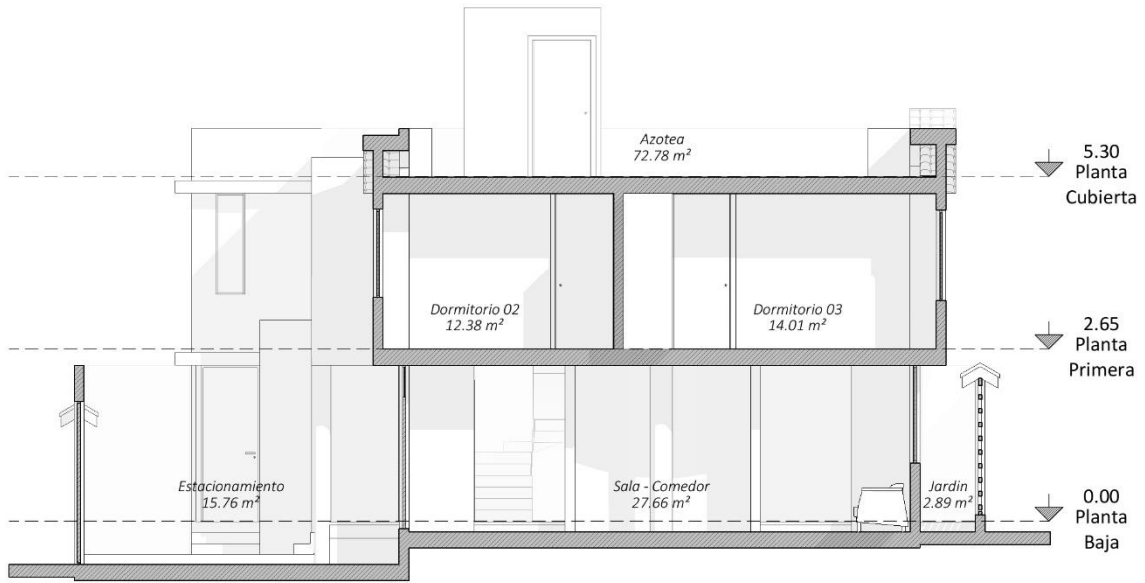


Figura 99. Caso de estudio N° 3, Planos arquitectónicos - Sección 1 - 1' - Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021)

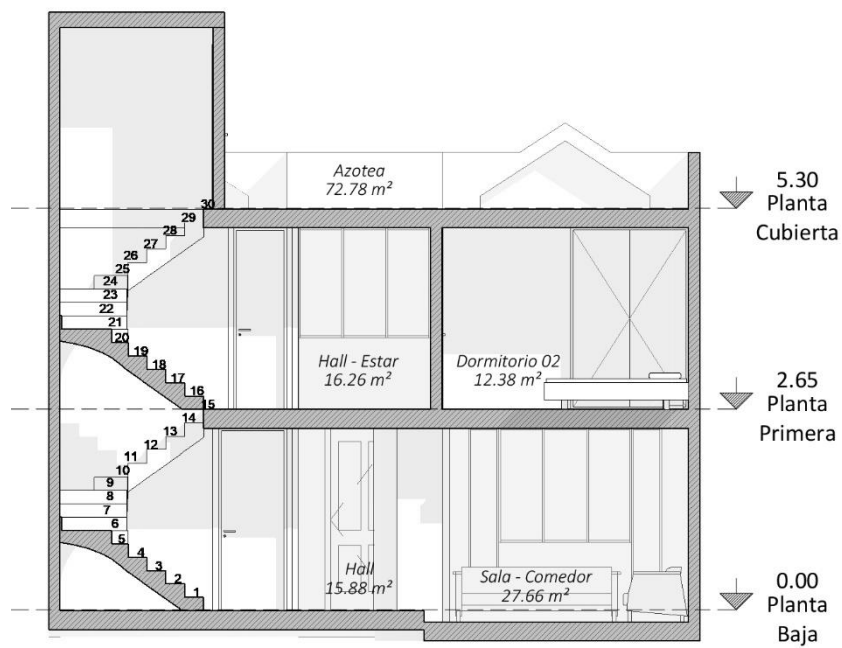


Figura 100. Caso de estudio N° 3, Planos arquitectónicos - Sección 2 - 2' - Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021)



Figura 101. Caso de estudio N° 3, Planos arquitectónicos - Elevación frontal - Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021)



Figura 102. Caso de estudio N° 3, Planos arquitectónicos - Elevación posterior - Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021)

#### 4.1.4. Caso de estudio N° 4 – Zona Altoandino

La vivienda seleccionada se encuentra ubicada en la intersección de la calle Leoncio Prado y 2 de mayo, en el Distrito de Chivay y Provincia de Caylloma; a una altitud de 3700 m.s.n.m., con coordenadas latitud sur 15°38'23.70" y longitud oeste 71°35'56.56". Se emplaza a 900 m. de la plaza principal de Chivay.

## Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

El terreno tiene una forma irregular con un área de 266.10 m<sup>2</sup> y un perímetro de 72.33 ml; limita por el frente con la Calle Leoncio Prado con 21.09 ml., por el costado derecho con una vivienda de 1 nivel con 13.90 ml., por el costado izquierdo con la calle 2 de mayo con 2.35 ml y 4.44 ml, y con una vivienda de 1 nivel con 7.80 ml y por el fondo con una vivienda de 1 nivel con 6.25 ml y 16.50 ml.

La vivienda tiene 1 nivel con un área construida de 93.08 m<sup>2</sup> que contiene: sala, comedor, cocina, 2 dormitorios, baño, deposito, patio y huerta. Su tipología es independiente.

Los materiales de construcción de la vivienda son los que predominan en la zona altoandina: Muros de adobe, techos de calamina y pisos de tierra.

En relación a los servicios básicos, cuenta con conexión de alumbrado eléctrico y red pública de agua y alcantarillado.



Figura 103. Ubicación del caso de estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021)



Figura 104. Fotografías del caso de estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021)

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú)  
según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

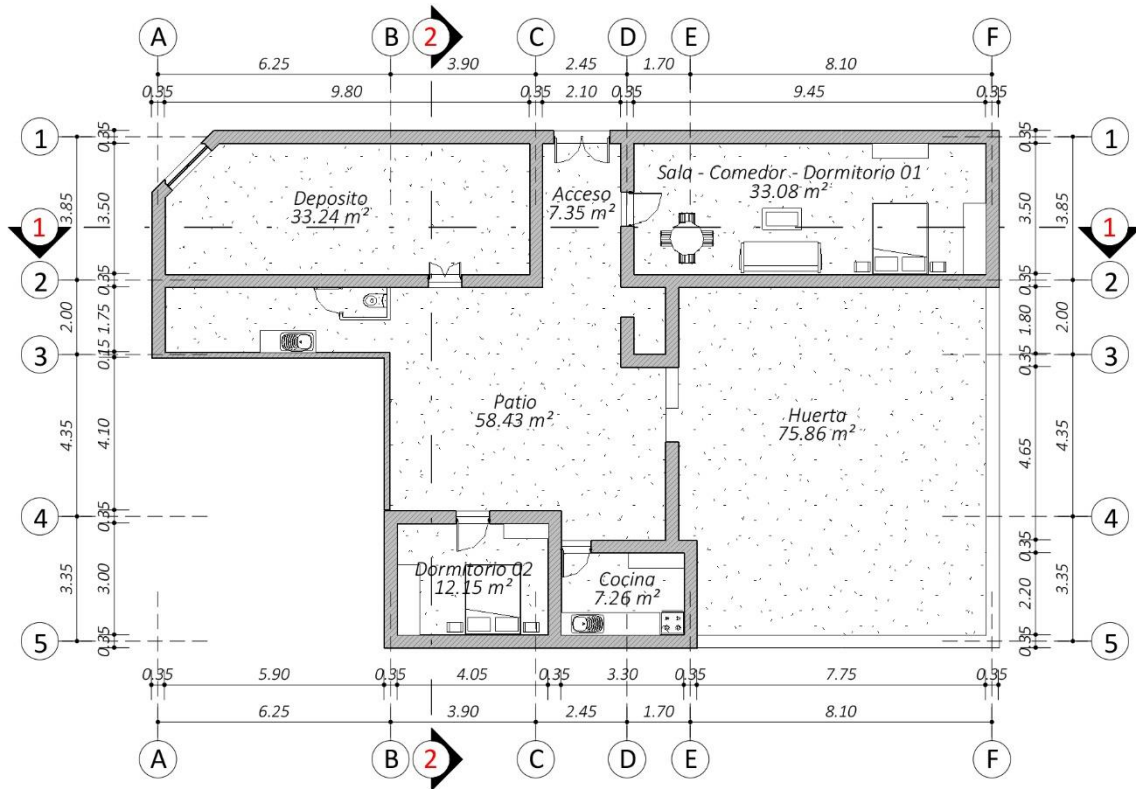


Figura 105. Caso de estudio N° 4, Planos arquitectónicos - Planta baja - Esc. 1/200. Fuente: Elaboración propia (2021)

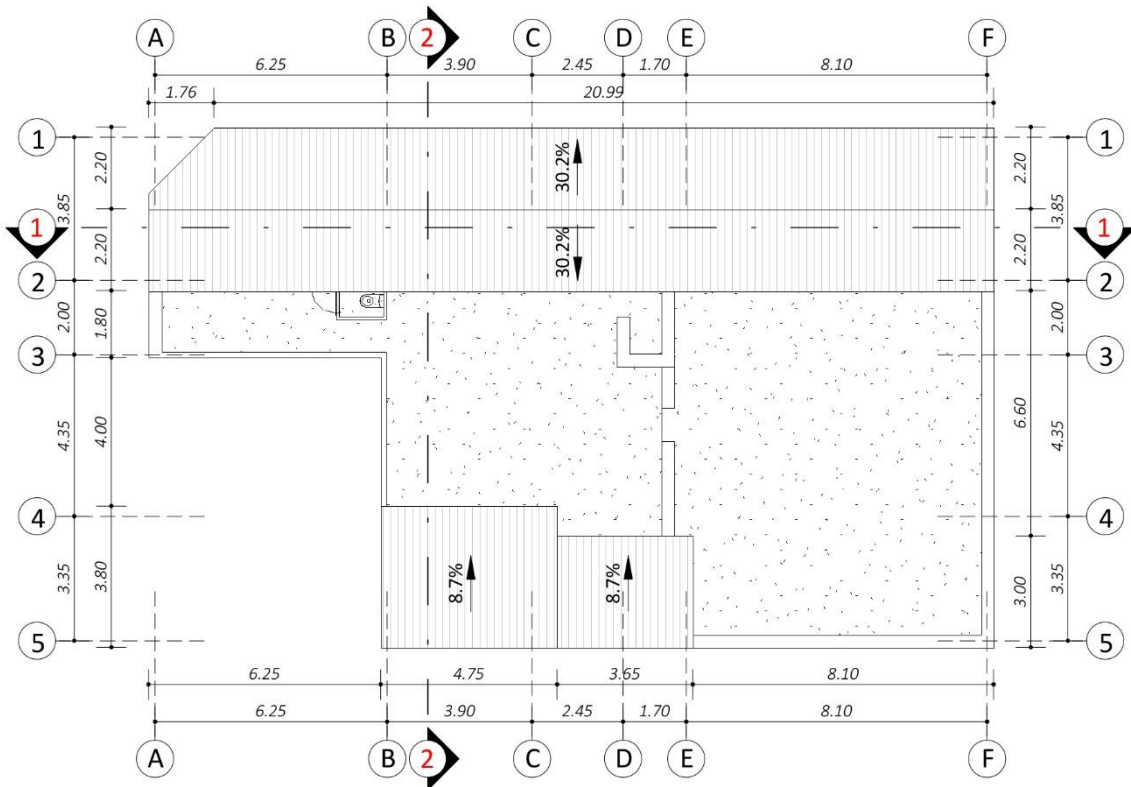


Figura 106. Caso de estudio N° 4, Planos arquitectónicos - Planta cubierta - Esc. 1/200. Fuente: Elaboración propia (2021)

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú)  
según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

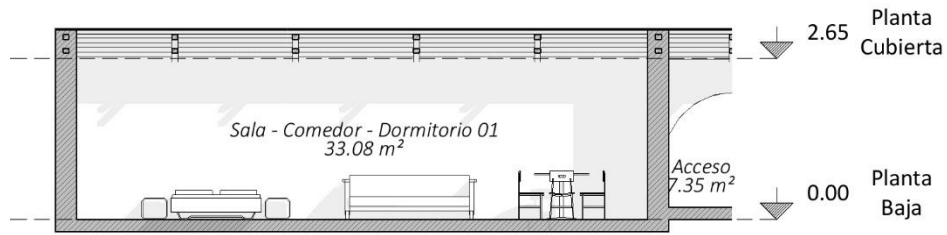


Figura 107. Caso de estudio N° 4, Planos arquitectónicos - Sección 1 - 1' (a) - Esc. 1/125. Fuente: Elaboración propia (2021)

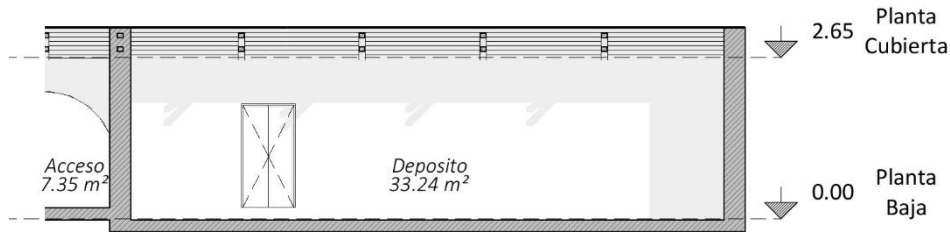


Figura 108. Caso de estudio N° 4, Planos arquitectónicos - Sección 1 - 1' (b) - Esc. 1/125. Fuente: Elaboración propia (2021)

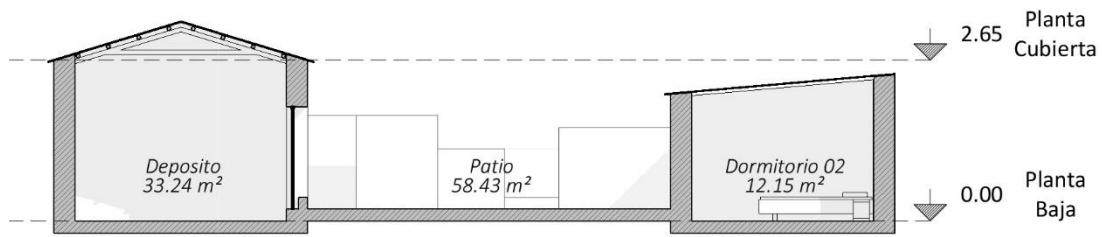


Figura 109. Caso de estudio N° 4, Planos arquitectónicos - Sección 2 - 2' - Esc. 1/125. Fuente: Elaboración propia (2021)

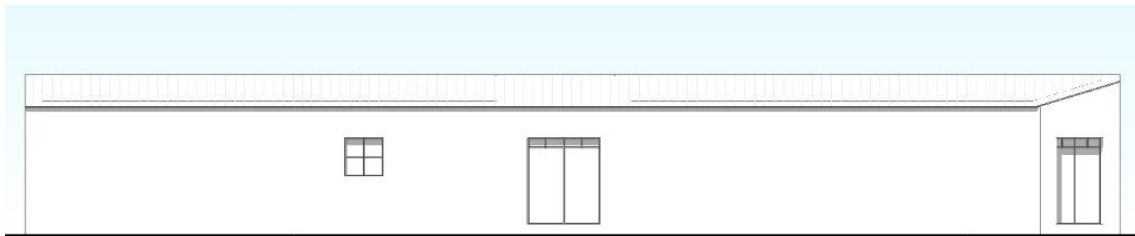


Figura 110. Caso de estudio N° 4, Planos arquitectónicos - Elevación frontal - Esc. 1/150. Fuente: Elaboración propia (2021)

#### 4.1.5. Caso de estudio N° 5 – Zona Nevado

La vivienda seleccionada se encuentra ubicada en una calle sin nombre, en el pueblo de Imata, Distrito de San Antonio de Chuca y Provincia de Caylloma; a una altitud de 4500 m.s.n.m., con coordenadas latitud sur 15°50'18.86" y longitud oeste 71°5'28.39". Se emplaza a 80 metros de la Vía interoceánica sur y a 70 m. de la plaza principal de Imata.

El terreno tiene una forma rectangular con un área de 100.80 m<sup>2</sup> y un perímetro de 41.20 ml; limita por el frente con la Calle s/n con 8.00 ml., por el costado derecho con una vivienda de 1 nivel y por el costado izquierdo con la calle s/n con 12.60 ml. y por el fondo con una vivienda de 1 nivel con 8.00 ml.

La vivienda tiene 1 nivel con un área construida de 56.06 m<sup>2</sup> que contiene: sala, comedor, cocina, 1 dormitorio, 1 baño, tienda y patio. Su tipología es independiente.



## Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

Los materiales de construcción de la vivienda son los que predominan en la zona nevado: Muros de piedra con barro, techos de calamina y pisos de tierra.

En relación a los servicios básicos, cuenta con conexión de alumbrado eléctrico y red pública de agua y alcantarillado.



Figura 111. Ubicación del caso de estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021)



Figura 112. Fotografías del caso de estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021)

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú)  
según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

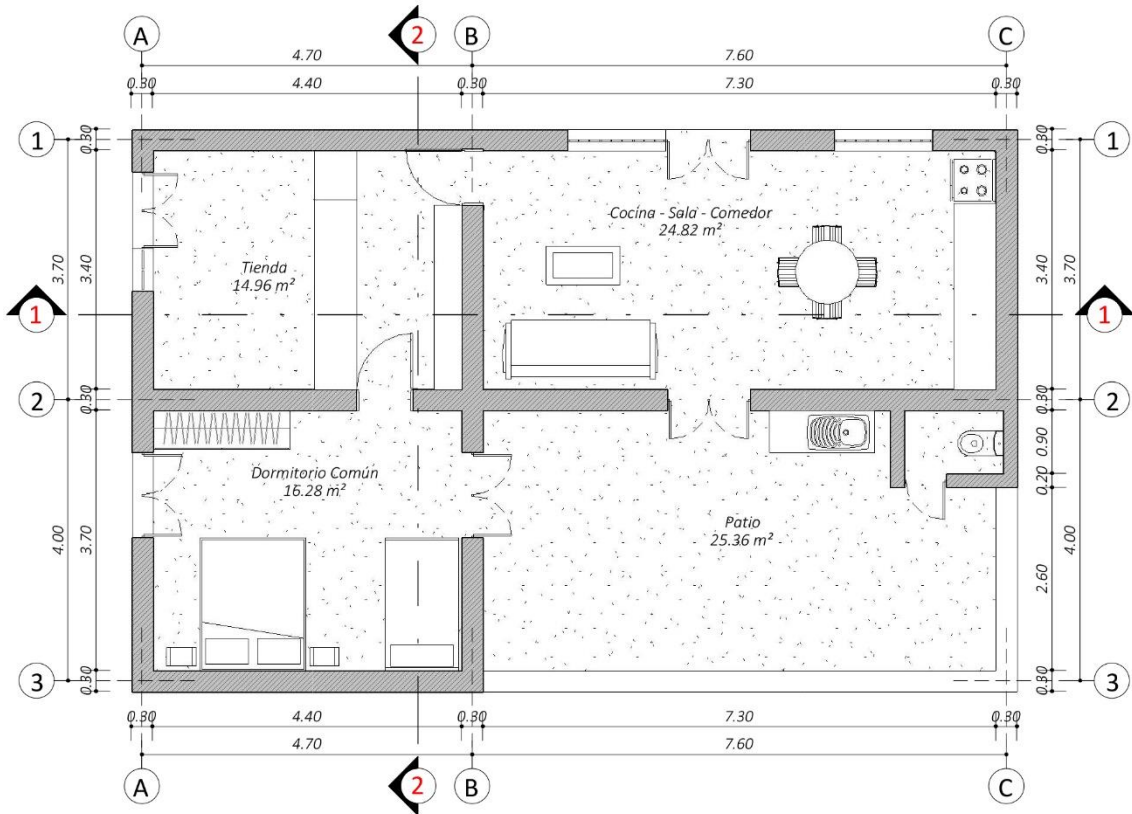


Figura 113. Caso de estudio N° 5, Planos arquitectónicos - Planta baja - Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021)

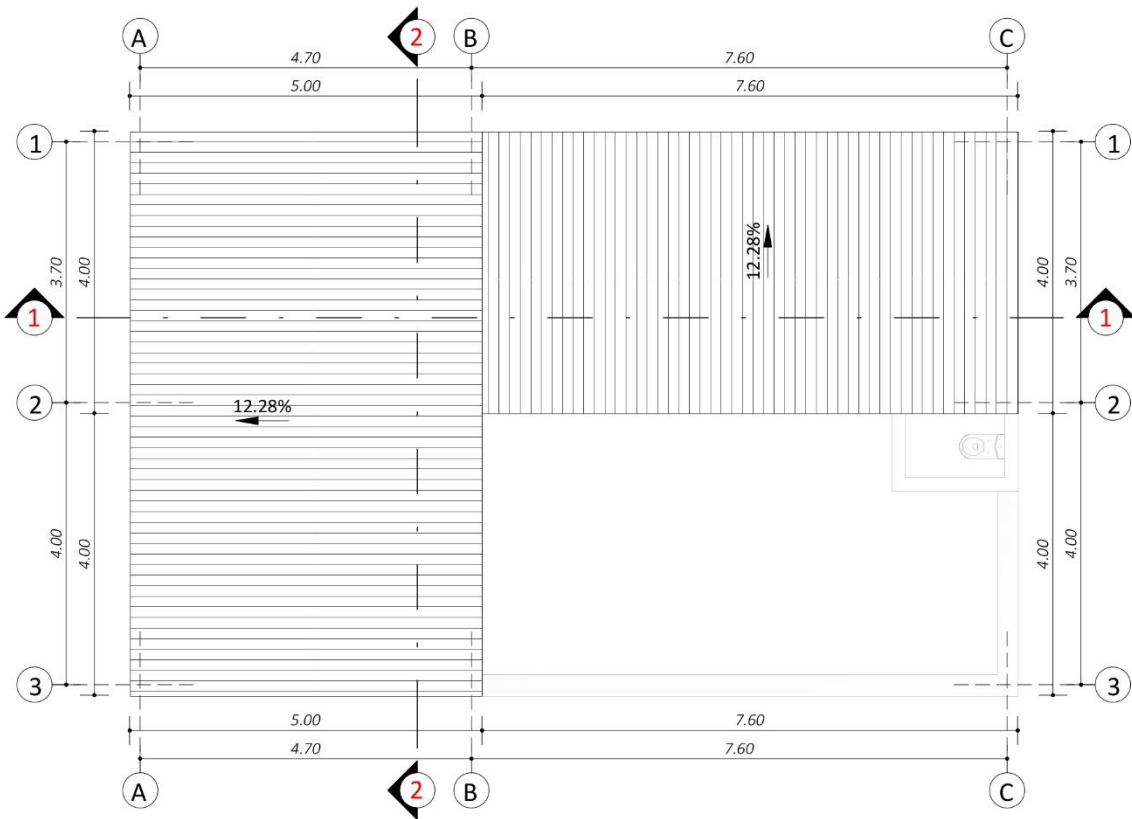


Figura 114. Caso de estudio N° 5, Planos arquitectónicos - Planta cubierta - Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021)

## Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

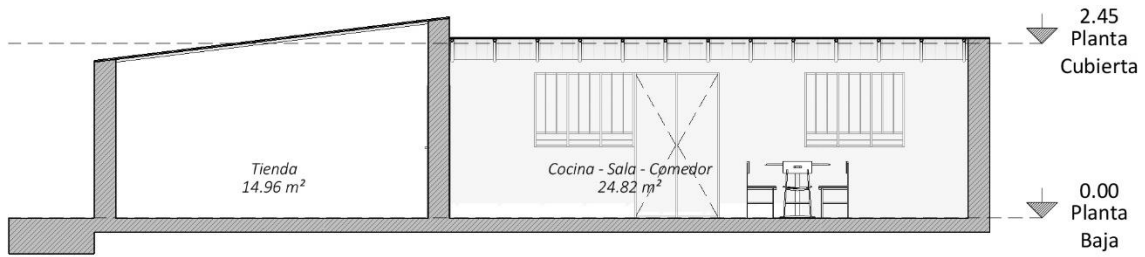


Figura 115. Caso de estudio N° 5, Planos arquitectónicos - Sección 1 - 1' - Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021)

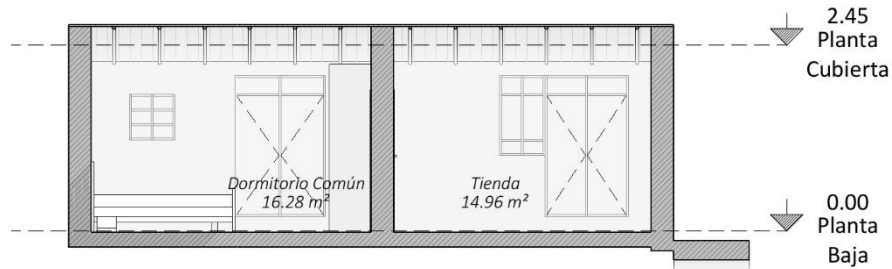


Figura 116. Caso de estudio N° 5, Planos arquitectónicos - Sección 2 - 2' - Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021)

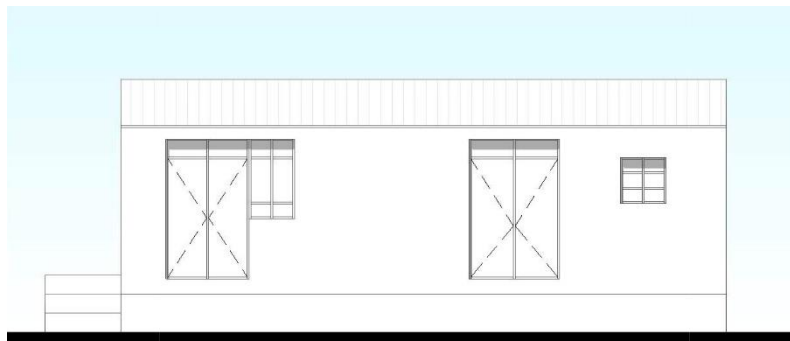


Figura 117. Caso de estudio N° 5, Planos arquitectónicos - Elevación frontal - Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021)

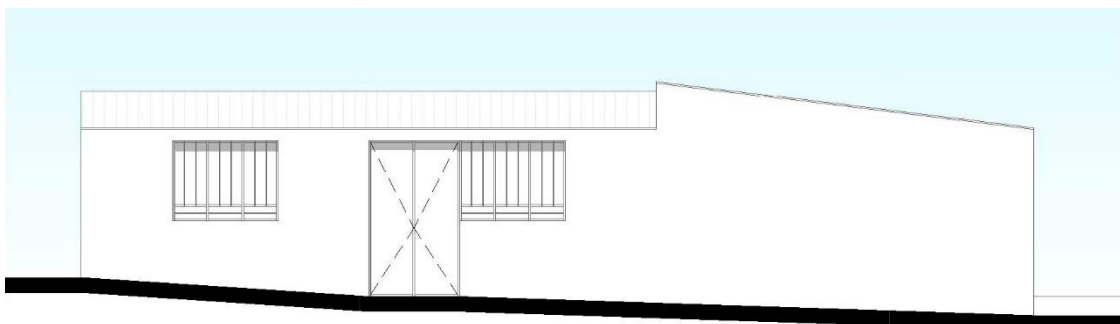


Figura 118. Caso de estudio N° 5, Planos arquitectónicos - Elevación lateral - Esc. 1/100. Fuente: Elaboración propia (2021)

### 4.2. Definición de zonas climáticas en España similar a la de los casos de estudio

Para definir las zonas climáticas en España con características similares a las zonas bioclimáticas de los casos de estudio en Arequipa, se hizo uso de un “Data Logger Elitech RC-4HC” con la finalidad de obtener la temperatura y humedad promedio en cada caso de estudio, dentro y fuera de la vivienda durante las estaciones de primavera y verano, obteniendo los siguientes datos:

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú)  
según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

**Tabla 22.** Zona desértico marino: Temperatura y humedad promedio en las estaciones de primavera y verano.

Estación	Ubicación en vivienda	Temperatura (C°)			Humedad (%)		
		Máxima	Mínima	Promedio	Máxima	Mínima	Promedio
Primavera	Interior	26.4	25.0	25.6	60.1	49.1	55.4
	Exterior	27.8	19.1	22.7	71.8	14.8	51.6
Verano	Interior	27.0	25.0	26.1	73.5	62.6	67.7
	Exterior	30.0	19.4	23.7	74.0	30.7	62.8

Fuente: Data Logger Elitech RC-4HC. Elaboración propia (2021).

**Tabla 23.** Zona interandino bajo: Temperatura y humedad promedio en las estaciones de primavera y verano.

Estación	Ubicación en vivienda	Temperatura (C°)			Humedad (%)		
		Máxima	Mínima	Promedio	Máxima	Mínima	Promedio
Primavera	Interior	23.3	11.7	15.5	65.9	32.3	53.5
	Exterior	23.2	10.0	14.9	67.2	34.3	53.8
Verano	Interior	13.4	9.5	11.2	84.1	71.4	80.3
	Exterior	14.0	9.9	11.0	86.4	82.5	84.9

Fuente: Data Logger Elitech RC-4HC. Elaboración propia (2021).

**Tabla 24.** Zona mesoandino: Temperatura y humedad promedio en las estaciones de primavera y verano

Estación	Ubicación en vivienda	Temperatura (C°)			Humedad (%)		
		Máxima	Mínima	Promedio	Máxima	Mínima	Promedio
Primavera	Interior	23.1	20.5	21.5	41.4	30.8	34.6
	Exterior	26.9	13.6	19.2	53.8	11.5	34.0
Verano	Interior	21.3	19.7	20.4	60.8	55.9	57.8
	Exterior	24.0	13.6	17.4	93.3	22.6	61.8

Fuente: Data Logger Elitech RC-4HC. Elaboración propia (2021).

**Tabla 25.** Zona altoandino: Temperatura y humedad promedio en las estaciones de primavera y verano

Estación	Ubicación en vivienda	Temperatura (C°)			Humedad (%)		
		Máxima	Mínima	Promedio	Máxima	Mínima	Promedio
Primavera	Interior	26.1	9.4	15.6	42.9	23.1	33.2
	Exterior	22.9	6.8	12.0	68.3	24.9	58.2
Verano	Interior	26.2	7.5	15.2	55.9	32.7	41.9
	Exterior	21.7	5.3	12.6	64.7	31.3	50.4

Fuente: Data Logger Elitech RC-4HC. Elaboración propia (2021).

**Tabla 26.** Zona nevado: Temperatura y humedad promedio en las estaciones de primavera y verano

Estación	Ubicación en vivienda	Temperatura (C°)			Humedad (%)		
		Máxima	Mínima	Promedio	Máxima	Mínima	Promedio
Primavera	Interior	16.3	7.1	10.8	74.5	35.5	56.1
	Exterior	24.7	-2.2	8.1	70.8	14.7	46.7
Verano	Interior	13.5	6.5	10.1	90.5	69.8	80.6
	Exterior	8.1	0.4	4.5	86.7	61.7	73.8

Fuente: Data Logger Elitech RC-4HC. Elaboración propia (2021).

Con los datos alcanzados en el exterior de la vivienda (Ver tabla 22, 23, 24, 25, 26), junto a las características climáticas que señala la norma EM. 110 (Ver tabla 27), podemos apreciar la temperatura media anual y humedad relativa media y el intervalo entre las estaciones de primavera y verano de las diferentes zonas bioclimáticas de Arequipa, esto nos ayudará a trasladar los 5 casos de estudio a una zona específica de España para su análisis, certificación y mejora energética.

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú)  
según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

**Tabla 27.** Cuadro comparativo de características climáticas según la normativa EM. 110 y datos obtenidos con Data Logger

Fuente	Indicador	Desértico marino	Interandino bajo	Mesoandino	Altoandino	Nevado
Norma EM. 110 confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética	Temperatura media anual	18°C -19°C	20°C	12°C	6°C	<0°C
	Humedad relativa media	>70%	30 - 50%	30 - 50%	30 - 50%	30 - 50%
Data Logger RC - 4HC (Primavera y verano)	Temperatura media	23.2°C	12.95°C	18.3°C	12.3°C	6.3°C
	Humedad relativa media	57.20%	69.35%	47.90%	54.30%	60.25%

Fuente: Data Logger Elitech RC-4HC y Norma EM.110 "Confort térmico y lumínico con eficiencia energética".  
Elaboración propia (2021).

Para obtener la localidad de España con características climáticas similares a la zona de estudio, se utilizarán los siguientes recursos españoles:

- Datos climatológicos de los servicios climáticos del AEMET (Agencia Estatal de Meteorología de España), para obtener la temperatura media anual y humedad relativa media, y a su vez la temperatura y humedad relativa promedio de las estaciones de primavera y verano.
- Anejo B: Zonas climáticas del Documento Básico HE Ahorro de energía, que nos permite obtener la zona climática en función de la provincia y altitud respecto al nivel del mar.
- La clasificación Köppen según el "Atlas Climático Ibérico, temperatura del aire y precipitación (1971-2000)" del Gobierno de España (2011) en donde se podrá comparar el tipo de clima de las provincias de España con las de Arequipa.

Luego de analizar y revisar los datos y recursos mencionados anteriormente obtenemos la siguiente similitud entre ciudades de Arequipa y España:

- Para la **zona desértico marino** se utilizarán los datos climáticos de la provincia de Almería en la comunidad autónoma de Andalucía (Zona climática A4), ya que posee un tipo de clima BW, temperatura media anual de 19.01°C y humedad relativa media de 65%, en las estaciones de primavera y verano su temperatura es 22.86°C, y su humedad 62.33%; asimismo cuenta con una altitud de 24 m.s.n.m. similar a la zona en estudio.
- Para la **zona interandino bajo**, se utilizará los datos climáticos de la provincia de Cáceres en la comunidad autónoma de Extremadura (Zona climática E1), ya que posee un clima BS, temperatura media anual de 16.3°C y humedad relativa media de 60%, en las estaciones de primavera y verano su temperatura es 19.78°C y su humedad 49.66%.
- Para la **zona mesoandino**, se utilizará los datos climáticos de la provincia de Segovia en la comunidad autónoma de Castilla y León (Zona climática E1), ya que posee un tipo de clima D, temperatura media anual de 12.4°C y humedad relativa media de 59%, en las estaciones de primavera y verano su temperatura es 17.45°C, y su humedad 48.83%; asimismo, es una de las ciudades con mayor altitud en España.
- Para la **zona altoandino**, se utilizará los datos climáticos de la localidad de Molina de Aragón, en la provincia de Guadalajara y comunidad autónoma de Castilla – La Mancha (Zona climática E1), ya que posee temperatura media anual de 10.5°C y humedad relativa media de 61%, en las estaciones de primavera y verano su temperatura es 14.13°C, y su humedad 54.16%; asimismo, es una de las ciudades con mayor altitud en España.
- Para la **zona nevado**, se utilizará los datos climáticos de la localidad de La Seu d'Urgell, en la provincia de LLeida y comunidad autónoma de Cataluña (Zona climática E1), ya que posee temperatura media anual de 8.3°C y humedad relativa media de 68%, en las

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

estaciones de primavera y verano su temperatura es 13.81°C, y su humedad 66.8%; asimismo, es una de las ciudades con mayor altitud en España.

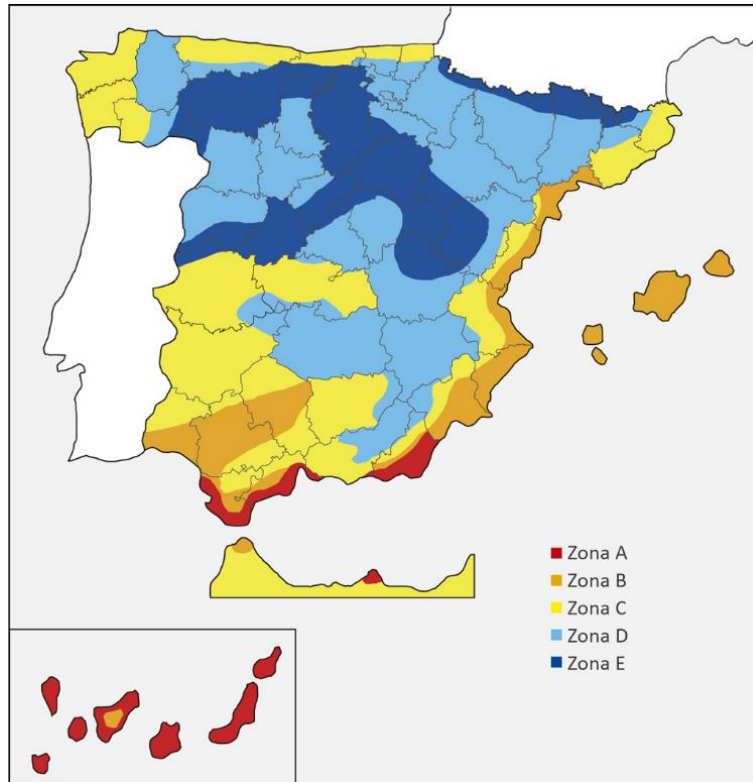


Figura 119. Mapa de las zonas climáticas de España. Fuente: Remicacalefaccion (s.f)

Provincia	Altitud sobre el nivel del mar (h)																									
	≤ 50 m	51 - 100 m	101 - 150 m	111 - 200 m	201 - 250 m	251 - 300 m	301 - 350 m	351 - 400 m	401 - 450 m	451 - 500 m	501 - 550 m	551 - 600 m	601 - 650 m	651 - 700 m	701 - 750 m	751 - 800 m	801 - 850 m	851 - 900 m	901 - 950 m	951 - 1000 m	1001 - 1050 m	1051 - 1250 m	1251 - 1300 m	≥ 1301 m		
Almería	A4		B4			B3									C3											
Cáceres																										E1
Guadalajara																										E1
Lleida		C3																								E1
Segovia																										E1

Figura 120. Zona climática de España. Fuente: Anejo B, CTE (2020)

Según las zonas climáticas de España, se toman las que abarcan la mayor altitud, con excepción de Almería, debido a que 4 de los 5 casos de estudio se encuentran ubicados por encima de los 2000 m.s.n.m.

Para cumplir con las exigencias establecidas en el Documento Básico de ahorro de energía del Código Técnico de España, el software que se utilizará para el análisis, certificación y mejora energética será la Herramienta Unificada Líder – Calener (HULC).

### 4.3. Certificación de eficiencia energética de los casos de estudio

#### 4.3.1. Caso de estudio N° 1 – Zona Desértico Marino

La vivienda fue construida en el año del 2008, tiene una tipología unifamiliar o independiente de un solo nivel con un área construida de 43.12 m<sup>2</sup>. La ubicaré en la provincia de Almería en la comunidad autónoma de Andalucía (Zona climática A4) y tendrá una orientación Norte.



Figura 121. Fotografía y modelado en HULC - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)

#### 4.3.1.1. Memoria constructiva

##### 4.3.1.1.1. Muros

Los muros de acuerdo a su función estructural pueden ser muros portantes y no portantes, los primeros están compuestos por ladrillos King Kong de 18 huecos y el segundo por ladrillos pandereta; las dimensiones de ambos son: 12.5 cm de ancho, 23 cm de largo y 9 cm de altura.

Los muros de fachada (portantes), tienen 15 cm de espesor y compuestos por: estuque de cemento y arena de 1.25 cm de espesor, ladrillo tipo King Kong de 12.5 cm y estuque de cemento y arena de 1.25 cm; alcanzando una transmitancia térmica (U) de 2.17 W/m<sup>2</sup>K.

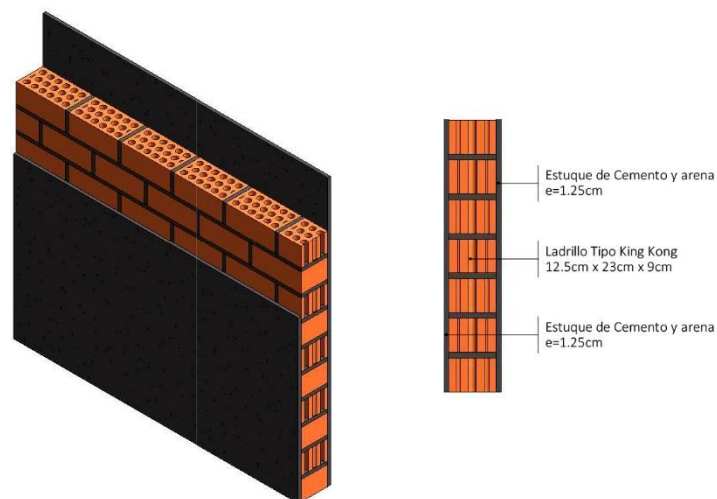


Figura 122. Detalle muro de fachada - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)

Los muros de medianera (portantes), tienen 14 cm de espesor y contienen: ladrillo tipo King Kong de 12.5 cm de espesor y estuque de cemento y arena de 1.5 cm de espesor; logrando una transmitancia térmica (U) de 2.19 W/m<sup>2</sup>K.

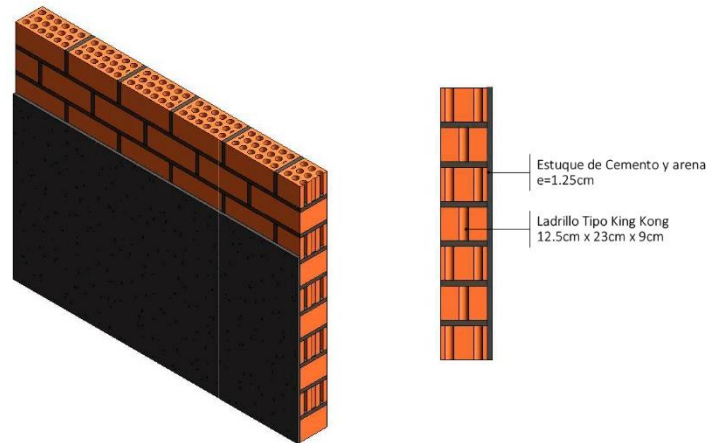


Figura 123. Detalle muro de medianera - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)

Los muros de tabiquería o particiones interiores verticales (no portantes), tienen 15 cm de espesor, están conformados por: estuque de cemento y arena de 1.25 cm de espesor, ladrillo tipo pandereta de 12.5 cm y estuque de cemento y arena de 1.25 cm; obteniendo una transmitancia térmica (U) de 2.08 W/m<sup>2</sup>K.

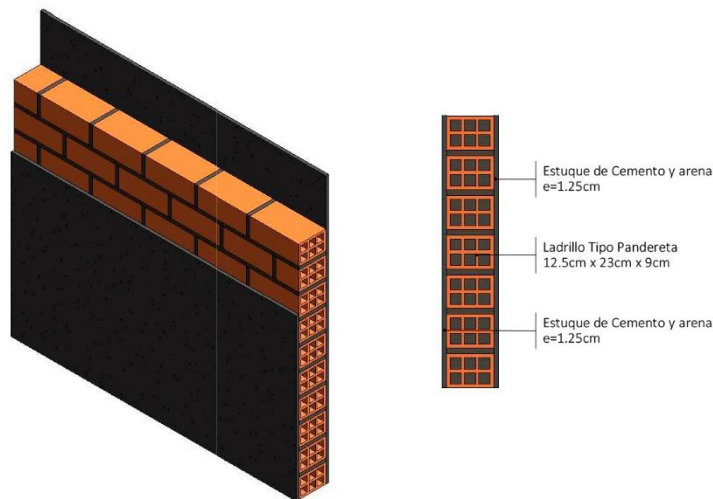


Figura 124. Detalle muro de tabiquería - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)

#### 4.3.1.1.2. Cubiertas

La cubierta es plana, contiene desde el exterior al interior, una capa de hormigón simple de 5 cm de espesor, una capa de hormigón armado de 5 cm de espesor, ladrillo de techo con un entrevigado de hormigón armado de 15 cm y por último estuque de cemento y arena de 1 cm de espesor hacia el interior de la vivienda; alcanzando una transmitancia térmica total (U) de 1.56 W/m<sup>2</sup>K.

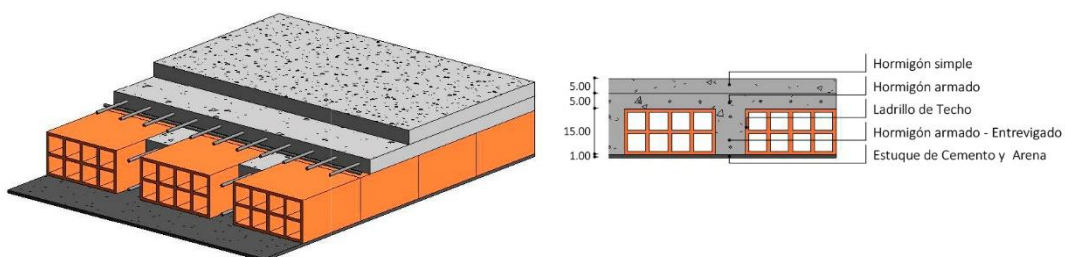


Figura 125. Detalle cubierta - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)



#### 4.3.1.1.3. Piso

El piso está conformado por una capa de hormigón simple de 5 cm de espesor y un empedrado de 15 cm de altura sobre tierra compactada, alcanzando una transmitancia térmica (U) de 3.50 W/m<sup>2</sup>K, sin embargo, el programa de cálculo considera como valor 0.37 W/m<sup>2</sup>K.

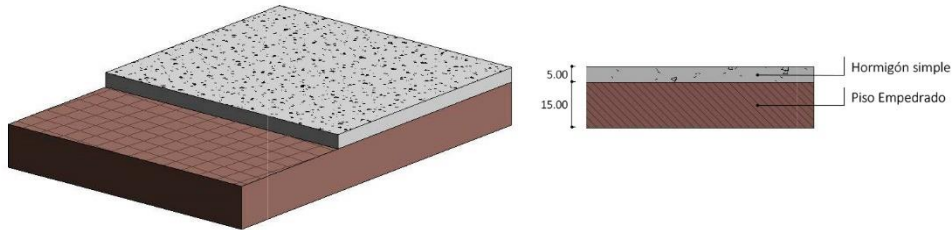


Figura 126. Detalle de piso - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)

#### 4.3.1.1.4. Huecos en fachada

Las ventanas están compuestas por vidrios templados de 6 mm y marcos metálicos sin rotura de puente térmico; los marcos cubren un 5% del hueco y tienen una permeabilidad al aire de 50 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa; obteniendo una transmitancia térmica total (U) de 5.70 W/m<sup>2</sup>K.

Por su parte, las puertas son de madera de densidad media alta con un 5% de vidrio templado de 6 mm, tiene una permeabilidad al aire de 60 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa y una transmitancia térmica total (U) de 2.38 W/m<sup>2</sup>K.

#### 4.3.1.1.5. Sistemas de ACS

La vivienda presenta una terma solar en su cubierta, es por ello que se calculan los valores mensuales de producción de energía térmica (kWh) mediante el programa "CHEQ4", obteniendo que el aporte solar cubre el 62.50% de la demanda de ACS de la vivienda, que según el CTE es de 84 l/día.

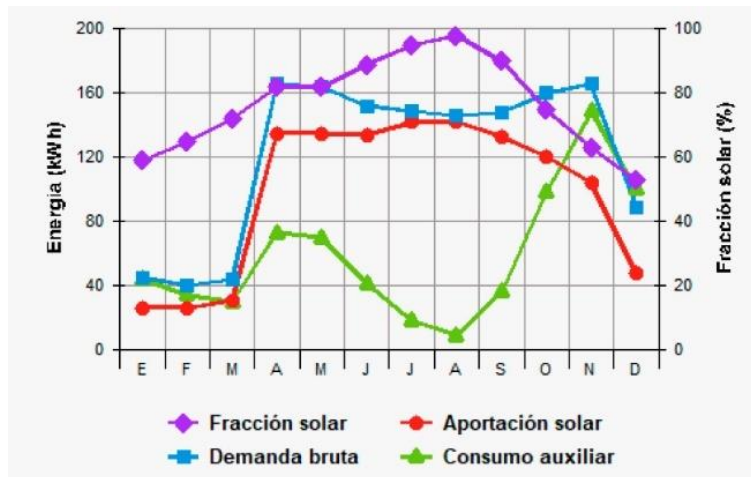


Figura 127. Aporte solar en producción de energía térmica para ACS – Caso de Estudio N° 1. Fuente: CHEQ4 (2021)

Asimismo, aparte de la terma solar, la vivienda no presenta ningún otro sistema de acondicionamiento, sin embargo, la Herramienta Unificada Líder - Calener (HULC) para realizar la certificación energética obliga en colocar por lo menos un sistema, es por ello que, para el siguiente caso de estudio adicional a la terma se está considerando una caldera eléctrica de ACS de 10 kW con rendimiento nominal de 90%.

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú)  
según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

#### 4.3.1.2. Envoltente térmica

Contempla los cerramientos opacos: muros, cubiertas y pisos; y huecos y lucernarios: puertas y ventanas; que componen la vivienda de estudio y que han sido registrados por el programa HULC.

##### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)	Modo de obtención
P01_E01_PE002	Fachada	0.82	2.17	Usuario
P01_E01_PE003	Fachada	1.45	2.17	Usuario
P01_E01_PE004	Fachada	1.27	2.17	Usuario
P01_E01_FTER001	Suelo	8.25	0.37	Usuario
P01_E02_FTER002	Suelo	8.35	0.37	Usuario
P01_E02C009	Cubierta	4.17	1.56	Usuario
P01_E02C010	Cubierta	2.44	1.56	Usuario
P01_E02C011	Cubierta	1.07	1.56	Usuario
P01_E02C012	Cubierta	0.66	1.56	Usuario
P01_E03_PE001	Fachada	1.86	2.17	Usuario
P01_E03_FTER003	Suelo	17.04	0.37	Usuario
P01_E03C001	Cubierta	7.53	1.56	Usuario
P01_E03C002	Cubierta	2.24	1.56	Usuario
P01_E03C003	Cubierta	0.99	1.56	Usuario
P01_E03C004	Cubierta	0.99	1.56	Usuario
P01_E03C005	Cubierta	3.22	1.56	Usuario
P01_E03C006	Cubierta	2.07	1.56	Usuario
P01_E04_ME001	Fachada	0.40	2.17	Usuario
P01_E04_ME002	Fachada	0.40	2.17	Usuario
P01_E04_ME003	Fachada	0.54	2.17	Usuario
P01_E04_ME004	Fachada	0.54	2.17	Usuario
P01_E04_ME005	Fachada	0.54	2.17	Usuario
P01_E04_ME006	Fachada	0.54	2.17	Usuario
P01_E04_FTER004	Suelo	2.76	0.37	Usuario
P01_E04C006	Cubierta	0.84	1.56	Usuario
P01_E04C007	Cubierta	0.84	1.56	Usuario
P01_E04C008	Cubierta	0.54	4.17	Usuario
P01_E04C009	Cubierta	0.54	4.17	Usuario
P01_E04C018	Cubierta	0.54	4.17	Usuario
P01_E04C019	Cubierta	0.54	4.17	Usuario
P01_E05_FTER005	Suelo	2.79	0.37	Usuario
P01_E05C007	Cubierta	1.39	1.56	Usuario
P01_E05C008	Cubierta	1.39	1.56	Usuario
P01_E05C001	Cubierta	2.24	1.56	Usuario
P01_E05C002	Cubierta	1.02	1.56	Usuario
P01_E05C003	Cubierta	0.28	1.56	Usuario
P01_E05C004	Cubierta	2.95	1.56	Usuario
P01_E05C005	Cubierta	1.76	1.56	Usuario

##### Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)	Factor Solar	Modo de obtención transmitancia	Modo de obtención factor solar
Puerta01	Hueco	2.16	2.38	0.10	Usuario	Usuario
Ventana01	Hueco	5.00	5.70	0.82	Usuario	Usuario
Ventana01	Hueco	0.80	5.70	0.82	Usuario	Usuario

Figura 128. Envoltente térmica - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)

#### 4.3.1.3. Certificación energética

Para realizar la certificación de eficiencia energética del Caso de Estudio N° 1 en la zona bioclimática Desértico Marino en la ciudad de Mollendo, se procedió a rellenar los valores de producción de energía (térmica solar), tipos de cerramientos y huecos, y otros datos generales necesarios para su certificación energética; obteniendo la siguiente calificación:

**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:**

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)	
<21.10 A	127.89 E	<4.90 A	24.53 D
21.10-40.1 B		4.90-9.40 B	
40.10-67.80 C		9.40-15.80 C	
67.80-108.60 D		15.80-25.30 D	
108.60-196.10 E		25.30-47.80 E	
196.10-213.80 F		47.80-52.10 F	
=>213.80 G		=>52.10 G	

Figura 129. Calificación energética - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)

En el consumo de energía primaria no renovable se obtiene una Calificación “E” con 127.89 kWh/m<sup>2</sup>año, que se descompone en una calificación “E” para calefacción con 67.56 kWh/m<sup>2</sup>año, calificación “G” para ACS con 35.63 kWh/m<sup>2</sup>año y una calificación “C” para refrigeración con 24.70 kWh/m<sup>2</sup>año.

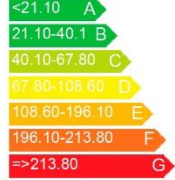

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
 127.89 E	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
	Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m <sup>2</sup> año)	E	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m <sup>2</sup> año)	G
	67.56		35.63	
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m <sup>2</sup> año) <sup>1</sup>	<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
	Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> año)	C	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m <sup>2</sup> año)	-
	24.70		0.00	

Figura 130. Consumo de energía primaria no renovable - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)

En las emisiones de dióxido de carbono liberado a la atmosfera como consecuencia del consumo energético del edificio, se obtiene una calificación energética “D” con 24.53 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año, descompuesto en una calificación “E” para calefacción con 14.31 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año, calificación “E” para ACS con 6.04 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año y calificación “B” para refrigeración con 4.18 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
 24.53 D	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
	Emisiones calefacción (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	E	Emisiones ACS (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	E
	14.31		6.04	
Emisiones globales (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año) <sup>1</sup>	<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
	Emisiones refrigeración (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	B	Emisiones iluminación (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	-
	4.18		-	

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> por consumo eléctrico	10.22	400.58
Emisiones CO <sub>2</sub> por combustibles fósiles	14.31	560.75

Figura 131. Emisiones de dióxido de carbono - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)

En relación a las demandas energéticas de calefacción y refrigeración para mantener las condiciones internas de confort del edificio, ambas presentan un valor elevado, para la calefacción una letra “E” con una demanda de 53.93 kWh/m<sup>2</sup>año y para refrigeración una letra “D” con una demanda de 31.86 kWh/m<sup>2</sup>año.

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

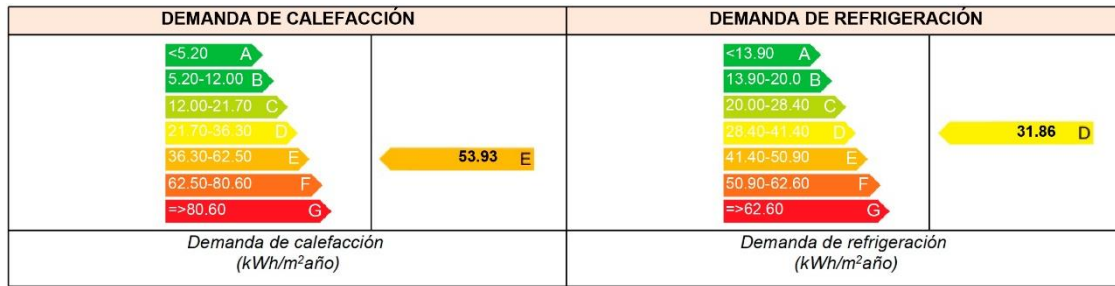


Figura 132. Demanda de calefacción y refrigeración - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)

Respecto a las energías renovables, gracias a la terma solar que posee la vivienda, el porcentaje de demanda de ACS que es cubierto por el sistema solar térmico alcanza un 61.50%.

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado (%)			Demanda de ACS cubierta (%)
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Sistema solar térmico	-	-	61.50	61.50
<b>TOTALES</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>61.50</b>	<b>61.50</b>

Figura 133. Demanda de ACS cubierta por energía solar – Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)

#### 4.3.1.4. Cumplimiento de la normativa peruana

La normativa peruana es optativa, sin embargo, se verifica que la vivienda no cumple con los valores de transmitancia térmica máxima de piso establecido en la norma peruana para la zona bioclimática desértico marino, por lo tanto, no califica para ser tomada en cuenta en la certificación “MiVivienda Verde”, a pesar del uso de la energía solar térmica para el ACS.

Tabla 28. Verificación del cumplimiento de la Norma EM. 110, Normativa peruana – Caso de Estudio N° 1

Fuente	Transmitancia térmica máxima del muro (U <sub>muro</sub> )	Transmitancia térmica máxima del techo (U <sub>techo</sub> )	Transmitancia térmica máxima del piso (U <sub>piso</sub> )
Norma EM. 110 confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética	2.36	2.21	2.63
Caso de Estudio N° 1	2.17 - 2.19 - 2.08	1.56	3.50
<b>Cumplimiento de Norma</b>	<b>CUMPLE</b>	<b>CUMPLE</b>	<b>NO CUMPLE</b>

Fuente: Norma EM.110 “Confort térmico y lumínico con eficiencia energética” y HULC. Elaboración propia (2021).

#### 4.3.2. Caso de estudio N° 2 – Zona Interandino Bajo

La vivienda fue construida en el año del 1900, tiene una tipología unifamiliar o independiente de un solo nivel con un área construida de 365.90 m<sup>2</sup>. Será ubicada en la provincia de Cáceres en la comunidad autónoma de Extremadura (Zona climática E1) con una orientación Sur Oeste.

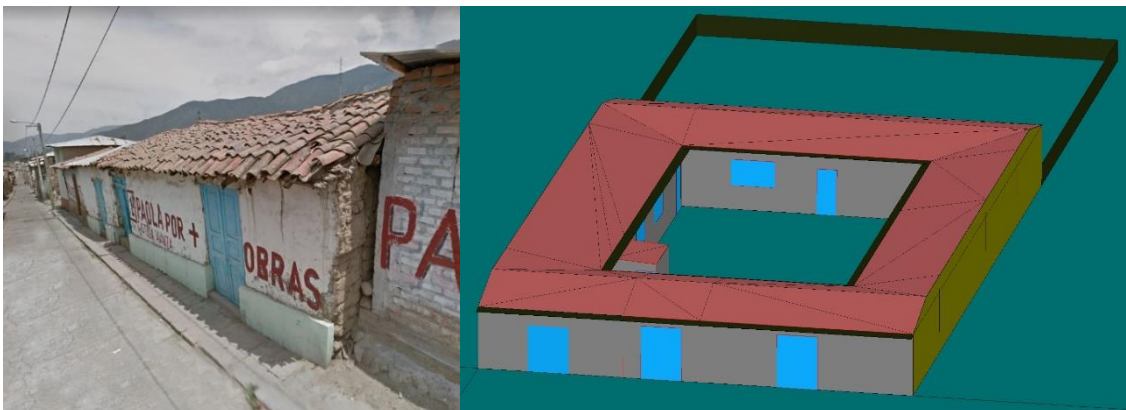


Figura 134. Fotografía y modelado en HULC - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021)

#### 4.3.2.1. Memoria constructiva

##### 4.3.2.1.1. Muros

Los muros de fachada, medianera y tabiquerías, están compuestos por: estuque de cemento y cal de 1 cm de espesor, adobe de 40 cm y estuque de cemento y cal de 1 cm; alcanzando una transmitancia térmica (U) de  $1.46 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

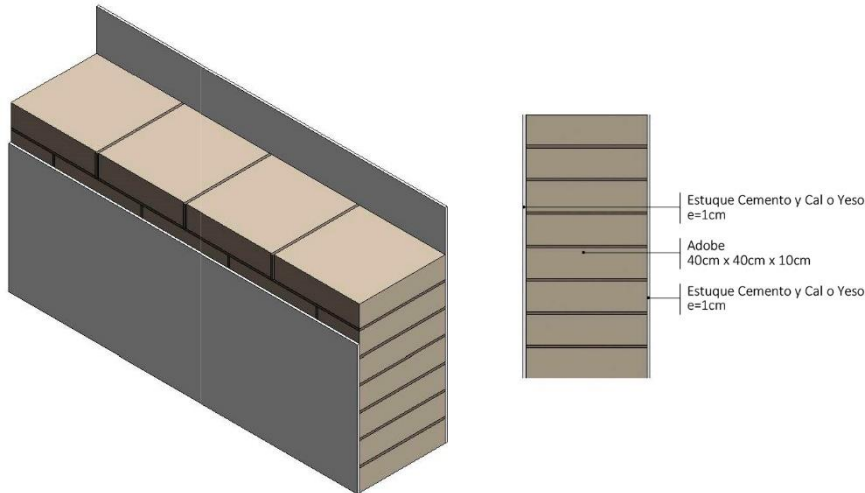


Figura 135. Detalle del muro - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021)

##### 4.3.2.1.2. Cubiertas

La cubierta de la vivienda es inclinada y presenta dos tipos: de calamina metálica en un 80% y de Teja de arcilla en un 20%.

El primero está compuesto únicamente por una calamina metálica de 2 mm de espesor apoyada sobre unos listones de madera, alcanzando una transmitancia térmica (U) de  $7.14 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

El segundo, está conformado desde el exterior al interior por: teja de arcilla de 5 mm de espesor y una capa de paja y barro de 1 cm, apoyadas sobre unos listones de madera, alcanzando una transmitancia térmica (U) de  $2.47 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

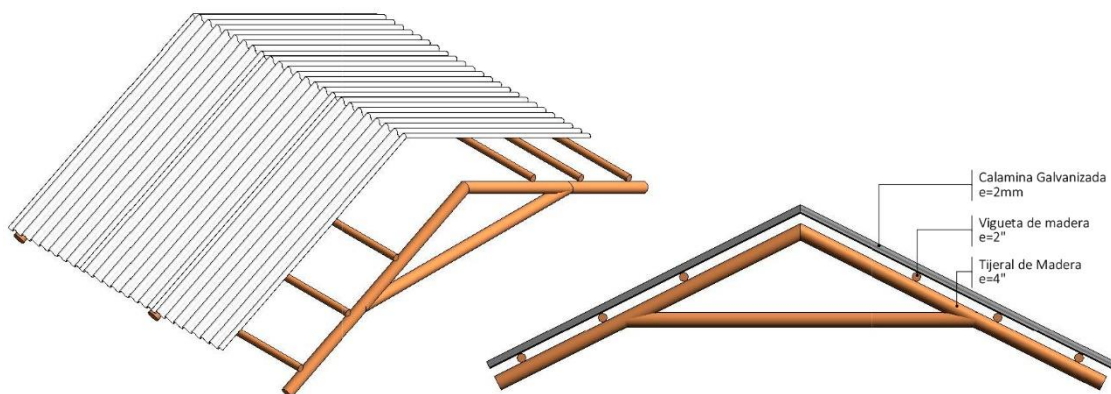


Figura 136. Detalle de cubierta de calamina - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021)



Figura 137. Detalle de cubierta de teja de arcilla - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021)

#### 4.3.2.1.3. Piso

El piso de la vivienda es de tierra natural, que para un mejor uso fue compactada. Según la norma EM.110, la tierra tiene una transmitancia térmica (U) de 4.36 W/m<sup>2</sup>K, sin embargo, el programa de cálculo considera como valor por defecto 0.67 W/m<sup>2</sup>K.

#### 4.3.2.1.4. Huecos en fachada

Las ventanas están compuestas por vidrios templados de 6 mm y marcos de madera de densidad media alta; los marcos cubren un 10% del hueco y tienen una permeabilidad al aire de 100 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa; obteniendo una transmitancia térmica total (U) de 5.35 W/m<sup>2</sup>K.

Por su parte, las puertas son de madera de densidad media alta en su totalidad, con una permeabilidad al aire de 60 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa y una transmitancia térmica total (U) de 2.20 W/m<sup>2</sup>K.

#### 4.3.2.1.5. Sistemas de ACS

La vivienda no presenta ningún sistema de acondicionamiento, sin embargo, la Herramienta Unificada Líder - Calener (HULC) al igual que en el caso N° 1, obliga en colocar por lo menos un sistema, es por ello que, para el siguiente caso de estudio se está considerando una caldera eléctrica de ACS de 10 kW con rendimiento nominal de 90%.

#### 4.3.2.1. Envoltente térmica

Contempla los cerramientos opacos: muros, cubiertas y pisos; y los huecos: puertas y ventanas; que componen la vivienda de estudio y que han sido registrados por el programa HULC.

##### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)	Modo de obtención
P01_E01_PE001	Fachada	4.00	1.46	Usuario
P01_E01_PE002	Fachada	17.08	1.46	Usuario
P01_E01_PE003	Fachada	14.14	1.46	Usuario
P01_E01_ME001	Fachada	5.20	1.46	Usuario
P01_E01_ME002	Fachada	2.29	1.46	Usuario
P01_E01_FTER001	Suelo	39.04	0.67	Usuario
P01_E01C001	Cubierta	10.05	7.14	Usuario
P01_E01C002	Cubierta	10.05	7.14	Usuario
P01_E01C003	Cubierta	6.51	7.14	Usuario
P01_E01C004	Cubierta	10.05	7.14	Usuario
P01_E01C005	Cubierta	3.45	7.14	Usuario
P01_E01C006	Cubierta	5.34	2.47	Usuario
P01_E01C007	Cubierta	5.34	2.47	Usuario
P01_E01C008	Cubierta	5.34	2.47	Usuario
P01_E01C009	Cubierta	5.34	2.47	Usuario

Figura 138. Envoltente térmica (a) - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021)

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú)  
según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

P01_E02_PE001	Fachada	11.39	1.46	Usuario
P01_E02_PE002	Fachada	17.08	1.46	Usuario
P01_E02_PE003	Fachada	22.00	1.46	Usuario
P01_E02_ME001	Fachada	2.29	1.46	Usuario
P01_E02_FTER002	Suelo	57.34	0.67	Usuario
P01_E02C005	Cubierta	14.76	2.47	Usuario
P01_E02C006	Cubierta	14.76	2.47	Usuario
P01_E02C001	Cubierta	5.91	2.47	Usuario
P01_E02C002	Cubierta	8.79	2.47	Usuario
P01_E02C003	Cubierta	14.76	2.47	Usuario
P01_E03_PE002	Fachada	18.69	1.46	Usuario
P01_E03_FTER003	Suelo	27.93	0.67	Usuario
P01_E03C001	Cubierta	14.23	7.14	Usuario
P01_E03C002	Cubierta	14.23	7.14	Usuario
P01_E04_PE002	Fachada	42.00	1.46	Usuario
P01_E04_PE003	Fachada	27.07	1.46	Usuario
P01_E04_FTER004	Suelo	91.50	0.67	Usuario
P01_E04C005	Cubierta	23.56	7.14	Usuario
P01_E04C006	Cubierta	23.56	7.14	Usuario
P01_E04C007	Cubierta	5.91	7.14	Usuario
P01_E04C008	Cubierta	23.56	7.14	Usuario
P01_E04C009	Cubierta	17.59	7.14	Usuario
P01_E05_PE001	Fachada	7.98	1.46	Usuario
P01_E05_FTER005	Suelo	25.62	0.67	Usuario
P01_E05C001	Cubierta	6.51	7.14	Usuario
P01_E05C002	Cubierta	6.60	7.14	Usuario
P01_E05C003	Cubierta	6.60	7.14	Usuario
P01_E05C004	Cubierta	6.60	7.14	Usuario
P01_E06_PE002	Fachada	4.83	1.46	Usuario
P01_E06_PE003	Fachada	30.13	1.46	Usuario
P01_E06_FTER006	Suelo	77.07	0.67	Usuario
P01_E06C001	Cubierta	39.14	7.14	Usuario
P01_E06C002	Cubierta	5.12	7.14	Usuario
P01_E06C003	Cubierta	5.97	7.14	Usuario
P01_E06C004	Cubierta	28.05	7.14	Usuario
P01_E07_ME001	Fachada	3.16	1.46	Usuario
P01_E07_ME002	Fachada	6.86	1.46	Usuario
P01_E07_ME003	Fachada	5.05	1.46	Usuario
P01_E07_FTER007	Suelo	5.60	0.67	Usuario
P01_E07C002	Cubierta	2.81	7.14	Usuario
P01_E07C003	Cubierta	2.81	7.14	Usuario
P01_E08_PE001	Fachada	26.51	1.46	Usuario
P01_E08_FTER008	Suelo	41.80	0.67	Usuario
P01_E08C001	Cubierta	21.30	7.14	Usuario
P01_E08C002	Cubierta	21.30	7.14	Usuario

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)	Factor Solar	Modo de obtención transmitancia	Modo de obtención factor solar
Puerta02	Hueco	9.45	2.20	0.06	Usuario	Usuario
Puerta02	Hueco	3.78	2.20	0.06	Usuario	Usuario
Puerta02	Hueco	14.58	2.20	0.06	Usuario	Usuario
Puerta02	Hueco	3.78	2.20	0.06	Usuario	Usuario
Ventana02	Hueco	2.40	5.35	0.77	Usuario	Usuario
Ventana02	Hueco	4.80	5.35	0.77	Usuario	Usuario
Ventana02	Hueco	2.40	5.35	0.77	Usuario	Usuario
Ventana02	Hueco	2.40	5.35	0.77	Usuario	Usuario

Figura 139. Envoltente térmica (b) - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021)

#### 4.3.2.2. Certificación energética

Para realizar la certificación de eficiencia energética del Caso de Estudio N° 2 en la zona bioclimática Interandino Bajo en la provincia de Pampacolca, se procedió a rellenar los tipos de cerramientos y huecos, y otros datos generales necesarios para su certificación energética; obteniendo la siguiente calificación:

##### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)	
<67.70 A		<15.10 A	
67.70-104.00 B		15.10-23.2 B	
104.00-155.2 C		23.20-34.50 C	
155.20-231.10 D		34.50-51.50 D	
231.10-442.60 E	378.89 E	51.50-102.30 E	79.05 E
442.60-517.80 F		102.30-119.70 F	
=>517.80 G		=>119.70 G	

Figura 140. Calificación energética - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021)

En el consumo de energía primaria no renovable se obtiene una Calificación “E” con 378.89 kWh/m<sup>2</sup>·año, que se descompone en una calificación “E” para calefacción con 350.88 kWh/m<sup>2</sup>·año y calificación “E” para ACS con 22.99 kWh/m<sup>2</sup>·año.

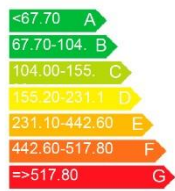
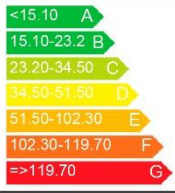
INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	378.89 E	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	E	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	E
		350.88		22.99	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	-	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	-
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m <sup>2</sup> ·año) <sup>1</sup>		-		0.00	

Figura 141. Consumo de energía primaria no renovable - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021)

En las emisiones de dióxido de carbono liberado a la atmosfera como consecuencia del consumo energético del edificio, se obtiene una calificación energética “E” con 79.05 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·año, descompuesto en una calificación “E” para calefacción con 74.30 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·año y calificación “D” para ACS con 3.89 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·año.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	79.05 E	CALEFACCIÓN		ACS	
		Emisiones calefacción (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)	E	Emisiones ACS (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)	D
		74.30		3.89	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		Emisiones refrigeración (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)	-	Emisiones iluminación (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)	-
Emisiones globales (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año) <sup>1</sup>		0.85		-	

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> por consumo eléctrico	4.75	1736.22
Emisiones CO <sub>2</sub> por combustibles fósiles	74.29	27183.10

Figura 142. Emisiones de dióxido de carbono - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021)

En relación a las demandas energéticas para mantener las condiciones internas de confort del edificio, la vivienda solo presenta demanda de calefacción con un valor de 280.11 kWh/m<sup>2</sup>·año, representado en una letra “G”.



Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
<p>&lt;47.50 A 47.50-68.2 B 68.20-97.10 C 97.10-141.50 D 141.50-232.20 E 232.20-271.60 F =&gt;271.60 G</p>	<p>280.11 G</p>	<p>A B C D E F G</p>	
Demanda de calefacción (kWh/m <sup>2</sup> año)		Demanda de refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> año)	

Figura 143. Demanda de calefacción y refrigeración - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021)

#### 4.3.2.3. Cumplimiento de la normativa peruana

Se verifica que la vivienda sobrepasa los valores de transmitancia térmica máxima de techos y pisos, establecido en la norma peruana para la zona bioclimática Interandino Bajo. Por lo tanto, la vivienda no califica para ser tomada en cuenta en la certificación “MiVivienda Verde”.

Tabla 29. Verificación del cumplimiento de la Norma EM. 110, Normativa peruana – Caso de Estudio N° 2

Fuente	Transmitancia térmica máxima del muro ( $U_{muro}$ )	Transmitancia térmica máxima del techo ( $U_{techo}$ )	Transmitancia térmica máxima del piso ( $U_{piso}$ )
Norma EM. 110 confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética	2.36	2.21	2.63
Caso de Estudio N° 2	1.46	7.14 – 2.47	4.36
<b>Cumplimiento de Norma</b>	<b>CUMPLE</b>	<b>NO CUMPLE</b>	<b>NO CUMPLE</b>

Fuente: Norma EM.110 “Confort térmico y lumínico con eficiencia energética” y HULC. Elaboración propia (2021).

#### 4.3.3. Caso de estudio N° 3 – Zona Mesoandino

La vivienda fue construida en el año del 2008, tiene una tipología unifamiliar o independiente de dos niveles con un área construida de 176.90 m<sup>2</sup>. Será ubicada en la provincia de Segovia en la comunidad autónoma de Castilla y León (Zona climática E1) con una orientación Sur.



Figura 144. Fotografía y modelado en HULC - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021)

#### 4.3.3.1. Memoria constructiva

##### 4.3.3.1.1. Muros

Al igual que en el caso N° 1, los muros pueden ser portantes (muro de fachada y de medianera) y no portantes (muros de tabiquería).

Los muros de fachada tienen 15 cm de espesor y están compuestos por: estuque de cemento y arena de 1.25 cm de espesor, ladrillo tipo King Kong de 12.5 cm y estuque de cemento y arena de 1.25 cm; alcanzando una transmitancia térmica (U) de 2.17 W/m<sup>2</sup>K. (Ver Figura N° 122)

Los muros de medianera tienen 14 cm de espesor y contienen: ladrillo tipo King Kong de 12.5 cm de espesor y estuque de cemento y arena de 1.5 cm de espesor; logrando una transmitancia térmica (U) de 2.19 W/m<sup>2</sup>K. (Ver Figura N° 123)

Los muros de tabiquería tienen 15 cm de espesor, están conformados por: estuque de cemento y arena de 1.25 cm de espesor, ladrillo tipo pandereta de 12.5 cm y estuque de cemento y arena de 1.25 cm; obteniendo una transmitancia térmica (U) de 2.08 W/m<sup>2</sup>K. (Ver Figura N° 124)

#### 4.3.3.1.2. Cubiertas

La cubierta es plana de 26 cm de espesor, contiene una capa de hormigón simple de 5 cm de espesor, una capa de hormigón armado de 5 cm de espesor, ladrillo de techo con un entrevigado de hormigón armado de 15 cm y estuque de cemento y arena de 1 cm de espesor hacia el interior de la vivienda; alcanzando una transmitancia térmica total (U) de 1.56 W/m<sup>2</sup>K. (Ver Figura N° 125)

#### 4.3.3.1.3. Piso

El piso está conformado por una capa de hormigón armado de 5 cm de espesor y un empedrado de 15 cm de altura sobre tierra compactada, alcanzando una transmitancia térmica (U) de 3.50 W/m<sup>2</sup>K, (Ver Figura N° 126) sin embargo, el programa de cálculo considera como valor por defecto 0.75 W/m<sup>2</sup>K.

#### 4.3.3.1.4. Huecos en fachada

Las ventanas están compuestas por vidrios templados de 6 mm y marcos metálicos sin rotura de puente térmico; los marcos cubren un 5% del hueco y tienen una permeabilidad al aire de 50 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa; obteniendo una transmitancia térmica total (U) de 5.70 W/m<sup>2</sup>K.

Por su parte, las puertas son de madera de densidad media alta con un 5% de vidrio templado de 6 mm, tiene una permeabilidad al aire de 60 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa y una transmitancia térmica total (U) de 2.38 W/m<sup>2</sup>K.

#### 4.3.3.1.5. Sistemas de ACS

La vivienda solo presenta una terma solar en su cubierta, es por ello que se calculan los valores mensuales de producción de energía térmica a partir de una fuente de energía renovable (kWh) mediante el programa "CHEQ4", obteniendo que el aporte solar cubre el 69.56% de la demanda de ACS de la vivienda, que según el CTE es de 140 l/día.

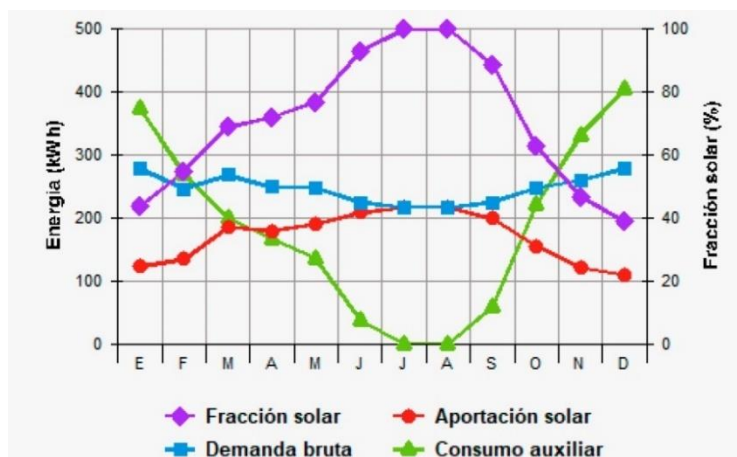


Figura 145. Aporte solar en producción de energía térmica para ACS – Caso de Estudio N° 3. Fuente: CHEQ4 (2021)

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú)  
según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

Asimismo, aparte de la terma, la vivienda no presenta ningún otro sistema de acondicionamiento, por lo tanto, para fines de la certificación se considerará también una caldera eléctrica de ACS de 10 kW con rendimiento nominal de 90%.

#### 4.3.3.2. Envoltente térmica

Contempla los cerramientos opacos: muros, cubiertas y pisos; y los huecos: puertas y ventanas; que componen la vivienda de estudio y que han sido registrados por el programa HULC.

##### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)	Modo de obtención
P01_E01_PE001	Fachada	2.66	2.20	Usuario
P01_E01_PE003	Fachada	3.62	2.20	Usuario
P01_E01_PE004	Fachada	1.10	2.20	Usuario
P01_E01_PE005	Fachada	1.98	2.20	Usuario
P01_E01_FTER001	Suelo	41.80	0.75	Usuario
P01_E02_PE001	Fachada	1.10	2.20	Usuario
P01_E02_PE002	Fachada	4.53	2.20	Usuario
P01_E02_FTER002	Suelo	0.00	0.75	Usuario
P01_E03_PE002	Fachada	4.42	2.20	Usuario
P01_E03_PE003	Fachada	0.36	2.20	Usuario
P01_E03_FTER003	Suelo	12.17	0.75	Usuario
P01_E04_PE001	Fachada	1.91	2.20	Usuario
P01_E04_PE002	Fachada	5.16	2.20	Usuario
P01_E04_FE005	Cubierta	0.72	1.56	Usuario
P01_E04_FTER004	Suelo	1.94	0.75	Usuario
P01_E04C003	Cubierta	0.36	1.56	Usuario
P01_E04C004	Cubierta	0.36	1.56	Usuario
P01_E05_FTER005	Suelo	3.71	0.75	Usuario
P01_E06_FTER006	Suelo	1.99	0.75	Usuario
P02_E01_FE001	Fachada	0.98	1.49	Usuario
P02_E01_PE002	Fachada	0.96	2.20	Usuario
P02_E01_PE003	Fachada	0.96	2.20	Usuario
P02_E01_PE004	Fachada	3.30	2.20	Usuario
P02_E01_PE005	Fachada	0.96	2.20	Usuario
P02_E01_PE006	Fachada	1.32	2.20	Usuario
P02_E01_PE007	Fachada	1.10	2.20	Usuario
P02_E01_ME001	Fachada	1.41	2.20	Usuario
P02_E01_CUB001	Cubierta	14.97	1.56	Usuario
P02_E01C001	Cubierta	0.34	1.56	Usuario
P02_E01C002	Cubierta	0.34	1.56	Usuario
P02_E01C003	Cubierta	0.34	1.56	Usuario
P02_E01C004	Cubierta	0.34	1.56	Usuario
P02_E02_FE002	Fachada	0.98	1.49	Usuario
P02_E02_PE001	Fachada	1.32	2.20	Usuario
P02_E02_PE002	Fachada	0.96	2.20	Usuario
P02_E02_PE003	Fachada	3.36	2.20	Usuario
P02_E02_PE004	Fachada	0.96	2.20	Usuario
P02_E02_PE005	Fachada	0.96	2.20	Usuario
P02_E02_ME001	Fachada	1.41	2.20	Usuario
P02_E02_CUB001	Cubierta	13.17	1.56	Usuario
P02_E02C001	Cubierta	0.34	1.56	Usuario
P02_E02C002	Cubierta	0.34	1.56	Usuario
P02_E02C003	Cubierta	0.34	1.56	Usuario
P02_E02C004	Cubierta	0.34	1.56	Usuario
P02_E03_FE003	Fachada	0.88	1.49	Usuario
P02_E03_PE001	Fachada	1.10	2.20	Usuario
P02_E03_PE002	Fachada	1.14	2.20	Usuario
P02_E03_PE003	Fachada	0.96	2.20	Usuario
P02_E03_PE004	Fachada	2.91	2.20	Usuario
P02_E03_PE005	Fachada	0.96	2.20	Usuario

Figura 146. Envoltente térmica (a) - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021)

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

P02_E03_PE006	Fachada	0.96	2.20	Usuario
P02_E03_ME001	Fachada	1.26	2.20	Usuario
P02_E03_CUB001	Cubierta	11.57	1.56	Usuario
P02_E03C002	Cubierta	0.32	1.56	Usuario
P02_E03C003	Cubierta	0.32	1.56	Usuario
P02_E03C004	Cubierta	0.32	1.56	Usuario
P02_E03C005	Cubierta	0.32	1.56	Usuario
P02_E04_CUB001	Cubierta	4.15	1.56	Usuario
P02_E06_PE002	Fachada	4.76	2.20	Usuario
P02_E06_PE003	Fachada	3.74	2.20	Usuario
P02_E06_CUB001	Cubierta	12.17	1.56	Usuario
P02_E07_FE004	Fachada	1.42	1.49	Usuario
P02_E07_PE001	Fachada	4.32	2.20	Usuario
P02_E07_PE002	Fachada	3.24	2.20	Usuario
P02_E07_CUB001	Cubierta	4.43	1.56	Usuario
P02_E08_PE001	Fachada	1.84	2.20	Usuario
P02_E08_CUB001	Cubierta	13.57	1.56	Usuario
P03_E01_PE001	Fachada	4.86	2.20	Usuario
P03_E01_PE002	Fachada	2.52	2.20	Usuario
P03_E01_PE003	Fachada	4.86	2.20	Usuario
P03_E01C001	Cubierta	1.97	1.56	Usuario
P03_E01C002	Cubierta	1.97	1.56	Usuario

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)	Factor Solar	Modo de obtención transmitancia	Modo de obtención factor solar
Ventana01	Hueco	13.97	5.70	0.82	Usuario	Usuario
Ventana01	Hueco	14.88	5.70	0.82	Usuario	Usuario
Ventana01	Hueco	0.70	5.70	0.82	Usuario	Usuario
Puerta01	Hueco	2.16	2.38	0.10	Usuario	Usuario
Puerta01	Hueco	2.40	2.38	0.10	Usuario	Usuario
Puerta01	Hueco	4.32	2.38	0.10	Usuario	Usuario

Figura 147. Envoltente térmica (b) - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021)

4.3.3.3. Certificación energética

Para realizar la certificación de eficiencia energética del Caso de Estudio N° 3 en la zona bioclimática Mesoandino en la provincia de Arequipa, se procedió a rellenar los valores de producción de energía (térmica solar), tipos de cerramientos y huecos, y otros datos generales necesarios para su certificación energética; obteniendo la siguiente calificación:

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

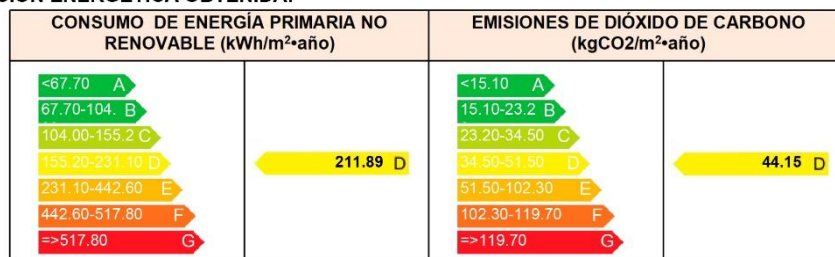


Figura 148. Calificación energética - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021)

En el consumo de energía primaria no renovable se obtiene una Calificación "D" con 211.89 kWh/m<sup>2</sup>año, que se descompone en una calificación "D" para calefacción con 194.92 kWh/m<sup>2</sup>año y calificación "D" para ACS con 15.88 kWh/m<sup>2</sup>año.

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	211.89 D	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m²año)	D	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m²año)	D
		194.92		15.88	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m²año)	-	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m²año)	-
		-		0.00	
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m²año) <sup>1</sup>					

Figura 149. Consumo de energía primaria no renovable - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021)

En las emisiones de dióxido de carbono liberado a la atmosfera como consecuencia del consumo energético del edificio, se obtiene una calificación energética “D” con 44.15 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año, descompuesto en una calificación “D” para calefacción con 41.28 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año y calificación “B” para ACS con 2.69 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	44.15 D	CALEFACCIÓN		ACS	
		Emissiones calefacción (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	D	Emissiones ACS (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	B
		41.28		2.69	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		Emissiones refrigeración (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	-	Emissiones iluminación (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	-
		0.18		-	
Emissiones globales (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año) <sup>1</sup>					

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .año	kgCO <sub>2</sub> /año
Emissiones CO2 por consumo eléctrico	2.87	449.49
Emissiones CO2 por combustibles fósiles	41.28	6455.22

Figura 150. Emisiones de dióxido de carbono - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021)

En relación a las demandas energéticas para mantener las condiciones internas de confort del edificio, la vivienda solo presenta demanda de calefacción con un valor de 175.23 kWh/m<sup>2</sup>año, representado en una letra “E”.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
	175.23 E		

Figura 151. Demanda de calefacción y refrigeración - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021)

Respecto a las energías renovables, gracias a la terma solar que posee la vivienda, el porcentaje de demanda de ACS que es cubierto por el sistema solar térmico alcanza un 69.56%.

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado (%)			Demanda de ACS cubierta (%)
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Sistema solar térmico	-	-	69.56	69.56
<b>TOTALES</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>69.56</b>	<b>69.56</b>

Figura 152. Demanda de ACS cubierta por energía solar – Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021)

#### 4.3.3.4. Cumplimiento de la normativa peruana

A pesar del uso de energía solar térmica para el ACS, se verifica que la vivienda sobrepasa los valores de transmitancia térmica máxima del piso establecido en la norma peruana para la zona bioclimática Mesoandino, por lo tanto, no califica para ser considerada para la certificación peruana “MiVivienda Verde”.

**Tabla 30.** Verificación del cumplimiento de la Norma EM. 110, Normativa peruana – Caso de Estudio N° 3

Fuente	Transmitancia térmica máxima del muro ( $U_{\text{muro}}$ )	Transmitancia térmica máxima del techo ( $U_{\text{techo}}$ )	Transmitancia térmica máxima del piso ( $U_{\text{piso}}$ )
Norma EM. 110 confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética	2.36	2.21	2.63
Caso de Estudio N° 3	2.17 - 2.19 - 2.08	1.56	3.50
<b>Cumplimiento de Norma</b>	<b>CUMPLE</b>	<b>CUMPLE</b>	<b>NO CUMPLE</b>

Fuente: Norma EM.110 “Confort térmico y lumínico con eficiencia energética” y HULC. Elaboración propia (2021).

#### 4.3.4. Caso de estudio N° 4 – Zona Altoandino

La vivienda fue construida en el año del 1947, tiene una tipología unifamiliar o independiente de un solo nivel con un área construida de 93.08 m<sup>2</sup>. Será ubicada en el municipio de Molina de Aragón, provincia de Guadalajara, comunidad autónoma de Castilla la Mancha (Zona climática E1) con una orientación Sur.



Figura 153. Fotografía y modelado en HULC - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021)

##### 4.3.4.1. Memoria constructiva

##### 4.3.4.1.1. Muros

Los muros de fachada, medianera y tabiquerías, están compuestos por adobe de 35 cm, alcanzando una transmitancia térmica ( $U$ ) de 1.79 W/m<sup>2</sup>K.

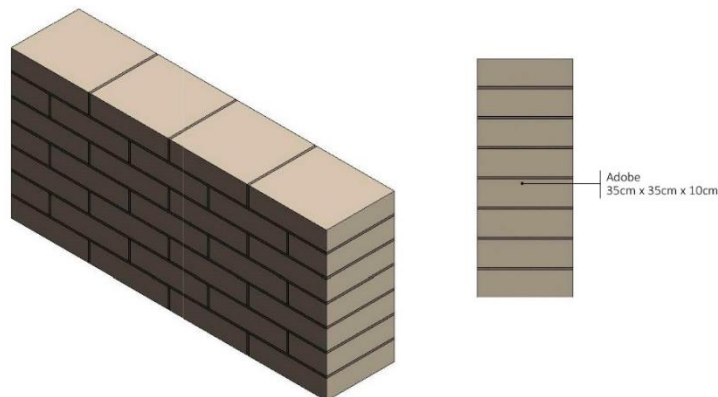


Figura 154. Detalle del muro - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021)

#### 4.3.4.1.2. Cubiertas

La cubierta es inclinada y está conformada por una calamina metálica de 2 mm de espesor apoyada sobre unos listones de madera, alcanzando una transmitancia térmica (U) de 7.14 W/m<sup>2</sup>K. (Ver Figura N° 136)

#### 4.3.4.1.3. Piso

El piso de la vivienda es de tierra natural, según la norma EM.110, la tierra tiene una transmitancia térmica (U) de 4.36 W/m<sup>2</sup>K, sin embargo, el programa considera como valor 1.33 W/m<sup>2</sup>K.

#### 4.3.4.1.4. Huecos en fachada

Las ventanas están compuestas por vidrios templados de 6 mm y marcos metálicos sin rotura de puente térmico; los marcos cubren un 10% del hueco y tienen una permeabilidad al aire de 100 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa; obteniendo una transmitancia térmica total (U) de 5.70 W/m<sup>2</sup>K.

De igual forma, las puertas son metálicas sin rotura de puente térmico, con un 5% de vidrio templado de 6 mm, tiene una permeabilidad al aire de 60 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa y una transmitancia térmica total (U) de 5.70 W/m<sup>2</sup>K.

#### 4.3.4.1.5. Sistemas de ACS

La vivienda no presenta ningún sistema de acondicionamiento, sin embargo, al igual que en los casos anteriores se está considerando una caldera eléctrica de ACS de 10 kW con rendimiento nominal de 90%.

#### 4.3.4.2. Envoltente térmica

Contempla los cerramientos opacos: muros, cubiertas y pisos; y los huecos: puertas y ventanas; que componen la vivienda de estudio y que han sido registrados por el programa HULC.

##### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)	Modo de obtención
P01_E01_PE001	Fachada	5.42	1.79	Usuario
P01_E01_PE002	Fachada	24.44	1.79	Usuario
P01_E01_PE003	Fachada	9.28	1.79	Usuario
P01_E01_PE004	Fachada	22.11	1.79	Usuario
P01_E01_PE005	Fachada	2.75	1.79	Usuario
P01_E01_ME001	Fachada	1.14	1.79	Usuario
P01_E01_ME002	Fachada	0.74	1.79	Usuario
P01_E01_ME003	Fachada	0.56	1.79	Usuario
P01_E01_FTER001	Suelo	33.24	1.33	Usuario
P01_E01C007	Cubierta	9.15	7.14	Usuario
P01_E01C008	Cubierta	9.15	7.14	Usuario
P01_E01C009	Cubierta	7.79	7.14	Usuario
P01_E01C010	Cubierta	7.83	7.14	Usuario
P01_E01C011	Cubierta	1.54	7.14	Usuario
P01_E01C014	Cubierta	2.61	7.14	Usuario
P01_E01C015	Cubierta	2.61	7.14	Usuario
P01_E02_PE001	Fachada	7.75	1.79	Usuario
P01_E02_PE002	Fachada	25.04	1.79	Usuario
P01_E02_PE003	Fachada	9.28	1.79	Usuario
P01_E02_PE004	Fachada	24.40	1.79	Usuario
P01_E02_ME001	Fachada	1.14	1.79	Usuario
P01_E02_ME002	Fachada	1.14	1.79	Usuario
P01_E02_ME003	Fachada	4.72	1.79	Usuario
P01_E02_FTER002	Suelo	33.08	1.34	Usuario
P01_E02C003	Cubierta	8.82	7.14	Usuario
P01_E02C004	Cubierta	8.82	7.14	Usuario

Figura 155. Envoltente térmica (a) - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021)

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

P01_E02C005	Cubierta	8.82	7.14	Usuario
P01_E02C006	Cubierta	8.82	7.14	Usuario
P01_E02C012	Cubierta	2.61	7.14	Usuario
P01_E02C013	Cubierta	2.61	7.14	Usuario
P01_E03_ME002	Fachada	7.43	1.79	Usuario
P01_E03_ME001	Fachada	2.24	1.79	Usuario
P01_E03_FTER003	Suelo	3.38	2.44	Usuario
P01_E03C001	Cubierta	6.37	7.14	Usuario
P01_E03C002	Cubierta	6.37	7.14	Usuario
P01_E04_ME001	Fachada	5.32	1.79	Usuario
P01_E04_FTER004	Suelo	7.64	2.44	Usuario
P01_E04C001	Cubierta	3.86	7.14	Usuario
P01_E04C002	Cubierta	3.86	7.14	Usuario
P01_E04_ME002	Fachada	4.51	1.79	Usuario

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)	Factor Solar	Modo de obtención transmitancia	Modo de obtención factor solar
Ventana02	Hueco	0.64	5.70	0.78	Usuario	Usuario
Puerta02	Hueco	1.53	5.70	0.19	Usuario	Usuario
Puerta02	Hueco	1.53	5.70	0.19	Usuario	Usuario
Puerta02	Hueco	2.70	5.70	0.19	Usuario	Usuario
Puerta02	Hueco	5.42	5.70	0.19	Usuario	Usuario

Figura 156. Envoltente térmica (b) - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021)

4.3.4.3. Certificación energética

Para realizar la certificación de eficiencia energética del Caso de Estudio N° 4 en la zona bioclimática Altoandino en la provincia de Chivay, se procedió a rellenar los tipos de cerramientos y huecos, y otros datos generales necesarios para su certificación energética; obteniendo la siguiente calificación:

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

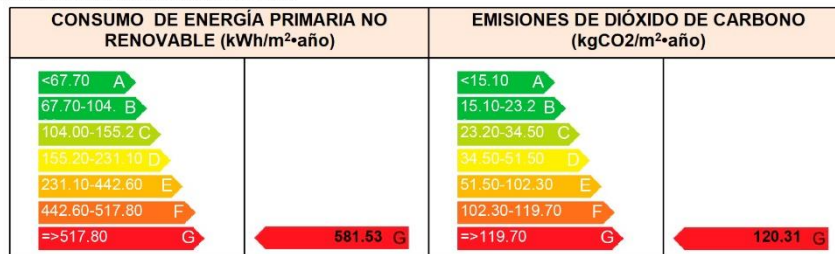


Figura 157. Calificación energética - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021)

En el consumo de energía primaria no renovable se obtiene una Calificación "G" con 581.53 kWh/m<sup>2</sup>año, que se descompone en una calificación "G" para calefacción con 514.48 kWh/m<sup>2</sup>año y calificación "G" para ACS con 61.49 kWh/m<sup>2</sup>año.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	581.53 G	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m <sup>2</sup> año)	G	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m <sup>2</sup> año)	G
		514.48		61.49	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> año)	-	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m <sup>2</sup> año)	-
		-		0.00	
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m <sup>2</sup> año) <sup>1</sup>					

Figura 158. Consumo de energía primaria no renovable - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021)



Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

En las emisiones de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del edificio, también se obtiene una calificación energética “G” con 120.31 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año, descompuesto en una calificación “F” para calefacción con 108.95 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año y calificación “G” para ACS con 10.42 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año.

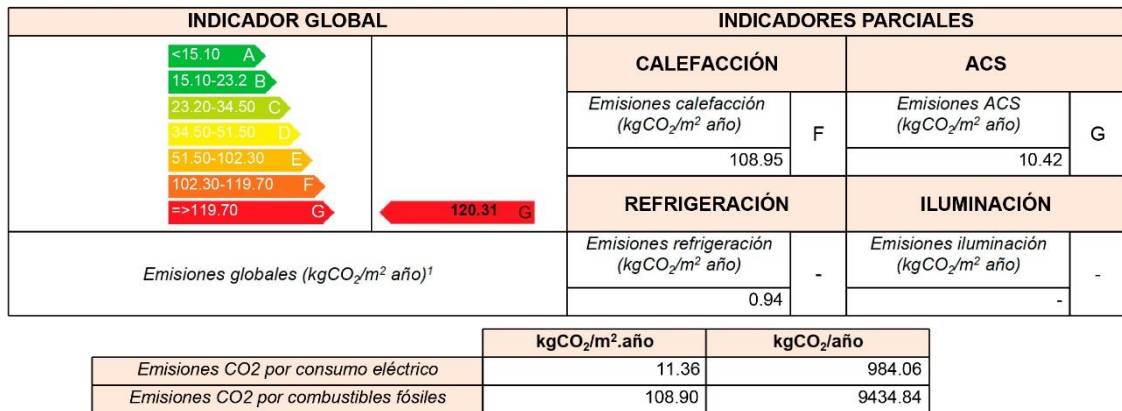


Figura 159. Emisiones de dióxido de carbono - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021)

En relación a las demandas energéticas para mantener las condiciones internas de confort del edificio, la vivienda solo presenta demanda de calefacción con un valor de 410.72 kWh/m<sup>2</sup>año, representado en una letra “G”.

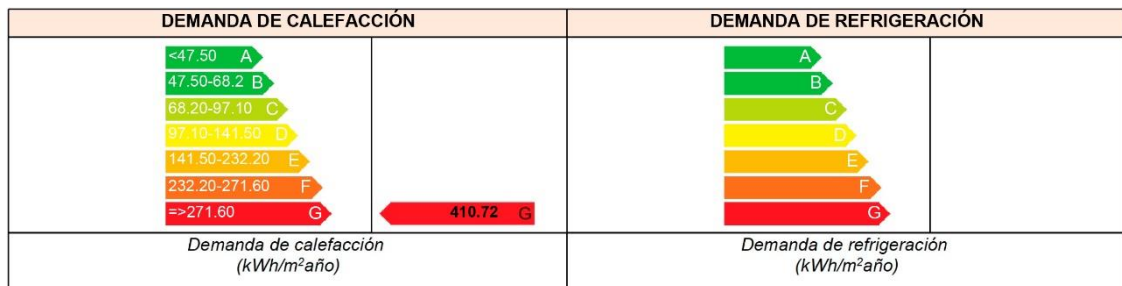


Figura 160. Demanda de calefacción y refrigeración - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021)

#### 4.3.4.4. Cumplimiento de la normativa peruana

Se verifica que la vivienda sobrepasa los valores de transmitancia térmica máxima de techos y pisos, establecido en la norma peruana para la zona bioclimática Altoandino. Por lo tanto, la vivienda no califica para ser tomada en cuenta en la certificación “MiVivienda Verde”.

Tabla 31. Verificación del cumplimiento de la Norma EM. 110, Normativa peruana – Caso de Estudio N° 4

Fuente	Transmitancia térmica máxima del muro (U <sub>muro</sub> )	Transmitancia térmica máxima del techo (U <sub>techo</sub> )	Transmitancia térmica máxima del piso (U <sub>piso</sub> )
Norma EM. 110 confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética	1.00	0.83	3.26
Caso de Estudio N° 4	1.79	7.14	4.36
<b>Cumplimiento de Norma</b>	<b>NO CUMPLE</b>	<b>NO CUMPLE</b>	<b>NO CUMPLE</b>

Fuente: Norma EM.110 “Confort térmico y lumínico con eficiencia energética” y HULC. Elaboración propia (2021).

#### 4.3.5. Caso de estudio N° 5 – Zona Nevado

La vivienda fue construida en el año del 1996, tiene una tipología unifamiliar o independiente de un solo nivel con un área construida de 56.06 m<sup>2</sup>. Será ubicada en el municipio de Seu d’Urgell, provincia de Lleida en la comunidad autónoma de Cataluña (Zona climática E1) con una orientación Sur Oeste.

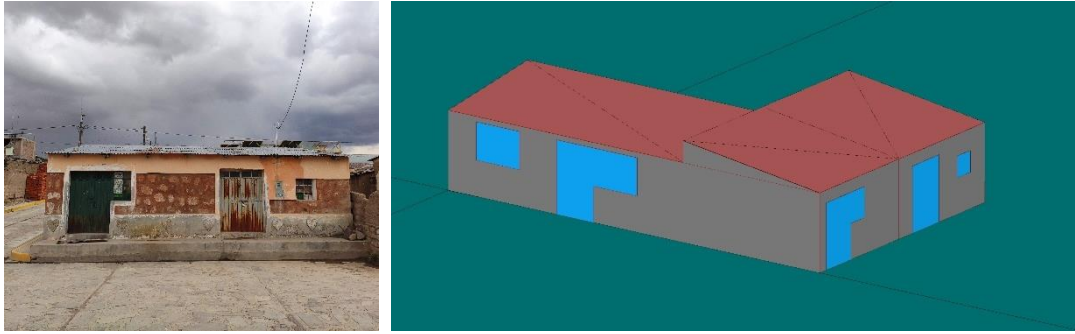


Figura 161. Fotografía y modelado en HULC - Caso de Estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021)

#### 4.3.5.1. Memoria constructiva

##### 4.3.5.1.1. Muros

Los muros de fachada, medianera y tabiquerías, están compuestos por: adobe 2.5 cm de espesor, piedra caliza de 25 cm y adobe de 2.5 cm; alcanzando una transmitancia térmica (U) de 2.68 W/m<sup>2</sup>K.

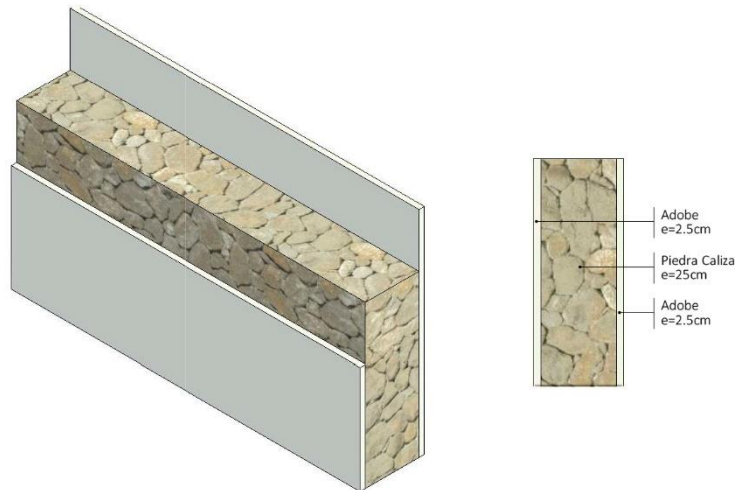


Figura 162. Detalle del muro - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021)

##### 4.3.5.1.2. Cubiertas

La cubierta es inclinada y está conformada por una calamina metálica de 2 mm de espesor apoyada sobre unos listones de madera, alcanzando una transmitancia térmica (U) de 7.14 W/m<sup>2</sup>K. (Ver Figura N° 136)

##### 4.3.5.1.3. Piso

El piso de la vivienda es la tierra natural, que para un mejor uso fue compactada. Según la norma EM.110, la tierra tiene una transmitancia térmica (U) de 4.36 W/m<sup>2</sup>K, sin embargo, el programa de cálculo considera como valor por defecto 1.04 W/m<sup>2</sup>K.

##### 4.3.5.1.4. Huecos en fachada

Las ventanas están compuestas por vidrios templados de 6 mm y marcos metálicos sin rotura de puente térmico; los marcos cubren un 5% del hueco y tienen una permeabilidad al aire de 100 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa; obteniendo una transmitancia térmica total (U) de 5.70 W/m<sup>2</sup>K.

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú)  
según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

De igual forma, las puertas son metálicas sin rotura de puente térmico, con un 5% de vidrio templado de 6 mm, tiene una permeabilidad al aire de 60 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa y una transmitancia térmica total (U) de 5.70 W/m<sup>2</sup>K.

**4.3.5.1.5. Sistemas de ACS**

La vivienda no presenta ningún sistema de acondicionamiento, sin embargo, al igual que en los casos anteriores se está considerando una caldera eléctrica de ACS de 10 kW con rendimiento nominal de 90%.

**4.3.5.2. Envoltente térmica**

Contempla los cerramientos opacos: muros, cubiertas y pisos; y los huecos: puertas y ventanas; que componen la vivienda de estudio y que han sido registrados por el programa HULC.

**Cerramientos opacos**

Nombre	Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)	Modo de obtención
P01_E01_PE002	Fachada	11.32	2.68	Usuario
P01_E01_PE003	Fachada	11.64	2.68	Usuario
P01_E01_ME001	Fachada	1.33	2.68	Usuario
P01_E01_ME002	Fachada	3.42	5.88	Usuario
P01_E01_FTER001	Suelo	26.98	1.04	Usuario
P01_E01C001	Cubierta	13.60	7.14	Usuario
P01_E01C002	Cubierta	13.60	7.14	Usuario
P01_E02_PE002	Fachada	6.25	2.68	Usuario
P01_E02_PE003	Fachada	5.89	2.68	Usuario
P01_E02_ME001	Fachada	2.31	2.68	Usuario
P01_E02_FTER002	Suelo	16.94	1.04	Usuario
P01_E02C004	Cubierta	8.55	7.14	Usuario
P01_E02C005	Cubierta	8.55	7.14	Usuario
P01_E03_PE001	Fachada	5.26	2.68	Usuario
P01_E03_PE002	Fachada	9.68	2.68	Usuario
P01_E03_ME001	Fachada	1.32	2.68	Usuario
P01_E03_FTER003	Suelo	15.62	1.04	Usuario
P01_E03C002	Cubierta	7.88	7.14	Usuario
P01_E03C003	Cubierta	7.88	7.14	Usuario
P01_E04_ME001	Fachada	2.23	2.68	Usuario
P01_E04_ME002	Fachada	1.58	2.68	Usuario
P01_E04_FTER004	Suelo	1.36	1.04	Usuario
P01_E04C001	Cubierta	0.69	7.14	Usuario
P01_E04C002	Cubierta	0.69	7.14	Usuario

**Huecos y lucernarios**

Nombre	Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)	Factor Solar	Modo de obtención transmitancia	Modo de obtención factor solar
Puerta02	Hueco	3.30	5.70	0.16	Usuario	Usuario
Puerta02	Hueco	4.26	5.70	0.16	Usuario	Usuario
Puerta02	Hueco	2.46	5.70	0.16	Usuario	Usuario
Puerta02	Hueco	2.22	5.70	0.16	Usuario	Usuario
Ventana02	Hueco	0.87	5.70	0.82	Usuario	Usuario
Ventana02	Hueco	2.94	5.70	0.82	Usuario	Usuario

Figura 163. Envoltente térmica - Caso de Estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021)

**4.3.5.3. Certificación energética**

Para realizar la certificación de eficiencia energética del Caso de Estudio N° 5 en la zona bioclimática Nevado en la provincia de Imata, se procedió a rellenar los tipos de cerramientos y huecos, y otros datos generales necesarios para su certificación energética; obteniendo la siguiente calificación:

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:**

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)	
<67.70 A		<15.10 A	
67.70-104 B		15.10-23.2 B	
104.00-155.2 C		23.20-34.50 C	
155.20-231.10 D		34.50-51.50 D	
231.10-442.60 E		51.50-102.30 E	
442.60-517.80 F		102.30-119.70 F	
=>517.80 G	577.74 G	=>119.70 G	118.04 F

Figura 164. Calificación energética - Caso de Estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021)

En el consumo de energía primaria no renovable se obtiene una Calificación “G” con 577.74 kWh/m<sup>2</sup>año, que se descompone en una calificación “F” para calefacción con 475.99 kWh/m<sup>2</sup>año y calificación “G” para ACS con 95.89 kWh/m<sup>2</sup>año.

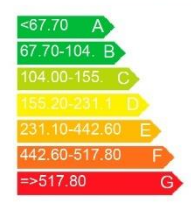
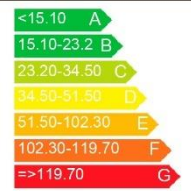
INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
 577.74 G	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
	Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m <sup>2</sup> año)	F	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m <sup>2</sup> año)	G
	475.99		95.89	
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m <sup>2</sup> año) <sup>1</sup>	<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
	Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> año)	-	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m <sup>2</sup> año)	-
	-		0.00	

Figura 165. Consumo de energía primaria no renovable - Caso de Estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021)

En las emisiones de dióxido de carbono liberado a la atmosfera como consecuencia del consumo energético del edificio, se obtiene una calificación energética “F” con 118.04 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año, descompuesto en una calificación “F” para calefacción con 100.80 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año y calificación “G” para ACS con 16.24 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
 118.04 F	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
	Emisiones calefacción (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	F	Emisiones ACS (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	G
	100.80		16.24	
Emisiones globales (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año) <sup>1</sup>	<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
	Emisiones refrigeración (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	-	Emisiones iluminación (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	-
	0.99		-	

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> por consumo eléctrico	17.24	1049.77
Emisiones CO <sub>2</sub> por combustibles fósiles	100.76	6136.84

Figura 166. Emisiones de dióxido de carbono - Caso de Estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021)

En relación a las demandas energéticas para mantener las condiciones internas de confort del edificio, la vivienda solo presenta demanda de calefacción con un valor de 380.00 kWh/m<sup>2</sup>año, representado en una letra “G”.

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

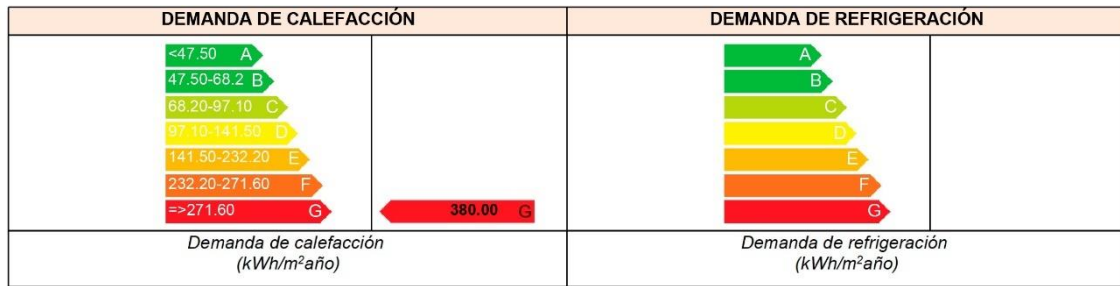


Figura 167. Demanda de calefacción y refrigeración - Caso de Estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021)

#### 4.3.5.4. Cumplimiento de la normativa peruana

Se verifica que la vivienda sobrepasa los valores de transmitancia térmica máxima de muros, techos y pisos, establecido en la norma peruana para la zona bioclimática Nevado. Por lo tanto, la vivienda no califica para ser tomada en cuenta en la certificación “MiVivienda Verde”.

Tabla 32. Verificación del cumplimiento de la Norma EM. 110, Normativa peruana – Caso de Estudio N° 5

Fuente	Transmitancia térmica máxima del muro ( $U_{muro}$ )	Transmitancia térmica máxima del techo ( $U_{techo}$ )	Transmitancia térmica máxima del piso ( $U_{piso}$ )
Norma EM. 110 confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética	0.99	0.80	3.26
Caso de Estudio N° 5	2.68	7.14	4.36
<b>Cumplimiento de Norma</b>	<b>NO CUMPLE</b>	<b>NO CUMPLE</b>	<b>NO CUMPLE</b>

Fuente: Norma EM.110 “Confort térmico y lumínico con eficiencia energética” y HULC. Elaboración propia (2021).

# CAPITULO V

MEJORAS ENERGÉTICAS  
APLICADAS A LOS CASOS DE  
ESTUDIOS

## V. MEJORAS ENERGETICAS APLICADAS A LOS CASOS DE ESTUDIOS

Como se ha verificado en el capítulo anterior, las viviendas analizadas presentan deficiencias energéticas relacionadas a su envolvente térmica y sistemas de acondicionamiento. Por lo tanto, se proponen medidas de mejoras pasivas y activas, con la finalidad de obtener una mejor eficiencia energética en las viviendas.

Una de las premisas importantes a la hora de considerar las propuestas de mejora energética sean estas pasivas o activas, es su viabilidad económica, es decir, que el costo que signifique ejecutar todas las medidas de mejora, no sobrepase el 35% del costo total de la vivienda; asimismo, que ese valor no exceda la capacidad de endeudamiento de las familias que la habitan, para que, de esta forma, resulte realmente viable.

Cabe indicar que, en el 2021 el salario mínimo mensual en el Perú es de 930.00 soles (250 dólares aproximadamente) y que la capacidad de endeudamiento establecido como máximo es el 40% del total de ingresos por familia.

Las propuestas de mejora que se han tomado en consideración son las siguientes:

- **Adición de aislamiento térmico en muros, cubiertas y pisos:** representan los cerramientos del edificio que lo separan del exterior, por lo tanto, deberán tener una elevada resistencia térmica que permita aislarlo adecuadamente, que reduzcan las pérdidas de calor en invierno e impidan las aportaciones excesivas del sol en verano, con un especial cuidado en los pisos ya que son los elementos que registran mayor pérdida por estar en contacto directo con el terreno. Para las soluciones se tomará como guía el “Catalogo de soluciones constructivas de rehabilitación (2011)” del Instituto Valenciano de la Edificación.
- **Sustitución de puertas y ventanas (vidrios y marcos) por otros de mejor calidad:** Los huecos pueden perder hasta 5 veces más energía que un cerramiento, representan entre el 25% y 30% de las necesidades de calefacción, es por ello que se deben limitar sus pérdidas energéticas.
- **Mejora en las soluciones de puentes térmicos:** Es importante minimizar el número de puentes térmicos para el correcto funcionamiento del edificio, es por ello, que nos guiaremos del DA DB-HE/3, “Puentes térmicos” para reducir su transmitancia térmica lineal y puntual en los casos de estudio.
- **Sustitución o mejora de equipos de generación de ACS, calefacción y refrigeración:** Representan la mayor fuente de consumo del edificio, por lo tanto, su uso debe reducirse al máximo, ya sea sustituyéndola o mejorándola.
- **Incorporación o mejora del sistema de energía solar térmica para ACS:** Las cubiertas sean planas o inclinadas, deben tener la posibilidad de adaptar conectores solares para la producción de ACS, ya que su uso permitirá el ahorro de combustible y mejora ambiental, además que tiene una vida útil de 20 años.
- **Incorporación del sistema fotovoltaicos:** Se busca aprovechar la radiación solar que incide sobre la ciudad de estudio, para ser transformada en energía eléctrica por el efecto fotovoltaico.

### 5.1. Mejoras energéticas Caso de estudio N° 1

#### 5.1.1. Memoria constructiva de mejoras

##### 5.1.1.1. Adición de aislamiento térmico en muros, cubiertas y pisos

###### 5.1.1.1.1. Muros

## Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

La mejora consiste en la colocación de aislamiento térmico (paneles de poliuretano por su bajo impacto ambiental) en las caras internas y/o externas, recubiertas por un acabado.

En los muros de fachada se adiciona aislamiento térmico por el exterior, tendrán un espesor total de 22 cm y estará compuesto por: Placa de yeso laminado de 1 cm, panel de poliuretano de 6 cm, estuque de cemento y arena de 1.25 cm de espesor, ladrillo tipo King Kong de 12.5 cm y estuque de cemento y arena de 1.25 cm; alcanzando una transmitancia térmica (U) de 0.35 W/m<sup>2</sup>K.

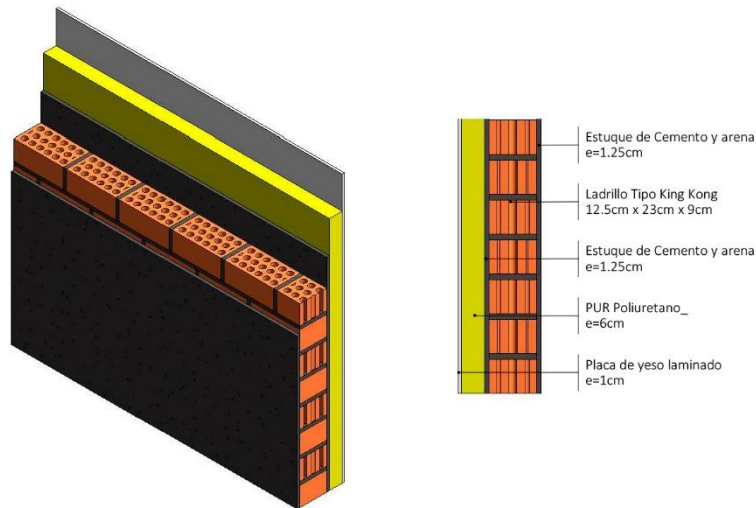


Figura 168. Detalle de mejora del muro de fachada - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)

En los muros de medianera se adiciona aislamiento térmico en el interior, aumentando su espesor a 21 cm y conteniendo: ladrillo tipo King Kong de 12.5 cm de espesor, estuque de cemento y arena de 1.5 cm de espesor, panel de poliuretano de 6 cm y placa de yeso laminado de 1 cm; logrando una transmitancia térmica (U) de 0.35 W/m<sup>2</sup>K.

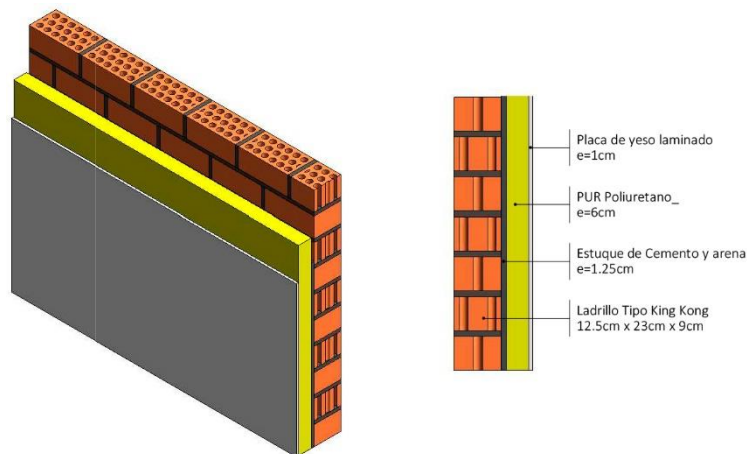


Figura 169. Detalle de mejora del muro de medianera - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)

Respecto a los muros de tabiquería, se adiciona aislamiento térmico en ambos lados, alcanzando un espesor de 21 cm y quedando conformado por: Placa de yeso laminado de 1 cm, panel de poliuretano de 2 cm, estuque de cemento y arena de 1.25 cm de espesor, ladrillo tipo pandereta de 12.5 cm, estuque de cemento y arena de 1.25 cm, panel de poliuretano de 2 cm y placa de yeso laminado de 1 cm; obteniendo una transmitancia térmica (U) de 0.46 W/m<sup>2</sup>K.



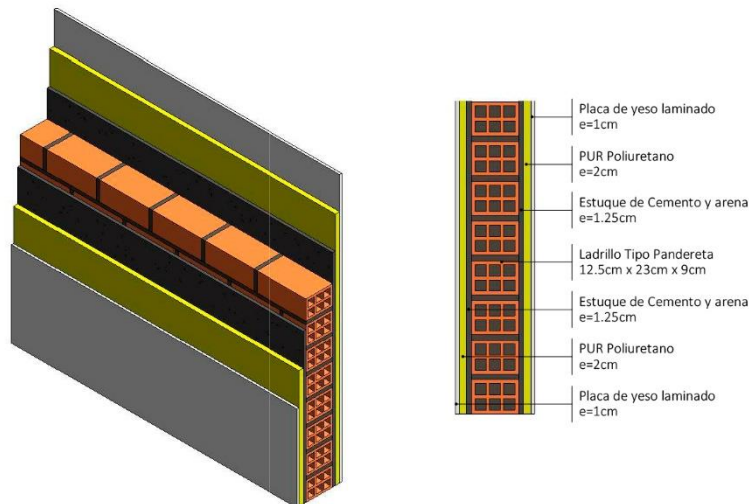


Figura 170. Detalle de mejora del muro de tabiquería - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)

#### 5.1.1.1.2. Cubiertas

En la cubierta se opta por una cubierta plana invertida, su espesor total será de 56 cm y sobre el hormigón simple se le adicionará arcilla o limo de 5 cm, una subcapa de fieltro de 3.5 cm, polipropileno de 1 cm, XPS poliestireno expandido de 10 cm, polipropileno de 1 cm, y piedra natural pómez de 10 cm; alcanzando una transmitancia térmica total (U) de 0.19 W/m<sup>2</sup>K.

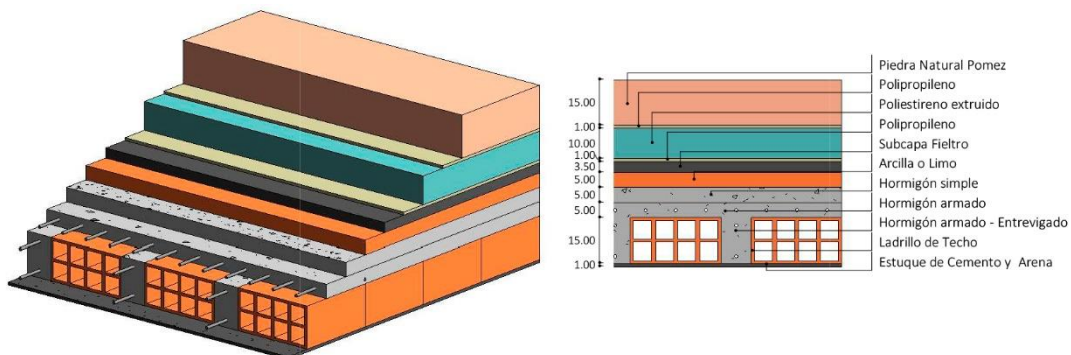


Figura 171. Detalle de mejora de la cubierta - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)

#### 5.1.1.1.3. Piso

En el piso se adiciona aislamiento térmico sobre el, con una capa de lana mineral de 6 cm, 2 placas de yeso laminado de 1 cm, mortero de cemento de 0.6 cm y baldosa de cerámica de 0.6 cm, alcanzando una transmitancia térmica (U) de 0.43 W/m<sup>2</sup>K. Cabe mencionar, que la altura del espacio habitable se reduce a 2.31 cm que cumple con lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificación del Perú (RNE) que establece como altura mínima 2.10 m.

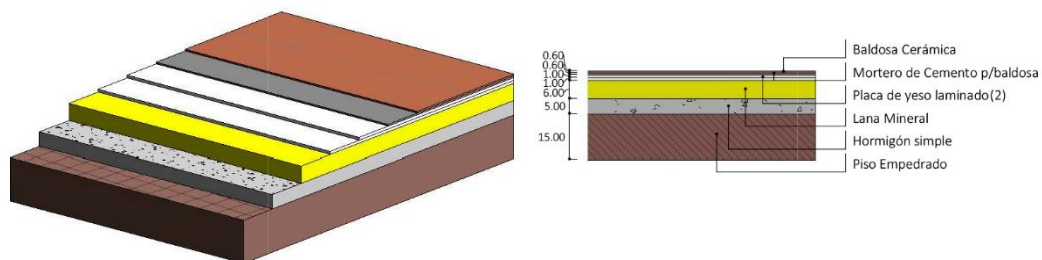


Figura 172. Detalle de mejora del piso - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)

### 5.1.1.2. Sustitución de puertas y ventanas

Las ventanas serán sustituidas por vidrios dobles bajos emisivos con una hoja exterior de 4 mm, cámara de aire de 12 mm y hoja interior de 4 mm; con relación a los marcos serán de PVC con tres cámaras y cubrirán el 30% del hueco. Las ventanas tendrán una permeabilidad al aire de 27 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa y una transmitancia térmica total (U) de 1.66 W/m<sup>2</sup>K.

Por su parte, las puertas cambiarán a ser de madera de densidad media baja con un 5% de vidrios dobles bajos emisivos con una hoja exterior de 4 mm, cámara de aire de 12 mm y hoja interior de 4 mm. Las puertas mantendrán su permeabilidad al aire de 60 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa y alcanzarán una transmitancia térmica total (U) de 1.98 W/m<sup>2</sup>K.

En vista que la vivienda está orientada a norte, y los espacios posteriores no reciben iluminación directa se optó por abrir un vano hacia Sur en la habitación posterior, para captar mayor cantidad de energía posible durante las horas invernales de sol, que será controlado mediante lamas horizontales para evitar el sobrecalentamiento. Asimismo, en el lucernario que posee la vivienda, se plantea una contraventana que permitirá controlar la radiación solar en los meses de verano.

### 5.1.1.3. Mejora en las soluciones de puentes térmicos.

En la propuesta, se priorizará la continuidad del aislamiento térmico, obteniendo los siguientes valores:

- Suelo en contacto con el terreno: 0.25 W/mK
- Jambas: 0.03 W/mK
- Dinteles: 0.09 W/mK
- Alfeizar: 0.08 W/mK
- Esquinas exteriores: 0.06 W/mK
- Cubiertas planas: 0.21 W/mK

### 5.1.1.4. Incorporación o mejora del sistema de energía solar térmica para ACS.

La vivienda ya cuenta con una terma solar que permite aportar energía solar térmica para la obtención de ACS, es por ello, que se mejora este sistema, aumentando la capacidad de cobertura de la demanda de ACS, alcanzando el 70.63% del total.

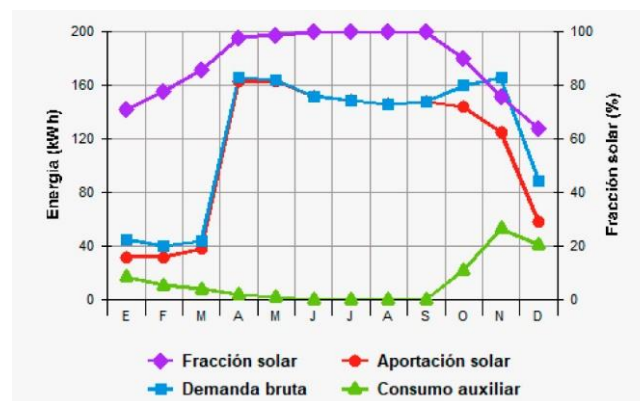


Figura 173. Aporte solar en producción de energía térmica para ACS post mejora – Caso de Estudio N° 1. Fuente: CHEQ4 (2021)

### 5.1.1.5. Incorporación del sistema fotovoltaicos

La ciudad de Mollendo, recibe 6 horas de sol diarias, es por ello que se busca aprovechar esta incidencia solar, colocando paneles fotovoltaicos que permitirán cubrir los gastos eléctricos adicionales que han sido generados por los sistemas de acondicionamiento. Mediante la

herramienta digital “Sistema de información geográfica fotovoltaica, PVGIS-5” estimamos que la producción anual de energía fotovoltaica es 1744.7 kWh.

Monthly energy output from fix-angle PV system:

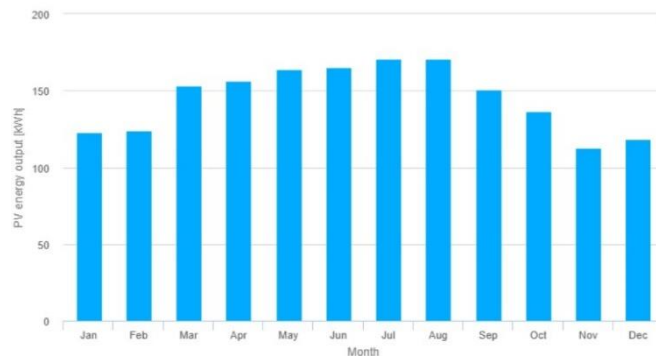


Figura 174. Producción de electricidad por energía solar. Fuente: PVGIS-5 (2021)

Para definir el número de paneles fotovoltaicos, se utilizó los siguientes datos con su respectiva formula:

- Consumo estimado de energía: 3780Wh/día.
- Radiación solar incidente (5.5 kWh m<sup>2</sup>/día) dividida entre la radiación solar incidente para calibrar los módulos (1 kW/m<sup>2</sup>) obteniendo la cantidad de horas sol pico (HSP): 5.5 HSP
- Módulos elegidos de 250 W.
- Rendimiento de trabajo: 80%.

$$\text{N}^\circ \text{ Módulos} = \frac{\text{Energía necesaria}}{\text{HSP} \times \text{Rendimiento de trabajo} \times \text{Potencia pico del modulo}}$$

Dando como resultado, que el número de módulos necesarios para el uso diario de la instalación son 4 módulos de 250 W en un ángulo de 35°, dirección sur.

### 5.1.2. Certificación con mejoras pasivas

De acuerdo a lo descrito en la memoria constructivo de mejoras (Ver 5.1.1) se adiciona aislamiento térmico en muros, cubiertas y pisos, se sustituye las puertas y ventanas y se prioriza la continuidad del aislamiento térmico para evitar puentes térmicos; obteniendo la siguiente calificación energética:

#### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)	
<21.10 A		<4.90 A	
21.10-40.1 B		4.90-9.40 B	
40.10-67.80 C		9.40-15.80 C	
67.80-108.60 D	68.76 D	15.80-25.30 D	12.11 C
108.60-196.10 E		25.30-47.80 E	
196.10-213.80 F		47.80-52.10 F	
=>213.80 G		=>52.10 G	

Figura 175. Calificación energética con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)

En el consumo de energía primaria no renovable la calificación mejora de una “E” a una “D” con 68.76 kWh/m<sup>2</sup>·año, que se descompone en una calificación “B” para calefacción con 11.03 kWh/m<sup>2</sup>·año, calificación “G” para ACS con 39.59 kWh/m<sup>2</sup>·año y una calificación “B” para refrigeración con 18.14 kWh/m<sup>2</sup>·año.

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	68.76 D	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m <sup>2</sup> año)	B	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m <sup>2</sup> año)	G
		11.03		39.59	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> año)	B	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m <sup>2</sup> año)	-		
18.14		0.00			
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m <sup>2</sup> año) <sup>1</sup>					

Figura 176. Consumo de energía primaria no renovable con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)

En las emisiones de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del edificio, mejora de una calificación energética “D” a una “C” con 12.11 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año, descompuesto en una calificación “B” para calefacción con 2.34 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año, calificación “F” para ACS con 6.71 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año y calificación “A” para refrigeración con 3.07 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	12.11 C	CALEFACCIÓN		ACS	
		Emisiones calefacción (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	B	Emisiones ACS (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	F
		2.34		6.71	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Emisiones refrigeración (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	A	Emisiones iluminación (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	-		
3.07		-			
Emisiones globales (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año) <sup>1</sup>					

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .año	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> por consumo eléctrico	9.78	383.34
Emisiones CO <sub>2</sub> por combustibles fósiles	2.34	91.54

Figura 177. Emisiones de dióxido de carbono con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)

Como se puede observar, tanto en el consumo de energía como en las emisiones, la calefacción se redujo considerablemente, pasando en ambos casos de una letra “E” a una “B”, mientras que en la refrigeración llegó a una letra “A” en las emisiones.

Respecto a las energías renovables, se mantiene el porcentaje de demanda de ACS que es cubierto por el sistema solar térmico (61.50%), ya que por el momento solo se está interviniendo con mejoras pasivas.

### 5.1.3. Certificación con mejoras pasivas y activas

De acuerdo a lo descrito en la memoria constructivo de mejoras (Ver 5.1.1): aparte de las medidas pasivas aplicadas en el punto 5.1.2., se mejora el sistema de energía solar térmica de ACS y se incorpora paneles fotovoltaicos; obteniendo la siguiente calificación energética:

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:**

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)	
	20.16 A		3.88 A

Figura 178. Calificación energética con mejoras activas - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)

En el consumo de energía primaria no renovable la calificación mejora de una “D” a una “A”, con 20.16 kWh/m<sup>2</sup>año, que se descompone en una calificación “B” para calefacción con 11.03 kWh/m<sup>2</sup>año, calificación “C” para ACS con 6.78 kWh/m<sup>2</sup>año y una calificación “A” para refrigeración con 2.36 kWh/m<sup>2</sup>año.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	20.16 A			
	<b>CALEFACCIÓN</b> Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m <sup>2</sup> año) 11.03 B		<b>ACS</b> Energía primaria no renovable ACS (kWh/m <sup>2</sup> año) 6.78 C	
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m <sup>2</sup> año) <sup>1</sup>	<b>REFRIGERACIÓN</b> Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> año) 2.36 A		<b>ILUMINACIÓN</b> Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m <sup>2</sup> año) 0.00 -	

Figura 179. Consumo de energía primaria no renovable con mejoras activas - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)

En las emisiones de dióxido de carbono liberado a la atmosfera como consecuencia del consumo energético del edificio, también mejora a una calificación energética “A” con 3.88 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año, descompuesto en una calificación “B” para calefacción con 2.34 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año, calificación “A” para ACS con 1.15 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año y calificación “A” para refrigeración con 0.40 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	3.88 A			
	<b>CALEFACCIÓN</b> Emisiones calefacción (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año) 2.34 B		<b>ACS</b> Emisiones ACS (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año) 1.15 A	
Emisiones globales (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año) <sup>1</sup>	<b>REFRIGERACIÓN</b> Emisiones refrigeración (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año) 0.40 A		<b>ILUMINACIÓN</b> Emisiones iluminación (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año) - -	

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .año	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> por consumo eléctrico	11.92	467.12
Emisiones CO <sub>2</sub> por combustibles fósiles	2.34	91.54

Figura 180. Emisiones de dióxido de carbono con mejoras activas - Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)

Respecto a las energías renovables, con la mejora en la terma solar que posee la vivienda, el porcentaje de demanda de ACS que es cubierto por el sistema solar térmico alcanza un 70.63%, y por la incorporación de los paneles fotovoltaicos, la energía eléctrica generada y auto consumida será de 1744.8 kWh/año.

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú)  
según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado (%)			Demanda de ACS cubierta (%)
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Sistema solar térmico	-	-	70.63	70.63
<b>TOTALES</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>70.63</b>	<b>70.63</b>

Nombre	Energía eléctrica generada y autoconsumida (kWh/año)
Fotovoltaica insitu	1744.80
<b>TOTALES</b>	<b>1744.8</b>

Figura 181. Energías renovables – Caso de Estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)

#### 5.1.4. Viabilidad económica

Para determinar la viabilidad económica de las mejoras, primero se calcula el costo estimado de la vivienda, luego el costo estimado de las mejoras y por último se analiza si cumple con las premisas de no exceder el 35% del valor de la obra y el 40% de la capacidad de endeudamiento de la familia.

Para calcular el costo actual de la vivienda, utilizaremos el valor comercial por m<sup>2</sup> de área techada de construcción en el Perú, obteniendo el siguiente valor:

Tabla 33. Costo estimado actual del Caso de Estudio N° 1

Sistema constructivo	Área techada (m2)	Costo Unitario/m2	Costo Estimado
Sistema Albañilería Confinada	43.12	\$450.00	<b>\$19,404.00</b>

Fuente: Elaboración propia (2021).

Y para determinar el coste estimado de las mejoras realizadas a la vivienda, se hace uso de la base de costes de la construcción de Andalucía 2017, el generador de precios de Cype y precios de acuerdo al mercado peruano; obteniendo un monto que asciende a:

Tabla 34. Costo estimado de las mejoras energéticas del Caso de Estudio N° 1

PRESUPUESTO ESTIMADO DE MEJORAS				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UND	C/ UNIT	TOTAL
Adición de aislamiento térmico en muros de fachada	17.65	m <sup>2</sup>	41.44	731.42
Adición de aislamiento térmico en muros de medianera	36.28	m <sup>2</sup>	41.44	1503.44
Adición de aislamiento térmico en muros de tabiquería	26.10	m <sup>2</sup>	15.88	414.47
Adición de aislamiento térmico en cubierta	41.12	m <sup>2</sup>	167.10	6871.15
Adición de aislamiento térmico en pisos	36.89	m <sup>2</sup>	73.68	2718.06
Sustitución de ventanas	5.90	m <sup>2</sup>	423.58	2499.12
Sustitución de puertas	1.00	Und	350.00	350.00
Mejora del sistema de energía solar	1.00	Und	1500.00	1500.00
Incorporación de paneles fotovoltaicos	4.00	Und	650.00	2600.00
<b>TOTAL</b>				<b>\$/ 19,187.66</b>
				<b>\$5,185.85</b>

Fuente: BCCA2017, Generador de Precios CYPE. Elaboración propia (2021).

Se observa, que el coste estimado de las mejoras asciende a \$ 5185.85, es decir, el 26.73% del coste total de la vivienda, por lo tanto, cumple la premisa de estar por debajo del 35% del costo de la vivienda.

## Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

En relación a la capacidad de endeudamiento de la familia, se considera que, la vivienda es habitada por una familia de tres integrantes, en donde por lo menos dos miembros reciben el salario mínimo (\$ 500.00), por lo tanto, respetando el 40% de capacidad de endeudamiento, y obteniendo un crédito del Programa Fondo Mi Vivienda (FMV) con el 6.99% de interés, la ejecución de las mejoras pueden ser pagadas en un plazo máximo de 36 meses, con una cuota mensual de \$ 158.30, es decir, el 31.66% del ingreso familiar mensual.

**Tabla 35.** Cuadro resumen de viabilidad económica del Caso de Estudio N° 1

DESCRIPCIÓN	DATOS
<b>Costo máximo de Mejoras Energéticas (Máx. 35%)</b>	<b>CUMPLE</b>
Costo Vivienda - Caso de Estudio N° 01	\$19,404.00
Costo de mejoras energéticas	\$5,185.85
% Mejoras - Vivienda	26.73%
<b>Capacidad de Endeudamiento (Máx. 40%)</b>	<b>CUMPLE</b>
Ingreso Mensual (2 miembros)	\$500.00
Interés Bancario FMV (36 meses)	6.99%
Cuota mensual del préstamo bancario	\$158.30
% de endeudamiento en relación al ingreso mensual	31.66%

Fuente: Elaboración propia (2021).

### 5.1.5. Vistas 3D



Figura 182. Vista 1 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)



Figura 183. Vista 2 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)



Figura 184. Vista 3 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)



Figura 185. Vista 4 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 1. Fuente: Elaboración propia (2021)

## 5.2. Mejoras energéticas Caso de estudio N° 2

### 5.2.1. Memoria constructiva de mejoras

#### 5.2.1.1. Adición de aislamiento térmico en muros, cubiertas y pisos

##### 5.2.1.1.1. Muros

Los muros seguirán siendo de adobe, ya que representa un material de fácil acceso, bajo coste, y buen aislante térmico (Ver figura N° 135), asimismo, para reducir la demanda de calefacción el muro que está orientado hacia el sur este, será considerado como un muro solar.

##### 5.2.1.1.2. Cubiertas

En la cubierta se opta por mantener la calamina y la teja como acabado exterior, sin embargo, se realizan cambios en su estructura que ahora estará compuesta por: tijerales de madera (estructura del techo), cielo raso de panel de fibrocemento de 1.5 cm, soporte de madera que permitirá tener una cámara de aire sin ventilar de 10 cm, capa de paja de 5 cm que será usada como aislante térmico y por último, la cobertura de calamina galvanizada o teja de arcilla, ambas con su respectiva cumbrera, alcanzando una transmitancia térmica (U) de 1.06 W/m<sup>2</sup>K en la cubierta de calamina y 1.05 W/m<sup>2</sup>K en la de teja.





Figura 186. Detalle de mejora de la cubierta de calamina - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021)



Figura 187. Detalle de mejora de la cubierta de teja de arcilla - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021)

### 5.2.1.1.3. Piso

Aprovechando que el piso de la vivienda no cuenta con ningún acabado, y ante la demanda de calefacción que esta presenta, se opta por un piso radiante con las siguientes características: tierra compactada, hormigón de 5 cm de espesor con una malla de acero, placa termo conformada con poliestireno expandido (EPS) de 6 cm, concreto de nivelación con alta transmitancia térmica de 5 cm que oculte los tubos del piso radiante, espuma de polietileno de 2 mm y piso laminado de madera de 5 mm de espesor, alcanzando una transmitancia térmica (U) de 0.41 W/m<sup>2</sup>K.

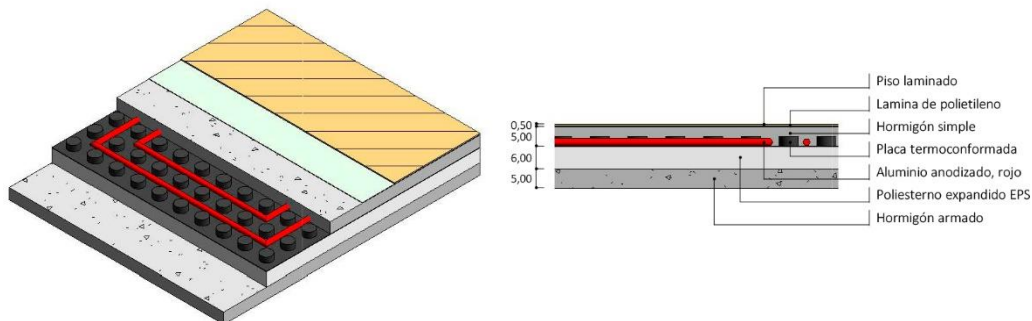


Figura 188. Detalle de mejora del piso - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021)

### 5.2.1.2. Sustitución de puertas y ventanas

Las ventanas serán sustituidas por vidrios dobles bajos emisivos con una hoja exterior de 4 mm, cámara de aire de 12 mm y hoja interior de 4 mm; los marcos se reutilizan y cubrirán el 10% del hueco. Las ventanas tendrán una permeabilidad al aire de  $27 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  a 100 Pa y una transmitancia térmica (U) de  $1.66 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ .

Por su parte, las puertas cambiarán a ser de madera de densidad media baja, mantendrán su permeabilidad al aire de  $60 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  a 100 Pa y alcanzarán una transmitancia térmica total (U) de  $2.00 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ .

A pesar de que la vivienda está orientada al Sur Oeste, presenta espacios y coberturas orientadas a norte producto del patio central de la vivienda, es por ello que se opta por abrir lucernarios en los espacios afectados. Por otro lado, en la fachada principal se adicionan 2 vanos para que capten mayor cantidad de energía solar en las habitaciones delanteras. Cabe indicar que se está considerando la incorporación de contraventanas interiores en todos los vanos para evitar que la radiación adquirida durante el día se pierda durante la noche.

### 5.2.1.3. Mejora en las soluciones de puentes térmicos.

En la propuesta, se mejora los puentes térmicos del suelo y de la cubierta, gracias a la incorporación de aislantes térmicos, obteniendo los siguientes valores:

- Suelo en contacto con el terreno:  $-0.22 \text{ W}/\text{mK}$
- Cubiertas:  $0.87 \text{ W}/\text{mK}$

### 5.2.1.4. Sustitución o mejora de equipos de generación de ACS, calefacción y refrigeración.

Ante la demanda de calefacción se plantea un sistema de calefacción multi zona de suelo radiante en todas las habitaciones, que funcionará con la ayuda de una terma solar y cuando no exista la posibilidad de captar este tipo de energía, se recurrirá a una caldera casera a leña, ya que adquirir una caldera convencional de biomasa, resulta altamente costoso e inviable económicamente para la población del sector.

### 5.2.1.5. Incorporación o mejora del sistema de energía solar térmica para ACS.

A la vivienda se le incorpora una terma solar de 200 litros sobre la cubierta ( $19^\circ$ ) con orientación sur este, que aportará energía térmica para la obtención de ACS, este sistema cubrirá el 63.91% de la demanda de ACS.

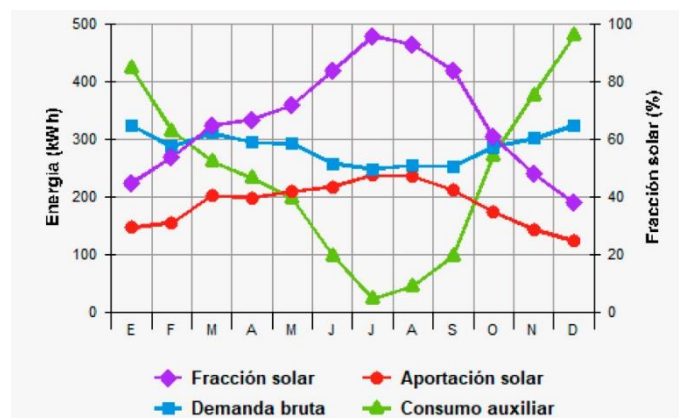


Figura 189. Aporte solar en producción de energía térmica para ACS post mejora – Caso de Estudio N° 2. Fuente: CHEQ4 (2021)

### 5.2.1.6. Incorporación del sistema fotovoltaicos

La provincia de Pampacolca, recibe 6 horas de sol diarias, es por ello que se busca aprovechar esta incidencia solar, colocando paneles fotovoltaicos que permitirán cubrir los gastos eléctricos adicionales que han sido generados por los sistemas de acondicionamiento. Mediante la herramienta digital “Sistema de información geográfica fotovoltaica, PVGIS-5” estimamos que la producción anual de energía fotovoltaica es 1618.66 kWh.

Monthly energy output from fix-angle PV system:

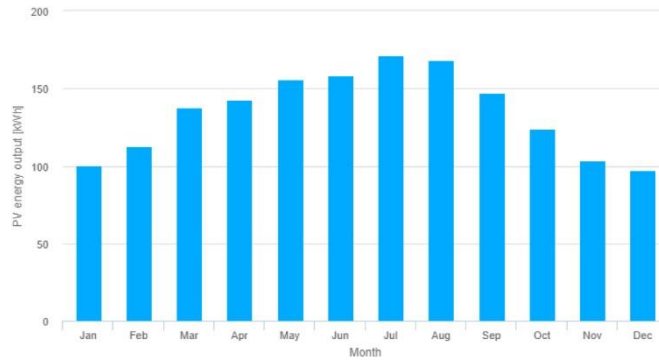


Figura 190. Producción de electricidad por energía solar. Fuente: PVGIS-5 (2021)

Para definir el número de paneles fotovoltaicos, se utilizó los siguientes datos con su respectiva fórmula:

- Consumo estimado de energía: 4110 Wh/día.
- Radiación solar incidente (5 kWh m<sup>2</sup>/día) dividida entre la radiación solar incidente para calibrar los módulos (1 kW/m<sup>2</sup>) obteniendo la cantidad de horas sol pico (HSP): 5 HSP
- Módulos elegidos de 300W.
- Rendimiento de trabajo: 80%.

$$\text{N}^\circ \text{ Módulos} = \frac{\text{Energía necesaria}}{\text{HSP} \times \text{Rendimiento de trabajo} \times \text{Potencia pico del modulo}}$$

Dando como resultado, que el número de módulos necesarios para el uso diario de la instalación son 4 módulos de 300 W en un ángulo de 19°, dirección sur oeste.

### 5.2.2. Certificación con mejoras pasivas

Según lo descrito en la memoria constructivo de mejoras (Ver 5.2.1): se adiciona aislamiento térmico en cubiertas y pisos, se sustituye las puertas, se mejora las ventanas y se disminuyen los puentes térmicos; obteniendo la siguiente calificación energética:

**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:**

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)	
<67.70 A		<15.10 A	
67.70-104. B		15.10-23.2 B	
104.00-155.2 C		23.20-34.50 C	
155.20-231.10 D	201.93 D	34.50-51.50 D	41.68 D
231.10-442.60 E		51.50-102.30 E	
442.60-517.80 F		102.30-119.70 F	
=>517.80 G		=>119.70 G	

Figura 191. Calificación energética con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021)

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

En el consumo de energía primaria no renovable la calificación mejora de una “E” a una “D” con 201.93 kWh/m<sup>2</sup>año, que se descompone en una calificación “D” para calefacción con 176.29 kWh/m<sup>2</sup>año y calificación “E” para ACS con 22.99 kWh/m<sup>2</sup>año.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	<b>201.93 D</b>	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
		Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m <sup>2</sup> año)	D	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m <sup>2</sup> año)	E
		176.29		22.99	
		<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> año)	-	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m <sup>2</sup> año)	-		
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m <sup>2</sup> año) <sup>1</sup>		-	-	0.00	-

Figura 192. Consumo de energía primaria no renovable con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021)

En las emisiones de dióxido de carbono liberado a la atmosfera como consecuencia del consumo energético del edificio, mejora de una calificación energética “E” a una “D” con 41.68 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año, descompuesto en una calificación “D” para calefacción con 37.33 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año y misma calificación para ACS con 3.89 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	<b>41.68 D</b>	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
		Emisiones calefacción (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	D	Emisiones ACS (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	D
		37.33		3.89	
		<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
Emisiones refrigeración (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	-	Emisiones iluminación (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	-		
Emisiones globales (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año) <sup>1</sup>		0.45	-	-	-

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .año	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> por consumo eléctrico	4.34	1589.17
Emisiones CO <sub>2</sub> por combustibles fósiles	39.53	14463.16

Figura 193. Emisiones de dióxido de carbono con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021)

La calificación del consumo de energía y de las emisiones de dióxido de carbono siguen siendo altas en calefacción y ACS, por lo tanto, es necesario el uso de mejoras activas.

### 5.2.3. Certificación con mejoras pasivas y activas

De acuerdo lo descrito en la memoria constructiva de mejoras (Ver 5.2.1): aparte de las medidas pasivas aplicadas en el punto 5.2.2., se incorpora el sistema de calefacción multi zona de suelo radiante con caldera convencional con energía de biomasa, el sistema de energía solar térmica de ACS y paneles fotovoltaicos; obteniendo la siguiente calificación energética:

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:**

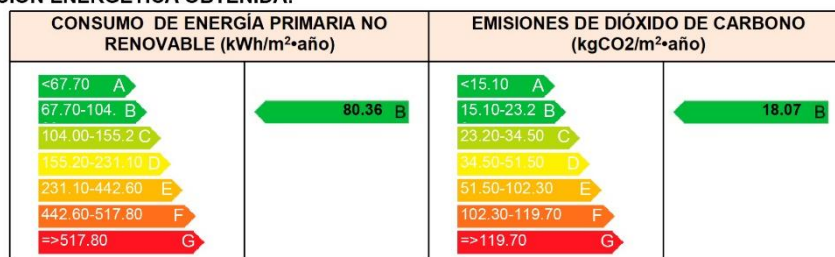


Figura 194. Calificación energética con mejoras activas - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021)

En el consumo de energía primaria no renovable la calificación mejora de una “D” a una “B”, con 80.36 kWh/m<sup>2</sup>·año, que se descompone en una calificación “B” para calefacción con 75.80 kWh/m<sup>2</sup>·año y calificación “A” para ACS con 3.62 kWh/m<sup>2</sup>·año.

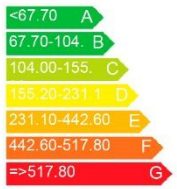

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	80.36 B	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	B	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	A
		75.80		3.62	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m <sup>2</sup> ·año) <sup>1</sup>		Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	-	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	-
		-		0.00	

Figura 195. Consumo de energía primaria no renovable con mejoras activas - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021)

En las emisiones de dióxido de carbono liberado a la atmosfera como consecuencia del consumo energético del edificio, también mejora a una calificación energética “B” con 18.07 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·año, descompuesto en una calificación “B” para calefacción con 17.30 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·año y calificación “A” para ACS con 0.61 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·año.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	18.07 B	CALEFACCIÓN		ACS	
		Emisiones calefacción (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	B	Emisiones ACS (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	A
		17.30		0.61	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Emisiones globales (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año) <sup>1</sup>		Emisiones refrigeración (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	-	Emisiones iluminación (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	-
		0.16		-	

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> por consumo eléctrico	2.17	795.51
Emisiones CO <sub>2</sub> por combustibles fósiles	6.48	2370.63

Figura 196. Emisiones de dióxido de carbono con mejoras activas - Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021)

Respecto a las energías renovables, con la incorporación de la terma solar el porcentaje de demanda de ACS que es cubierto por el sistema solar térmico alcanza un 63.91%, la demanda de calefacción cubierta por la caldera de biomasa es del 86.82% y con los paneles fotovoltaicos, la energía eléctrica generada y auto consumida será de 1618.60 kWh/año.

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú)  
según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado (%)			Demanda de ACS cubierta (%)
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Sistema solar térmico	-	-	63.91	63.91
Caldera de biomasa	86.82	0.00	0.00	0.00
<b>TOTALES</b>	<b>86.82</b>	<b>0.00</b>	<b>63.91</b>	<b>63.91</b>

Nombre	Energía eléctrica generada y autoconsumida (kWh/año)
Fotovoltaica insitu	1618.60
<b>TOTALES</b>	<b>1618.6</b>

Figura 197. Energías renovables – Caso de Estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021)

#### 5.2.4. Viabilidad económica

Para calcular el costo actual de la vivienda, utilizaremos el valor comercial por m<sup>2</sup> de área techada de construcción en el Perú, obteniendo el siguiente valor:

Tabla 36. Costo estimado actual del Caso de Estudio N° 2

Sistema constructivo	Área techada (m2)	Costo Unitario/m2	Costo Estimado
Sistema de Adobe	365.90	\$175.00	<b>\$64,032.50</b>

Fuente: Elaboración propia (2021).

Y para determinar el coste estimado de las mejoras realizadas a la vivienda, se hace uso del generador de precios de Cype y precios de acuerdo al mercado peruano; obteniendo un monto que asciende a:

Tabla 37. Costo estimado de las mejoras energéticas del Caso de Estudio N° 2

PRESUPUESTO ESTIMADO DE MEJORAS				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UND	C/ UNIT	TOTAL
Adición de aislamiento térmico en cubierta	346.15	m <sup>2</sup>	24.00	8307.60
Mejora de ventanas	12.50	m <sup>2</sup>	220.15	2751.88
Adición de ventanas y lucernarios	6.72	m <sup>2</sup>	273.86	1840.34
Sustitución de puertas	11.00	Und	215.00	2365.00
Instalación muro solar	52.16	m <sup>2</sup>	35.00	1825.60
Instalación de piso radiante + caldera casera	315.06	m <sup>2</sup>	104.20	32829.25
Instalación del sistema de energía solar	2.00	Und	1500.00	3000.00
Instalación de paneles fotovoltaicos	4.00	Und	750.00	3000.00
<b>TOTAL</b>				<b>S/ 55,919.67</b>
				<b>\$15,113.42</b>
Construcción piso + acabado	346.15	m2	42.50	14711.38
<b>TOTAL</b>				<b>S/ 70,631.04</b>
				<b>\$19,089.47</b>

Fuente: Generador de Precios CYPE y mercado actual en el Perú. Elaboración propia (2021).

Se observa, que el coste estimado de las mejoras asciende a \$ 15113.42, es decir, el 23.60% del coste total de la vivienda actual, por lo tanto, cumple la premisa de estar por debajo del 35% del costo de la vivienda. Adicional a ello, se calcula el costo de la construcción del piso y su acabado, que no es considerada como una mejora, ya que en realidad es un déficit que tiene la vivienda.

Para analizar la capacidad de endeudamiento de la familia, se considera que, la vivienda es habitada por una familia de seis integrantes, en donde por lo menos tres miembros reciben el

salario mínimo (\$ 750.00), por lo tanto, respetando el 40% de capacidad de endeudamiento, y obteniendo un crédito del Programa Fondo Mi Vivienda (FMV) con el 6.99% de interés, la ejecución de las mejoras y la construcción del piso pueden ser pagadas en un plazo máximo de 84 meses, con una cuota mensual de \$ 279.40, es decir, el 37.25% del ingreso familiar mensual.

**Tabla 38.** Cuadro resumen de viabilidad económica del Caso de Estudio N° 2

DESCRIPCIÓN	DATOS
<b>Costo máximo de Mejoras Energéticas (Máx. 35%)</b>	<b>CUMPLE</b>
Costo Vivienda - Caso de Estudio N° 2	\$64,032.50
Costo de mejoras energéticas	\$15,113.42
% Mejoras - Vivienda	23.60%
<b>Capacidad de Endeudamiento (Máx. 40%)</b>	<b>CUMPLE</b>
Ingreso Mensual (3 miembros)	\$750.00
Interés Bancario FMV (84 meses)	6.99%
Cuota mensual del préstamo bancario	279.40
% de endeudamiento en relación al ingreso mensual	37.25%

Fuente: *Elaboración propia (2021).*

### 5.2.5. Vistas 3D



Figura 198. Vista 1 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 2. Fuente: *Elaboración propia (2021)*



Figura 199. Vista 2 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 2. Fuente: *Elaboración propia (2021)*



Figura 200. Vista 3 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021)



Figura 201. Vista 4 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021)



Figura 202. Vista 5 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 2. Fuente: Elaboración propia (2021)

### 5.3. Mejoras energéticas Caso de estudio N° 3

#### 5.3.1. Memoria constructiva de mejoras

##### 5.3.1.1. Adición de aislamiento térmico en muros, cubiertas y pisos

###### 5.3.1.1.1. Muros



La mejora consiste en la colocación de aislamiento térmico (paneles de poliuretano por su bajo impacto ambiental) en las caras internas y/o externas, recubiertas por placas de yeso laminado; con excepción en los muros de fachada, que tendrán un espesor total de 32.5 cm, y estarán compuestos por: piezas de sillar blanco (material representativo de Arequipa) de 2.5 cm, cámara de aire ligeramente ventilada de 5 cm, panel de poliuretano de 10 cm, estuque de cemento y arena de 1.25 cm de espesor, ladrillo tipo King Kong de 12.5 cm y estuque de cemento y arena de 1.25 cm; alcanzando una transmitancia térmica (U) de 0.21 W/m<sup>2</sup>K.

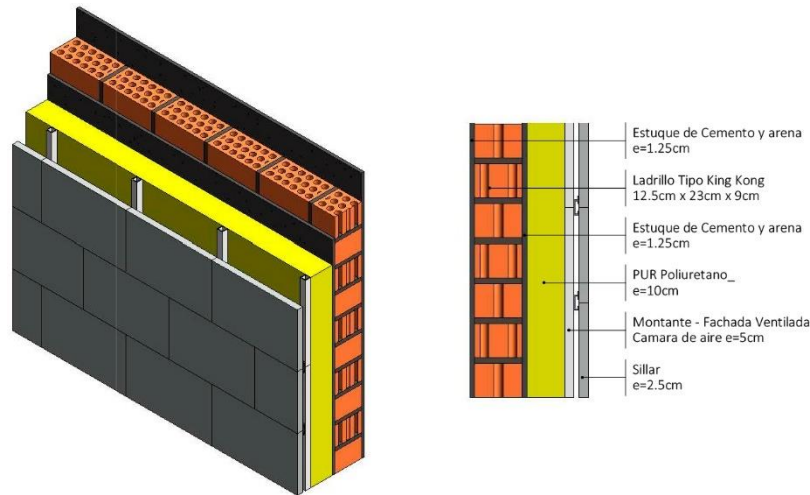


Figura 203. Detalle de mejora del muro de fachada - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021)

En los muros de medianera se adiciona aislamiento térmico en el interior, aumentando su espesor a 21 cm y conteniendo: ladrillo tipo King Kong de 12.5 cm de espesor, estuque de cemento y arena de 1.5 cm de espesor, panel de poliuretano de 6 cm y placa de yeso laminado de 1 cm; logrando una transmitancia térmica (U) de 0.35 W/m<sup>2</sup>K. (Ver Figura N° 169)

En los muros de tabiquería, se adiciona aislamiento térmico en ambos lados alcanzando un espesor de 21 cm, conformado por: Placa de yeso laminado de 1 cm, panel de poliuretano de 2 cm, estuque de cemento y arena de 1.25 cm de espesor, ladrillo tipo pandereta de 12.5 cm, estuque de cemento y arena de 1.25 cm, panel de poliuretano de 2 cm y placa de yeso laminado de 1 cm; obteniendo una transmitancia térmica (U) de 0.46 W/m<sup>2</sup>K. (Ver Figura N° 170)

#### 5.3.1.1.2. Cubiertas

Se opta por una cubierta plana transitable, su espesor total será de 37.2 cm y sobre el hormigón simple se le adicionará XPS poliestireno expandido de 8 cm, 2 placas de yeso laminado de 1 cm, mortero de cemento para baldosa de 0.6 cm y baldosa cerámica de 6 cm; alcanzando una transmitancia térmica total (U) de 0.32 W/m<sup>2</sup>K.

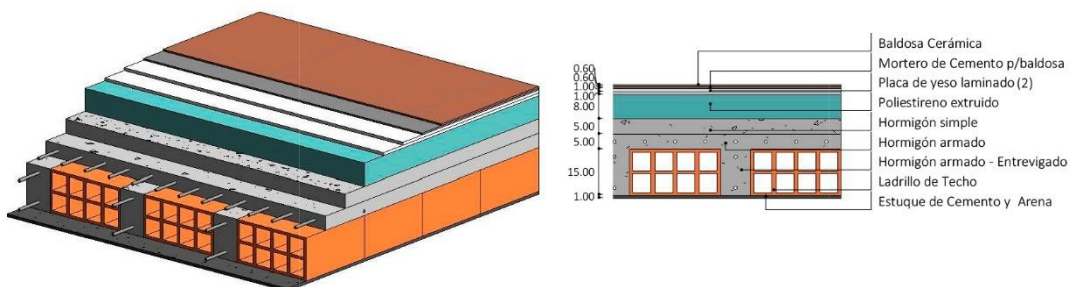


Figura 204. Detalle de mejora de la cubierta - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021)

### 5.3.1.1.3. Piso

Al piso existente se le adiciona aislamiento térmico, con una capa de lana mineral de 6 cm, placa de yeso laminado de 1 cm, espuma de polietileno de 2 mm y piso laminado de madera de 8 mm, alcanzando una transmitancia térmica (U) de 0.33 W/m<sup>2</sup>K. Cabe mencionar, que la altura del espacio habitable se reduce a 2.32 cm que cumple con lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificación del Perú (RNE) que establece como altura mínima 2.10 m.

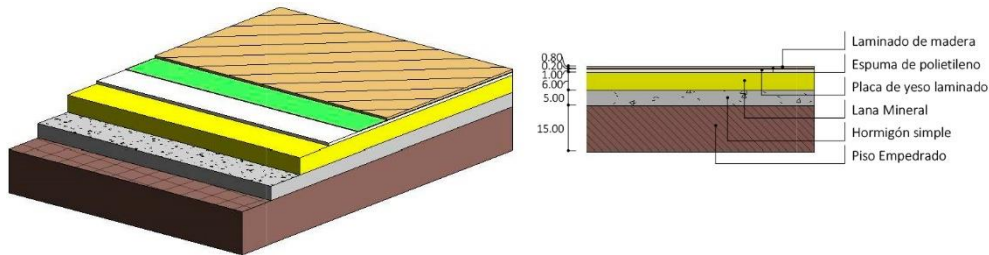


Figura 205. Detalle de mejora del piso - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021)

### 5.3.1.2. Sustitución de puertas y ventanas

Las ventanas serán sustituidas por vidrios dobles bajos emisivos con una hoja exterior de 4 mm, cámara de aire de 12 mm y hoja interior de 4 mm; los marcos serán de PVC con tres cámaras y cubrirán el 5% del hueco. Las ventanas tendrán una permeabilidad al aire de 27 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa y una transmitancia térmica total (U) de 1.61 W/m<sup>2</sup>K.

Por su parte, las puertas cambiarán a ser de madera de densidad media baja con un 5% de vidrios dobles bajos emisivos con una hoja exterior de 4 mm, cámara de aire de 12 mm y hoja interior de 4 mm. Las puertas mantendrán su permeabilidad al aire de 60 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa y alcanzarán una transmitancia térmica total (U) de 1.98 W/m<sup>2</sup>K.

### 5.3.1.3. Mejora en las soluciones de puentes térmicos.

En la propuesta, se priorizará la continuidad del aislamiento térmico, obteniendo los siguientes valores:

- Suelo en contacto con el terreno: 0.29 W/mK
- Jambas: 0.03 W/mK
- Dinteles: 0.09 W/mK
- Alfeizar: 0.08 W/mK
- Esquinas exteriores: 0.11 W/mK
- Frente de forjados: 0.07 W/mK
- Cubiertas planas: 0.24 W/mK

### 5.3.1.4. Incorporación del sistema fotovoltaicos

La provincia de Arequipa, recibe 8 horas de sol diarias, es por ello que se busca aprovechar esta incidencia solar colocando paneles fotovoltaicos. Se estima mediante la herramienta digital "Sistema de información geográfica fotovoltaica, PVGIS-5" que la producción anual de energía fotovoltaica es de 1412.19 kWh.

Monthly energy output from fix-angle PV system:

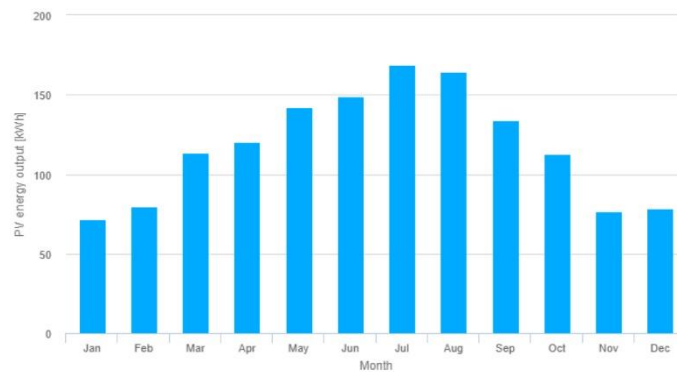


Figura 206. Producción de electricidad por energía solar. Fuente: PVGIS-5 (2021)

Para definir el número de paneles fotovoltaicos, se utilizó los siguientes datos con su respectiva formula:

- Consumo estimado de energía: 5974 Wh/día.
- Radiación solar incidente (5 kWh m<sup>2</sup>/día) dividida entre la radiación solar incidente para calibrar los módulos (1 kW/m<sup>2</sup>) obteniendo la cantidad de horas sol pico (HSP): 5 HSP
- Módulos elegidos de 250 W.
- Rendimiento de trabajo: 80%.

$$\text{N}^\circ \text{ Módulos} = \frac{\text{Energía necesaria}}{\text{HSP} \times \text{Rendimiento de trabajo} \times \text{Potencia pico del modulo}}$$

Dando como resultado, que el número de módulos necesarios para el uso diario de la instalación son 5 módulos de 250 W en un ángulo de 35°, dirección sur.

### 5.3.2. Certificación con mejoras pasivas

De acuerdo a lo descrito en la memoria constructivo de mejoras (Ver 5.3.1) se adiciona aislamiento térmico en muros, cubiertas y pisos, se sustituye las puertas y ventanas y se prioriza la continuidad del aislamiento térmico para evitar puentes térmicos; obteniendo la siguiente calificación energética:

**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:**

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)	
<67.70 A	64.93 A	<15.10 A	12.88 A
67.70-104 B		15.10-23.2 B	
104.00-155.2 C		23.20-34.50 C	
155.20-231.10 D		34.50-51.60 D	
231.10-442.60 E		51.50-102.30 E	
442.60-517.80 F		102.30-119.70 F	
=>617.80 G		=>119.70 G	

Figura 207. Calificación energética con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021)

En el consumo de energía primaria no renovable la calificación mejora de una “D” a una “A”, con 64.93 kWh/m<sup>2</sup>año, que se descompone en una calificación “A” para calefacción con 44.45 kWh/m<sup>2</sup>año y calificación “D” para ACS con 15.88 kWh/m<sup>2</sup>año.

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	64.93 A	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m <sup>2</sup> año)	A	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m <sup>2</sup> año)	D
		44.45		15.88	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> año)	-	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m <sup>2</sup> año)	-
		-		0.00	
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m <sup>2</sup> año) <sup>1</sup>					

Figura 208. Consumo de energía primaria no renovable con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021)

En las emisiones de dióxido de carbono liberado a la atmosfera como consecuencia del consumo energético del edificio, mejora de una calificación energética “D” a una “A” con 12.88 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año, descompuesto en una calificación “A” para calefacción con 9.41 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año y calificación “B” para ACS con 2.69 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	12.88 A	CALEFACCIÓN		ACS	
		Emisiones calefacción (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	A	Emisiones ACS (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	B
		9.41		2.69	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		Emisiones refrigeración (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	-	Emisiones iluminación (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	-
		0.78		-	
Emisiones globales (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año) <sup>1</sup>					

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .año	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO2 por consumo eléctrico	3.47	542.53
Emisiones CO2 por combustibles fósiles	9.41	1472.10

Figura 209. Emisiones de dióxido de carbono con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021)

### 5.3.3. Certificación con mejoras pasivas y activas

De acuerdo a lo descrito en la memoria constructivo de mejoras (Ver 5.3.1): aparte de las medidas pasivas aplicadas en el punto 5.3.2., se mantiene el sistema de energía solar térmica de ACS y se incorpora paneles fotovoltaicos; obteniendo la siguiente calificación energética:

#### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)	
	53.45 A		10.94 A

Figura 210. Calificación energética con mejoras activas - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021)

En el consumo de energía primaria no renovable la calificación se mantiene en una “A”, con 53.45 kWh/m<sup>2</sup>año, que se descompone en una calificación “A” para calefacción con 44.45 kWh/m<sup>2</sup>año y calificación “A” para ACS con 7.40 kWh/m<sup>2</sup>año.

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	53.45 A	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
		Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m <sup>2</sup> año)	A	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m <sup>2</sup> año)	A
		44.45		7.40	
		<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
		Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> año)	-	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m <sup>2</sup> año)	-
		-		0.00	
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m <sup>2</sup> año) <sup>1</sup>					

Figura 211. Consumo de energía primaria no renovable con mejoras activas - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021)

En las emisiones de dióxido de carbono liberado a la atmosfera como consecuencia del consumo energético del edificio, también se mantiene en una calificación energética “A” con 10.94 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año, descompuesto en una calificación “A” para calefacción con 9.41 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año y calificación “A” para ACS con 1.25 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	10.94 A	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
		Emissiones calefacción (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	A	Emissiones ACS (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	A
		9.41		1.25	
		<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
		Emissiones refrigeración (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	-	Emissiones iluminación (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	-
		0.27		-	
Emissiones globales (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año) <sup>1</sup>					

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .año	kgCO <sub>2</sub> /año
Emissiones CO <sub>2</sub> por consumo eléctrico	4.39	687.05
Emissiones CO <sub>2</sub> por combustibles fósiles	9.41	1472.10

Figura 212. Emisiones de dióxido de carbono con mejoras activas - Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021)

Respecto a las energías renovables, se mantiene la terma solar existente que cubre el 69.56% de la demanda de ACS, y se incorpora paneles fotovoltaicos para generar energía eléctrica que sumará un total de 1412.1 kWh/año.

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado (%)			Demanda de ACS cubierta (%)
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Sistema solar térmico	-	-	69.56	69.56
<b>TOTALES</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>69.56</b>	<b>69.56</b>

Nombre	Energía eléctrica generada y autoconsumida (kWh/año)
Fotovoltaica insitu	1412.10
<b>TOTALES</b>	<b>1412.1</b>

Figura 213. Energías renovables – Caso de Estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021)

### 5.3.4. Viabilidad económica

Para calcular el costo actual de la vivienda, utilizaremos el valor comercial por m<sup>2</sup> de área techada de construcción en el Perú, obteniendo el siguiente valor:

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú)  
según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

**Tabla 39.** Costo estimado actual del Caso de Estudio N° 3

Sistema constructivo	Área techada (m2)	Costo Unitario/m2	Costo Estimado
Sistema Albañilería Confinada	176.90	\$450.00	<b>\$79,605.00</b>

Fuente: Elaboración propia (2021).

Y para determinar el coste estimado de las mejoras realizadas a la vivienda, se hace uso del generador de precios de Cype y precios de acuerdo al mercado peruano; obteniendo un monto que asciende a:

**Tabla 40.** Costo estimado de las mejoras energéticas del Caso de Estudio N° 3

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UND	C/ UNIT	TOTAL
Adición de aislamiento térmico en muros de fachada	94.23	m <sup>2</sup>	68.65	6468.89
Adición de aislamiento térmico en muros de medianera	102.10	m <sup>2</sup>	41.44	4231.02
Adición de aislamiento térmico en muros de tabiquería	115.48	m <sup>2</sup>	15.88	1833.82
Adición de aislamiento térmico en cubierta	76.43	m <sup>2</sup>	187.60	14338.27
Adición de aislamiento térmico en pisos	141.04	m <sup>2</sup>	73.68	10391.83
Sustitución de ventanas	29.80	m <sup>2</sup>	423.58	12622.68
Sustitución de puertas	4.00	Und	350.00	1400.00
Instalación de paneles fotovoltaicos	5.00	Und	650.00	3250.00
				<b>S/ 54,536.52</b>
<b>TOTAL</b>				<b>\$14,739.60</b>

Fuente: Generador de Precios CYPE y mercado actual en el Perú. Elaboración propia (2021).

El coste estimado de las mejoras asciende a \$ 14739.60, es decir, el 18.52% del coste total de la vivienda, por lo tanto, cumple la premisa de estar por debajo del 35% del costo de la vivienda.

En relación a la capacidad de endeudamiento de la familia, se considera que, la vivienda es habitada por una familia de cinco integrantes, en donde por lo menos tres miembros reciben el salario mínimo (\$ 750.00), por lo tanto, respetando el 40% de capacidad de endeudamiento, y obteniendo un crédito del Programa Fondo Mi Vivienda (FMV) con el 6.99% de interés, la ejecución de las mejoras pueden ser pagadas en un plazo máximo de 60 meses, con una cuota mensual de \$ 285.70, es decir, el 38.09% del ingreso familiar mensual.

**Tabla 41.** Cuadro resumen de viabilidad económica del Caso de Estudio N° 3

DESCRIPCIÓN	DATOS
<b>Costo máximo de Mejoras Energéticas (Máx. 35%)</b>	<b>CUMPLE</b>
Costo Vivienda - Caso de Estudio N° 3	\$79,605.00
Costo de mejoras energéticas	\$14,739.60
% Mejoras - Vivienda	18.52%
<b>Capacidad de Endeudamiento (Máx. 40%)</b>	<b>CUMPLE</b>
Ingreso Mensual (3 miembros)	\$750.00
Interés Bancario FMV (60 meses)	6.99%
Cuota mensual del préstamo bancario	285.70
% de endeudamiento en relación al ingreso mensual	38.09%

Fuente: Elaboración propia (2021).

### 5.3.5. Vistas 3D



Figura 214. Vista 1 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021)



Figura 215. Vista 2 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021)



Figura 216. Vista 3 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021)



Figura 217. Vista 4 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 3. Fuente: Elaboración propia (2021)

## 5.4. Mejoras energéticas Caso de estudio N° 4

### 5.4.1. Memoria constructiva de mejoras

#### 5.4.1.1. Adición de aislamiento térmico en muros, cubiertas y pisos

##### 5.4.1.1.1. Muros

La mejora consiste en revestir los muros (fachada, medianera y tabiquería) con barro y paja con un espesor de 2.5 cm en ambas caras, alcanzando una transmitancia térmica (U) de 0.85 W/m<sup>2</sup>K. Esta elección es de fácil acceso, bajo coste y buen aislante térmico, asimismo, los muros que están orientado hacia el sur y dan hacia el patio interior, serán considerados como muros solares para reducir la demanda de calefacción.

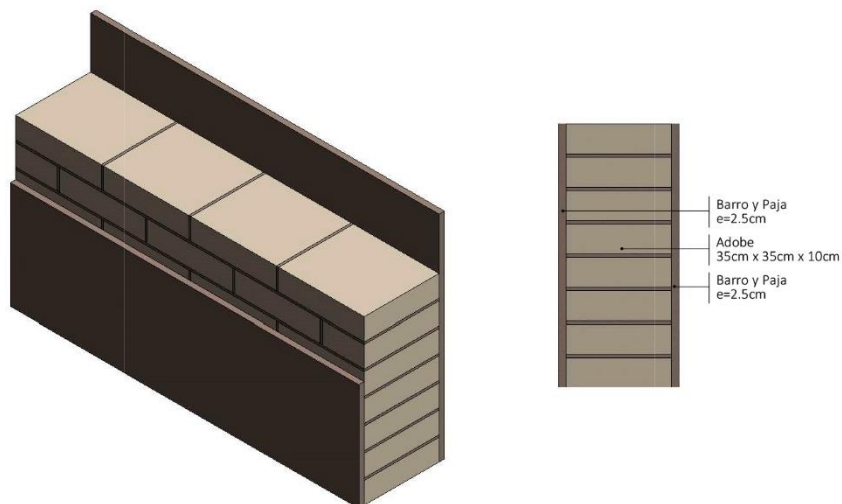


Figura 218. Detalle de mejora del muro de fachada - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021)

##### 5.4.1.1.1. Cubiertas

Se mejora el aislamiento de la cubierta de calamina y estará compuesta por: tijerales de madera (estructura del techo), cielo raso de panel de fibrocemento de 1 cm, listones de madera de 4" con relleno de paja en los espacios vacíos y, por último, la calamina galvanizada de 2 mm, alcanzando una transmitancia térmica (U) de 0.76 W/m<sup>2</sup>K.





Figura 219. Detalle de mejora de la cubierta de calamina - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021)

#### 5.4.1.1.2. Piso

Ante la demanda de calefacción y ausencia de piso, se opta por un piso radiante con las siguientes características: tierra compactada, hormigón de 5 cm de espesor con una malla de acero, placa termo conformada con poliestireno expandido (EPS) de 6 cm, concreto de nivelación con alta transmitancia térmica de 5 cm que oculte los tubos del piso radiante, espuma de polietileno de 2 mm y piso laminado de madera de 5 mm de espesor, alcanzando una transmitancia térmica (U) de 0.41 W/m<sup>2</sup>K. (Ver Figura N° 188)

#### 5.4.1.2. Sustitución de puertas y ventanas

Las ventanas serán sustituidas por vidrios dobles bajos emisivos con una hoja exterior de 4 mm, cámara de aire de 12 mm y hoja interior de 4 mm; los marcos serán de madera de densidad media alta y cubrirán el 10% del hueco. Las ventanas tendrán una permeabilidad al aire de 27 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa y una transmitancia térmica (U) de 1.84 W/m<sup>2</sup>K.

Por su parte, las puertas serán de madera de densidad media baja, mantendrán su permeabilidad al aire de 60 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa y alcanzarán una transmitancia térmica total (U) de 2.00 W/m<sup>2</sup>K.

Para disminuir la demanda de calefacción se adaptan 6 lucernarios en las cubiertas de calamina y 1 ventana en la fachada sur, todos estos elementos contarán con contraventanas, que impidan perder la radiación adquirida durante el día.

#### 5.4.1.3. Mejora en las soluciones de puentes térmicos.

En la propuesta, se priorizará la continuidad del aislamiento térmico, obteniendo los siguientes valores:

- Suelo en contacto con el terreno: 0.29 W/mK
- Jambas: 0.40 W/mK
- Dinteles: -0.02 W/mK
- Alfeizar: 0.12 W/mK
- Esquinas exteriores: 0.11 W/mK
- Cubiertas planas: 0.88 W/mK

#### 5.4.1.4. Sustitución o mejora de equipos de generación de ACS, calefacción y refrigeración.

Al igual que en el caso de estudio N° 2, para disminuir la demanda de calefacción, se plantea un sistema multi zona de suelo radiante en todos los espacios, que funcionara a base de una terma solar como generador de energía y que será apoyada por una caldera casera a leña, cuando se la requiera.

#### 5.4.1.5. Incorporación o mejora del sistema de energía solar térmica para ACS.

A la vivienda se le incorpora una terma solar sobre la cubierta (30.2°) con orientación sur, que aportará energía térmica para la obtención de ACS y cubrirá el 76.85% de su demanda.

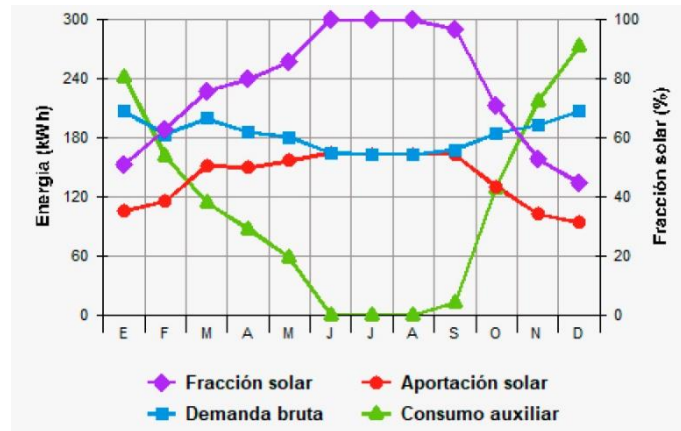


Figura 220. Aporte solar en producción de energía térmica para ACS post mejora – Caso de Estudio N° 4. Fuente: CHEQ4 (2021)

#### 5.4.1.6. Incorporación del sistema fotovoltaicos

La provincia de Chivay, recibe 10 horas de sol diarias, es por ello que se busca aprovechar esta incidencia solar colocando paneles fotovoltaicos. Se estima mediante la herramienta digital “Sistema de información geográfica fotovoltaica, PVGIS-5” que la producción anual de energía fotovoltaica es de 1553.7 kWh.

Monthly energy output from fix-angle PV system:

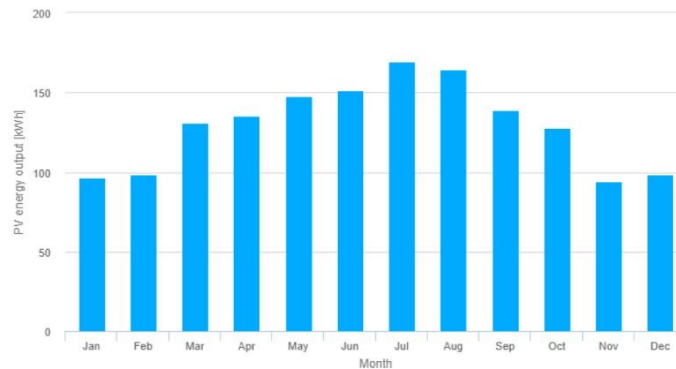


Figura 221. Producción de electricidad por energía solar. Fuente: PVGIS-5 (2021)

Para definir el número de paneles fotovoltaicos, se utilizó los siguientes datos con su respectiva formula:

- Consumo estimado de energía: 4030 Wh/día.
- Radiación solar incidente (5 kWh m<sup>2</sup>/día) dividida entre la radiación solar incidente para calibrar los módulos (1 kW/m<sup>2</sup>) obteniendo la cantidad de horas sol pico (HSP): 5 HSP
- Módulos elegidos de 250 W.
- Rendimiento de trabajo: 80%.

$$\text{N}^\circ \text{ Módulos} = \frac{\text{Energía necesaria}}{\text{HSP} \times \text{Rendimiento de trabajo} \times \text{Potencia pico del modulo}}$$

Dando como resultado, que el número de módulos necesarios para el uso diario de la instalación son 4 módulos de 250 W en un ángulo de 30.2°, dirección sur.

### 5.4.2. Certificación con mejoras pasivas

De acuerdo a lo descrito en la memoria constructivo de mejoras (Ver 5.4.1) se adiciona aislamiento térmico en muros, cubiertas y pisos, se sustituye las puertas y ventanas y se disminuyen los puentes térmicos; obteniendo la siguiente calificación energética:

#### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)
284.68 E	57.36 E

Figura 222. Calificación energética con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021)

En el consumo de energía primaria no renovable la calificación mejora de una "G" a una "E", con 284.68 kWh/m<sup>2</sup>año, que se descompone en una calificación "E" para calefacción con 215.54 kWh/m<sup>2</sup>año y calificación "G" para ACS con 61.49 kWh/m<sup>2</sup>año.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN		ACS	
	Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m <sup>2</sup> año)	E	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m <sup>2</sup> año)	G
284.68 E	215.54		61.49	
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m <sup>2</sup> año) <sup>1</sup>	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
	Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> año)	-	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m <sup>2</sup> año)	-
	-		0.00	

Figura 223. Consumo de energía primaria no renovable con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021)

En las emisiones de dióxido de carbono liberado a la atmosfera como consecuencia del consumo energético del edificio, mejora de una calificación energética "G" a una "E" con 57.36 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año, descompuesto en una calificación "E" para calefacción con 45.64 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año y calificación "G" para ACS con 10.42 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN		ACS	
	Emisiones calefacción (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	E	Emisiones ACS (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	G
57.36 E	45.64		10.42	
Emisiones globales (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año) <sup>1</sup>	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
	Emisiones refrigeración (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	-	Emisiones iluminación (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	-
	1.30		-	

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> por consumo eléctrico	11.71	1014.71
Emisiones CO <sub>2</sub> por combustibles fósiles	45.64	3954.44

Figura 224. Emisiones de dióxido de carbono con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021)

### 5.4.3. Certificación con mejoras pasivas y activas

De acuerdo a lo descrito en la memoria constructivo de mejoras (Ver 5.4.1): aparte de las medidas pasivas aplicadas en el punto 5.4.2., se incorpora el sistema de calefacción multi zona de suelo radiante con caldera convencional con energía de biomasa, el sistema de energía solar térmica de ACS y paneles fotovoltaicos; obteniendo la siguiente calificación energética:

#### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)	
<67.70 A	26.21 A	<15.10 A	7.38 A
67.70-104. B		15.10-23.2 B	
104.00-155.2 C		23.20-34.50 C	
155.20-231.10 D		34.50-51.50 D	
231.10-442.60 E		51.50-102.30 E	
442.60-517.80 F		102.30-119.70 F	
=>517.80 G		=>119.70 G	

Figura 225. Calificación energética con mejoras activas - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021)

En el consumo de energía primaria no renovable la calificación pasa a una "A" con 26.21 kWh/m<sup>2</sup>·año, que se descompone en una calificación "A" para calefacción con 21.95 kWh/m<sup>2</sup>·año y misma calificación para ACS con 3.15 kWh/m<sup>2</sup>·año.

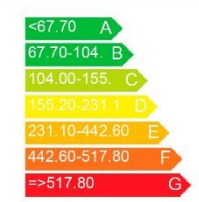
INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
 26.21 A	CALEFACCIÓN		ACS	
	Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	A	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	A
	21.95		3.15	
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	-	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	-	-
	-		0.00	
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m <sup>2</sup> ·año) <sup>1</sup>				

Figura 226. Consumo de energía primaria no renovable con mejoras activas - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021)

En las emisiones de dióxido de carbono liberado a la atmosfera como consecuencia del consumo energético del edificio, la calificación también mejora a una letra "A" con 7.38 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·año, descompuesto en una calificación "A" para calefacción con 6.66 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·año y misma calificación para ACS con 0.53 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·año.

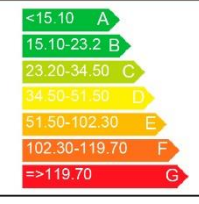
INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
 7.38 A	CALEFACCIÓN		ACS	
	Emisiones calefacción (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)	A	Emisiones ACS (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)	A
	6.66		0.53	
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Emisiones globales (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año) <sup>1</sup>	Emisiones refrigeración (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)	-	Emisiones iluminación (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)	-
	0.19		-	
	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año		kgCO <sub>2</sub> /año	
Emisiones CO <sub>2</sub> por consumo eléctrico	5.00		433.11	
Emisiones CO <sub>2</sub> por combustibles fósiles	49.00		4244.89	

Figura 227. Emisiones de dióxido de carbono con mejoras activas - Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021)

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú)  
según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

Respecto a las energías renovables, con la incorporación de la terma solar el porcentaje de demanda de ACS que es cubierto por el sistema solar térmico alcanza un 76.85%, la demanda de calefacción cubierta por la caldera de biomasa es del 50.70% y con los paneles fotovoltaicos la energía eléctrica generada y auto consumida será de 1553.70 kWh/año.

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado (%)			Demanda de ACS cubierta (%)
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Sistema solar térmico	-	-	76.85	76.85
Caldera de biomasa	50.70	0.00	0.00	0.00
<b>TOTALES</b>	<b>50.70</b>	<b>0.00</b>	<b>76.85</b>	<b>76.85</b>

Nombre	Energía eléctrica generada y autoconsumida (kWh/año)
Fotovoltaica insitu	1553.70
<b>TOTALES</b>	<b>1553.7</b>

Figura 228. Energías renovables – Caso de Estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021)

#### 5.4.4. Viabilidad económica

Para calcular el costo actual de la vivienda, utilizaremos el valor comercial por m<sup>2</sup> de área techada de construcción en el Perú, obteniendo el siguiente valor:

Tabla 42. Costo estimado actual del Caso de Estudio N° 4

Sistema constructivo	Área techada (m2)	Costo Unitario/m2	Costo Estimado
Sistema de Adobe	93.08	\$175.00	<b>\$16,289.00</b>

Fuente: Elaboración propia (2021).

Y para determinar el coste estimado de las mejoras realizadas a la vivienda, se hace uso del generador de precios de Cype y precios de acuerdo al mercado peruano; obteniendo un monto que asciende a:

Tabla 43. Costo estimado de las mejoras energéticas del Caso de Estudio N° 4

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UND	C/ UNIT	TOTAL
Revestimiento de barro y paja en muros	337.56	m2	3.50	1181.46
Adición de aislamiento térmico en cubierta	108.51	m2	23.00	2495.73
Mejora de ventanas	1.28	m2	220.15	281.79
Adición de ventanas y lucernarios	6.00	m2	273.86	1643.16
Sustitución de puertas	5.00	Und	215.00	1075.00
Instalación muro solar	11.90	m2	35.00	416.50
Instalación de piso radiante + caldera casera	80.73	m2	104.20	8412.07
Instalación del sistema de energía solar	2.00	Und	1500.00	3000.00
Instalación de paneles fotovoltaicos	4.00	Und	650.00	2600.00
<b>TOTAL</b>				<b>S/ 21,105.71</b>
				<b>\$5,704.25</b>
Construcción piso + acabado	80.73	m2	42.50	3431.03
<b>TOTAL</b>				<b>S/ 24,536.73</b>
				<b>\$6,631.55</b>

Fuente: Generador de Precios CYPE y mercado actual en el Perú. Elaboración propia (2021).

Se observa, que el coste estimado de las mejoras asciende a \$ 5704.25, es decir, el 35.00% del coste total de la vivienda actual, por lo tanto, cumple la premisa de estar por debajo o igual al

35% del costo de la vivienda. Adicional a ello, se calcula el costo de la construcción del piso y su acabado, que no es considerada como una mejora, sino como un déficit que tiene la vivienda.

Para analizar la capacidad de endeudamiento de la familia, se considera que, la vivienda es habitada por una familia de 3 integrantes, en donde por lo menos dos miembros reciben el salario mínimo (\$ 500.00), por lo tanto, respetando el 40% de capacidad de endeudamiento, y obteniendo un crédito del Programa Fondo Mi Vivienda (FMV) con el 6.99% de interés, la ejecución de las mejoras y la construcción del piso pueden ser pagadas en un plazo máximo de 48 meses, con una cuota mensual de \$ 156.20, es decir, el 31.24% del ingreso familiar mensual.

**Tabla 44.** Cuadro resumen de viabilidad económica del Caso de Estudio N° 4

DESCRIPCIÓN	DATOS
<b>Costo máximo de Mejoras Energéticas (Máx. 35%)</b>	<b>CUMPLE</b>
Costo Vivienda - Caso de Estudio N° 4	\$16,289.00
Costo de mejoras energéticas	\$5,704.25
% Mejoras - Vivienda	35.00%
<b>Capacidad de Endeudamiento (Máx. 40%)</b>	<b>CUMPLE</b>
Ingreso Mensual (2 miembros)	\$500.00
Interés Bancario FMV (48 meses)	6.99%
Cuota mensual del préstamo bancario	156.20
% de endeudamiento en relación al ingreso mensual	31.24%

Fuente: Elaboración propia (2021).

#### 5.4.5. Vistas 3D



Figura 229. Vista 1 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021)



Figura 230. Vista 2 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021)



Figura 231. Vista 3 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021)



Figura 232. Vista 4 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021)



Figura 233. Vista 5 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 4. Fuente: Elaboración propia (2021)

## 5.5. Mejoras energéticas Caso de estudio N° 5

### 5.5.1. Memoria constructiva de mejoras

#### 5.5.1.1. Adición de aislamiento térmico en muros, cubiertas y pisos

##### 5.5.1.1.1. Muros

La mejora consiste en revestir los muros con barro y paja con un espesor de 3.5 cm en ambas caras, alcanzando una transmitancia térmica (U) de 0.76 W/m<sup>2</sup>K. Esta composición es de fácil acceso, bajo coste y funciona bien como aislante térmico.



Figura 234. Detalle de mejora del muro de fachada - Caso de Estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021)

#### 5.5.1.1.2. Cubiertas

Se mejora el aislamiento de la cubierta de calamina y estará compuesta por: tijerales de madera (estructura del techo), cielo raso de panel de fibrocemento de 1 cm, listones de madera de 4" con relleno de paja en los espacios vacíos y, por último, la calamina galvanizada de 2 mm, alcanzando una transmitancia térmica (U) de 0.76 W/m<sup>2</sup>K. (Ver Figura N° 219)

#### 5.5.1.1.3. Piso

Ante la ausencia de piso se opta por uno radiante para disminuir la demanda de calefacción, el piso tendrá las siguientes características: tierra compactada, hormigón de 5 cm de espesor con una malla de acero, placa termo conformada con poliestireno expandido (EPS) de 6 cm, concreto de nivelación con alta transmitancia térmica de 5 cm que oculte los tubos del piso radiante, espuma de polietileno de 2 mm y piso laminado de madera de 5 mm de espesor, alcanzando una transmitancia térmica (U) de 0.41 W/m<sup>2</sup>K. (Ver Figura N°188)

Cabe indicar, que por la premisa de que el costo de las mejoras, no deben superar el 35% del costo de la vivienda, el espacio tienda, quedará con el mismo acabado de piso laminado de madera, pero sin el suelo radiante.

#### 5.5.1.2. Sustitución de puertas y ventanas

Las ventanas serán sustituidas por vidrios dobles bajos emisivos con una hoja exterior de 4 mm, cámara de aire de 12 mm y hoja interior de 4 mm; los marcos serán de madera de densidad media alta y cubrirán el 10% del hueco. Las ventanas tendrán una permeabilidad al aire de 27 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa y una transmitancia térmica (U) de 1.84 W/m<sup>2</sup>K.

Por su parte, las puertas serán de madera de densidad media baja, mantendrán su permeabilidad al aire de 60 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa y alcanzarán una transmitancia térmica total (U) de 2.00 W/m<sup>2</sup>K.

#### 5.5.1.3. Mejora en las soluciones de puentes térmicos.

En la propuesta, se priorizará la continuidad del aislamiento térmico, obteniendo los siguientes valores:



- Suelo en contacto con el terreno: 0.25 W/mK
- Jambas: 0.39 W/mK
- Dinteles: -0.02 W/mK
- Alfeizar: 0.12 W/mK
- Esquinas exteriores: 0.11 W/mK
- Cubiertas planas: 0.88 W/mK

#### 5.5.1.4. Sustitución o mejora de equipos de generación de ACS, calefacción y refrigeración.

De igual forma que en los casos de estudio N° 2 y N° 4, se opta por un sistema multi zona de suelo radiante en los espacios: habitación, sala y comedor; que funcionaran a base de una terma solar como generador de energía y que será apoyada por una caldera casera a leña, cuando se la requiera.

#### 5.5.1.5. Incorporación o mejora del sistema de energía solar térmica para ACS.

A la vivienda se le incorpora una terma solar sobre la cubierta (12.3°) con orientación sur, que aportará energía térmica para la obtención de ACS y cubrirá el 78.80% de su demanda.

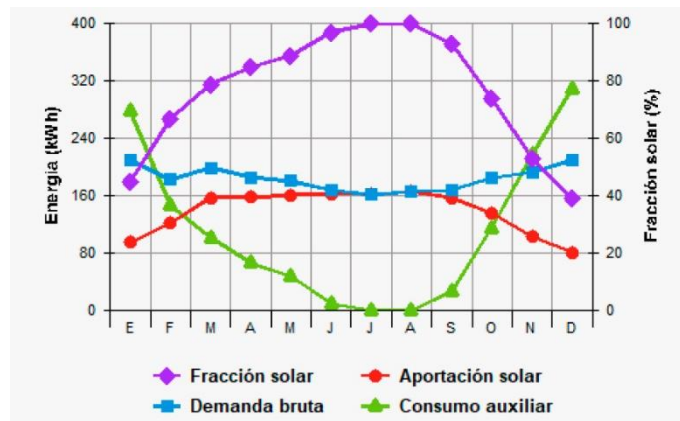


Figura 235. Aporte solar en producción de energía térmica para ACS post mejora – Caso de Estudio N° 5. Fuente: CHEQ4 (2021)

#### 5.5.1.6. Incorporación del sistema fotovoltaicos

La provincia de Chivay, recibe entre 8 y 11 horas de sol diarias, es por ello que se busca aprovechar esta incidencia solar colocando paneles fotovoltaicos. Se estima mediante la herramienta digital “Sistema de información geográfica fotovoltaica, PVGIS-5” que la producción anual de energía fotovoltaica es de 1537.40 kWh.

Monthly energy output from fix-angle PV system:

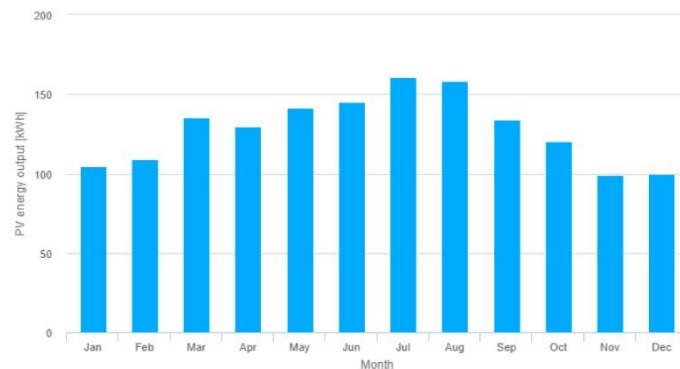


Figura 236. Producción de electricidad por energía solar. Fuente: PVGIS-5 (2021)

## Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

Para definir el número de paneles fotovoltaicos, se utilizó los siguientes datos con su respectiva formula:

- Consumo estimado de energía: 3530 Wh/día.
- Radiación solar incidente (5 kWh m<sup>2</sup>/día) dividida entre la radiación solar incidente para calibrar los módulos (1 kW/m<sup>2</sup>) obteniendo la cantidad de horas sol pico (HSP): 5 HSP
- Módulos elegidos de 300 W.
- Rendimiento de trabajo: 80%.

$$\text{N}^\circ \text{ Módulos} = \frac{\text{Energía necesaria}}{\text{HSP} \times \text{Rendimiento de trabajo} \times \text{Potencia pico del modulo}}$$

Dando como resultado, que el número de módulos necesarios para el uso diario de la instalación son 3 módulos de 300 W en un ángulo de 12.3°, dirección sur oeste.

### 5.5.2. Certificación con mejoras pasivas

De acuerdo a lo descrito en la memoria constructivo de mejoras (Ver 5.5.1) se adiciona aislamiento térmico en muros, cubiertas y pisos, se sustituye las puertas y ventanas y se disminuyen los puentes térmicos; obteniendo la siguiente calificación energética:

#### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)	
	301.53 E		59.50 E

Figura 237. Calificación energética con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021)

En el consumo de energía primaria no renovable la calificación mejora de una "G" a una "E", con 301.53 kWh/m<sup>2</sup>·año, que se descompone en una calificación "D" para calefacción con 198.68 kWh/m<sup>2</sup>·año y calificación "G" para ACS con 95.89 kWh/m<sup>2</sup>·año.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
		<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
		Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	D	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	G
	301.53 E	198.68		95.89	
		<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
		Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	-	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	-
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m <sup>2</sup> ·año) <sup>1</sup>		-		0.00	

Figura 238. Consumo de energía primaria no renovable con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021)

En las emisiones de dióxido de carbono liberado a la atmosfera como consecuencia del consumo energético del edificio, mejora de una calificación energética "F" a una "E" con 59.50 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·año, descompuesto en una calificación "D" para calefacción con 42.07 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·año y calificación "G" para ACS con 16.24 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·año.

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	59.50 E	CALEFACCIÓN		ACS	
		Emisiones calefacción (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	D	Emisiones ACS (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	G
		42.07		16.24	
Emisiones globales (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año) <sup>1</sup>		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		Emisiones refrigeración (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	-	Emisiones iluminación (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	-
		1.18		-	

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .año	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> por consumo eléctrico	17.42	1061.17
Emisiones CO <sub>2</sub> por combustibles fósiles	42.07	2562.39

Figura 239. Emisiones de dióxido de carbono con mejoras pasivas - Caso de Estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021)

### 5.5.3. Certificación con mejoras pasivas y activas

De acuerdo a lo descrito en la memoria constructivo de mejoras (Ver 5.5.1): aparte de las medidas pasivas aplicadas en el punto 5.5.2., se incorpora el sistema de energía solar térmica de ACS, piso radiante con caldera de biomasa y el uso de paneles fotovoltaicos; obteniendo la siguiente calificación energética:

**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:**

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)
 65.71 A	 15.08 A

Figura 240. Calificación energética con mejoras activas - Caso de Estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021)

En el consumo de energía primaria no renovable la calificación pasa a una “A” con 65.71 kWh/m<sup>2</sup>año, que se descompone en una calificación “A” para calefacción con 56.98 kWh/m<sup>2</sup>año y misma calificación para ACS con 7.42 kWh/m<sup>2</sup>año.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	65.71 A	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m <sup>2</sup> año)	A	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m <sup>2</sup> año)	A
		56.98		7.42	
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m <sup>2</sup> año) <sup>1</sup>		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> año)	-	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m <sup>2</sup> año)	-
		-		0.00	

Figura 241. Consumo de energía primaria no renovable con mejoras activas - Caso de Estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021)

En las emisiones de dióxido de carbono liberado a la atmosfera como consecuencia del consumo energético del edificio, la calificación también mejora a una letra “A” con 15.08 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año, descompuesto en una calificación “A” para calefacción con 13.60 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año y misma calificación para ACS con 1.26 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>año.

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú) según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	15.08 A	CALEFACCIÓN		ACS	
		Emisiones calefacción (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	A	Emisiones ACS (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	A
		13.60		1.26	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Emisiones globales (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año) <sup>1</sup>		Emisiones refrigeración (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	-	Emisiones iluminación (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	-
		0.22		-	

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .año	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> por consumo eléctrico	7.86	478.87
Emisiones CO <sub>2</sub> por combustibles fósiles	12.90	785.58

Figura 242. Emisiones de dióxido de carbono con mejoras activas - Caso de Estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021)

Respecto a las energías renovables, con la incorporación de la terma solar el porcentaje de demanda de ACS que es cubierto por el sistema solar térmico alcanza un 78.80%, la demanda de calefacción cubierta por la caldera de biomasa es del 77.61% y con los paneles fotovoltaicos la energía eléctrica generada y auto consumida será de 1537.40 kWh/año.

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado (%)			Demanda de ACS cubierta (%)
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Sistema solar térmico	-	-	78.80	78.80
Caldera de biomasa	77.61	0.00	0.00	0.00
<b>TOTALES</b>	<b>77.61</b>	<b>0.00</b>	<b>78.80</b>	<b>78.80</b>

Nombre	Energía eléctrica generada y autoconsumida (kWh/año)
Fotovoltaica insitu	1537.40
<b>TOTALES</b>	<b>1537.4</b>

Figura 243. Energías renovables – Caso de Estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021)

#### 5.5.4. Viabilidad económica

Para calcular el costo actual de la vivienda, utilizaremos el valor comercial por m<sup>2</sup> de área techada de construcción en el Perú, obteniendo el siguiente valor:

Tabla 45. Costo estimado actual del Caso de Estudio N° 5

Sistema constructivo	Área techada (m <sup>2</sup> )	Costo Unitario/m <sup>2</sup>	Costo Estimado
Sistema en Piedra	56.06	\$160.00	<b>\$8,969.60</b>

Fuente: Elaboración propia (2021).

Y para determinar el coste estimado de las mejoras realizadas, se utiliza el generador de precios de Cype y precios de acuerdo al mercado peruano; obteniendo un monto que asciende a:

Tabla 46. Costo estimado de las mejoras energéticas del Caso de Estudio N° 5

PRESUPUESTO ESTIMADO DE MEJORAS				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UND	C/ UNIT	TOTAL
Revestimiento de barro y paja en muros	190.96	m <sup>2</sup>	3.50	668.36
Adición de aislamiento térmico en cubierta	56.06	m <sup>2</sup>	23.00	1189.38
Mejora de ventanas	3.13	m <sup>2</sup>	220.15	689.07
Sustitución de puertas	5.00	Und	215.00	1075.00
Instalación de piso radiante + caldera casera	41.10	m <sup>2</sup>	105.20	4073.72

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú)  
según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

Instalación del sistema de energía solar	1.00	Und	1500.00	1500.00
Instalación de paneles fotovoltaicos	3.00	Und	750.00	2250.00
<b>TOTAL</b>				<b>S/ 11,445.53</b>
<b>TOTAL</b>				<b>\$3,093.39</b>
Construcción piso + acabado	56.06	m2	42.50	2382.55
<b>TOTAL</b>				<b>S/ 13,828.08</b>
<b>TOTAL</b>				<b>\$3,737.32</b>

Fuente: Generador de Precios CYPE y mercado actual en el Perú. Elaboración propia (2021).

Se observa, que el coste estimado de las mejoras asciende a \$ 3093.39, es decir, el 34.49% del coste total de la vivienda actual, por lo tanto, cumple la premisa de estar por debajo del 35% del costo de la vivienda. Al igual que en los casos anteriores, se calcula el costo de la construcción del piso y su acabado, que será considerado como un déficit de la vivienda y no como una mejora.

Por lo tanto, para analizar la capacidad de endeudamiento de la familia, se considera que, la vivienda es habitada por una familia de 3 integrantes, en donde por lo menos un miembro recibe el salario mínimo (\$ 250.00), por lo tanto, respetando el 40% de capacidad de endeudamiento, y obteniendo un crédito del Programa Fondo Mi Vivienda (FMV) con el 6.99% de interés, la ejecución de las mejoras y la construcción del piso pueden ser pagadas en un plazo máximo de 48 meses, con una cuota mensual de \$ 88.00, es decir, el 35.20% del ingreso familiar mensual.

**Tabla 47.** Cuadro resumen de viabilidad económica del Caso de Estudio N° 5

DESCRIPCIÓN	DATOS
<b>Costo máximo de Mejoras Energéticas (Máx. 35%)</b>	<b>CUMPLE</b>
Costo Vivienda - Caso de Estudio N° 5	\$8,969.60
Costo de mejoras energéticas	\$3,133.83
% Mejoras - Vivienda	34.49%
<b>Capacidad de Endeudamiento (Máx. 40%)</b>	<b>CUMPLE</b>
Ingreso Mensual (1 miembros)	\$250.00
Interés Bancario FMV (48 meses)	6.99%
Cuota mensual del préstamo bancario	88.00
% de endeudamiento en relación al ingreso mensual	35.20%

Fuente: Elaboración propia (2021).

### 5.5.5. Vistas 3D



Figura 244. Vista 1 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021)



Figura 245. Vista 2 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021)



Figura 246. Vista 3 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021)



Figura 247. Vista 4 - Propuesta de mejoras, Caso de estudio N° 5. Fuente: Elaboración propia (2021)

## 5.6. Cumplimiento de la norma peruana EM. 110 en las mejoras energéticas

Durante el proceso de certificación energética de las propuestas de mejora en cada caso de estudio, se tuvo como premisa el cumplimiento de los valores de transmitancia térmica máxima de muros, techos y pisos, de la norma EM. 110 “Confort térmico y lumínico con eficiencia energética” para cada zona bioclimática del Perú.

El cumplimiento de estos valores se ven representados en las siguientes tablas:

Análisis de las tipologías de vivienda del departamento de Arequipa (Perú)  
según la zona bioclimática y propuestas de mejora energética.

**Tabla 48.** Cumplimiento de la Norma peruana EM. 110, en las mejoras energéticas del Caso de Estudio N° 1

Fuente	Transmitancia térmica máxima del muro ( $U_{muro}$ )	Transmitancia térmica máxima del techo ( $U_{techo}$ )	Transmitancia térmica máxima del piso ( $U_{piso}$ )
Norma EM. 110 confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética	2.36	2.21	2.63
Caso de Estudio N° 1	0.35 - 0.46	0.19	0.43
<b>Cumplimiento de Norma</b>	<b>CUMPLE</b>	<b>CUMPLE</b>	<b>CUMPLE</b>

Fuente: Norma EM.110 "Confort térmico y lumínico con eficiencia energética" y HULC. Elaboración propia (2021).

**Tabla 49.** Cumplimiento de la Norma peruana EM. 110, en las mejoras energéticas del Caso de Estudio N° 2

Fuente	Transmitancia térmica máxima del muro ( $U_{muro}$ )	Transmitancia térmica máxima del techo ( $U_{techo}$ )	Transmitancia térmica máxima del piso ( $U_{piso}$ )
Norma EM. 110 confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética	2.36	2.21	2.63
Caso de Estudio N° 2	1.46	1.05 – 1.06	0.41
<b>Cumplimiento de Norma</b>	<b>CUMPLE</b>	<b>CUMPLE</b>	<b>CUMPLE</b>

Fuente: Norma EM.110 "Confort térmico y lumínico con eficiencia energética" y HULC. Elaboración propia (2021).

**Tabla 50.** Cumplimiento de la Norma peruana EM. 110, en las mejoras energéticas del Caso de Estudio N° 3

Fuente	Transmitancia térmica máxima del muro ( $U_{muro}$ )	Transmitancia térmica máxima del techo ( $U_{techo}$ )	Transmitancia térmica máxima del piso ( $U_{piso}$ )
Norma EM. 110 confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética	2.36	2.21	2.63
Caso de Estudio N° 3	0.21 – 0.35 – 0.46	0.32	0.33
<b>Cumplimiento de Norma</b>	<b>CUMPLE</b>	<b>CUMPLE</b>	<b>CUMPLE</b>

Fuente: Norma EM.110 "Confort térmico y lumínico con eficiencia energética" y HULC. Elaboración propia (2021).

**Tabla 51.** Cumplimiento de la Norma peruana EM. 110, en las mejoras energéticas del Caso de Estudio N° 4

Fuente	Transmitancia térmica máxima del muro ( $U_{muro}$ )	Transmitancia térmica máxima del techo ( $U_{techo}$ )	Transmitancia térmica máxima del piso ( $U_{piso}$ )
Norma EM. 110 confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética	1.00	0.83	3.26
Caso de Estudio N° 4	0.85	0.76	0.41
<b>Cumplimiento de Norma</b>	<b>CUMPLE</b>	<b>CUMPLE</b>	<b>CUMPLE</b>

Fuente: Norma EM.110 "Confort térmico y lumínico con eficiencia energética" y HULC. Elaboración propia (2021).

**Tabla 52.** Cumplimiento de la Norma peruana EM. 110, en las mejoras energéticas del Caso de Estudio N° 5

Fuente	Transmitancia térmica máxima del muro ( $U_{muro}$ )	Transmitancia térmica máxima del techo ( $U_{techo}$ )	Transmitancia térmica máxima del piso ( $U_{piso}$ )
Norma EM. 110 confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética	0.99	0.80	3.26
Caso de Estudio N° 5	0.76	0.76	0.41
<b>Cumplimiento de Norma</b>	<b>CUMPLE</b>	<b>CUMPLE</b>	<b>CUMPLE</b>

Fuente: Norma EM.110 "Confort térmico y lumínico con eficiencia energética" y HULC. Elaboración propia (2021).

A pesar de que los valores de transmitancia térmica están por debajo de lo establecido en la Norma peruana EM. 110, e incluso con la incorporación de energías renovables en los casos de estudio, estos aun no pueden ser considerados para ser calificados con la certificación “MiVivienda Verde”, ya que los criterios de evaluación de este programa están destinados principalmente para viviendas nuevas y multifamiliares.



# CONCLUSIONES & RECOMENDACIONES

## CONCLUSIONES

- La normativa en el Perú relacionada a la eficiencia energética además de ser facultativa en nuevas construcciones e indiferente para las construcciones existentes, contiene criterios muy básicos con valores de transmitancia térmica elevados para cerramientos, lo que podría impedir que una construcción del Perú llegue al consumo cero; sin embargo, en comparación de cómo ha sido la implementación de la certificación energética en los países de la Unión Europea, a los cuales usa como referentes, se podría afirmar que Perú ha iniciado el camino hacia el diseño y construcción de viviendas eficientes.
- Por su morfología y ubicación geográfica, Perú es considerado un país multi climático, según la clasificación de Ryter – Zuñiga (2005), el país tiene 9 zonas bioclimáticas, y Arequipa cuenta con 6 de ellas: Desértico Marino, Desértico, Interandino Bajo, Mesoandino, Altoandino y Nevado; sin embargo, para la presente investigación se descarta el análisis de la zona Desértico debido a que no tiene mayor población e incidencia urbana.
- Las localidades Arequipeñas presentan condiciones climáticas únicas con sistemas constructivos diferentes, se identificó que la zona Desértico Marino y Mesoandino tienen mayor número de viviendas de albañilería confinada, las zonas Interandino Bajo y Altoandino de adobe, y la zona Nevado de piedra y barro; sin embargo, en los últimos años se ha incrementado la construcción de viviendas de albañilería confinada en todas las zonas, lo que significa que en las nuevas construcciones no se están considerando los criterios de diseño, sistemas constructivos y uso de materiales locales según su zona bioclimática.
- La certificación energética de los casos de estudio, ha servido para evaluar el rendimiento energético actual de 5 viviendas peruanas, bajo la exigencia de la normativa de España y Perú; en una primera evaluación todos los resultados han sido desfavorables (calificación E, F y G), esto es producto del desconocimiento de las propiedades térmicas de los materiales y de la construcción informal de las viviendas, sin la supervisión o asesoramiento de un profesional.
- El empleo de los conceptos del diseño pasivo, la implementación de medidas eficientes en el uso de materiales del lugar (sillar, adobe, barro, paja, etc.) para el diseño de las envolventes y la mejora de los sistemas constructivos locales; permite mejorar considerablemente la certificación energética de las viviendas analizadas, reduciendo ampliamente sus consumos de energía y emisiones de CO<sub>2</sub>, sin embargo, estos resultados no llegan a tener una calificación ideal.
- En vista que las provincias de Arequipa reciben entre 6 y 11 horas diarias de sol, y un promedio anual de 5 kW h/m<sup>2</sup> de energía solar incidente diaria, es viable la implementación de medidas de mejoras activas relacionadas a la energía solar, como los muros solares para reducir la demanda de calefacción, paneles solares para el ACS y paneles fotovoltaicos para el consumo de energía adicional; asimismo, también se plantea la instalación de suelos radiantes en las zonas climáticas con temperaturas más bajas que funcionaran principalmente con energía solar, pero secundada por una fuente de energía de biomasa. Estas mejoras permitirán que los casos de estudios lleguen a una certificación ideal con calificación A o B.

## RECOMENDACIONES

- Las propuestas de mejoras pasivas y activas que han sido descritas en esta investigación dependen de las características climáticas, acceso a materiales y sistemas constructivos de cada zona bioclimática, ya que cada una presenta distintas particularidades; es importante promover estas alternativas de mejoras energéticas entre usuarios y profesionales de la edificación, para que puedan ser aplicados, mejorados o modificados en futuras intervenciones a viviendas existentes o en el diseño de viviendas nuevas.
- Es importante su máxima difusión no solo para la ciudad de Arequipa, sino también para todas las ciudades del Perú que presenten características climáticas similares, ya que hasta el momento no se le ha tomado la debida importancia a este tema.
- De igual forma, es fundamental la difusión de los beneficios económicos que otorga el estado peruano, por cumplir la normativa existente relacionada a la eficiencia energética, asimismo, es necesario explicar a los todos los usuarios el ahorro económico a futuro que significa la aplicación de estos criterios de eficiencia, además de asegurarse el confort térmico dentro de la vivienda durante todo el año.
- A pesar de que la certificación “MiVivienda Verde” solo es aplicable para construcciones nuevas y que la mayoría de sus detalles de calificación son principalmente para viviendas multifamiliares, se recomienda ampliar el ámbito de aplicación y modificar los criterios de evaluación para viviendas existentes y unifamiliares; y posteriormente para sectores comerciales, industriales, entre otros.

---

# BIBLIOGRAFÍA

## BIBLIOGRAFIA

### LIBROS Y ARTICULOS

- AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA [AEMET] & INSTITUTO DE METEOROLOGIA DE PORTUGAL (2011). Atlas climático ibérico. Temperatura del aire y precipitación (1971-2000). ISBN: 978-84-7837-079-5
- AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍA [IEA] (2019). 2019 Global Status Report for Buildings and Construction. ISBN N°: 978-92-807-3768-4
- AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍA [IEA], GlobalABC, UNEP 2020 (2020). GlobalABC Regional Roadmap for Buildings and Construction in Latin America 2020-2050. Recuperado de: <https://www.iea.org/reports/globalabc-regional-roadmap-for-buildings-and-construcción-en-latino-america-2020-2050>
- C. PLANAS, E. CUERVA Y P. ALAVEDRA (2018). Effects of the type of facade on the energy performance of office buildings representative of the city of Barcelona en Ain Shams Engineering Journal (Vol. 9, Issue 4, pp. 3325-3334). ISSN 2090-4479. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2017.04.009>
- CONVENIO MARCO DE NACIONES UNIDAS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO [UNFCCC]. (12 de diciembre de 2015). ¿Qué es el Acuerdo de Paris? Recuperado de: <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/que-es-el-acuerdo-de-paris>
- DANNY H.W. LI, LIU YANG, JOSEPH C. LAM (2012). Impact of climate change on energy use in the built environment in different climate zones – A review en Energy (Vol. 42, Issue 1, pp. 103-112). ISSN 0360-5442. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.03.044>
- FONDO MIVIVIENDA [FMV] (enero de 2020a). Procedimiento de certificación de proyectos del Programa MiVivienda Sostenible. Recuperado de: [www.mivivienda.com.pe](http://www.mivivienda.com.pe)
- FONDO MIVIVIENDA [FMV] (diciembre de 2020b). Hacia una estandarización constructiva. Revista Mi Vivienda (149), p. 6 - 7. Recuperado de: [www.mivivienda.com.pe](http://www.mivivienda.com.pe)
- FONDO MIVIVIENDA [FMV] (noviembre de 2020c). Boletín Estadístico, p. 38 - 41. Recuperado de: [www.mivivienda.com.pe](http://www.mivivienda.com.pe)
- FONDO MIVIVIENDA [FMV] (2018). Reglamento del Bono MiVivienda Sostenible. Recuperado de: [www.mivivienda.com.pe](http://www.mivivienda.com.pe)
- HERRERA-SOSA, L.C., VILLENA-MONTALVO, E. E. & RODRÍGUEZ-NEIRA, K. R. (2020). Evaluación del desempeño térmico del sillar (Ignimbrita) de Arequipa, Perú. Revista de Arquitectura (Bogotá), 22 (I), 152-163. <http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2020.2261>
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA [INEI] (2017). Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. Recuperado de: <http://censo2017.inei.gob.pe>

- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA [IDAE] (2009). Escala de calificación energética. Edificios de nueva construcción. En Calificación de eficiencia energética de edificios (Serie N° 7). Madrid, España: Gobierno de España.
- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA [IDAE] (diciembre de 2018). Estado de la certificación energética de los edificios (7° informe). Madrid, España: Gobierno de España.
- INSTITUTO VALENCIANO DE LA EDIFICACIÓN [IVE] (2011). Catálogo de soluciones constructivas de rehabilitación. (1° Edición). Valencia, España: Generalitat Valenciana
- L. PÉREZ-LOMBARD, J. ORTIZ Y C. POUT, (2008). A review on buildings energy consumption information en Energy and Buildings (Vol. 40, Issue. 3, pp. 394-398) ISSN 0378-7788 <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.03.007>
- MAYER, F. (2020a). El enfoque hacia la construcción sostenible en el país se ha intensificado con la pandemia de covid-19 / Entrevistada por David Rodríguez. Revista Stakeholders. Lima, Perú.
- MAYER, F (2020b). Perú GBC: ¿Cuándo y cómo empezó el movimiento de construcción sostenible en el país? Revista Ciudad+. Lima, Perú.
- MINISTERIO DE EDUCACION [MINEDU] (2018). Guía de aplicación de Arquitectura Bioclimática en Locales Educativos. Lima, Perú. Recuperado de: <http://www.minedu.gob.pe>
- MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS [MINEM] (2017). Guía de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnostico energético - SECTOR RESIDENCIAL. Dirección General de Eficiencia Energética. Lima, Perú.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE [MINAM] (2016). Perú 2030: la visión del Perú que queremos en Colección: Perú Compromiso Climático. Lima, Perú. Recuperado de: <http://www.minam.gob.pe>

#### TESIS

- IRIBARREN, P. (2018). Indicadores y metodología de la certificación energética en España y Europa (Tesis de grado). Universidad de Valladolid, Valladolid, España.
- RODRÍGUEZ Q. M. Y GARCÍA N. J. (2013). Comparación de la certificación energética de edificios entre los países miembros de la Unión Europea. En el Acta del I Congreso Internacional de Construcción Sostenible y Soluciones Ecoeficientes (pp. 261-274). Sevilla: Universidad de Sevilla. ISBN 9788469577400.

#### NORMATIVA

- DECRETO SUPREMO N° 011-2006-VIVIENDA, Decreto Supremo que aprueba el Reglamento Nacional de Edificaciones. Diario Oficial el Peruano, Lima, Perú, 23 de mayo de 2006
- DECRETO SUPREMO N° 006-2014-VIVIENDA, Decreto Supremo que Modifican Título III del Reglamento Nacional de Edificaciones. Art. 02.- Incorporación de la Norma Técnica

EM.110 “Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética. Diario Oficial el Peruano, Lima, Perú, 13 de mayo de 2014

- DECRETO SUPREMO N° 015-2015-VIVIENDA, Decreto Supremo que aprueba el Código Técnico de Construcción Sostenible. Diario Oficial el Peruano, Lima, Perú, 28 de agosto de 2015
- DIRECTIVA 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo 19 de mayo de 2010. Recuperado de: <https://boe.es/doue/2012/315/L00001-00056.pdf>
- DIRECTIVA 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo 16 de diciembre de 2002. Recuperado de: <https://boe.es/doue/2003/001/L00065-00071.pdf>
- REAL DECRETO N° 314-2006. Real Decreto que aprueba el Código Técnico de la Edificación. BOE, España. 17 de marzo de 2006. Modificada el 20 de diciembre de 2019 por el Real Decreto N° 732-2019.
- REAL DECRETO N° 235-2013. Real Decreto que aprueba el Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. BOE, España, 05 de abril de 2013.

#### WEBGRAFIA

- AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA [AEMET] (2021). Datos climatológicos. Recuperado de: [www.aemet.es](http://www.aemet.es)
- INDENCITY, 21 de junio, 2018. El alto riesgo de las viviendas informales en Perú. Recuperado de: <https://www.idencityconsulting.com/viviendas-informales-en-el-peru/>
- INSTITUTE PASSIVE HOUSE [PHI] (Sin fecha). Passive House Requirements. Recuperado de: <https://passivehouse.com>
- GOBIERNO DE ESPAÑA (Sin fecha). Energía y Desarrollo Sostenible. Recuperado de: <https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergética/CertificacionEnergetica>.
- MINISTÉRE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE (27 de agosto de 2020). Diagnóstico de rendimiento energético – DPE. Recuperado de: <https://www.ecologie.gouv.fr/diagnostic-performance-energetique-dpe>
- ONU-HABITAT (08 de octubre de 2015). Energía. Recuperado de: <https://es.unhabitat.org/temas-urbanos/energia/>
- PERÚ GBC (Sin fecha). Certificaciones. Recuperado de: <https://www.perugbc.org.pe>

---

# ANEXOS



## ANEXO 1

### CERTIFICADO ENERGÉTICO CASO N° 1: MOLLENDO – ESTADO ACTUAL

#### CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

##### IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Caso de Estudio N01		
Dirección	C/ Aurelio de la Puente 01		
Municipio	Almería	Código Postal	04002
Provincia	Almería	Comunidad Autónoma	Andalucía
Zona climática	A4	Año construcción	2006 - 2013
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	CTE HE 2006		
Referencia/s catastral/es	ninguno		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:	
<input type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="checkbox"/> Edificio Existente
<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda <input checked="" type="checkbox"/> Unifamiliar <input type="checkbox"/> Bloque <input type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual	<input type="checkbox"/> Terciario <input type="checkbox"/> Edificio completo <input type="checkbox"/> Local

##### DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Alonso Cecilio Aguilar Aguirre	NIF/NIE	Y7504166Q
Razón social	Universidad Politécnica de Valencia	NIF	-
Domicilio	C/ Yecla 14		
Municipio	Valencia	Código Postal	46021
Provincia	Valencia	Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
e-mail:	alagag@arq.upv.es	Teléfono	678153022
Titulación habilitante según normativa vigente	Arquitecto		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE y CEE Versión 2.0.2149.1160, de fecha 29-dic-2020		

##### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> -año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> -año)	
<21.10 A		<4.90 A	
21.10-40.1 B		4.90-9.40 B	
40.10-67.80 C		9.40-15.80 C	
67.80-108.60 D		15.80-25.30 D	
108.60-196.10 E	127.89 E	25.30-47.80 E	24.53 D
196.10-213.80 F		47.80-52.10 F	
=>213.80 G		=>52.10 G	

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha 15/03/2021

Firma del técnico certificador:

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.  
**Anexo II.** Calificación energética del edificio.  
**Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.  
**Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Organismo Territorial Competente:

## ANEXO 2

### CERTIFICADO ENERGÉTICO CASO N° 1: MOLLENDO – MEDIDAS DE MEJORAS PASIVAS

#### CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

##### IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Caso de Estudio N01		
Dirección	C/Aurelio de la Puente 01		
Municipio	almería	Código Postal	04002
Provincia	Almería	Comunidad Autónoma	Andalucía
Zona climática	A4	Año construcción	2006 - 2013
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	CTE HE 2006		
Referencia/s catastral/es	ninguno		

##### Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="checkbox"/> Edificio Existente
<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda <input checked="" type="checkbox"/> Unifamiliar <input type="checkbox"/> Bloque <input type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual	<input type="checkbox"/> Terciario <input type="checkbox"/> Edificio completo <input type="checkbox"/> Local

##### DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Alonso Cecilio Aguilar Aguirre	NIF/NIE	Y7504166Q
Razón social	Universidad Politécnica de Valencia	NIF	-
Domicilio	Yecla 14		
Municipio	Valencia	Código Postal	46021
Provincia	Valencia	Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
e-mail:	alagag@arq.upv.es	Teléfono	678153022
Titulación habilitante según normativa vigente	Arquitecto		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE y CEE Versión 2.0.2149.1160, de fecha 29-dic-2020		

##### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> -año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> -año)	
<21.10 A		<4.90 A	
21.10-40.1 B		4.90-9.40 B	
40.10-67.80 C		9.40-15.80 C	
67.80-108.60 D	68.76 D	15.80-25.30 D	12.11 C
108.60-196.10 E		25.30-47.80 E	
196.10-213.80 F		47.80-52.10 F	
=>213.80 G		=>52.10 G	

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha 28/03/2021

Firma del técnico certificador:

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.  
**Anexo II.** Calificación energética del edificio.  
**Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.  
**Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Organismo Territorial Competente:

### ANEXO 3

#### CERTIFICADO ENERGÉTICO CASO N° 1: MOLLENDO – MEDIDAS DE MEJORAS ACTIVAS

#### CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

##### IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Caso de Estudio N01		
Dirección	C/Aurelio de la Puente 01		
Municipio	almería	Código Postal	04002
Provincia	Almería	Comunidad Autónoma	Andalucía
Zona climática	A4	Año construcción	2006 - 2013
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	CTE HE 2006		
Referencia/s catastral/es	ninguno		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:	
<input type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="checkbox"/> Edificio Existente
<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda <input checked="" type="checkbox"/> Unifamiliar <input type="checkbox"/> Bloque <input type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual	<input type="checkbox"/> Terciario <input type="checkbox"/> Edificio completo <input type="checkbox"/> Local

##### DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Alonso Cecilio Aguilar Aguirre	NIF/NIE	Y7504166Q
Razón social	Universidad Politécnica de Valencia	NIF	-
Domicilio	Yecla 14		
Municipio	Valencia	Código Postal	46021
Provincia	Valencia	Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
e-mail:	alagag@arq.upv.es	Teléfono	678153022
Titulación habilitante según normativa vigente	Arquitecto		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE y CEE Versión 2.0.2149.1160, de fecha 29-dic-2020		

##### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> -año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> -año)	
<21.10 A	20.16 A	<4.90 A	3.88 A
21.10-40.1 B		4.90-9.40 B	
40.10-67.80 C		9.40-15.80 C	
67.80-108.60 D		15.80-25.30 D	
108.60-196.10 E		25.30-47.80 E	
196.10-213.80 F		47.80-52.10 F	
=>213.80 G		=>52.10 G	

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha 28/03/2021

Firma del técnico certificador:

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.
- Anexo II.** Calificación energética del edificio.
- Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.
- Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Organismo Territorial Competente:

## ANEXO 4

### CERTIFICADO ENERGÉTICO CASO N° 2: PAMPACOLCA – ESTADO ACTUAL

#### CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

##### IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Caso de Estudio 02		
Dirección	Av/Castilla 02		
Municipio	Cáceres	Código Postal	10004
Provincia	Cáceres	Comunidad Autónoma	Extremadura
Zona climática	E1	Año construcción	1900 - 1940
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	Otra		
Referencia/s catastral/es	ninguno		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:	
<input type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="checkbox"/> Edificio Existente
<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda <input checked="" type="checkbox"/> Unifamiliar <input type="checkbox"/> Bloque <input type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual	<input type="checkbox"/> Terciario <input type="checkbox"/> Edificio completo <input type="checkbox"/> Local

##### DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Alonso Cecilio Aguilar Aguirre	NIF/NIE	Y7504166Q
Razón social	Universidad Politécnica de Valencia	NIF	-
Domicilio	C/ Yecla 14		
Municipio	Valencia	Código Postal	46021
Provincia	Valencia	Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
e-mail:	alagag@arq.upv.es	Teléfono	678153022
Titulación habilitante según normativa vigente	Arquitecto		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE y CEE Versión 2.0.2149.1160, de fecha 29-dic-2020		

##### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)
<67.70 A 67.70-104 B 104.00-155.2 C 155.20-231.10 D 231.10-442.60 E 442.60-517.80 F =>517.80 G	<15.10 A 15.10-23.2 B 23.20-34.50 C 34.50-51.50 D 51.50-102.30 E 102.30-119.70 F =>119.70 G
378.89 E	79.05 E

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha 29/03/2021

Firma del técnico certificador:

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.  
**Anexo II.** Calificación energética del edificio.  
**Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.  
**Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Organismo Territorial Competente:

## ANEXO 5

### CERTIFICADO ENERGÉTICO CASO N° 2: PAMPACOLCA – MEDIDAS DE MEJORAS PASIVAS

#### CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

##### IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Caso de Estudio 02		
Dirección	Av/Castilla 02		
Municipio	Cáceres	Código Postal	10004
Provincia	Cáceres	Comunidad Autónoma	Extremadura
Zona climática	E1	Año construcción	1900 - 1940
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	Otra		
Referencia/s catastral/es	ninguno		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:	
<input type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="checkbox"/> Edificio Existente
<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda <input checked="" type="checkbox"/> Unifamiliar <input type="checkbox"/> Bloque <input type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual	<input type="checkbox"/> Terciario <input type="checkbox"/> Edificio completo <input type="checkbox"/> Local

##### DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Alonso Cecilio Aguilar Aguirre	NIF/NIE	Y7504166Q
Razón social	Universidad Politécnica de Valencia	NIF	-
Domicilio	Yecla 14		
Municipio	Valencia	Código Postal	46021
Provincia	Valencia	Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
e-mail:	alagag@arq.upv.es	Teléfono	678153022
Titulación habilitante según normativa vigente	Arquitecto		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE y CEE Versión 2.0.2149.1160, de fecha 29-dic-2020		

##### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> -año)	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> -año)
<67.70 A 67.70-104 B 104.00-155.2 C 155.20-231.10 D 231.10-442.60 E 442.60-517.80 F =>517.80 G	<15.10 A 15.10-23.2 B 23.20-34.50 C 34.50-51.50 D 51.50-102.30 E 102.30-119.70 F =>119.70 G
201.93 D	41.68 D

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha 31/03/2021

Firma del técnico certificador:

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.  
**Anexo II.** Calificación energética del edificio.  
**Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.  
**Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Organismo Territorial Competente:

## ANEXO 6

### CERTIFICADO ENERGÉTICO CASO N° 2: PAMPACOLCA – MEDIDAS DE MEJORAS ACTIVAS

#### CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

##### IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

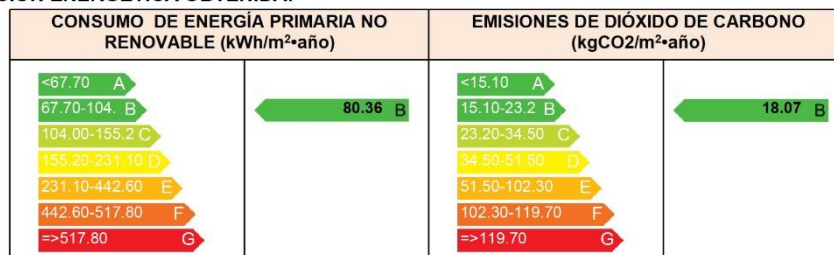
Nombre del edificio	Caso de Estudio 02		
Dirección	Av/Castilla 02		
Municipio	Cáceres	Código Postal	10004
Provincia	Cáceres	Comunidad Autónoma	Extremadura
Zona climática	E1	Año construcción	1900 - 1940
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	Otra		
Referencia/s catastral/es	ninguno		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:	
<input type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="checkbox"/> Edificio Existente
<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda <input checked="" type="checkbox"/> Unifamiliar <input type="checkbox"/> Bloque <input type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual	<input type="checkbox"/> Terciario <input type="checkbox"/> Edificio completo <input type="checkbox"/> Local

##### DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Alonso Cecilio Aguilar Aguirre	NIF/NIE	Y7504166Q
Razón social	Universidad Politécnica de Valencia	NIF	-
Domicilio	Yecla 14		
Municipio	Valencia	Código Postal	46021
Provincia	Valencia	Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
e-mail:	alagag@arq.upv.es	Teléfono	678153022
Titulación habilitante según normativa vigente	Arquitecto		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE y CEE Versión 2.0.2149.1160, de fecha 29-dic-2020		

##### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:



El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha 31/03/2021

Firma del técnico certificador:

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.
- Anexo II.** Calificación energética del edificio.
- Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.
- Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Organismo Territorial Competente:

## ANEXO 7

### CERTIFICADO ENERGÉTICO CASO N° 3: AREQUIPA – ESTADO ACTUAL

#### CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

##### IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Caso de Estudio 03		
Dirección	C/Numero 2 3		
Municipio	Segovia	Código Postal	40001
Provincia	Segovia	Comunidad Autónoma	Castilla y León
Zona climática	E1	Año construcción	2006 - 2013
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	CTE HE 2006		
Referencia/s catastral/es	ninguno		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:	
<input type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="checkbox"/> Edificio Existente
<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda <input checked="" type="checkbox"/> Unifamiliar <input type="checkbox"/> Bloque <input type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual	<input type="checkbox"/> Terciario <input type="checkbox"/> Edificio completo <input type="checkbox"/> Local

##### DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Alonso Cecilio Aguilar Aguirre	NIF/NIE	Y7504166Q
Razón social	Universidad Politécnica de Valencia	NIF	-
Domicilio	Yecla 14		
Municipio	Valencia	Código Postal	46021
Provincia	Valencia	Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
e-mail:	alagag@arq.upv.es	Teléfono	678153022
Titulación habilitante según normativa vigente	Arquitecto		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE y CEE Versión 2.0.2149.1160, de fecha 29-dic-2020		

##### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> -año)	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> -año)																												
<table border="1"> <tr><td>&lt;67.70</td><td>A</td></tr> <tr><td>67.70-104</td><td>B</td></tr> <tr><td>104.00-155.2</td><td>C</td></tr> <tr><td>155.20-231.10</td><td>D</td></tr> <tr><td>231.10-442.60</td><td>E</td></tr> <tr><td>442.60-517.80</td><td>F</td></tr> <tr><td>=&gt;517.80</td><td>G</td></tr> </table>	<67.70	A	67.70-104	B	104.00-155.2	C	155.20-231.10	D	231.10-442.60	E	442.60-517.80	F	=>517.80	G	<table border="1"> <tr><td>&lt;15.10</td><td>A</td></tr> <tr><td>15.10-23.2</td><td>B</td></tr> <tr><td>23.20-34.50</td><td>C</td></tr> <tr><td>34.50-51.50</td><td>D</td></tr> <tr><td>51.50-102.30</td><td>E</td></tr> <tr><td>102.30-119.70</td><td>F</td></tr> <tr><td>=&gt;119.70</td><td>G</td></tr> </table>	<15.10	A	15.10-23.2	B	23.20-34.50	C	34.50-51.50	D	51.50-102.30	E	102.30-119.70	F	=>119.70	G
<67.70	A																												
67.70-104	B																												
104.00-155.2	C																												
155.20-231.10	D																												
231.10-442.60	E																												
442.60-517.80	F																												
=>517.80	G																												
<15.10	A																												
15.10-23.2	B																												
23.20-34.50	C																												
34.50-51.50	D																												
51.50-102.30	E																												
102.30-119.70	F																												
=>119.70	G																												
211.89 D	44.15 D																												

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha 04/04/2021

Firma del técnico certificador:

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.  
**Anexo II.** Calificación energética del edificio.  
**Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.  
**Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Organismo Territorial Competente:

## ANEXO 8

### CERTIFICADO ENERGÉTICO CASO N° 3: AREQUIPA – MEDIDAS DE MEJORAS PASIVAS

#### CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

##### IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Caso de Estudio 03		
Dirección	C/Numero 2 3		
Municipio	Segovia	Código Postal	40001
Provincia	Segovia	Comunidad Autónoma	Castilla y León
Zona climática	E1	Año construcción	2006 - 2013
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	CTE HE 2006		
Referencia/s catastral/es	ninguno		

##### Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="checkbox"/> Edificio Existente
<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda <input checked="" type="checkbox"/> Unifamiliar <input type="checkbox"/> Bloque <input type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual	<input type="checkbox"/> Terciario <input type="checkbox"/> Edificio completo <input type="checkbox"/> Local

##### DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Alonso Cecilio Aguilar Aguirre	NIF/NIE	Y7504166Q
Razón social	Universidad Politécnica de Valencia	NIF	-
Domicilio	Yecla 14		
Municipio	Valencia	Código Postal	46021
Provincia	Valencia	Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
e-mail:	alagag@arq.upv.es	Teléfono	678153022
Titulación habilitante según normativa vigente	Arquitecto		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE y CEE Versión 2.0.2149.1160, de fecha 29-dic-2020		

##### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> -año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> -año)	
<67.70 A	64.93 A	<15.10 A	12.88 A
67.70-104 B		15.10-23.2 B	
104.00-155.2 C		23.20-34.50 C	
155.20-231.10 D		34.50-51.50 D	
231.10-442.60 E		51.50-102.30 E	
442.60-517.80 F		102.30-119.70 F	
=>517.80 G		=>119.70 G	

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha 05/04/2021

Firma del técnico certificador:

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.  
**Anexo II.** Calificación energética del edificio.  
**Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.  
**Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Organismo Territorial Competente:



## ANEXO 9

### CERTIFICADO ENERGÉTICO CASO N° 3: AREQUIPA – MEDIDAS DE MEJORAS ACTIVAS

#### CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

##### IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Caso de Estudio 03		
Dirección	C/Numero 2 3		
Municipio	Segovia	Código Postal	40001
Provincia	Segovia	Comunidad Autónoma	Castilla y León
Zona climática	E1	Año construcción	2006 - 2013
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	CTE HE 2006		
Referencia/s catastral/es	ninguno		

##### Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="checkbox"/> Edificio Existente
<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda <input checked="" type="checkbox"/> Unifamiliar <input type="checkbox"/> Bloque <input type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual	<input type="checkbox"/> Terciario <input type="checkbox"/> Edificio completo <input type="checkbox"/> Local

##### DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Alonso Cecilio Aguilar Aguirre	NIF/NIE	Y7504166Q
Razón social	Universidad Politécnica de Valencia	NIF	-
Domicilio	Yecla 14		
Municipio	Valencia	Código Postal	46021
Provincia	Valencia	Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
e-mail:	alagag@arq.upv.es	Teléfono	678153022
Titulación habilitante según normativa vigente	Arquitecto		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE y CEE Versión 2.0.2149.1160, de fecha 29-dic-2020		

##### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> -año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> -año)	
<67.70 A	53.45 A	<15.10 A	10.94 A
67.70-104 B		15.10-23.2 B	
104.00-155.2 C		23.20-34.50 C	
155.20-231.10 D		34.50-51.50 D	
231.10-442.60 E		51.50-102.30 E	
442.60-517.80 F		102.30-119.70 F	
=>517.80 G		=>119.70 G	

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha 05/04/2021

Firma del técnico certificador:

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.  
**Anexo II.** Calificación energética del edificio.  
**Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.  
**Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Organismo Territorial Competente:

## ANEXO 10

### CERTIFICADO ENERGÉTICO CASO N° 4: CHIVAY – ESTADO ACTUAL

#### CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

##### IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Caso de Estudio 04		
Dirección	C/Leoncio Prado 04		
Municipio	Molina de Aragón	Código Postal	19300
Provincia	Guadalajara	Comunidad Autónoma	Castilla la Mancha
Zona climática	E1	Año construcción	1960 - 1979
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	Otra		
Referencia/s catastral/es	ninguno		

##### Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="checkbox"/> Edificio Existente
<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda <input checked="" type="checkbox"/> Unifamiliar <input type="checkbox"/> Bloque <input type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual	<input type="checkbox"/> Terciario <input type="checkbox"/> Edificio completo <input type="checkbox"/> Local

##### DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Alonso Cecilio Aguilar Aguirre	NIF/NIE	Y7504166Q
Razón social	Universidad Politécnica de Valencia	NIF	-
Domicilio	Yecla 14		
Municipio	Valencia	Código Postal	46021
Provincia	Valencia	Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
e-mail:	alagag@arq.upv.es	Teléfono	678153022
Titulación habilitante según normativa vigente	Arquitecto		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE y CEE Versión 2.0.2149.1160, de fecha 29-dic-2020		

##### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> -año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> -año)	
<67.70 A		<15.10 A	
67.70-104 B		15.10-23.2 B	
104.00-155.2 C		23.20-34.50 C	
155.20-231.10 D		34.50-51.50 D	
231.10-442.60 E		51.50-102.30 E	
442.60-517.80 F		102.30-119.70 F	
=>517.80 G	581.53 G	=>119.70 G	120.31 G

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha 09/04/2021

Firma del técnico certificador:

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.  
**Anexo II.** Calificación energética del edificio.  
**Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.  
**Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Organismo Territorial Competente:

## ANEXO 11

### CERTIFICADO ENERGÉTICO CASO N° 4: CHIVAY – MEDIDAS DE MEJORAS PASIVAS

#### CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

##### IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Caso de Estudio 04		
Dirección	C/Leoncio Prado 04		
Municipio	Molina de Aragón	Código Postal	19300
Provincia	Guadalajara	Comunidad Autónoma	Castilla la Mancha
Zona climática	E1	Año construcción	1960 - 1979
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	Otra		
Referencia/s catastral/es	ninguno		

##### Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="checkbox"/> Edificio Existente
<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda <input checked="" type="checkbox"/> Unifamiliar <input type="checkbox"/> Bloque <input type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual	<input type="checkbox"/> Terciario <input type="checkbox"/> Edificio completo <input type="checkbox"/> Local

##### DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Alonso Cecilio Aguilar Aguirre	NIF/NIE	Y7504166Q
Razón social	Universidad Politécnica de Valencia	NIF	-
Domicilio	Yecla 14		
Municipio	Valencia	Código Postal	46021
Provincia	Valencia	Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
e-mail:	alagag@arq.upv.es	Teléfono	678153022
Titulación habilitante según normativa vigente	Arquitecto		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE y CEE Versión 2.0.2149.1160, de fecha 29-dic-2020		

##### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> -año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> -año)	
<67.70 A		<15.10 A	
67.70-104. B		15.10-23.2 B	
104.00-155.2 C		23.20-34.50 C	
155.20-231.10 D		34.50-51.50 D	
231.10-442.60 E	284.68 E	51.50-102.30 E	57.36 E
442.60-517.80 F		102.30-119.70 F	
=>517.80 G		=>119.70 G	

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha 23/04/2021

Firma del técnico certificador:

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.  
**Anexo II.** Calificación energética del edificio.  
**Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.  
**Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Organismo Territorial Competente:

## ANEXO 12

### CERTIFICADO ENERGÉTICO CASO N° 4: CHIVAY – MEDIDAS DE MEJORAS ACTIVAS

#### CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

##### IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Caso de Estudio 04		
Dirección	C/Leoncio Prado 04		
Municipio	Molina de Aragón	Código Postal	19300
Provincia	Guadalajara	Comunidad Autónoma	Castilla la Mancha
Zona climática	E1	Año construcción	1960 - 1979
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	Otra		
Referencia/s catastral/es	ninguno		

##### Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="checkbox"/> Edificio Existente
<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda <input checked="" type="checkbox"/> Unifamiliar <input type="checkbox"/> Bloque <input type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual	<input type="checkbox"/> Terciario <input type="checkbox"/> Edificio completo <input type="checkbox"/> Local

##### DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Alonso Cecilio Aguilar Aguirre	NIF/NIE	Y7504166Q
Razón social	Universidad Politécnica de Valencia	NIF	-
Domicilio	Yecla 14		
Municipio	Valencia	Código Postal	46021
Provincia	Valencia	Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
e-mail:	alagag@arq.upv.es	Teléfono	678153022
Titulación habilitante según normativa vigente	Arquitecto		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE y CEE Versión 2.0.2149.1160, de fecha 29-dic-2020		

##### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> -año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> -año)	
<67.70 A	26.21 A	<15.10 A	7.38 A
67.70-104 B		15.10-23.2 B	
104.00-155.2 C		23.20-34.50 C	
155.20-231.10 D		34.50-51.50 D	
231.10-442.60 E		51.50-102.30 E	
442.60-517.80 F		102.30-119.70 F	
=>517.80 G		=>119.70 G	

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha 23/04/2021

Firma del técnico certificador:

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.  
**Anexo II.** Calificación energética del edificio.  
**Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.  
**Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Organismo Territorial Competente:

### ANEXO 13

#### CERTIFICADO ENERGÉTICO CASO N° 5: IMATA – ESTADO ACTUAL

#### CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

##### IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Caso de Estudio 05		
Dirección	C/Sin Nombre 05		
Municipio	Seu d'Urgell, La	Código Postal	25700
Provincia	Lleida	Comunidad Autónoma	Cataluña
Zona climática	E1	Año construcción	1979 - 2006
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	ninguno		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:	
<input type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="checkbox"/> Edificio Existente
<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda <input checked="" type="checkbox"/> Unifamiliar <input type="checkbox"/> Bloque <input type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual	<input type="checkbox"/> Terciario <input type="checkbox"/> Edificio completo <input type="checkbox"/> Local

##### DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Alonso Cecilio Aguilar Aguirre	NIF/NIE	Y7504166Q
Razón social	Universidad Politécnica de Valencia	NIF	-
Domicilio	Yecla 14		
Municipio	Valencia	Código Postal	46021
Provincia	Valencia	Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
e-mail:	alagag@arq.upv.es	Teléfono	678153022
Titulación habilitante según normativa vigente	Arquitecto		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE y CEE Versión 2.0.2149.1160, de fecha 29-dic-2020		

##### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> -año)	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> -año)
<67.70 A	<15.10 A
67.70-104. B	15.10-23.2 B
104.00-155.2 C	23.20-34.50 C
155.20-231.10 D	34.50-51.50 D
231.10-442.60 E	51.50-102.30 E
442.60-517.80 F	102.30-119.70 F
=>517.80 G	=>119.70 G
577.74 G	118.04 F

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha 14/04/2021

Firma del técnico certificador:

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.
- Anexo II.** Calificación energética del edificio.
- Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.
- Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Organismo Territorial Competente:

## ANEXO 14

### CERTIFICADO ENERGÉTICO CASO N° 5: IMATA – MEDIDAS DE MEJORAS PASIVAS

#### CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

##### IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Caso de Estudio 05		
Dirección	C/Sin Nombre 05		
Municipio	Seu d'Urgell, La	Código Postal	25700
Provincia	Lleida	Comunidad Autónoma	Cataluña
Zona climática	E1	Año construcción	1979 - 2006
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	ninguno		

##### Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="checkbox"/> Edificio Existente
<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda <input checked="" type="checkbox"/> Unifamiliar <input type="checkbox"/> Bloque <input type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual	<input type="checkbox"/> Terciario <input type="checkbox"/> Edificio completo <input type="checkbox"/> Local

##### DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Alonso Cecilio Aguilar Aguirre	NIF/NIE	Y7504166Q
Razón social	Universidad Politécnica de Valencia	NIF	-
Domicilio	Yecla 14		
Municipio	Valencia	Código Postal	46021
Provincia	Valencia	Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
e-mail:	alagag@arq.upv.es	Teléfono	678153022
Titulación habilitante según normativa vigente	Arquitecto		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE y CEE Versión 2.0.2149.1160, de fecha 29-dic-2020		

##### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> -año)	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> -año)

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha 24/04/2021

Firma del técnico certificador:

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.
- Anexo II.** Calificación energética del edificio.
- Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.
- Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Organismo Territorial Competente:

## ANEXO 15

### CERTIFICADO ENERGÉTICO CASO N° 5: IMATA – MEDIDAS DE MEJORAS ACTIVAS

#### CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

##### IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Caso de Estudio 05		
Dirección	C/Sin Nombre 05		
Municipio	Seu d'Urgell, La	Código Postal	25700
Provincia	Lleida	Comunidad Autónoma	Cataluña
Zona climática	E1	Año construcción	1979 - 2006
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	ninguno		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:	
<input type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="checkbox"/> Edificio Existente
<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda <input checked="" type="checkbox"/> Unifamiliar <input type="checkbox"/> Bloque <input type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual	<input type="checkbox"/> Terciario <input type="checkbox"/> Edificio completo <input type="checkbox"/> Local

##### DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Alonso Cecilio Aguilar Aguirre	NIF/NIE	Y7504166Q
Razón social	Universidad Politécnica de Valencia	NIF	-
Domicilio	Yecla 14		
Municipio	Valencia	Código Postal	46021
Provincia	Valencia	Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
e-mail:	alagag@arq.upv.es	Teléfono	678153022
Titulación habilitante según normativa vigente	Arquitecto		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE y CEE Versión 2.0.2149.1160, de fecha 29-dic-2020		

##### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> -año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> -año)	
<67.70 A	65.71 A	<15.10 A	15.08 A
67.70-104 B		15.10-23.2 B	
104.00-155.2 C		23.20-34.50 C	
155.20-231.10 D		34.50-51.50 D	
231.10-442.60 E		51.50-102.30 E	
442.60-517.80 F		102.30-119.70 F	
=>517.80 G		=>119.70 G	

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha 27/04/2021

Firma del técnico certificador:

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.  
**Anexo II.** Calificación energética del edificio.  
**Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.  
**Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Organismo Territorial Competente: