

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

**“IMPLEMENTACIÓN DE TECHO VERDE COMO SISTEMA PASIVO EN VIVIENDAS RURALES ALTOANDINAS PARA EL DESARROLLO DE POLÍTICAS PÚBLICAS”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**ELABORADO POR  
JOSÉ BENJAMÍN LUCERO CCENCHO**

**ASESOR  
MSc. Ing. EDWARD SANTA MARÍA DÁVILA**

**Lima – Perú  
2020**

© 2020, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

**“El autor autoriza a la UNI a reproducir de la Tesis en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos.”**

Lucero Ccencho, José Benjamín

[jlucero@uni.pe](mailto:jlucero@uni.pe)

982721090

## AGRADECIMIENTOS

Ser egresado de una universidad pública como la Universidad Nacional de Ingeniería, es asumir, de manera intrínseca, un compromiso para con nuestra sociedad. Y es que, la sociedad en su conjunto, a través de sus contribuciones al erario nacional, garantiza el derecho al acceso de la educación universitaria otorgándonos la oportunidad de continuar con nuestra formación académica. Nuestra retribución, es asumir ese compromiso con responsabilidad para ayudar a transformar nuestro entorno con calidad y ejercer nuestra profesión con valores.

Durante mi periplo universitario, he estado acompañado de muchas personas, a quienes mencionarlas sería extender el contenido de este documento con nombres valiosos y muchas anécdotas junto a ellos, pero no quiero dejar de agradecerles infinitamente por estar presentes durante esta etapa y, ahora que ha finalizado, los llevaré presente en cada momento de mi ejercicio profesional.

Las siguientes líneas quiero dedicarlas a personajes muy valiosos quienes han tenido una sana influencia en mí. Primeramente, quiero agradecer a los catedráticos de la FIC UNI, principalmente, a quienes consolidaron sus conocimientos y experiencias profesionales con valores y reforzando nuestra cultura. “La ingeniería es arte”, decía el Ing. Samuel Mora, uno de los ingenieros a quien más recuerdo y recordaré con mucha estima. Asimismo, quiero extender mis agradecimientos a grandes profesionales referentes de nuestra casa de estudios como son el Dr. Pique, Dr. Alva, Dr. Scaletti, Dr. Ibañez, entre otros, por ser pilares de la ingeniería civil en el Perú.

Investigar en el Perú, aún es una tarea difícil, por esta razón, en estas líneas, quiero extender mis agradecimientos al Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil - IIFIC, liderado por el Dr. Miguel Torres durante el periodo que estuve participando, quien hace el esfuerzo de abrir espacios para el debate

académico y de esta manera contribuye a la innovación científica dentro de nuestra facultad.

Asimismo, quiero extender mis agradecimientos a la Ing. Nadia Macavilca por la apertura y la dirección en el desarrollo del proyecto de investigación “Techos verdes” que sirvió como la entrada principal para el desarrollo de la presente tesis. Al Sr. Gonzales, poblador del Centro Poblado de Chuquirpay y, a su familia, por el apoyo brindado durante el desarrollo de esta investigación.

Todas estas experiencias luego de este tiempo de vida universitaria, me trae a la memoria una de las primeras frases que aprendí apenas ingrese a la universidad, la cual comparto con ustedes:

*“La mayor necesidad del mundo es la de hombres que no se vendan ni se compren; hombres que sean sinceros y honrados en lo más íntimo de sus almas; hombres que no teman dar al pecado el nombre que le corresponde; hombres cuya conciencia sea tan leal al deber como la brújula al polo; hombres que se mantengan de parte de la justicia aunque se desplomen los cielos” (Elena G. White)*

Esta frase marco una línea dentro de mi formación y una de mis motivaciones para el ejercicio profesional. Afirmar, una vez más que, el desarrollo de la ingeniería va más allá de la técnica, más allá de solamente el cálculo, porque la ingeniería es humana y debe estar al servicio de las personas, más aun, en una sociedad bastante desigual y con gran déficit en infraestructura, como es la nuestra. Desarrollar la ingeniería, es una responsabilidad que debe ser asumida con capacidad e integridad.

Finalmente, estas últimas líneas son para mi familia, por el incólume apoyo brindado: Mi madre Tomasa Ccencho, mi padre Donato Lucero y mis hermanos Betty, María, Yuly y Joel. Agradecer también, al Ing. Edward Santamaría por la guía en la elaboración del presente documento técnico y, por todas las enseñanzas personales y académicas compartidas.

A todos ellos, muchas gracias.

## **DEDICATORIA**

A las poblaciones de las zonas rurales quienes históricamente han sido sinónimo de dignidad ya que, día a día demuestran un carácter valiente e incólume para luchar, ponerse de pie y perseguir la construcción de una sociedad más justa, con mejor calidad de vida y con mayores oportunidades para con los suyos. A ellos les dedico la presente tesis.

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ÍNDICE</b>   |           |
| <b>AGRADECIMIENTOS</b> .....                              | <b>1</b>  |
| <b>DEDICATORIA</b> .....                                  | <b>3</b>  |
| <b>ÍNDICE</b> .....                                       | <b>4</b>  |
| <b>RESUMEN</b> .....                                      | <b>8</b>  |
| <b>ABSTRACT</b> .....                                     | <b>10</b> |
| <b>LISTA DE TABLAS</b> .....                              | <b>12</b> |
| <b>LISTA DE GRÁFICOS</b> .....                            | <b>14</b> |
| <b>LISTA DE FIGURAS</b> .....                             | <b>15</b> |
| <b>LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS</b> .....                   | <b>18</b> |
| <b>PRÓLOGO</b> .....                                      | <b>19</b> |
| <b>CAPITULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....                     | <b>20</b> |
| 1.1. ANTECEDENTES .....                                   | 20        |
| 1.1.1. A nivel internacional .....                        | 20        |
| 1.1.2. A nivel nacional .....                             | 21        |
| 1.1.3. Casos prácticos en Perú.....                       | 23        |
| 1.2. GENERALIDADES .....                                  | 23        |
| 1.2.1. Planteamiento del Problema.....                    | 23        |
| 1.2.2. Hipótesis.....                                     | 24        |
| 1.2.3. Objetivos de la investigación .....                | 24        |
| 1.2.4. Justificación.....                                 | 25        |
| 1.2.5. Metodología.....                                   | 25        |
| <b>CAPITULO II. FUNDAMENTO TEÓRICO</b> .....              | <b>27</b> |
| 2.1. EL FENÓMENO DE LAS HELADAS .....                     | 27        |
| 2.1.1. Definición.....                                    | 27        |
| 2.1.2. Clasificación de las Heladas .....                 | 27        |
| 2.1.3. Factores que favorecen su formación.....           | 28        |
| 2.1.4. Clasificación de la severidad de las Heladas ..... | 29        |

|                      |   |           |
|----------------------|---|-----------|
| 2.1.5.               | Diferencia entre Heladas y Friaje.....                  | 32        |
| 2.2.                 | VIVIENDAS RURALES.....                                  | 32        |
| 2.2.1.               | La Vivienda Rural Altoandina en el Perú .....           | 32        |
| 2.2.2.               | Características constructivas .....                     | 32        |
| 2.2.3.               | Tipología de las viviendas .....                        | 33        |
| 2.3.                 | TRANSFERENCIA DE CALOR .....                            | 36        |
| 2.3.1.               | Formas de transmisión de calor.....                     | 36        |
| 2.3.2.               | Propiedades térmicas de los materiales .....            | 37        |
| 2.3.3.               | Retardo .....   | 39        |
| 2.3.4.               | Confort térmico.....                                    | 39        |
| 2.4.                 | INFRAESTRUCTURA SOSTENIBLE .....                        | 41        |
| 2.4.1.               | El medio ambiente y la ecoeficiencia .....              | 42        |
| 2.4.2.               | Estándar de Casas Pasivas.....                          | 42        |
| 2.4.3.               | Técnicas y materiales para la construcción pasiva ..... | 44        |
| <b>CAPITULO III.</b> | <b>DIAGNÓSTICO E IMPACTOS DE LAS HELADAS .....</b>      | <b>46</b> |
| 3.1.                 | ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD .....                       | 46        |
| 3.1.1.               | Frecuencia de heladas: .....                            | 46        |
| 3.1.2.               | Temperatura mínima del percentil 10 (TMP10).....        | 47        |
| 3.2.                 | ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD .....                        | 50        |
| 3.3.                 | ESCENARIO DE RIESGOS POR HELADAS .....                  | 52        |
| 3.4.                 | IMPACTOS EN PERSONAS Y RECURSOS.....                    | 54        |
| <b>CAPITULO IV.</b>  | <b>PROPUESTA DE TECHOS VERDES .....</b>                 | <b>55</b> |
| 4.1.                 | DEFINICIÓN.....   | 55        |
| 4.2.                 | ANTECEDENTES .....                                      | 55        |
| 4.2.1.               | Techos Verdes en Países nórdicos .....                  | 55        |
| 4.2.2.               | Cubiertas con vegetales en el Perú .....                | 56        |
| 4.2.3.               | Proyecto de Investigación IIFIC – 2017/2018 .....       | 57        |
| 4.2.4.               | Economía Verde.....                                     | 58        |

|                     |  |            |
|---------------------|--|------------|
| 4.3.                | CONSTRUCCION DE MÓDULOS DE VIVIENDA (MV).....          | 61         |
| 4.3.1.              | Diseño de los Módulos de Vivienda.....                 | 61         |
| 4.3.2.              | Características del diseño de los MV.....              | 61         |
| 4.3.3.              | Proceso Constructivos de los Módulos de Vivienda.....  | 64         |
| 4.4.                | APORTES DE LA PROPUESTA .....                          | 70         |
| 4.4.1.              | Aporte Técnico .....                                   | 70         |
| 4.4.2.              | Aporte Social .....                                    | 71         |
| 4.4.3.              | Aporte Ambiental.....                                  | 71         |
| <b>CAPITULO V.</b>  | <b>DESARROLLO Y ANALISIS EXPERIMENTAL .....</b>        | <b>75</b>  |
| 5.1.                | LUGAR DE ESTUDIO .....                                 | 75         |
| 5.1.1.              | Caracterización del Clima.....                         | 76         |
| 5.1.2.              | Caracterización de la Flora.....                       | 76         |
| 5.1.3.              | Ecosistema según Mapa Ecológico.....                   | 77         |
| 5.2.                | MODELO TEÓRICO.....                                    | 78         |
| 5.2.1.              | Factor Escala .....                                    | 78         |
| 5.2.2.              | Comportamiento térmico de Modelo Teórico .....         | 82         |
| 5.2.3.              | Comportamiento de Humedad del Modelo Teórico.....      | 83         |
| 5.3.                | CARACTERIZACIÓN DE LOS MÓDULOS DE VIVIENDA .....       | 84         |
| 5.4.                | REGISTRO DE DATOS EXPERIMENTALES.....                  | 86         |
| 5.4.1.              | Equipos de Medición .....                              | 86         |
| 5.4.2.              | Instrumentación de Módulos de Vivienda .....           | 88         |
| 5.4.3.              | Desarrollo del Proceso Experimental.....               | 89         |
| 5.4.4.              | Variables de Medición .....                            | 92         |
| 5.5.                | ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES.....         | 92         |
| 5.5.1.              | Resultados del 1 <sup>er</sup> Registro de Datos.....  | 92         |
| 5.5.2.              | Resultados del 2 <sup>do</sup> Registro de Datos ..... | 99         |
| 5.6.                | COMENTARIOS.....                                       | 102        |
| <b>CAPITULO VI.</b> | <b>PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN .....</b>                | <b>103</b> |

|        |  |            |
|--------|--|------------|
| 6.1.   | ANTECEDENTES .....                                   | 103        |
| 6.2.   | LAS POLÍTICAS PÚBLICAS.....                          | 104        |
| 6.2.1. | Definición.....                                      | 104        |
| 6.2.2. | Ciclo de las Políticas Públicas .....                | 104        |
| 6.2.3. | Proyectos de Inversión Pública (PIP).....            | 107        |
| 6.3.   | PROPUESTA DE PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN .....        | 109        |
| 6.3.1. | Nombre del Programa de inversión .....               | 109        |
| 6.3.2. | Identificación .....                                 | 109        |
| 6.3.3. | Objetivo del programa de inversión .....             | 110        |
| 6.3.4. | Descripción de los proyectos de inversión .....      | 111        |
| 6.3.5. | Costos y componentes .....                           | 113        |
| 6.3.6. | Beneficios.....                                      | 116        |
| 6.3.7. | Organización y Gestión .....                         | 117        |
| 6.3.8. | Plan de implementación .....                         | 117        |
| 6.3.9. | Marco lógico .....                                   | 117        |
| 6.4.   | PROPUESTA DE POLÍTICA PÚBLICA PARA LA VIVIENDA RURAL | 119        |
| 6.4.1. | Antecedentes .....                                   | 119        |
| 6.4.2. | Objetivos prioritarios y lineamientos .....          | 131        |
| 6.4.3. | Provisión de servicios y estándares.....             | 133        |
| 6.4.4. | Seguimiento y evaluación.....                        | 134        |
| 6.4.5. | Glosario y acrónimos.....                            | 135        |
|        | <b>CONCLUSIONES.....</b>                             | <b>136</b> |
|        | <b>RECOMENDACIONES.....</b>                          | <b>138</b> |
|        | <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>                             | <b>140</b> |
|        | <b>ANEXOS .....</b>                                  | <b>145</b> |

## RESUMEN

El Perú es un país con una geografía diversa cuyas bondades son inmensas y favorecen nuestro desarrollo. No obstante, también traen consigo ciertos fenómenos que son naturales pero que pueden impactar preocupantemente dada ciertas condiciones de vulnerabilidad. Más aún resulta incrementado dentro del proceso actual del Cambio Climático, en donde muchos de estos fenómenos se han intensificado. En tal sentido, la presente tesis aborda una situación actual y recurrente relacionada a uno de los fenómenos naturales más conocidos que ocurre en el Perú y que impacta, de manera directa, en la vida y el normal desarrollo de las actividades productivas de las poblaciones que habitan las zonas rurales altoandinas. Se trata de los efectos del fenómeno de las heladas.

Es conocido que, las viviendas ubicadas en las zonas rurales, son edificaciones que en su mayoría han sido autoconstruidas haciendo uso del adobe y/o tapial como material principal para los muros y, calaminas como una cobertura moderna de bajo costo. Sin embargo, este último, es construido de un material que, técnicamente, no justifica su uso masivo en lugares donde la temperatura llega a niveles críticos debido al fenómeno de las heladas.

A partir de este diagnóstico, se ha hecho visible el déficit cuantitativo y cualitativo de la vivienda rural de las zonas altoandinas. Diversos proyectos públicos y privados, han mostrado un interés en este campo con la finalidad de orientar los esfuerzos al desarrollo de nuevas técnicas y aplicarlas en la construcción, mantenimiento y mejora de las viviendas. A nivel del sector público, las intervenciones tomaron mayor relevancia a partir de la creación del Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social quienes en coordinación con otras entidades, han ido incrementando los recursos, de manera progresiva, para el logro del cierre de brechas en este campo. Sin embargo, aún existe la necesidad de reenfocar los esfuerzos en fortalecer las capacidades de los programas nacionales para el crecimiento de la inversión en el campo de la vivienda rural que asegure la

generación de nuevas técnicas con materiales tradicionales, su aplicación y la sostenibilidad de la mano de las propias comunidades.

En ese sentido, la presente tesis integra dos partes fundamentales: la primera, desarrollada con un enfoque puramente técnico y; la segunda, orientado al desarrollo de acciones públicas a través de políticas nacionales.

A partir de dichos enfoques, se describe las características esenciales de la propuesta de techos verdes, como sistema pasivo, implementado en la vivienda rural con la finalidad de lograr la mejora del confort térmico. Los módulos de vivienda construidos para la etapa de experimentación mantienen las características esenciales de una vivienda rural y, complementariamente, recogen las recomendaciones que brinda el Reglamento Nacional de Edificaciones, en la Norma E. 080 “Adobe”, y los manuales de construcción en adobe desarrollados por el Ministerio de Vivienda.

Como resultado, se ha obtenido un incremento de hasta 3°C en la temperatura interna de la vivienda acondicionada con techo verde en comparación con la temperatura interna de una vivienda con cobertura de calamina. Estas diferencias se incrementan hasta los 6° C, si la comparación se realiza entre la temperatura interna del modelo con techo verde frente a la temperatura del medio ambiente.

Finalmente, la presente tesis considera importante que el desarrollo de estas nuevas técnicas debe plasmarse en la sociedad para beneficio de quienes lo necesiten. Es por ello que, adicionalmente, se realiza el ejercicio académico que plantea un Programa de Inversión para la Implementación de los Techos Verdes bajo los requerimientos mínimos que indica el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones Invierte.pe. De manera complementaria y, como análisis final, se presenta una propuesta de Política Pública que aborda, de una forma generalizada, el desarrollo de la Vivienda Rural con la finalidad de que sea considerado como el punto de partida para la apertura de un debate más profundo que abarque el Desarrollo Integral de las Zonas Rurales del Perú.

## ABSTRACT

Peru is a country with a diverse geography whose benefits are immense and favor our development. However, they also bring with them certain phenomena that are natural but that can have a worrying impact given certain conditions of vulnerability. Moreover, it is increased within the current process of Climate Change, where many of these phenomena have intensified. In this regard, this thesis deals with a current and recurrent situation related to one of the best known natural phenomena that occurs in Peru and that impacts, in a direct way, on the life and normal development of productive activities of the populations that inhabit the high Andean rural areas. It is the effects of the frost phenomenon.

It is known that the houses located in rural areas are buildings that have mostly been self-built using adobe and / or rammed earth as the main material for the walls and fiber cement, as a modern cover of low cost. However, the latter is a material that, technically, does not justify its massive use in places where the temperature reaches critical levels due to the frost phenomenon.

Based on this diagnosis, the quantitative and qualitative deficit of rural housing in the high Andean areas has become visible. Various public and private projects have shown an interest in this field with the aim of directing efforts towards the development of new techniques and applying them in the construction, maintenance and improvement of housing. At the public sector level, interventions took on greater relevance from the creation of the Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social (Ministry of Development and Social Inclusion), which, in coordination with other entities, has progressively increased resources to close gaps in this field. However, there is still a need to refocus efforts on strengthening the capacities of national programs for the growth of investment in the field of rural housing that ensures the generation of new techniques with traditional materials, their application and the sustainability in the hand of the communities themselves.

In this sense, this thesis integrates two fundamental parts: the first one, developed with a completely technical approach and; the second one, oriented to the development of public actions through national policies.

From these approaches, the essential characteristics of the green roof proposal are described, as a passive system, implemented in rural housing in order to achieve the improvement of thermal comfort. The housing modules built for the experimental stage maintain the essential characteristics of a rural house and, in addition, collect the recommendations provided by the National Building Regulations, in Standard E. 080 "Adobe", and adobe construction manuals developed by the Ministry of Housing.

As a result, an increase of up to 3°C has been obtained in the internal temperature of the house equipped with a green roof compared to the temperature of a house with calamine covering. These differences increase to 6° C, if the comparison is made between the internal temperature of the model with green roof versus the temperature of the environment.

Finally, this thesis considers it important that the development of these new techniques should be reflected in society for the benefit of those who need it. That is why, additionally, the academic exercise that raises an Investment Program for the Implementation of Green Roofs is carried out under the minimum requirements indicated by the National System of Multi-Annual Programming and Investment Management Invierte.pe. In a complementary way and, as a final analysis, a Public Policy proposal is presented that addresses, in a generalized way, the development of Rural Housing in order to be considered as the starting point for the opening of a more profound debate that encompasses the Integral Development of the Rural Areas of Peru.

## LISTA DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla II.1. Resumen de la clasificación de las Heladas.....   | 28 |
| Tabla II.2. Factores que favorecen la formación de heladas. ....  | 28 |
| Tabla II.3. Severidad de las heladas meteorológicas. ....   | 29 |
| Tabla II.4. Materiales empleados en la construcción de viviendas rurales. ....                          | 33 |
| Tabla II.5. Simbolización para la caracterización de viviendas.....                                     | 34 |
| Tabla II.6. Tipologías de la vivienda rural.....  | 35 |
| Tabla III.1. Clasificación de los parámetros de evaluación. ....  | 49 |
| Tabla III.2. Niveles de vulnerabilidad según NBI.....   | 51 |
| Tabla III.3. Población y viviendas con nivel de alta y muy alta vulnerabilidad, por departamentos.....  | 51 |
| Tabla III.4. Población y viviendas según el nivel de riesgo por heladas. ....                           | 53 |
| Tabla III.5. Población y viviendas con el nivel de riesgo muy alto por heladas, según departamento..... | 53 |
| Tabla III.6. Daños personales y materiales ocasionados por la ocurrencia de heladas, 2018. ....         | 54 |
| Tabla IV.1. Equipo de profesionales del proyecto de investigación.....                                  | 58 |
| Tabla IV.2. Diferencia entre la las economías marrón y verde. ....                                      | 59 |
| Tabla IV.3. Sectores productivos fundamentales para lograr la transición hacia la economía verde.....   | 59 |
| Tabla IV.4. Metas a las cuales la propuesta de Techos verdes contribuye. ....                           | 73 |
| Tabla V.1. Características de la zona de vida Páramo Húmedo Subalpino Tropical. ....                    | 78 |
| Tabla V.2. Escala de referencia usada para la presente investigación.....                               | 79 |
| Tabla V.3. Lista de características higrotérmicas de los materiales de construcción. ....               | 81 |
| Tabla V.4. Caracterización de los Módulos de Vivienda.....  | 85 |
| Tabla V.5. Especificaciones Técnicas del Termohigrómetro. ....  | 87 |

---

|  |     |
|--|-----|
| Tabla V.6. Programación Experimental.....  | 89  |
| Tabla V.7. Cuadro parcial del cálculo de variaciones térmicas.....   | 93  |
| Tabla V.8. Cuadro parcial del cálculo de variaciones térmicas.....   | 96  |
| Tabla VI.1. Propuesta del nivel institucional para el desarrollo del programa...   | 111 |
| Tabla VI.2. Localización geográfica del programa de inversión.....   | 112 |
| Tabla VI.3. ACU de instalación de madera perimetral.....   | 114 |
| Tabla VI.4. ACU de instalación de tubería de evacuación.....   | 114 |
| Tabla VI.5. ACU de instalación de sustrato y componentes.....  | 115 |
| Tabla VI.6. Propuesta económica inicial del programa de inversión. ....  | 115 |
| Tabla VI.7. Componentes del Programa de Inversión.....   | 116 |
| Tabla VI.8. Marco Lógico del programa de inversión. ....   | 118 |
| Tabla VI.9. Metodología para el diseño y formulación de la política pública....  | 121 |
| Tabla VI.10. Objetivos y Lineamientos de la política pública.....  | 131 |
| Tabla VI.11. Provisión de servicios mínimos alineados al cumplimiento de los<br>objetivos de la política nacional de vivienda rural..... | 133 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|  |     |
|--|-----|
| Gráfico V.1. Tiempo vs Temperatura interna del Modelo Teórico. ....              | 83  |
| Gráfico V.2. Tiempo vs Humedad de Modelo Teórico. ....                           | 83  |
| Gráfico V.3. Tiempo vs Temperatura (MC-0 / MV-1). ....                           | 95  |
| Gráfico V.4. Comparación de temperaturas para MC-0 / MV-1. ....                  | 96  |
| Gráfico V.5. Tiempo vs Temperatura (MC-0 / MV-3) ....                            | 98  |
| Gráfico V.6. Comparación de temperaturas para MV-3. ....                         | 99  |
| Gráfico V.7. Tiempo vs Temperatura (MC-0 / MV-2) ....                            | 100 |
| Gráfico V.8. Comparación de temperaturas para MC-0 / MV-2. ....                  | 101 |
| Gráfico V.9. Comparación de temperaturas para MC-0 / MV-2. ....                  | 102 |
| Gráfico VI.1. Material predominante en techos en viviendas del ámbito rural. .   | 109 |
| Gráfico VI.2. Material predominante en viviendas. ....                           | 124 |
| Gráfico VI.3. Material predominante en viviendas del ámbito rural. ....          | 124 |
| Gráfico VI.4. Material predominante en pisos en viviendas del ámbito rural. .... | 125 |
| Gráfico VI.5. Porcentaje de Vivienda Rural por departamento. ....                | 128 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura I.1. Resumen del marco histórico de la evolución de la vivienda rural peruana. .... | 22 |
| Figura II.1. Tipos de helada. ....   | 27 |
| Figura II.2. Temperatura mínima absoluta de registro histórico.....                        | 30 |
| Figura II.3. Mapa de frecuencia de heladas ( $T_{\min} \leq 0^{\circ} \text{C}$ ). ....    | 31 |
| Figura II.4. Componentes de una vivienda rural.....  | 34 |
| Figura II.5 Transferencia de calor en una vivienda.....                                    | 37 |
| Figura II.6. Esquema de transferencia térmica en elemento constructivo. ....               | 38 |
| Figura II.7. Representación gráfica del tiempo de retardo y amortiguamiento....            | 39 |
| Figura II.8. Zona de confort mostrado en el gráfico psicométrico. ....                     | 40 |
| Figura II.9. Las cuatro dimensiones de la Sostenibilidad en Infraestructura. ....          | 41 |
| Figura II.10. Esquema de Envoltente térmica de una edificación. ....                       | 44 |
| Figura III.1. Mapa de frecuencia de heladas. ....  | 47 |
| Figura III.2. Mapa de temperaturas mínimas P10. ....                                       | 48 |
| Figura III.3. Niveles de susceptibilidad a la ocurrencia de heladas. ....                  | 50 |
| Figura III.4. Escenarios de riesgo por helada a nivel de centros poblados.....             | 52 |
| Figura IV.1. Viviendas típicas en las Islas Feroe.....                                     | 56 |
| Figura IV.2. Cubierta típica de las viviendas incas empleando ichu. ....                   | 57 |
| Figura IV.3. Módulo de vivienda con techo verde.....                                       | 58 |
| Figura IV.4. Fabricación de las unidades de albañilería de adobe. ....                     | 61 |
| Figura IV.5. Plano de la Vista en Planta – Anexo 4.1.....                                  | 62 |
| Figura IV.6. Cimiento y Sobrecimiento para los MV. ....                                    | 63 |
| Figura IV.7. Estructura de la cubierta vegetal para los MV.....                            | 63 |
| Figura IV.8. Módulos de Vivienda con su respectiva codificación. ....                      | 64 |
| Figura IV.9. Trazo y replanteo.....  | 64 |
| Figura IV.10. Movimiento de tierra para cimentación. ....                                  | 65 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura IV.11. Vaciado de concreto para cimentación. ....  | 65  |
| Figura IV.12. Construcción del muro de adobe. ....  | 66  |
| Figura IV.13. Instalación de Viga Collar – Elemento de Arriostre. ....  | 66  |
| Figura IV.14. Instalación de techo con cubierta de calamina. ....   | 67  |
| Figura IV.15. Instalación de madera perimetral para techo verde. ....   | 67  |
| Figura IV.16. Impermeabilización con pintura bituminosa. ....   | 68  |
| Figura IV.17. Instalación de Mac Drain. ....  | 68  |
| Figura IV.18. Colocación de capa de sustrato y plantación de esquejes. ....   | 69  |
| Figura IV.19. Componentes de los Módulos de Vivienda. ....  | 70  |
| Figura IV.20. Objetivos de Desarrollo Sostenible. ....  | 72  |
| Figura V.1. Ubicación del distrito de Santa Bárbara de Carhuacayán – Lugar de estudio. ....   | 75  |
| Figura V.2. Regiones naturales del Perú. ....   | 76  |
| Figura V.3. Diagrama bioclimático de zonas de vida del sistema Holdridge. ....  | 77  |
| Figura V.4. Número acumulado de escalas para los modelos funcionales a escala para edificios clasificados por el campo fenomenológico. ....                   | 79  |
| Figura V.5. Modelo simplificado del Módulo de Vivienda en el Sketchup bajo la interfaz del Legacy Open Studio entre los softwares Sketchup y Energy plus. ... | 81  |
| Figura V.6. Termohigrómetro. ....   | 87  |
| Figura V.7. Ubicación de los termohigrómetros en los módulos de vivienda. ....  | 88  |
| Figura V.8. Representación gráfica de la data mediante software. ....   | 90  |
| Figura V.9. Formato de exportación de la data registrada según el Data Logger. ....   | 90  |
| Figura V.10. Formato de registro para la comparación de temperaturas. ....  | 91  |
| Figura V.11. Desarrollo del Proceso Experimental. ....  | 92  |
| Figura V.12. Exportación de la data registrada por los termohigrómetros en formato .xls. ....   | 93  |
| Figura VI.1. Etapas y Pasos de una Política Nacional. ....  | 104 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura VI.2. La Evaluación en el Ciclo de Desarrollo de la Política Pública..... | 107 |
| Figura VI.3. El ciclo de inversión de un PIP. ....                               | 108 |
| Figura VI.4. Distritos a intervenir en el marco del programa de inversión.....   | 113 |
| Figura VI.5. Análisis de susceptibilidad.....                                    | 129 |
| Figura VI.6. Modelo de Problema Público a través de un Árbol de Problemas.       | 130 |

## LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

|                 |  |
|-----------------|--|
| <b>BFH</b>      | Bono Familiar Habitacional.  |
| <b>BID</b>      | Banco Interamericano de Desarrollo   |
| <b>CENEPRED</b> | Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. |
| <b>CEPAL</b>    | Comisión Económica para América Latina y el Caribe.                            |
| <b>CEPLAN</b>   | Centro Nacional de Planeamiento Estratégico.                                   |
| <b>ENAH0</b>    | Encuesta Nacional de Hogares.  |
| <b>FAO</b>      | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura      |
| <b>FONCODES</b> | Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social                                 |
| <b>IIFIC</b>    | Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil.                 |
| <b>INEI</b>     | Instituto Nacional de Estadística e Informática.                               |
| <b>MC-0</b>     | Módulo de control.   |
| <b>MIDIS</b>    | Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social.                                   |
| <b>MV-1</b>     | Módulo de Vivienda 1.  |
| <b>MV-2</b>     | Módulo de Vivienda 2.  |
| <b>MV-3</b>     | Módulo de Vivienda 3.  |
| <b>MVCS</b>     | Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.                            |
| <b>OCDE</b>     | Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos                    |
| <b>ODM</b>      | Objetivos de Desarrollo del Milenio  |
| <b>ODS</b>      | Objetivo de Desarrollo Sostenible  |
| <b>PCM</b>      | Presidencia del Consejo de Ministros   |
| <b>PNVR</b>     | Programa Nacional de Vivienda Rural  |
| <b>PNUD</b>     | Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo                             |
| <b>RNE</b>      | Reglamento Nacional de Edificaciones   |
| <b>SENAMHI</b>  | Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.                       |
| <b>SENCICO</b>  | Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción.        |
| <b>SERNANP</b>  | Servicio Nacional de Áreas Naturales protegidas por el Estado                  |
| <b>UNI</b>      | Universidad Nacional de Ingeniería.  |

## PRÓLOGO

Los materiales de construcción tradicionales, como el adobe o las cubiertas de tejas sobre madera y barro, tienen baja huella energética y ambiental, debido al bajo contenido de energía primaria que se invierte en la fabricación de los componentes. En los últimos tiempos, se ha experimentado el cambio de tecnología de materiales de construcción, reemplazando el adobe cocido al sol por ladrillos, cemento y concreto, principalmente por su menor huella geométrica (los nuevos materiales requieren menos espesores) y por la altura de la edificación.

En el caso de las coberturas, los techos de calamina (planchas de acero galvanizado con protección de zinc de espesor de 0.25 +/- .05 mm, onduladas) han ido reemplazando progresivamente los clásicos techados de tejas andinas. Este material es muy rápido de instalar, es de bajo precio y es accesible para todos los segmentos de la población. Sin embargo, su huella ambiental de fabricación es muy alta y los efectos en la conservación térmica han afectado la salud de las poblaciones expuestas a bajas temperaturas.

En la presente tesis se evalúa la opción de retornar a un tipo de cobertura tradicional, con mayor inercia térmica que aumentaría la conservación de energía en los ambientes interiores de las viviendas rurales. La pertinencia de la investigación está largamente justificada por los impactos en la salud pública de coberturas frágiles que permiten el desarrollo de enfermedades respiratorias, por lo que se debe tomar acciones a partir de los hallazgos y propuestas presentados a lo largo del presente documento.

Este archivo documental forma parte de una experiencia de investigación, fomentado por el Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI (IIFIC), lo que permite el desarrollo de investigación básica y aplicada para afrontar los problemas cotidianos de la sociedad peruana.

## CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. ANTECEDENTES

La humanidad a través de la historia ha demostrado tener la capacidad de adaptarse a condiciones extremas con el fin de garantizar la existencia de su especie. Es así que, desde la primera glaciación, época en la cual comienza las primeras migraciones del hombre al continente americano, los primeros hombres se fueron estableciendo en lugares cuyas condiciones térmicas no eran las más favorables. Sin embargo, gracias al desarrollo del trabajo como condición básica y fundamental de la vida humana, como sustenta Friedrich Engels en su libro “El papel del trabajo en la transformación del mono en hombre”, ellos pudieron adaptarse haciendo uso de materiales naturales para su supervivencia (Friedrich, 1876).

Tiempo más adelante, cuando los grupos humanos comenzaban finalmente a asentarse y disponiendo de herramientas más especializadas, aparecieron las primeras viviendas primitivas, cuyas características dependían fundamentalmente del contexto medio ambiental donde se desarrollaban. La vivienda, como nuevo elemento, se convirtió en el principal centro de protección ante cualquier peligro y en la unidad fundamental para la conformación de las futuras civilizaciones.

En todo este periodo de evolución y desarrollo del ser humano, el hombre ha sido capaz de acondicionarse a su medio empleando materiales naturales y desarrollando técnicas especializadas para otorgar a su vivienda condiciones mínimas de protección.

Específicamente, para la protección ante climas extremos, a nivel mundial, se han desarrollado una serie de técnicas y elementos que fueron empleados para mejorar las condiciones de habitabilidad y confort de la vivienda bajo las condiciones al límite.

#### 1.1.1. A nivel internacional

Los países nórdicos, son lugares donde la temperatura del ambiente alcanza cifras extremas. Sin embargo, estos países han podido superar con bastante satisfacción el desafío de las bajas temperaturas. Verbigracia, los países nórdicos ubicados al noreste de Europa central, cuyas temperaturas mínimas en promedio llegan a  $-20^{\circ}$  C, diseñaron tecnologías propias que permitieron su adaptación y desarrollo como sociedad dentro de un ambiente con condiciones extremas.

Ellos proyectaron un sistema de viviendas utilizando las turbas o champas, que poseen un gran aislamiento térmico, como material de cobertura. Estas prácticas están documentadas desde el siglo IX a. c. y con el tiempo, mediante mejoras arquitectónicas y materiales desarrollados industrialmente, han seguido usándose en las viviendas de las zonas rurales de estos países, obteniendo resultados importantes (Houdart & Houdart, 2003).

#### 1.1.2. A nivel nacional

Existen registros que documentan que, en el Perú, desde la época pre-hispánica, los habitantes de esta parte del continente se fueron adaptando satisfactoriamente a lo largo del territorio y a lo alto de los diferentes pisos ecológicos.

Las viviendas durante esta época, recogieron el conocimiento empírico de una sociedad que se iba consolidando y adoptando una forma de vida frente a la geografía que se les presentaba. Este conocimiento sobrevive aún en muchas zonas del Perú, principalmente en áreas rurales donde las viviendas reflejan características propias de las viviendas que las culturas pre-incas e Inca, poseían.

Un claro ejemplo son las viviendas de las zonas altoandinas; ambientes individuales, separados, empleando la piedra como material de construcción, con techos a una o dos aguas acompañadas de una cubierta de paja. Esta configuración se mantiene hasta la actualidad con ligeras modificaciones, principalmente, en los materiales de construcción.

En la figura I.1, se resume la evolución de la vivienda rural andina mostrando que las características esenciales se mantienen a lo largo de los años.



Figura I.1. Resumen del marco histórico de la evolución de la vivienda rural peruana.

Fuente: (Palma, 2017)

### 1.1.3. Casos prácticos en Perú

Los esfuerzos en nuestro país no son ajenos a estos desafíos ambientales, ya que se han venido desarrollado investigaciones con el fin de lograr la mejora del confort térmico en las viviendas rurales del Perú. Los ductos solares, cielos rasos, pisos aislantes, cocinas mejoradas, claraboyas y muros trombe, fueron investigaciones promovidas por el Grupo PUCP, el Centro de Energía Renovables (CER – UNI) y SENCICO, los cuales fueron desarrollados bajo los criterios de construcción de un sistema de captación y conservación de la temperatura interna, ventilación e iluminación; a estándares que la hacen saludable especialmente en épocas de frío intenso (MVCS, 2016).

Finalmente, dentro del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI, se ha venido desarrollando el proyecto “Techos verdes acondicionado a viviendas rurales de las zonas altoandinas del Perú (altitud > 3500 msnm)”, cuya información y resultados será uno de los insumos principales para el desarrollo de la presente tesis.

## 1.2. GENERALIDADES

### 1.2.1. Planteamiento del Problema

El Acuerdo Nacional lanzado en el 2002, fue un conjunto de decisiones multipartidarios cuyo fin fue establecer una agenda nacional para fortalecer diversas capacidades y priorizar los sectores más débiles de nuestro país.

Uno de los ejes, la Política Nacional N° 21 orientado al desarrollo de la Infraestructura y Vivienda, se enfocó en mejorar las condiciones para densificar la vivienda en el Perú; sin embargo, dentro de esa política no existe un lineamiento que haga énfasis en el desarrollo de la vivienda rural, ya que esta, en una gran cantidad, se estima un 30%, no cuentan con las condiciones básicas para ser habitables. En el mismo sentido, al no haber una política de estado que enfatice aquello, los gobiernos subnacionales (Gov. Regional y Municipalidades) tampoco muestran el interés debido hacia este sector.

Más aún que una gran cantidad de viviendas de este tipo, se encuentran en zonas propensas a la ocurrencia del fenómeno de las heladas. En consecuencia, dado que este sector avanza lentamente, las viviendas en esta zona no pueden otorgar el confort que debería, por tal razón, anualmente, el MINSA registra en promedio 3 millones de casos de infecciones respiratorias agudas en los niños menores de

cinco años. La mayor cantidad de casos de neumonía se registra en los grupos de niños menores de 1 año y de 1 a 5 años, estos suman el 50% del total de casos reportados y, un 10% del total, corresponden a los mayores de 65 años (OPS/OMS, 2014).

La vivienda, por consiguiente, es una unidad fundamental del desarrollo que debería ser el espacio que garantice un mínimo de confort térmico y que evite a sus habitantes la constante exposición a temperaturas extremas. Sin embargo, el estado actual de las viviendas rurales altoandinas, no asegura dicha protección para con sus habitantes. Se evidencia, por lo tanto, una deficiencia cualitativa en este tipo de viviendas en cuanto a la infraestructura y al uso de nuevas técnicas, que aseguren la protección y que brinden una mejor calidad de vida a las familias (MVCS, 2016).

Ante esta situación surge la siguiente interrogante ¿cómo podemos mejorar la calidad térmica de las viviendas rurales altoandinas?

### 1.2.2. Hipótesis

#### 1.2.2.1. *Hipótesis Principal*

La implementación del programa de techos verdes mejora el aislamiento en viviendas rurales y el confort térmico interior.

#### 1.2.2.2. *Hipótesis Secundaria*

La implementación del sistema de techos verdes en las viviendas rurales altoandinas mejora el comportamiento térmico de la vivienda hasta en 5° C por encima de la temperatura ambiental y permite que la pérdida de calor sea mínima en el tiempo.

Asimismo, la implementación del programa de viviendas techos verdes colabora en el desarrollo de la política pública relacionado al mejoramiento de la vivienda rural y urbana.

### 1.2.3. Objetivos de la investigación

#### 1.2.3.1. *Objetivo principal*

Proponer un programa de implementación de sistemas pasivos de conservación térmica para vivienda rurales orientadas al cumplimiento de las políticas públicas.

### 1.2.3.2. *Objetivos secundarios*

Proponer un sistema pasivo para viviendas unifamiliares rurales altoandinas, como una solución sostenible de mejora de viviendas unifamiliares rurales del Perú ubicadas a altitudes superiores a los 3000 msnm.

Desarrollar un sistema de aislamiento que alcance una temperatura interna mínima de 5° C por encima de la temperatura exterior mediante la adaptación del sistema de viviendas con Techo Verde.

Proponer ideas que sumen al cumplimiento de la Política pública N°21 “Desarrollo de Infraestructura y Vivienda” mediante un programa de implementación de techos verdes como sistema pasivo de construcción.

### 1.2.4. Justificación

El fundamento para la presente tesis deriva de la necesidad que existe en reducir los impactos negativos en la salud que causan las bajas temperaturas a los habitantes de la vivienda rural, en consecuencia, el resultado que se persigue, es mejorar la calidad de las condiciones de habitabilidad, ambientales y de eficiencia de las viviendas rurales, principalmente enfocados en:

- Lo técnico – académico, aportar un sistema constructivo de carácter pasivo cuya aplicación para el ámbito rural no registra antecedentes en el Perú.
- Lo social, reducir los casos de Infecciones Respiratorias Agudas por la constante exposición a temperaturas extremas y proponer una política nacional que se enfoque en el desarrollo de la vivienda rural.

### 1.2.5. Metodología

Los primeros meses se revisará bibliografía especializada, ahondando en el estado del arte del fenómeno de las heladas dentro del contexto en el que el Perú se desarrolla.

De esta manera, a partir de la revisión de estudios de tipología de viviendas rurales, se harán observaciones que permitan identificar características comunes de estas viviendas. Asimismo, se incluirá el análisis de los planes nacionales orientados a la mejora de la vivienda rural y cuáles son las características más esenciales de los planes de otros países.

A partir de los datos que fueron obtenidos durante el desarrollo del proyecto de investigación “Propuesta de Techos Verdes para viviendas rurales altoandinas

(altitud >3500 msnm)” se analizaran los resultados que valide el funcionamiento del techo verde como sistema pasivo.

En el siguiente mes, se realizarán mediciones complementarias de temperatura en un módulo de vivienda real para validar un modelo teórico que será desarrollado haciendo uso del software EnergyPlus.

Finalmente se planteará un programa en concordancia a los planes del Ministerio de Vivienda para la implementación de un sistema pasivo en viviendas rurales.

## CAPITULO II. FUNDAMENTO TEÓRICO

### 2.1. EL FENÓMENO DE LAS HELADAS

#### 2.1.1. Definición

Con el fin de identificar las heladas a nivel regional, la mejor definición para este fenómeno es desde el punto de vista meteorológico.

Las heladas son fenómenos meteorológicos que ocurren principalmente por la disminución de la nubosidad en los andes. Desde el punto de vista meteorológico, una helada se produce cuando existe un descenso crítico de la temperatura hasta llegar a los 0° C o menos. Esta observación usualmente se verifica con el termómetro de mínimas instalado en las casetas meteorológicas (Senamhi-FAO, 2010).

#### 2.1.2. Clasificación de las Heladas

Las heladas es un fenómeno que en el Perú ha sido ampliamente estudiado por el Senamhi, quien las ha clasificado de la siguiente manera:

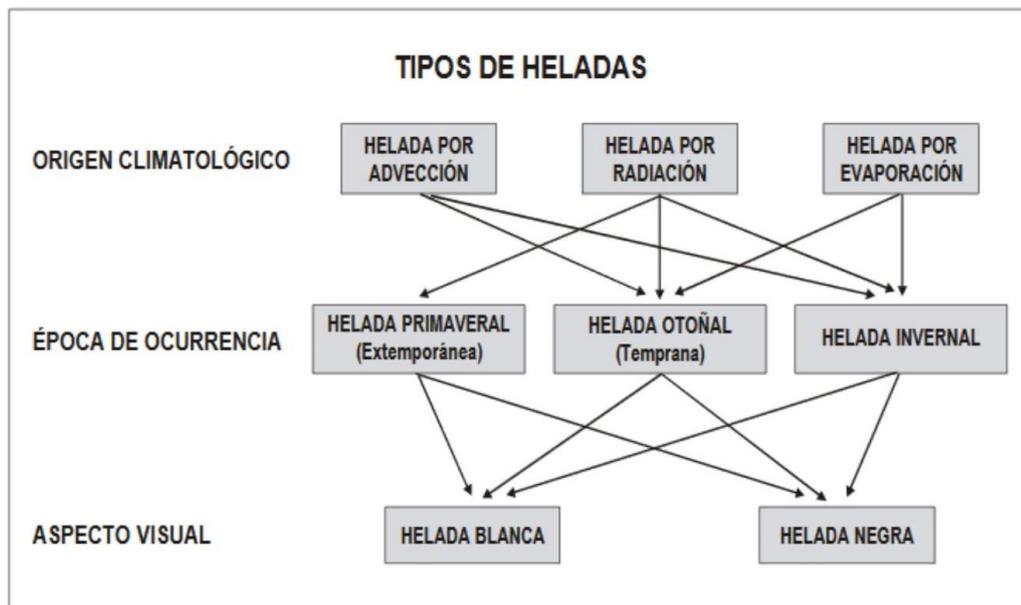


Figura II.1. Tipos de helada.

Fuente: (Matías, 2017)

De manera general, en la tabla II.1, se describe, de forma resumida, las características principales de los distintos tipos de heladas.

Tabla II.1. Resumen de la clasificación de las Heladas.

Elaboración propia. Fuente: (Senamhi-FAO, 2010).

| <b>Clasificación de las Heladas</b> |  |
|-------------------------------------|--|
| Por su origen                       | Heladas de Advección: <i>Por desplazamiento de masas de aire frío.</i>                             |
|                                     | Heladas de Radiación: <i>Por ausencia de nubosidad y la baja concentración de vapor de agua.</i>   |
|                                     | Helada de evaporación: <i>Por la evaporación de aguas depositada sobre las plantas.</i>            |
| Por la época en que ocurren         | Heladas primaverales: <i>Son las más dañinas y afectan a las plantas en su periodo más activo.</i> |
|                                     | Heladas otoñales: <i>Son perjudiciales para los cultivos y su desarrollo.</i>                      |
|                                     | Heladas invernales: <i>Se forman si la temperatura ambiente disminuye notablemente.</i>            |
| Por el aspecto visual               | Helada negra: <i>Baja humedad y pérdida radiativa intensa.</i>                                     |
|                                     | Helada blanca: <i>Condensación de vapor de agua y su congelamiento sobre las plantas.</i>          |

### 2.1.3. Factores que favorecen su formación

Los factores que propician la formación de heladas se resumen en la siguiente tabla:

Tabla II.2. Factores que favorecen la formación de heladas.

Elaboración propia. Fuente: (Senamhi-FAO, 2010).

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| <b>Factores Macro climáticos</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Latitud y altitud.</li> <li>• Continentalidad y oceanidad.</li> <li>• Masa del aire polar.</li> </ul>                 |
| <b>Factores topo climáticos</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relacionado a las condiciones de relieve del territorio.</li> </ul>   |
| <b>Factores meteorológicos</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cielo despejado.</li> <li>• Cielo despejado durante la noche.</li> <li>• Viento en calma durante la noche.</li> </ul> |

|   |  |
|---|--|
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo contenido de vapor de agua en la atmosfera.</li> <li>• Baja temperatura vespertina.</li> </ul> |
| <b>Factores micro climáticos, edáficos y técnicas de cultivos</b> | Condiciones relacionadas a la cobertura del terreno y condiciones físicas del suelo.   |

#### 2.1.4. Clasificación de la severidad de las Heladas

La severidad de las heladas se clasifica de acuerdo a la temperatura mínima que el aire alcanza, según se muestra en la siguiente tabla:

Tabla II.3. Severidad de las heladas meteorológicas.

Fuente: (Da Motta, 1961)

| <b>Heladas</b> | <b>Intervalos de Temperatura</b> |
|----------------|----------------------------------|
| Muy Severas    | > -10° C                         |
| Severas        | -8° C a -9.9° C                  |
| Muy Fuertes    | -6° C a -7.9° C                  |
| Fuertes        | -4° C a -5.9° C                  |
| Moderadas      | -2° C a -3.9° C                  |
| Suaves         | 0° C a -1.9° C                   |

El Senamhi, en base al registro histórico de temperaturas, identifica las temperaturas mínimas a lo largo del territorio peruano. En el mapa, mostrado en la figura II.2, se puede apreciar los departamentos en los cuales la temperatura, a causa del fenómeno, resulta ser extrema.

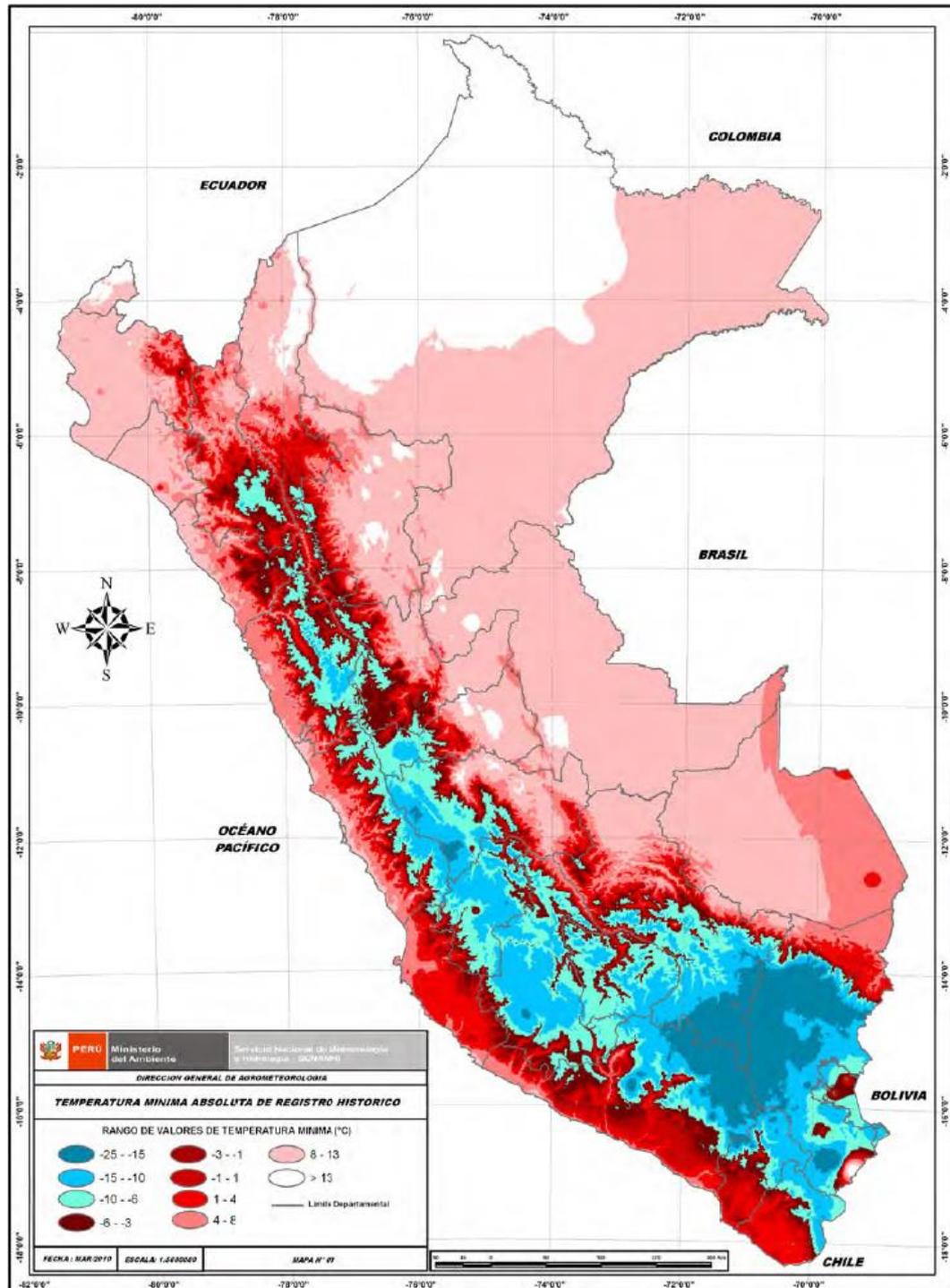


Figura II.2. Temperatura mínima absoluta de registro histórico.

Fuente: (Senamhi-FAO, 2010)

De igual manera, el Senamhi muestra la frecuencia de heladas a lo largo del territorio peruano, esto es, la cantidad de días promedio de ocurrencia del fenómeno en un área; lo cual es relevante, porque permite identificar los lugares

donde la población está expuesta a las bajas temperaturas a causa del fenómeno por un periodo de tiempo mucho mayor.

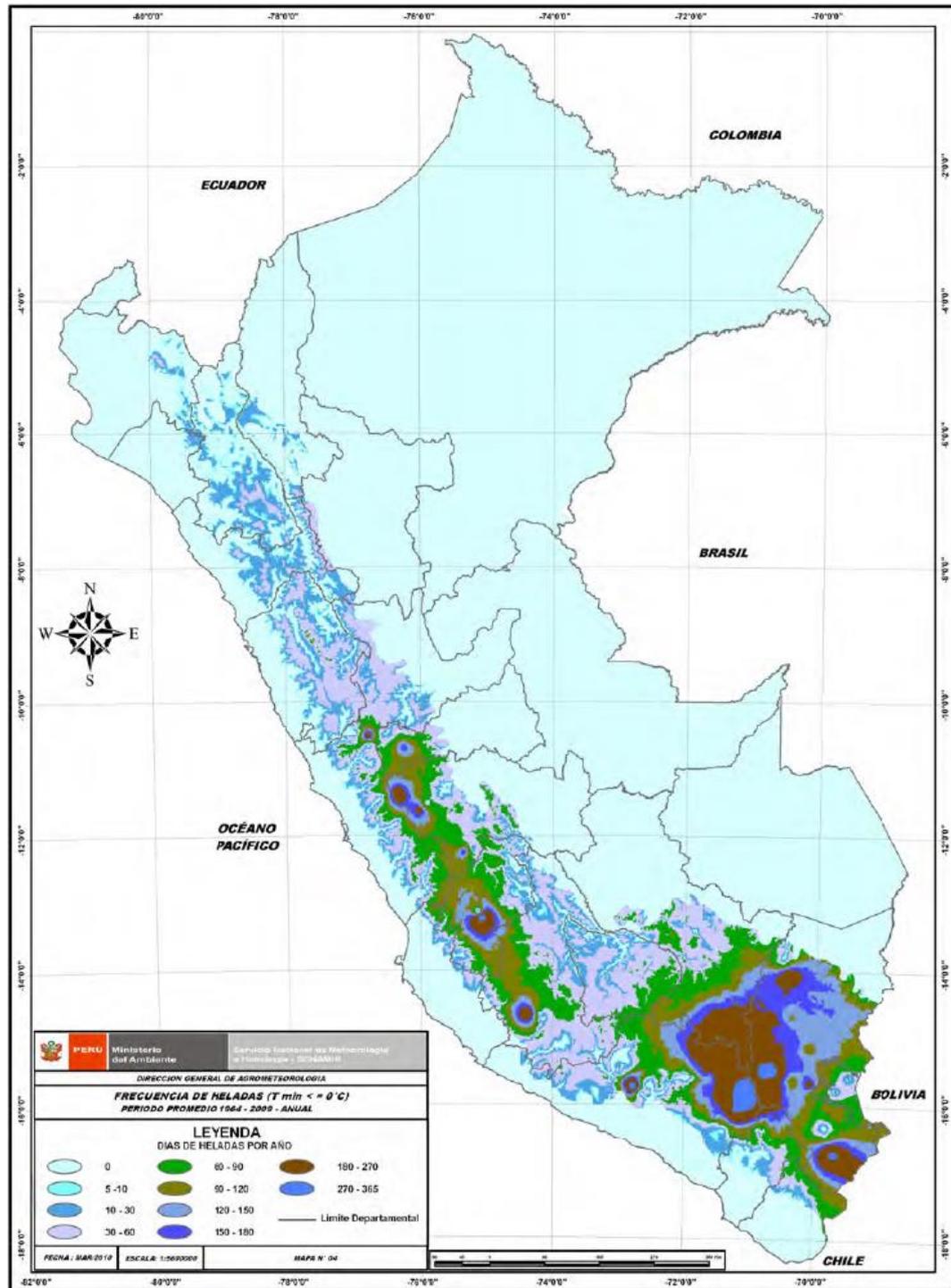


Figura II.3. Mapa de frecuencia de heladas (T<sub>min</sub> ≤ 0°C).

Fuente: (Senamhi-FAO, 2010)

### 2.1.5. Diferencia entre Heladas y Friaje

Es necesario diferenciar entre dos fenómenos cuya característica principal es el descenso de la temperatura ambiental.

Por un lado, las heladas son fenómenos caracterizados por el descenso de la temperatura del ambiente hasta los 0° C o menos, a causa, principalmente, de la baja nubosidad. Esta se da a lo largo de la sierra del territorio peruano, sobre todo, en la zona centro y sur, según se observa en los mapas elaborado por el Senamhi mostrados en las figuras II.2 y II.3.

Por otro lado, el Friaje es un fenómeno anual que se caracteriza por el desplazamiento de masas de aire frío provenientes de la región polar en dirección a la selva del territorio peruano. Por ello, este es un fenómeno común que se da en la selva donde se evidencia una disminución brusca de la temperatura del aire por debajo de la temperatura promedio.

## 2.2. VIVIENDAS RURALES

### 2.2.1. La Vivienda Rural Altoandina en el Perú

De acuerdo a las cifras del XII Censo Nacional de Población, la población peruana está calculada aproximadamente en 31.2 millones de habitantes (INEI, 2017), siendo el Perú el 5° país más poblado de Sudamérica. De este total, el 79% de habitantes vive en áreas urbanas y el 21% restante, en áreas rurales.

En relación a la vivienda, el 76% están ubicadas en áreas urbanas y el 24% restantes en zonas rurales. De acuerdo a las definiciones de las variables conceptuales del INEI, se define al Área Rural o Centro Poblado Rural como “aquel que no tiene más de 100 viviendas agrupadas contiguamente ni es capital de distrito; o que, teniendo más de 100 viviendas, éstas se encuentran dispersas o diseminadas sin formar bloques o núcleos” (INEI, 2019).

### 2.2.2. Características constructivas

Las características de la vivienda rural es el resultado del conocimiento práctico de los pueblos que se asentaron a lo largo de los andes, de modo que, actualmente, tiene una influencia de las formas de vida, la geografía y el relieve, los materiales de construcción y la cultura.

Las viviendas rurales se caracterizan, principalmente, por el uso del adobe o tapial como material de construcción. En general, se usa material de la zona para su

modelado, como piedras, arcillas, limos, grava, ichu, carrizo, etc. Por lo general, estas viviendas son comunes en las regiones de la sierra por encima de los 3000 msnm y, como se mencionó en el párrafo anterior, su particularidad depende de la zona en la cual es construida (CARE Perú, 2011).

Tabla II.4. Materiales empleados en la construcción de viviendas rurales.

Fuente: (INEI, 2019)

| <b>Material predominante en las paredes exteriores / Área de residencia</b> | <b>Año 2018</b> |
|---|-----------------|
| Rural   | 100.0 %         |
| Ladrillo o bloque de cemento  | 8.6 %           |
| Piedra o sillar con cal o cemento   | 0.3 %           |
| Adobe o tapia   | 72.6 %          |
| Quincha (caña con barro)  | 1.4 %           |
| Piedra con barro  | 2.6 %           |
| Madera  | 11.7 %          |
| Estera  | 0.7 %           |
| Otro material   | 2.0 %           |

### 2.2.3. Tipología de las viviendas

La arquitectura de la vivienda rural se ha mantenido prácticamente inalteradas desde el siglo XII. El uso del espacio, la estructura y la planimetría es semejante pese a la aparición de algunas modificaciones.

La vivienda rural, físicamente, está compuesta por 4 elementos (Gayoso & Pacheco, 2015):

- Patio: Eje de organización y espacio social.
- Volúmenes: Espacios destinados a cubrir necesidades básicas.
- Letrina: Espacio de servicio.
- Espacio para animales: Llamados también canchones o corrales.

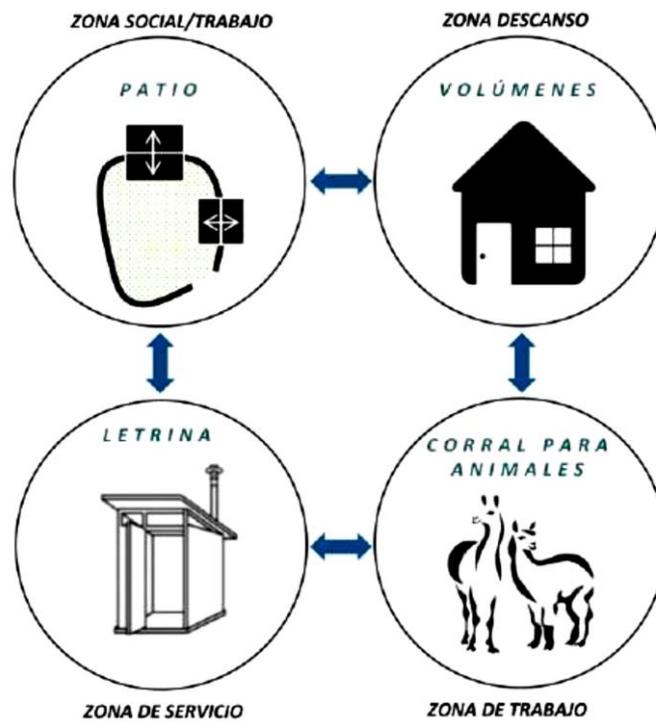


Figura II.4. Componentes de una vivienda rural.

Fuente: (Palma, 2017).

Tomando como criterio el análisis de los aspectos más generales de la arquitectura de las viviendas rurales, se valoran las siguientes características:

Tabla II.5. Simbolización para la caracterización de viviendas.

Fuente: (Gayoso & Pacheco, 2015)

|                              |                              |                             |  |   |
|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|--|---|
| <b>ORGANIZACIÓN ESPACIAL</b> | Modelo de organización       | <br>Agrupada por proximidad | <br>Radial a partir de un patio central                | <br>A través de múltiples patios o un patio extendido |
|                              | Distribución de los espacios | <br>Próximos                | <br>Contiguos o dentro del mismo volumen               |   |
|                              | Ingreso a los espacios       | <br>Desde el exterior       | <br>A través de otro espacio (vinculado interiormente) |   |

|   |  |  |  |   |
|---|--|--|--|---|
| <b>FORMA</b>                                    | Geometría  | <br>Ortogonal                       | <br>Redondeado                            |   |
|   | Orden  | <br>Simétrico                       | <br>Asimétrico                            |   |
| <b>MATERIALIDAD</b>                             | Techo  | <br>Tradicional (ICHU O PAJA)       | <br>Industrializado<br>(PLANCHAS DE ZINC) |   |
|   | Muros  | <br>Tradicional (ADOBE)             | <br>Industrializado<br>(PLANCHAS DE ZINC) |   |
| <b>FUNCIÓN/<br/>PROGRAMA<br/>ARQUITECTÓNICO</b> | <br>Espacio para dormir | <br>Espacio para cocinar<br>- comer | <br>Espacio para almacenar                | <br>Espacio para dormir- cocinar-<br>comer |

A partir de las características de la tabla II.5, actualmente, se puede diferenciar 3 tipologías:

Tabla II.6. Tipologías de la vivienda rural.  
Elaboración propia. Fuente: (Gayoso & Pacheco, 2015)

| Tipología          | Organización Espacial                  | Forma   | Materialidad   | Función / Programa Arquitectónico   |
|--------------------|--|---|--|---|
| <b>Autóctona</b>   | Máximo 4 volúmenes alrededor de patio. | Volúmenes con planta ortogonal simétrica ubicados de forma próxima.                 | Adobe<br>Piedra en área para cocinar<br>Techo de paja. | Espacios para dormir, comer y almacenar.  |
| <b>Tradicional</b> | 5 o más volúmenes alrededor de patio.  | Volúmenes con planta ortogonal y simétrica, contiguos o con 02 espacios interiores. | Adobe<br>Piedra en área para cocinar<br>Techo de paja  | Espacios para: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dormir, cocinar y comer</li> <li>• Almacenar</li> </ul> |

|  |   |   |  |   |
|--|---|---|--|---|
| <b>Tradicional en transición Contemporánea</b> | 3 volúmenes como mínimo alrededor de patio, con por lo menos 01 con vinculación interior. | Planta ortogonal pudiendo ser asimétricos | Adobe<br>Piedra en área para cocinar<br>Techos de calamina | Espacios para:<br>• Dormir<br>• Cocinar y comer<br>• Almacenar. |
|--|---|---|--|---|

### 2.3. TRANSFERENCIA DE CALOR

El fenómeno de transferencia de calor es la energía en tránsito debido a una diferencia de temperaturas, lo cual dependerá de las características térmicas de los materiales que intervienen en la protección de la vivienda o envolvente térmica.

#### 2.3.1. Formas de transmisión de calor

La transferencia de calor, de acuerdo al fenómeno y materiales, puede ser de tres tipos (Incropera & De Witt, 1999):

- **Conducción:** Paso del calor por contacto directo entre los cuerpos.
- **Radiación:** Es la emisión de energía desde la superficie de un cuerpo.
- **Convección:** Transferencia de calor en gases y líquidos al mezclarse.

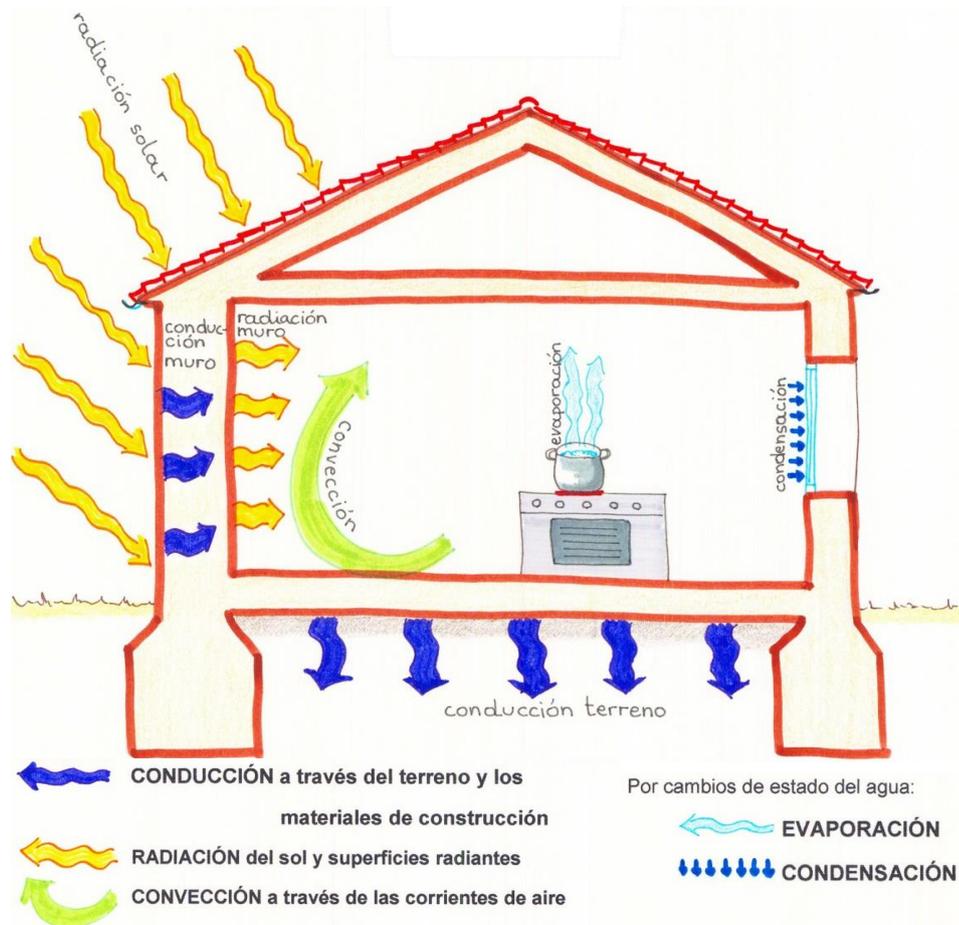


Figura II.5 Transferencia de calor en una vivienda

Fuente: (García, 2018)

### 2.3.2. Propiedades térmicas de los materiales

Los materiales de construcción poseen distintas propiedades que son necesarias para el análisis del comportamiento de una vivienda ya que determinan la cantidad de calor a ser transmitido a través de este, ya sea a favor o en contra. Entre las propiedades más importantes tenemos:

#### 2.3.2.1. Conductividad $\lambda$

Propiedad que determina el flujo de calor transferido por el material en la unidad de tiempo. Se mide en  $W/m^{\circ}C$ .

#### 2.3.2.2. Capacidad calorífica

Es la cantidad de calor requerido para elevar la temperatura de la unidad de masa en un grado centígrado. Se mide en  $J/Kg^{\circ}C$ .

### 2.3.2.3. Transmitancia térmica

Indica la cantidad de calor transmitido por elemento por hora, por unidad de superficie y por diferencia unitaria de temperatura.

Dado que los elementos constructivos son compuestos por distintos materiales, la transmitancia térmica puede determinarse a partir de la siguiente expresión (Gonzalo, 2003):

$$K = \frac{1}{R_{se} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \dots + R_{ca} + R_{si}}$$

Siendo:

- $K$  = Coeficiente de transmisión térmica ( $W/m^2K$ ).
- $R_{se}$  = Resistencia superficial exterior ( $m^2K/W$ ).
- $R_{si}$  = Resistencia superficial interior ( $m^2K/W$ ).
- $R_{ca}$  = Resistencia de cámara(s) de aire ( $m^2K/W$ ).
- $e_1, e_2, \dots, e_n$  = Espesores de las distintas capas (m).
- $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  = Conductividad térmica de las capas ( $W/mK$ ).

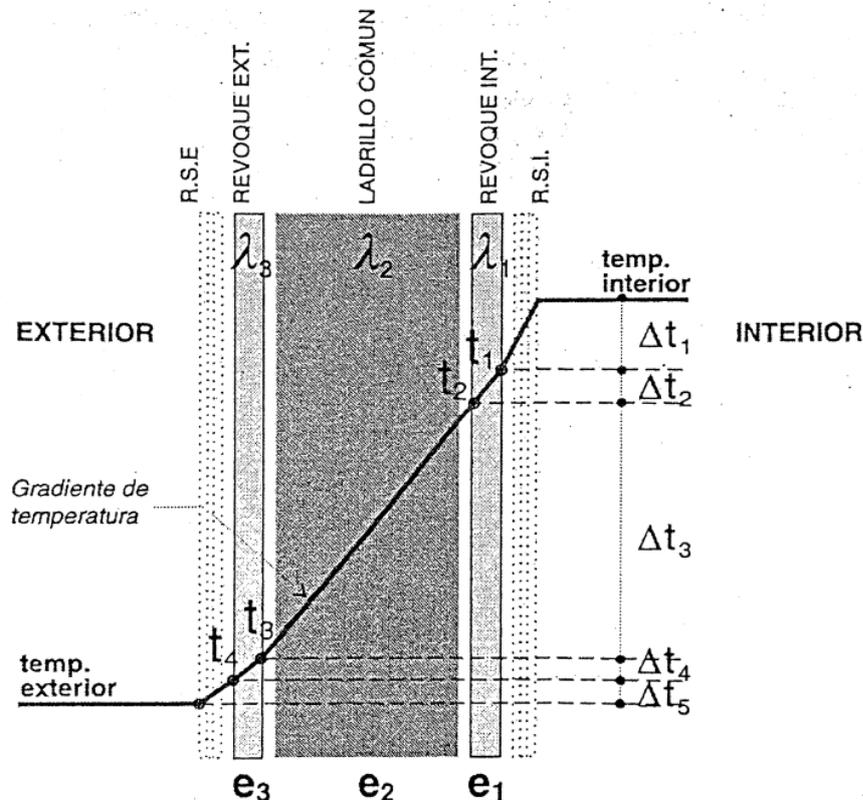


Figura II.6. Esquema de transferencia térmica en elemento constructivo.

Fuente: (Gonzalo, 2003)

En consecuencia, la cantidad de calor que pasa por todo el elemento será:

$$Q = K \times S \times (t_e - t_i)$$

Siendo:

- Q = Cargas térmica total del elemento (W).
- S = Superficie del elemento (m<sup>2</sup>).

### 2.3.3. Retardo

Se refiere a la diferencia de tiempo entre los incrementos o decrecimientos de la temperatura de la superficie externa y los cambios correspondientes en la superficie interna.

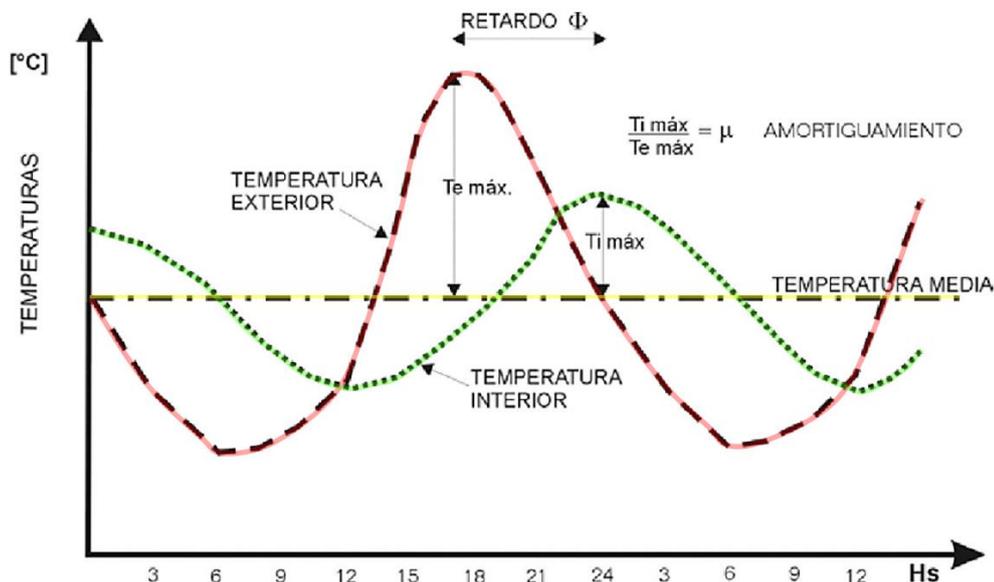


Figura II.7. Representación gráfica del tiempo de retardo y amortiguamiento.

Fuente: (Gonzalo, 2003)

### 2.3.4. Confort térmico

El confort térmico está relacionado con un estado de satisfacción o comodidad del ser humano. La sensación de confort térmico, es un índice difícil de medir ya que contiene una importante carga subjetiva (Rey, 2008).

Por otro lado, la norma UNE-EN ISO 7730:2005 Ergonomía del Ambiente Térmico menciona que el confort térmico “es una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”.

El análisis del confort térmico se puede realizar desde el enfoque cuantitativo y cualitativo.

### 2.3.4.1. Enfoque Cuantitativo

Este enfoque se orienta a la reducción de la sensación del confort al balance de energía entre la persona y su entorno. Este enfoque es, principalmente, de carácter teórico y empleado para entender el fenómeno térmico mediante el trabajo experimental.

### 2.3.4.2. Enfoque Cualitativo

Llamado también Adaptativo, el cual se orienta a la observación de acciones necesarias que el individuo puede realizar para alcanzar el confort térmico (Nicol & Humphreys, 2002).

### 2.3.4.3. Zona de Confort Térmico

Es una zona que se define trazando combinaciones de temperatura de aire y humedad relativa en una tabla psicométrica.

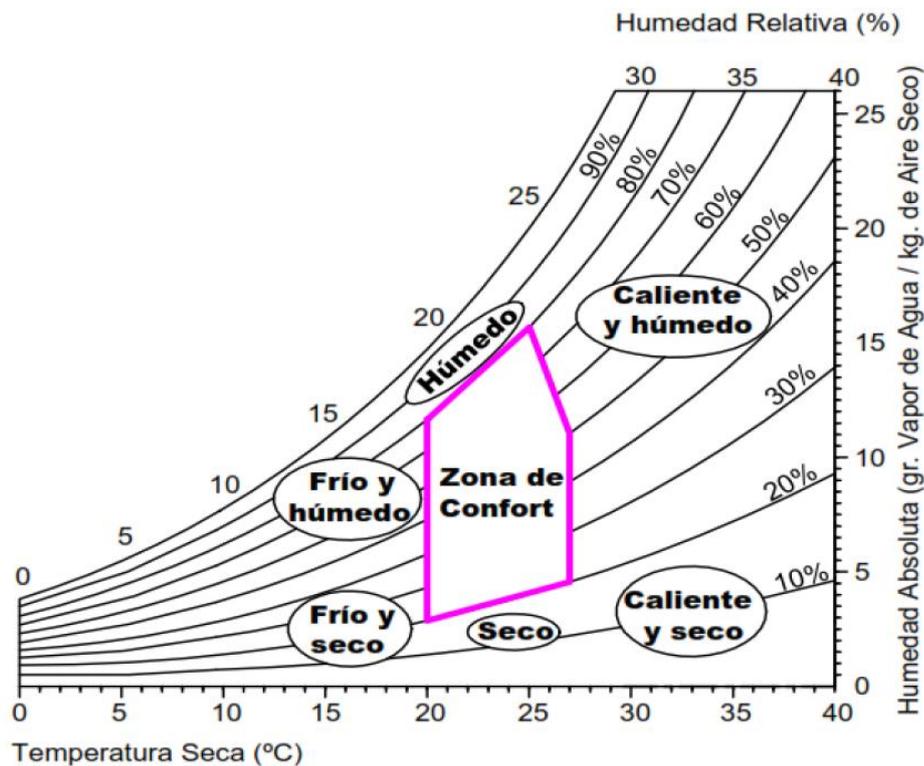


Figura II.8. Zona de confort mostrado en el gráfico psicométrico.

Fuente: (Molina Fuertes, 2017)

Es necesario indicar que los límites de la zona de confort son relativos, ya que depende de distintos parámetros como la cultura, la forma de vestir, la actividad física, el periodo del año, entre otros.

## 2.4. INFRAESTRUCTURA SOSTENIBLE

El Banco Interamericano de Desarrollo define que “la infraestructura sostenible se refiere a proyectos de infraestructura que son planificados, diseñados, construidos, operados y desmantelados, asegurando las sostenibilidad económica y financiera, social, ambiental (incluyendo la resiliencia climática) e institucional a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto” (BID, 2018).

Dentro del marco para la sostenibilidad, se han incluido indicadores que cubren cuatro dimensiones claves para la infraestructura sostenible. Estas son:

- Sociales: Equidad, salud, educación, vivienda, seguridad, población.
- Ambientales: Atmósfera, tierras, océanos, agua dulce, biodiversidad.
- Económicas: Estructura económica, consumo y producción.
- Institucional: Marcos y capacidades.



Figura II.9. Las cuatro dimensiones de la Sostenibilidad en Infraestructura.

Elaboración propia. Fuente: (BID, 2018)

Ahora bien, si se habla de construcción sostenible, este concepto se ha centrado, principalmente, en el sector de las edificaciones. A comienzos de la década de los 90's, surgieron los sistemas de indicadores de sostenibilidad en el mundo, llegando a ser, hasta la actualidad, más de 70 herramientas para dicha evaluación.

Entre los cuales, se puede mencionar al sistema BREEAM, LEED, GBC y CASBEE como los más conocidos (Zabalza & Aranda, 2011).

#### 2.4.1. El medio ambiente y la ecoeficiencia

Los conceptos de sostenibilidad están ligados a lograr una minimización del impacto medioambiental, la conservación de recursos naturales y la reducción de la dependencia energética, los cuales deben ir acompañados del uso racional de la energía y materiales, consiguiendo, además, una reducción de costos económicos y un aumento en la calidad de vida. Actualmente los materiales de construcción son masivos y globales, esta es la razón del incremento de los costos energéticos y medioambientales en comparación con la arquitectura que emplea elementos tradicionales (Zabalza & Aranda, 2011).

El planteamiento de ecoeficiencia trata de analizar el producto en todo su ciclo de vida: extracción de materias primas que intervienen en los procesos, el uso en la vida útil y los residuos generados. “Debe considerarse como una cultura de gestión para asumir responsabilidades con la sociedad y motivar una mayor competitividad, impulsando la innovación productiva y la responsabilidad ambiental. Esta gestión permite generar productos más robustos y duraderos, fomentar la logística inversa, es decir, el retorno de mercancías, la recuperación y el reciclaje” (Zabalza & Aranda, 2011).

Bajo estos principios, surge una idea de concebir las edificaciones reduciendo al mínimo el consumo de energías no renovables, como combustibles fósiles, para la climatización de las edificaciones. Esto es el comienzo del diseño pasivo.

#### 2.4.2. Estándar de Casas Pasivas

El sistema Passive House o Casas Pasivas, es un concepto desarrollado a finales del milenio pasado, ante el problema de la falta de abastecimiento de energía a varias ciudades generado por la crisis del petróleo que se dio en los 70's, el cual tuvo un gran impacto en el desarrollo de las actividades normales de la población.

Este estándar, a partir del criterio de aprovechamiento y la adaptación al entorno, propone los siguientes principios básicos (Palma, 2017):

- Aislamiento térmico.
- Eliminación de los puentes térmicos.
- Disminución de infiltraciones y estanquidad.
- Iluminación y ventilación natural.

- Ventanas y puertas de altas prestaciones.
- Optimización de las ganancias solares y del calor interior.
- Modelización energética de ganancias y pérdidas.

Complementariamente a los principios, el estándar Passive House o Passivhaus, introduce algunos parámetros que permiten tener una noción cuantitativa para aproximarse a las condiciones que el estándar plantea. Estos parámetros son (Palma, 2017):

- Demanda anual máximo de calefacción: 15 KWh/m<sup>2</sup>.
- Demanda anual máximo de refrigeración: 15 KWh/m<sup>2</sup>.
- Estanqueidad del aire: 0,6 renovaciones/h.
- Demanda anual de energía primaria total por edificio: 120 KWh/m<sup>2</sup> al año.
- Calidad de aire interior: El caudal de aire mínimo de renovación es de 30 m<sup>3</sup>/h persona. En el sector residencial, la ocupación estimada por este estándar es de 1 persona/30 m<sup>2</sup>.

Asimismo, dado que este estándar involucra un análisis profundo de diversas propiedades de una edificación para cumplir con los parámetros y principios indicados, es necesario conocer e identificar ciertos conceptos asociados al passive house, los mismos que son mostrados en las siguientes líneas.

#### *2.4.2.1. Masa térmica interna*

La masa térmica es la propiedad de un material de absorber y guardar la energía térmica. Verbigracia, para la modificación de la temperatura de materiales altamente densos como el concreto, ladrillos o azulejos se necesitan mucha energía, por lo tanto, se dice que tienen una gran masa térmica.

#### *2.4.2.2. Envoltente térmica*

La envoltente térmica de un edificio, casa o vivienda es la piel que lo protege de la temperatura, aire y humedad externa para mejorar la calidad de vida de sus ocupantes, optimizando el ahorro de energía, reduciendo la factura energética y las emisiones contaminantes.

La envoltente sirve de aislamiento térmico frente a los fenómenos climatológicos para salvaguardar el confort de sus habitantes. Se compone de todos los cerramientos que limitan los espacios habitables de la edificación con el ambiente exterior.

### 2.4.2.3. Inercia térmica

Indica la cantidad de calor que se acumula en un elemento con una diferencia de temperatura conocida.

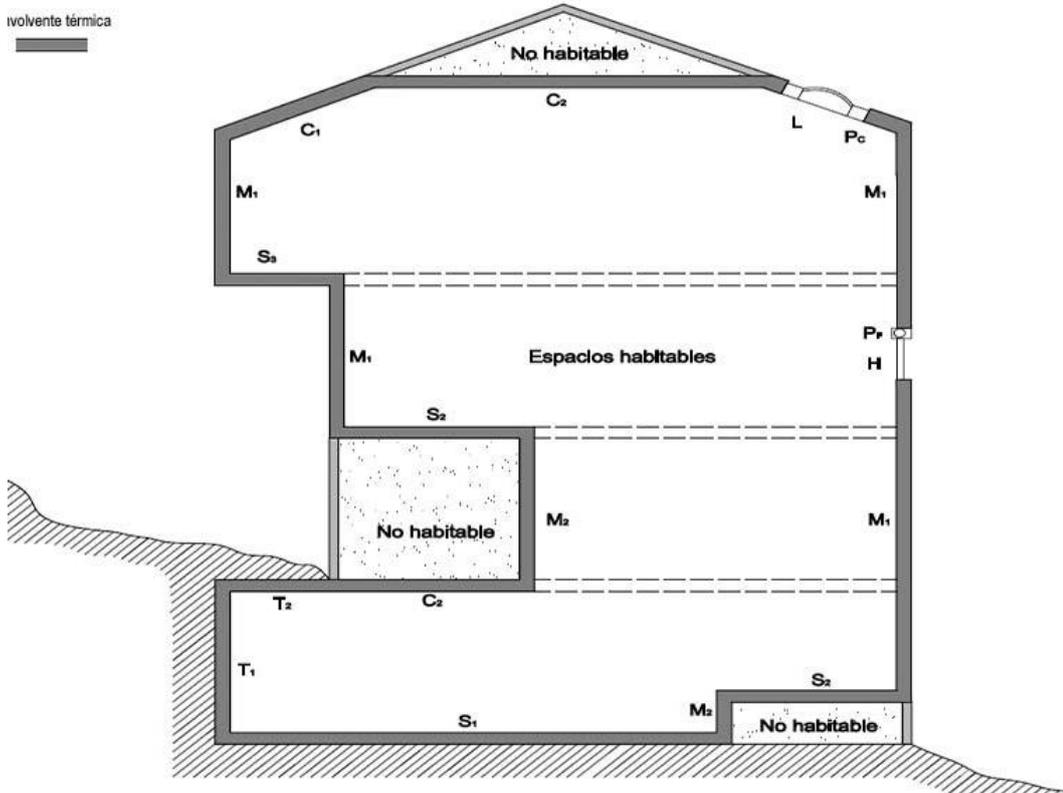


Figura II.10. Esquema de Envolvente térmica de una edificación.

Fuente: (Documento Básico HE, 2006)

### 2.4.3. Técnicas y materiales para la construcción pasiva

Existen estudios internacionales donde se evalúan el impacto medioambiental de ciertos materiales para su uso en las técnicas de construcción, de los cuales se debe intentar elegir materiales que causen menores costos energéticos y ambientales para cumplir con los principios del sistema de casas pasivas y lograr reducir al mínimo el impacto en nuestro entorno.

A continuación, se mencionan algunos ejemplos de materiales y técnicas de construcción pasiva:

- Correcta orientación de la edificación.
- Los techos verdes y las cubiertas de tierra.
- Aislamiento con espumas de poliuretano o lana de roca.
- Ventanas y puertas con doble o triple capa.

- Tierra excavada.
- Paja o Lana de oveja.
- Construcción con tierra vaciada o comprimida.
- Nebraska (Autoportante).

### **CAPITULO III. DIAGNÓSTICO E IMPACTOS DE LAS HELADAS**

Anualmente, este fenómeno afecta, principalmente, a poblados de los departamentos de Puno, Ayacucho, Cusco, Huancavelica, Junín, Huánuco, Arequipa, Apurímac, Pasco, Piura, Lima, Moquegua y Tacna; cuyos pobladores se ven afectados con pérdidas de cultivo y ganado y, son propensos a contraer enfermedades cardiorrespiratorias (PCM, 2017).

El CENEPRED a partir de los datos del Censo del 2017, ha elaborado un análisis de escenarios de riesgo por heladas considerando la Susceptibilidad a la ocurrencia del fenómeno y Vulnerabilidad de acuerdo a las necesidades básicas insatisfechas de la población.

#### **3.1. ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD**

La susceptibilidad es un concepto ligado al grado de fragilidad interna de un sistema para enfrentar una amenaza y, recibir un posible impacto debido a la ocurrencia de un evento adverso, en este caso el fenómeno de las heladas.

Para determinar los niveles de susceptibilidad, de manera general, se consideró los siguientes parámetros de evaluación:

##### **3.1.1. Frecuencia de heladas:**

Representa la distribución de los días de heladas en el mes de julio, con temperatura mínima de 0° C correspondiente al periodo de 1984 – 2009.

Como se observa en la figura III.1, la mayor frecuencia de días de heladas se presenta en las zonas de la sierra centro y sur del territorio peruano.

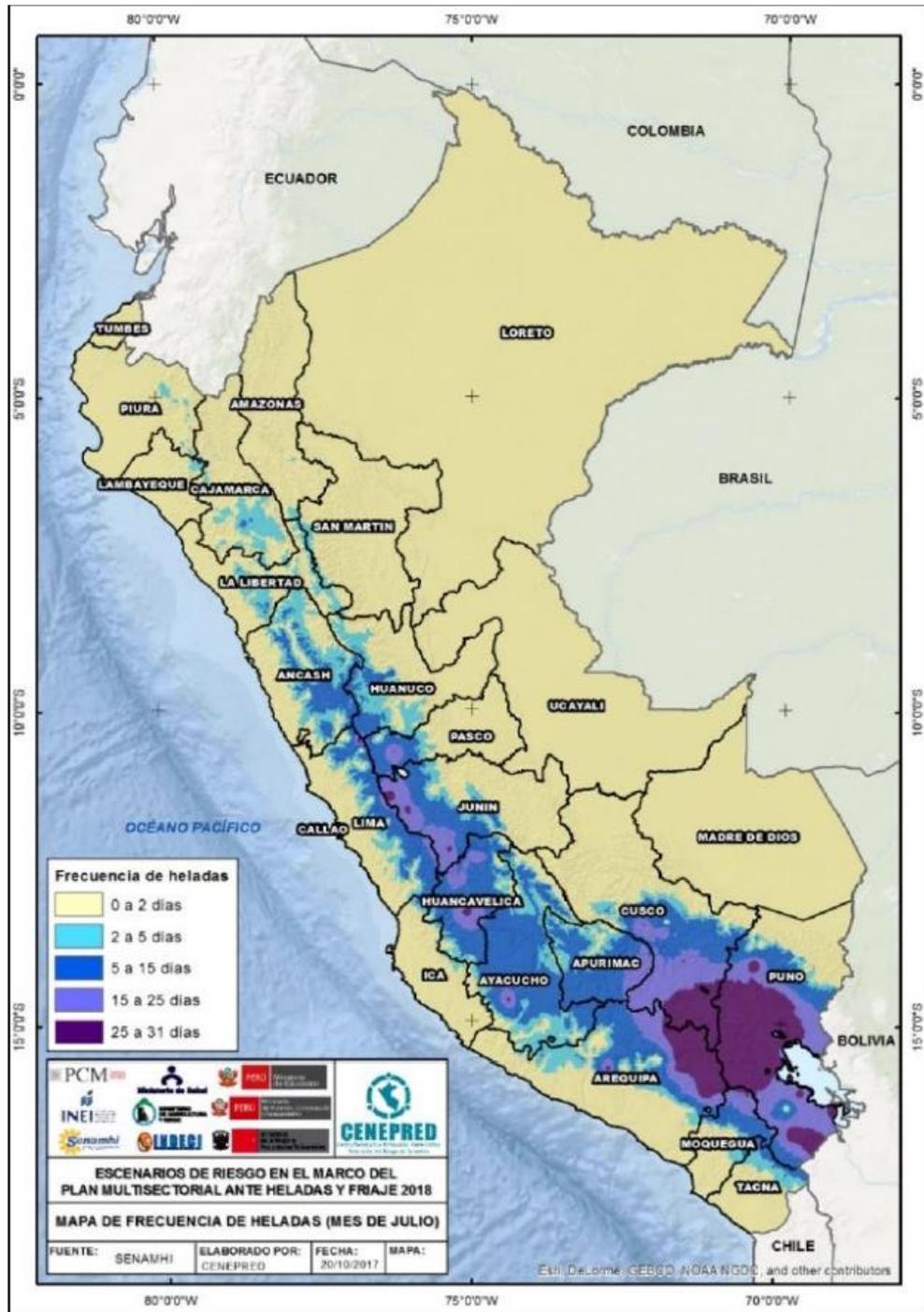


Figura III.1. Mapa de frecuencia de heladas.

Fuente: (CENEPRED, 2018)

### 3.1.2. Temperatura mínima del percentil 10 (TMP10)

Mediante el uso del promedio de los Percentiles 10, se identificó las temperaturas mínimas severas del mes de julio correspondiente al periodo 1981 – 2010, cuya distribución se muestra en la figura III.2.

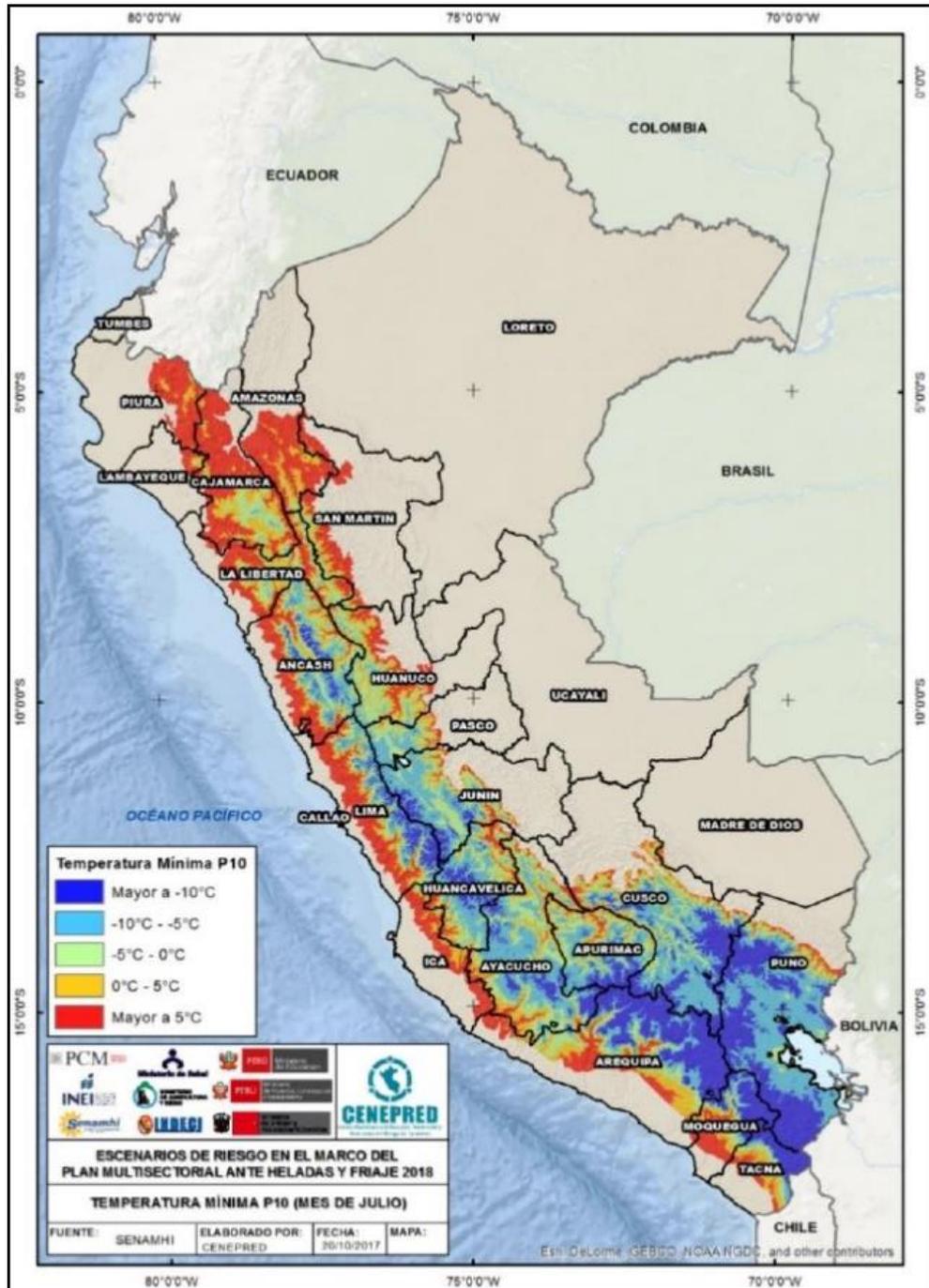


Figura III.2. Mapa de temperaturas mínimas P10.

Fuente: (CENEPRED, 2018)

A estos parámetros de evaluación, los cuales se clasificaron en 5 rangos, se les da una valoración de acuerdo a su magnitud.

Tabla III.1. Clasificación de los parámetros de evaluación.

Fuente: (CENEPRED, 2018)

| Rangos | Parámetros de Evaluación           |                                |
|--------|------------------------------------|--------------------------------|
|        | Frecuencia de heladas<br>(día/mes) | Temperatura Mínima P10<br>(°C) |
| 5      | 25 a 31 días                       | Mayor a -10° C                 |
| 4      | 15 a 25 días                       | -10° C a -5° C                 |
| 3      | 5 a 15 días                        | -5° C a 0° C                   |
| 2      | 2 a 5 días                         | 0° C a 5° C                    |
| 1      | 0 a 2 días                         | Mayor a 5° C                   |

Con los dos parámetros descritos anteriormente, la frecuencia de las heladas y la temperatura mínima del percentil 10, se obtiene el mapa de susceptibilidad a la ocurrencia de heladas, los cuales son clasificados en 5 niveles.

Los niveles de susceptibilidad más altos, están en la zona de la sierra centro y sur del país, principalmente en áreas de los departamentos de Puno, Cusco y Arequipa. Mientras hacia la zona norte del país, estos niveles de susceptibilidad van disminuyendo con ligeros aumentos en áreas del departamento de Cajamarca.

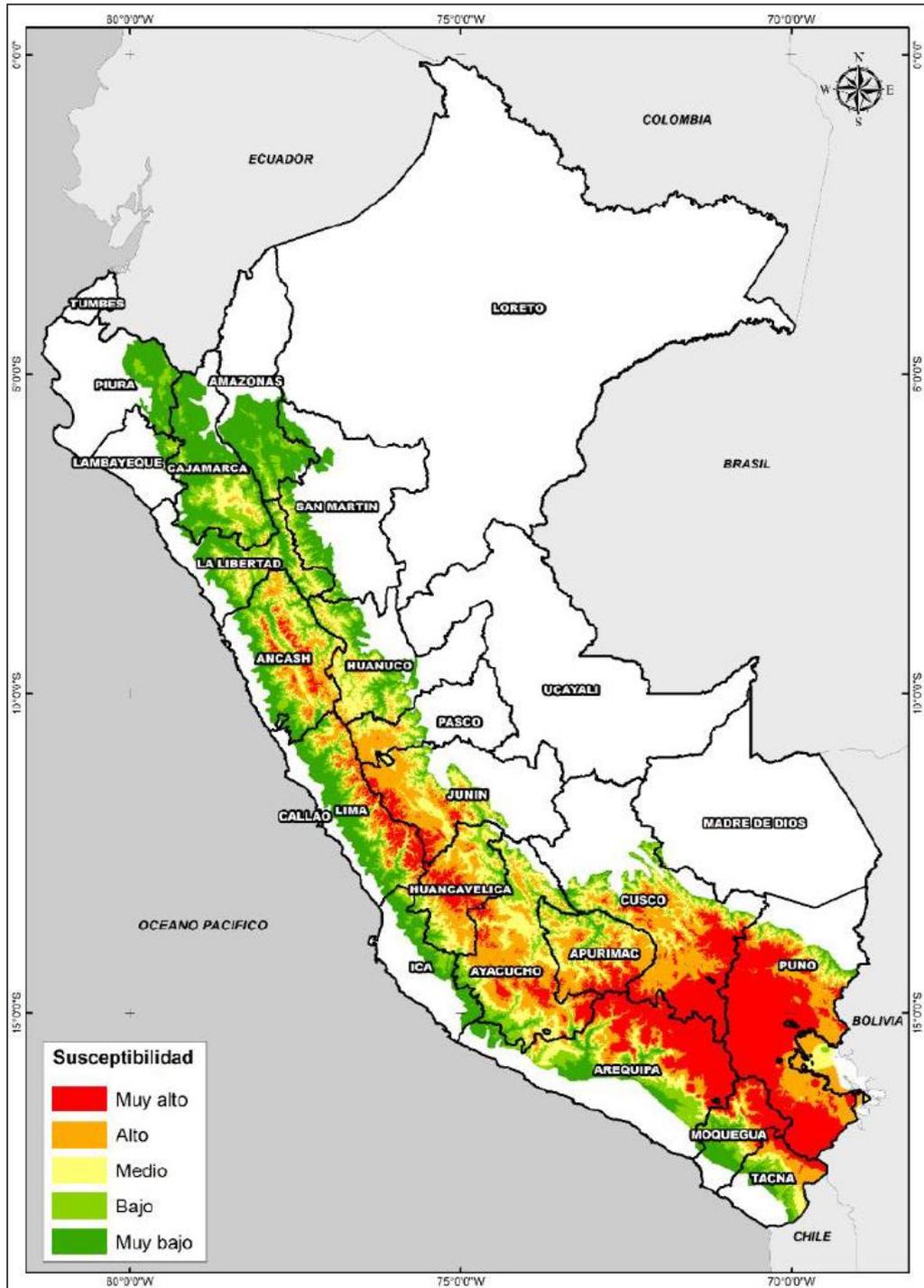


Figura III.3. Niveles de susceptibilidad a la ocurrencia de heladas.

Fuente: (CENEPRED, 2018)

### 3.2. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

Se define vulnerabilidad como la capacidad de respuesta y/o daño ante un evento potencialmente catastrófico. Para determinar el nivel de vulnerabilidad se usará el porcentaje de población con al menos una necesidad básica insatisfecha (NBI).

Tabla III.2. Niveles de vulnerabilidad según NBI.

Fuente: (CENEPRED, 2018)

| Rango | Población con 1 NBI (%) | Nivel de Vulnerabilidad |
|-------|-------------------------|-------------------------|
| 1     | 80 – 100                | Muy alta                |
| 2     | 60 – 79.9               | Alta                    |
| 3     | 40 – 59.9               | Media                   |
| 4     | 20 – 39.9               | Baja                    |
| 5     | Menor a 20              | Muy baja                |

De esta manera, en la tabla III.3, se muestra la población y la cantidad de viviendas categorizadas con un nivel alto y muy alto de vulnerabilidad.

Tabla III.3. Población y viviendas con nivel de alta y muy alta vulnerabilidad, por departamentos.

Fuente: (CENEPRED, 2018)

| Vulnerabilidad | Muy alta       |               |                  |                |                | Alta           |               |                  |                |                |
|----------------|----------------|---------------|------------------|----------------|----------------|----------------|---------------|------------------|----------------|----------------|
|                | Población      |               |                  | Viviendas      |                | Población      |               |                  | Viviendas      |                |
| Departamento   | Total          | De 0 a 5 años | De 60 años a más | Total          | VPOPP*         | Total          | De 0 a 5 años | De 60 años a más | Total          | VPOPP*         |
| Amazonas       | 22,936         | 3,101         | 2,311            | 9,978          | 6,626          | 20,146         | 2,414         | 2,490            | 8,036          | 5,874          |
| Ancash         | 35,224         | 3,783         | 6,557            | 19,013         | 10,983         | 33,743         | 4,060         | 4,922            | 14,405         | 9,674          |
| Apurímac       | 14,248         | 1,198         | 3,303            | 11,421         | 5,828          | 11,427         | 1,167         | 1,850            | 6,194          | 3,825          |
| Arequipa       | 12,203         | 1,092         | 2,325            | 8,781          | 4,975          | 9,175          | 976           | 1,393            | 9,019          | 3,697          |
| Ayacucho       | 21,274         | 1,977         | 4,596            | 19,355         | 8,493          | 22,571         | 2,552         | 3,050            | 11,433         | 6,850          |
| Cajamarca      | 35,870         | 4,400         | 4,801            | 14,457         | 10,402         | 84,151         | 10,518        | 10,149           | 32,127         | 23,563         |
| Cusco          | 44,511         | 4,805         | 6,445            | 22,653         | 14,341         | 38,465         | 4,299         | 4,900            | 16,783         | 11,604         |
| Huancavelica   | 31,132         | 3,707         | 5,169            | 19,220         | 10,245         | 21,903         | 2,624         | 2,861            | 11,114         | 6,416          |
| Huanuco        | 24,150         | 3,328         | 2,880            | 11,809         | 6,950          | 27,549         | 3,553         | 3,237            | 11,839         | 7,746          |
| Ica            | 2,529          | 223           | 615              | 1,920          | 1,119          | 1,133          | 118           | 200              | 863            | 441            |
| Junín          | 14,839         | 1,397         | 2,661            | 10,192         | 4,968          | 16,252         | 1,705         | 2,742            | 9,153          | 5,050          |
| La Libertad    | 23,798         | 3,655         | 2,476            | 8,709          | 6,320          | 45,410         | 6,856         | 4,509            | 15,027         | 11,933         |
| Lambayeque     | 3,038          | 456           | 260              | 896            | 714            | 7,785          | 1,311         | 735              | 2,186          | 1,865          |
| Lima           | 18,026         | 1,603         | 3,667            | 14,248         | 6,608          | 10,612         | 1,049         | 2,006            | 7,705          | 3,587          |
| Moquegua       | 1,404          | 110           | 362              | 1,513          | 775            | 937            | 64            | 217              | 836            | 376            |
| Pasco          | 15,704         | 1,168         | 1,693            | 4,319          | 3,133          | 11,097         | 958           | 1,251            | 4,315          | 2,842          |
| Piura          | 48,051         | 7,211         | 5,080            | 13,887         | 11,841         | 35,731         | 5,142         | 4,111            | 10,534         | 9,073          |
| Puno           | 91,323         | 7,675         | 13,624           | 64,362         | 37,149         | 45,466         | 3,882         | 8,032            | 30,841         | 19,319         |
| San Martín     | 8,558          | 1,278         | 501              | 2,885          | 2,244          | 3,078          | 440           | 237              | 957            | 793            |
| Tacna          | 1,245          | 114           | 276              | 1,368          | 634            | 1,294          | 100           | 303              | 1,173          | 581            |
| <b>Total</b>   | <b>470,063</b> | <b>52,281</b> | <b>69,602</b>    | <b>260,986</b> | <b>154,348</b> | <b>447,925</b> | <b>53,788</b> | <b>59,195</b>    | <b>204,540</b> | <b>135,109</b> |

### 3.3. ESCENARIO DE RIESGOS POR HELADAS

Bajo la combinación de los niveles de susceptibilidad y vulnerabilidad, se determinan 4 niveles de riesgo para la evaluación de los centros poblados expuestos a estos fenómenos. Dicha evaluación, se muestra en la figura III.4.

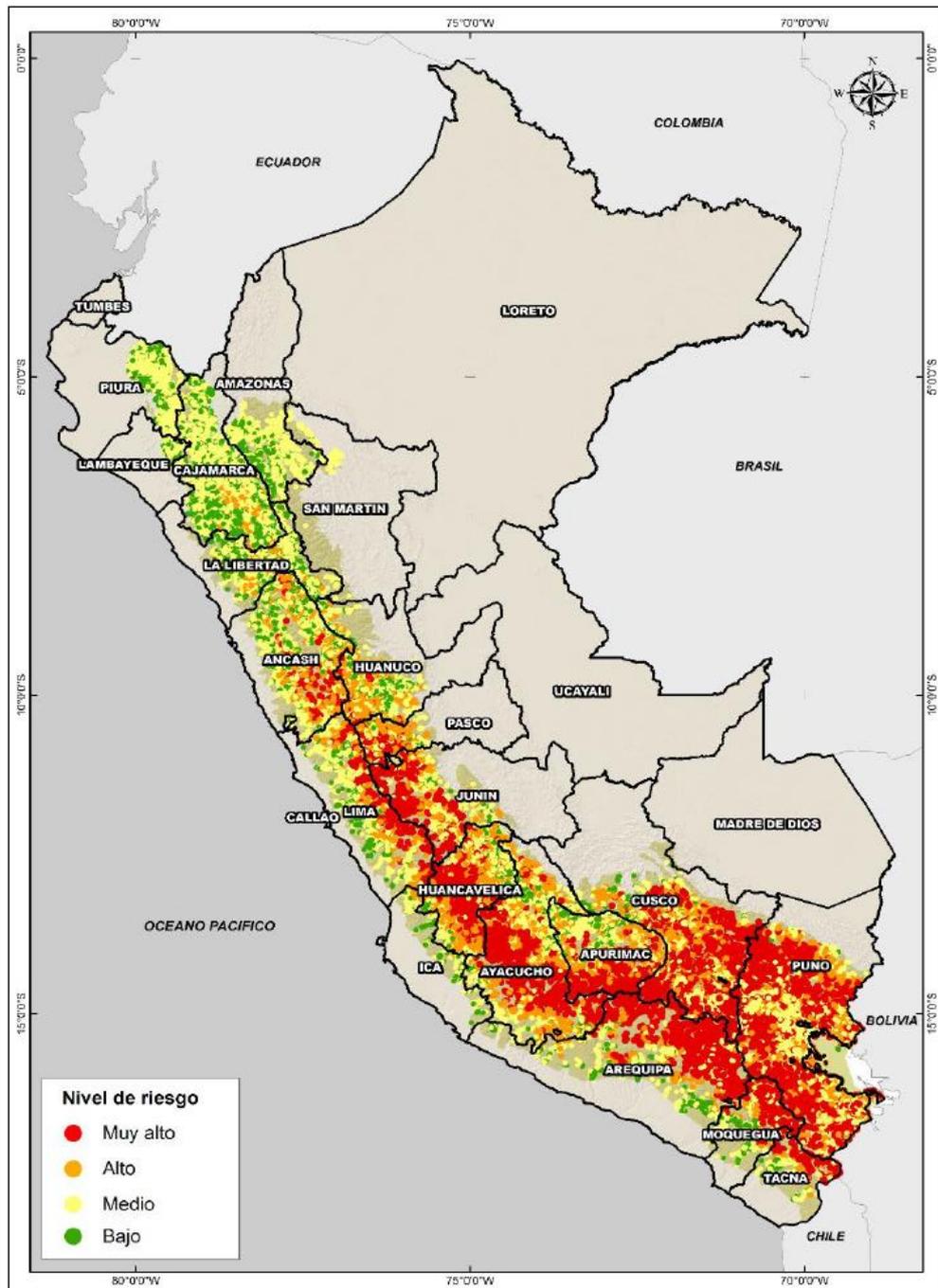


Figura III.4. Escenarios de riesgo por helada a nivel de centros poblados.

Fuente: (CENEPRED, 2018)

En la tabla III.4, se muestra la población total por niveles de riesgo, obtenidos de las combinaciones de los parámetros descritos anteriormente.

Tabla III.4. Población y viviendas según el nivel de riesgo por heladas.

Fuente: (CENEPRED, 2018)

| Nivel de riesgo | N° de centros poblados | Total de población | Población de 0 a 5 años | Población de 60 años a más | Total de viviendas | Total de VPOPP*  |
|-----------------|------------------------|--------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|------------------|
| Muy alta        | 10,577                 | 155,765            | 13,866                  | 25,800                     | 107,638            | 60,371           |
| Alta            | 10,332                 | 444,261            | 47,817                  | 65,419                     | 236,914            | 143,614          |
| Media           | 28,372                 | 4,570,556          | 476,069                 | 561,879                    | 1,898,770          | 1,290,188        |
| Baja            | 10,949                 | 4,460,280          | 458,019                 | 540,850                    | 1,658,626          | 1,200,559        |
| <b>Total</b>    | <b>60,230</b>          | <b>9,630,862</b>   | <b>995,771</b>          | <b>1,193,948</b>           | <b>3,901,948</b>   | <b>2,694,732</b> |

A nivel de departamentos, la población y el número de viviendas cuyo nivel de riesgo es muy alto, es considerable. Siendo Puno, el departamento con las cifras más extremas en comparación con las demás regiones.

Tabla III.5. Población y viviendas con el nivel de riesgo muy alto por heladas, según departamento.

Fuente: (CENEPRED, 2018)

| Riesgo por heladas | Muy alta               |                |               |                  |                |               |
|--------------------|------------------------|----------------|---------------|------------------|----------------|---------------|
| Departamento       | N° de centros poblados | Población      |               |                  | Viviendas      |               |
|                    |                        | Total          | De 0 a 5 años | De 60 años a más | Total          | VPOPP*        |
| Ancash             | 160                    | 714            | 55            | 168              | 560            | 274           |
| Apurímac           | 531                    | 4,351          | 401           | 781              | 3,156          | 1,784         |
| Arequipa           | 1,440                  | 6,369          | 514           | 1,204            | 3,648          | 2,372         |
| Ayacucho           | 927                    | 5,231          | 540           | 1,147            | 5,506          | 2,342         |
| Cusco              | 2,068                  | 35,953         | 3,781         | 5,402            | 19,366         | 11,917        |
| Huancavelica       | 1,076                  | 9,183          | 1,078         | 1,627            | 6,297          | 3,267         |
| Huanuco            | 102                    | 590            | 81            | 70               | 342            | 192           |
| Ica                | 1                      | 6              | 2             | 0                | 3              | 3             |
| Junín              | 699                    | 3,904          | 253           | 741              | 2,746          | 1,392         |
| La Libertad        | 3                      | 75             | 10            | 8                | 41             | 22            |
| Lima               | 251                    | 1,796          | 81            | 218              | 793            | 450           |
| Moquegua           | 271                    | 1,327          | 97            | 262              | 1,132          | 626           |
| Pasco              | 233                    | 2,191          | 184           | 275              | 905            | 591           |
| Piura              | 1                      | 156            | 24            | 7                | 28             | 28            |
| Puno               | 2,667                  | 83,359         | 6,709         | 13,775           | 62,458         | 34,823        |
| Tacna              | 147                    | 560            | 56            | 115              | 657            | 288           |
| <b>Total</b>       | <b>10,577</b>          | <b>155,765</b> | <b>13,866</b> | <b>25,800</b>    | <b>107,638</b> | <b>60,371</b> |

### 3.4. IMPACTOS EN PERSONAS Y RECURSOS

El Instituto Nacional de Defensa Civil anualmente reporta las emergencias ocurridas a nivel nacional respecto a diversos fenómenos naturales que se desarrollan a lo largo del territorio peruano.

Según reporte de cifras para el año 2018, se tuvieron los siguientes impactos:

Tabla III.6. Daños personales y materiales ocasionados por la ocurrencia de heladas, 2018.

Elaboración propia. Fuente: (INDECI, 2019).

| IMPACTO EN                          | CONDICIÓN     | CANTIDAD |
|-------------------------------------|---------------|----------|
| <b>Personas</b>                     | Fallecidos    | 8        |
|                                     | Desaparecidos | 0        |
|                                     | Heridos       | 0        |
|                                     | Damnificados  | 8        |
|                                     | Afectadas     | 500199   |
| <b>Viviendas</b>                    | Destruídas    | 3        |
|                                     | Afectadas     | 0        |
| <b>Instituciones<br/>Educativas</b> | Destruídas    | 0        |
|                                     | Afectadas     | 1        |
| <b>Centro de Salud</b>              | Destruídas    | 0        |
|                                     | Afectadas     | 0        |
| <b>Hectáreas de cultivo</b>         | Perdidas      | 5876     |
|                                     | Afectadas     | 20925    |

La tabla anterior, evidencia una cantidad considerable que se ven afectadas por el fenómeno de las Heladas, lo que se traduce en los altos casos de Infecciones respiratorias agudas que el MINSA reporta anualmente.

Respecto a las áreas de cultivo, la situación es la misma o peor. Solo en el 2018, se perdió casi el 22% de cultivos a causa de este fenómeno, perjudicando en gran manera la economía local cuyas actividades productivas se centran, principalmente, en la agricultura y ganadería.

## **CAPITULO IV. PROPUESTA DE TECHOS VERDES**

### **4.1. DEFINICIÓN**

Los techos verdes, o conocidos también como cubiertas ajardinadas, techos vegetales, entre otros; es un tipo de cubierta invertida con la adición de un substrato orgánico y plantas en la capa superior. Las ventajas de este tipo de cubiertas, abarcan aspectos arquitectónicos, constructivos, medioambientales y estéticos (Machado, Brito, & Neila, 2000).

Este tipo de cubierta posee una de las envolventes más expuestas al medio ambiente por lo que asume un rol protagónico en el intercambio energético.

Asimismo, según el estándar de Casas Pasivas (Passive House) propuesto en 1988, el sistema de los techos verdes aplica los principios de alto aislamiento, elevada estanquidad al aire y sistemas de recuperación del calor de ventilación, obteniendo como resultado edificios de bajo consumo energético.

Este estándar se enfoca en el uso de material tradicional en la construcción, cuyos costos energéticos e impactos ambientales son menores. Actualmente, el cambio por el uso masivo de materiales globales como el cemento, acero, aluminio, plástico, etc.; han incrementado notablemente el impacto energético y ambiental. Esta situación, hace que sea necesario reencontrar un acercamiento con la naturaleza de manera que convierta las edificaciones en organismos vivos habitables propiciando una arquitectura orgánica (Zabalza & Aranda, 2011).

### **4.2. ANTECEDENTES**

Los techos verdes o llamados también cubiertas ajardinadas han sido empleados en diferentes momentos de la historia y a través de distintas técnicas.

#### **4.2.1. Techos Verdes en Países nórdicos**

Los países nórdicos, países donde la temperatura llega a cifras extremas (-20° C en promedio), han sido capaz de adecuar la aplicación de vegetales como parte de su cubierta, de forma tal que sirva como un aislante térmico que otorgue confort térmico entre sus habitantes, tanto en verano como en invierno.

Un claro ejemplo son las viviendas de las Islas Feroe, principalmente las de las áreas suburbanas y zonas rurales), las cuales llevan cubiertas verdes (en inglés se les conoce como "green roof"). En este lugar llueve 300 días durante el año, por lo que sus pobladores introdujeron los techos verdes como sistema de

protección contra la lluvia y a la vez otorgando a la vivienda un sistema de aislamiento térmico (Smith, 2016).

En referencia a este lugar, se dice que probablemente estas técnicas de protección de la cubierta empleando césped, corteza o paja; se usaban desde la época de los Vikingos en la Edad Media.



Figura IV.1. Viviendas típicas en las Islas Feroe.

Fuente: (Sipinski, 2014)

#### 4.2.2. Cubiertas con vegetales en el Perú

Desde la aparición del hombre, proteger las cubiertas empleando vegetales u otro elemento natural ha sido una práctica común. A lo largo de la historia, las civilizaciones que se desarrollaron en territorio peruano no han sido ajenas a optar por este tipo de soluciones para la protección de sus viviendas.

El caso más resaltante, considerando que fue uno de los imperios más grandes del mundo, fue el de los Incas. La mayoría de sus establecimientos se ubicaron por encima de los 2000 msnm, a partir de esta altitud ya se pueden apreciar cambios considerables de temperatura durante el día y en algunos casos, es notorio llegar a temperaturas frías, lo cual es común de las zonas altas del territorio peruano hasta nuestros días.

Las viviendas de los incas eran construidas en gran medida de piedra, tierra o una mezcla de ambos, no obstante, ellos tenían una forma típica para sus techos donde empleaban el ichu como cubierta natural y como material de aislamiento térmico. El ichu es una planta que crece en las partes altas de la sierra, es de fácil manipulación y no se requiere mayor conocimiento para identificarlo.

Hasta nuestros días, esta práctica se viene rescatando, ya que diversas investigaciones muestran que las propiedades térmicas del ichu son aprovechables en situaciones de temperaturas extremas, como las mencionadas anteriormente. Además de que, aun en estos días, existen viviendas en diferentes zonas rurales que emplean el ichu como cubierta vegetal.

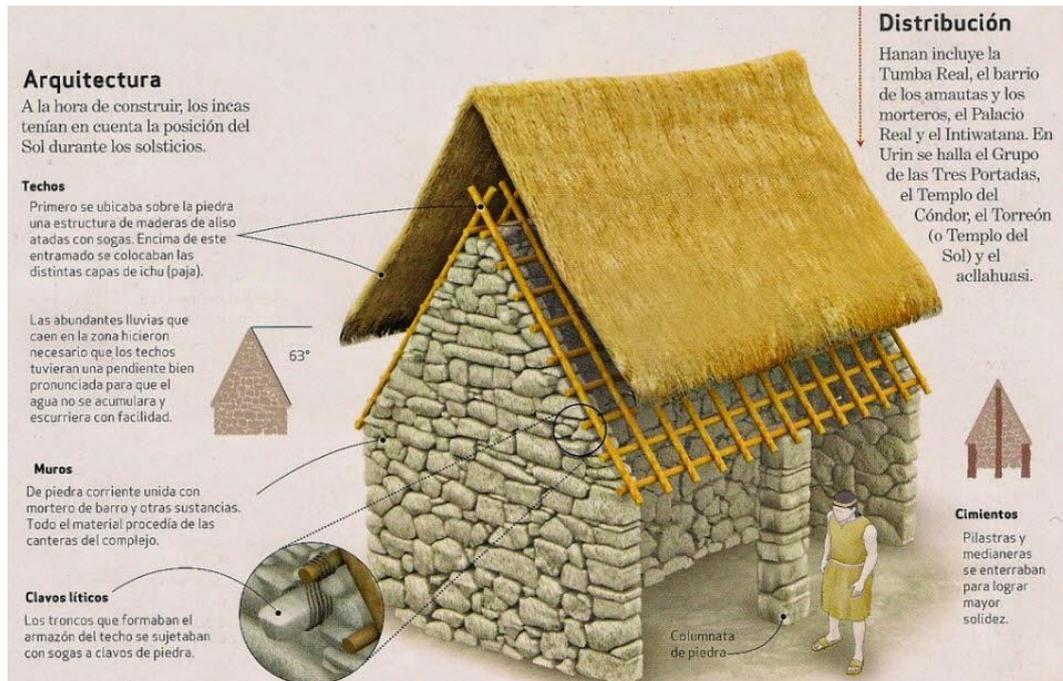


Figura IV.2. Cubierta típica de las viviendas incas empleando ichu.

Fuente: (Apuntes, 2019)

#### 4.2.3. Proyecto de Investigación IIFIC – 2017/2018

El proyecto de investigación iniciado en el año 2017, fue un esfuerzo conjunto impulsado por el Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, bajo el título “Propuesta de techos verdes acondicionados a viviendas rurales de las zonas altoandinas del Perú (altitud > 3500 msnm)” cuyo objetivo estuvo enfocado en verificar el funcionamiento de los techos verdes en viviendas rurales y que estos sean capaces de resistir las condiciones más extremas sin sufrir mayores inconvenientes.

Los resultados parciales han mostrado que, en efecto, el sistema de techos verdes funciona como un aislante térmico, es decir, las temperaturas registradas en los módulos de viviendas resultaron ser mayores a la temperatura exterior y/o temperatura del ambiente.



Figura IV.3. Módulo de vivienda con techo verde.

Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

Cabe resaltar que este proyecto fue desarrollado por un equipo de investigadores, cuya información, es uno de los insumos principales para la descripción del sistema de techos verdes y para el desarrollo de la presente tesis.

Tabla IV.1. Equipo de profesionales del proyecto de investigación.

Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

| N° | APELLIDOS Y NOMBRES                        | CARGO                  |
|----|--|------------------------|
| 1  | MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata             | Asesor Especialista    |
| 2  | MSc. Ing. Roger Hidalgo García             | Asesor Especialista    |
| 3  | MSc. Ing, Nadia Eda Macavilca Rojas        | Jefe de Proyecto       |
| 4  | Bach. Ing. Arturo Jimmy Centeno Sairitupac | Investigador Principal |
| 5  | Bach. Ing. José Benjamín Lucero Ccencho    | Investigador Principal |
| 6  | Bach. Ing. Hansen Yacoov Roque Rojas       | Investigador Principal |

#### 4.2.4. Economía Verde

La Economía Verde es un nuevo enfoque dentro de las ciencias económicas que se define como aquella que da lugar a la mejora del bienestar humano e igualdad social, en tanto se reduzcan significativamente los riesgos medioambientales y la escases ecológica (PNUMA, 2011). De forma simple, se podría decir que la

economía verde es un medio de producción integral que busca bajas emisiones de carbono, el uso de recursos de forma eficiente y ser socialmente incluyente; en contra posición de la económica marrón.

Tabla IV.2. Diferencia entre la las economías marrón y verde.

Elaboración propia.

| Economía Marrón  | Economía Verde   |
|--|--|
| <p>Orientado principalmente al crecimiento económico financiero.</p> <p>Su motor son las energías fósiles y la extracción acelerada de recursos naturales.</p> | <p>Orientado al crecimiento económico, conservación de recursos naturales y ecosistemas, erradicación de la pobreza, igualdad social.</p> <p>Su motor son las energías renovables.</p> |

El concepto de economía verde, asociado también a la económica ecológica por su traducción del inglés “green economy”, se apoya en tres estrategias principales (Vargas, Trujillo, & Torres, 2017):

- La reducción de las emisiones de carbono.
- Mayor eficiencia energética y el uso de recursos naturales.
- Prevención de pérdida de biodiversidad y de sus servicios ecosistémicos.

El cambio de enfoque de la economía hacia un marco de sostenibilidad involucra esfuerzos en todos los ámbitos, principalmente en 8 sectores cuyas capacidades permitirán la transición a la economía verde.

Tabla IV.3. Sectores productivos fundamentales para lograr la transición hacia la economía verde.

Fuente: (D'Avignon & Cruz, 2011) y (Gibbs & O'Neill, 2015).

| Sector                   | Descripción  |
|--------------------------|--|
| <b>Bosques</b>           | Reducir la deforestación, aumentando la reforestación; certificar los productos provenientes de los bosques y el pago de servicios ambientales.                      |
| <b>Agropecuario</b>      | Cambiar las prácticas de administración del uso de fertilizantes, agua; semillas; mecanización de áreas cultivables; el manejo integral de pesticidas y nutrientes.  |
| <b>Recursos hídricos</b> | Conservar las fuentes de aguas subterráneas y superficiales, con el uso eficiente del recurso, para generar condiciones de calidad de vida aceptable a la población. |

|                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>Pesca</b>               | Generar el aumento sostenible de actividades innovadoras de producción y el financiamiento para reducir el exceso de pesca a nivel mundial.   |
| <b>Ecoturismo</b>          | Conducir al desarrollo de la economía local, con el aumento de la participación de la comunidad local, de los grupos vulnerables, en la cadena de valor del turismo.                                  |
| <b>Energías renovables</b> | Aumentar la matriz energética proveniente de fuentes renovables, invirtiendo en los biocombustibles, aplicaciones fotovoltaicas y eólicas, entre otras.   |
| <b>Transporte</b>          | Modificar el transporte privado a público, teniendo en cuenta que la movilidad depende del uso del territorio, es necesario mejorar una adecuada planeación.  |
| <b>Manufactura</b>         | Fortalecer la producción mediante la prolongación de la vida útil de los productos f, con procesos de rediseño y reciclaje, aumentando la eficiencia del uso de los recursos naturales y energéticos. |

Para el logro de la transición, pueden optarse por diversas intervenciones desde la generación de empleos verdes, el acceso a bienes y servicios ambientales, estrategias de transferencia monetaria condicionada, subsidios directos a sectores industriales y la reestructuración de las compras públicas. Asimismo, además de las inversiones, es necesario generar esquemas regulatorios o de normalización en los siguientes sectores (Saikku, y otros, 2015):

- La construcción con eficiencia energética.
- Aumento en los estándares de emisiones para vehículos.
- El aumento de porcentaje de la matriz energética de los países con energías renovables.
- El manejo económico de los residuos y del reciclaje.
- El desarrollo urbano planificado y del transporte, donde se tengan en cuenta medios alternativos.
- El eco etiquetado de productos de consumo masivo.

El sistema de techos verdes, en general, es un método de construcción pasivo que rescata los principios de la economía verde dentro de la eficiencia energética para la construcción de edificaciones, ya que, esta técnica permite la reducción del consumo primario de la energía y fomenta el uso de materiales amigables con el medio ambiente durante la construcción.

### 4.3. CONSTRUCCION DE MÓDULOS DE VIVIENDA (MV)

#### 4.3.1. Diseño de los Módulos de Vivienda

La construcción de los Módulos de Vivienda, en adelante MV, surge a partir de la necesidad de recrear una vivienda rural altoandina típica, plasmando la mayor cantidad de características en el diseño, ya sea en elementos y/o en procesos constructivos.

La vivienda rural generalmente está compuesta por 1 o más módulos rectangulares de entre  $15 \text{ m}^2 - 30 \text{ m}^2$ , cuya relación de lados varía de entre 1 a 1.5. Sus vanos están compuestos por 1 o 2 puertas y ventanas distribuidas en los lados de manera que otorgue la mayor iluminación posible. Los techos llevan un soporte de madera cubierto, en su mayoría, por calamina o, en su defecto, empleando eternit. Bajo estas consideraciones generales, se optó por tomar como modelo una vivienda real de  $4.2 \times 6 \text{ m}$  de área de base, con una altura de entre 2.1 a 3 m (techo a un agua) y una cubierta de calamina.

#### 4.3.2. Características del diseño de los MV

Los Módulos de Vivienda (MV) fueron diseñados bajo las siguientes especificaciones técnicas básicas:

- a) Escala de los MV 1:3.
- b) Dimensiones: Ambiente de  $1.4 \times 2 \text{ m}$  de área de base y  $0.7 - 1.0 \text{ m}$  de altura (techo a un agua).
- c) Muros de adobe de  $0.2 \times 0.2 \times 0.1 \text{ m}$ .



Figura IV.4. Fabricación de las unidades de albañilería de adobe.

Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

- d) Sistema de contrafuertes de 0.2 m colocados en cada lado del MV y con un espaciamiento máximo de 1 m.
- e) 3 vanos por cada MV: 01 puerta de madera de 0.35 x 0.6 m y, 02 ventanas de doble vidrio con marco de madera de 0.25 x 0.2 m con un alfeizer de 0.4 m.

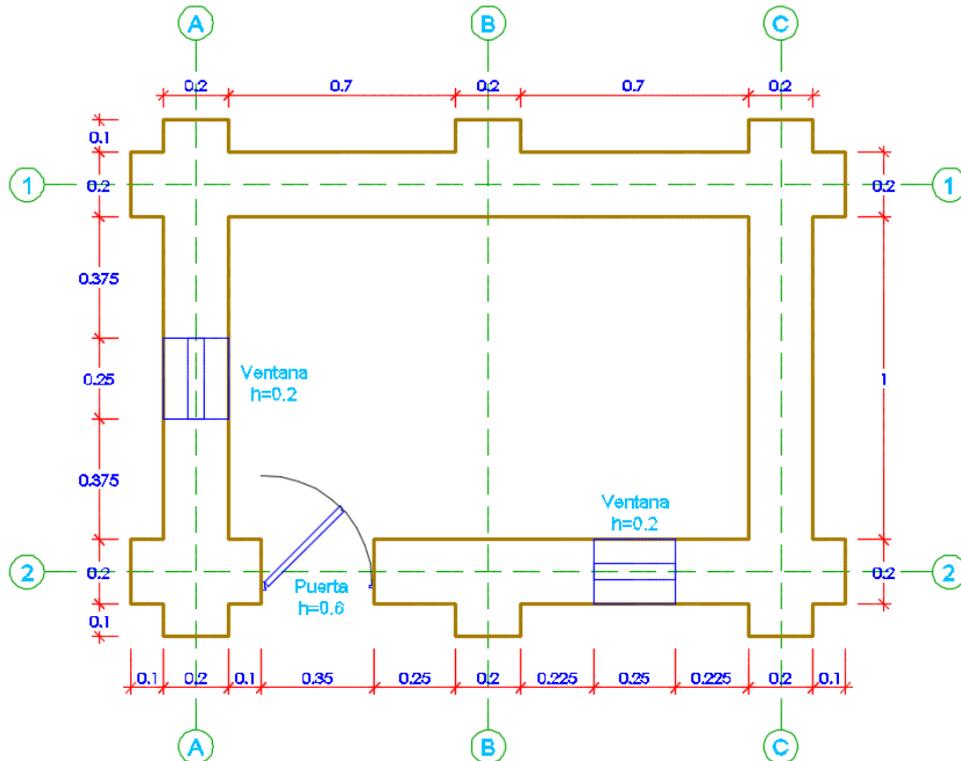


Figura IV.5. Plano de la Vista en Planta – Anexo 4.1.

Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

- f) Cimentación corrida de concreto ciclópeo de 0.3 x 0.2 m.
- g) Sobrecimiento de concreto de 0.2 x 0.1 m.

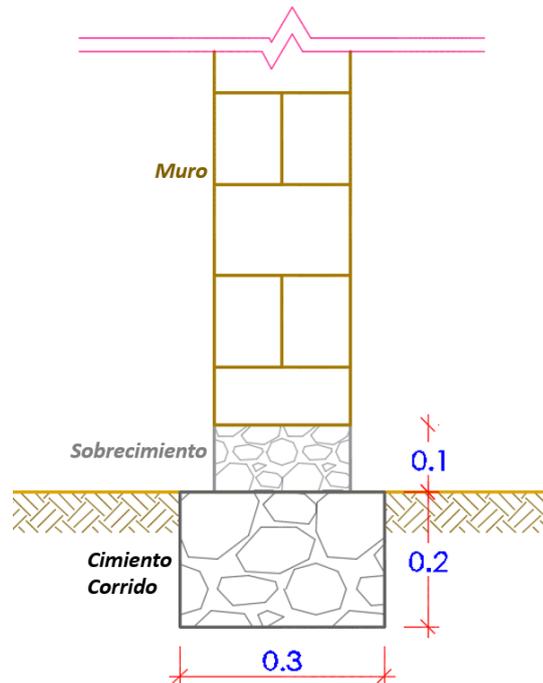


Figura IV.6. Cimiento y Sobrecimiento para los MV.

Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

- h) Techo a un agua con perfiles estructurales de madera tornillo de 2" x 3" (vigas principales) y 2" x 2" (vigas secundarias), con cobertura de acero laminado galvanizado (calamina) de 0.33 mm de espesor (Ver Hoja Técnica de planchas Zincadas ondulada en el Anexo 1).
- i) Sistema de drenaje con geo compuesto del tipo MacDrain (se adjunta Hoja Técnica del MacDrain en el Anexo 2).
- j) Suelo natural de tierra o Top Soil como sustrato para la vegetación del techo.



Figura IV.7. Estructura de la cubierta vegetal para los MV.

Elaboración propia. Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

- k) Piso: Material de suelo compactado.

#### 4.3.3. Proceso Constructivos de los Módulos de Vivienda

Se construyeron 4 Módulos de Vivienda según las especificaciones descritas anteriormente, a los cuales se les dio la siguiente codificación:

- MC – 0: Módulo de Control (Techo solo con Calamina – Sin techo verde)
- MV – 1: Módulo de Vivienda 1 (Con techo verde)
- MV – 2: Módulo de Vivienda 2 (Con techo verde)
- MV – 3: Módulo de Vivienda 3 (Con techo verde)

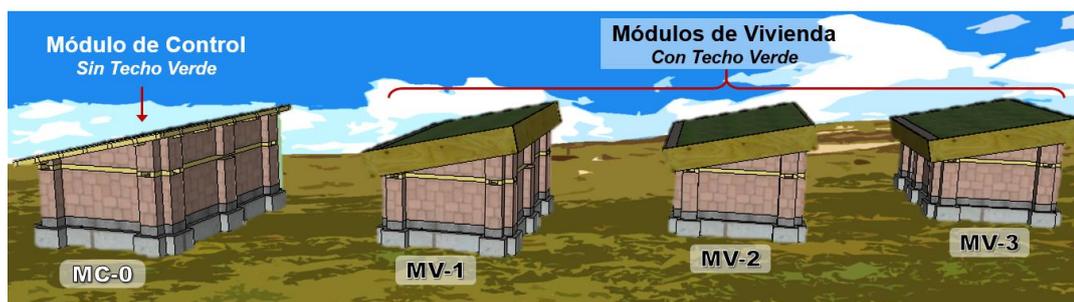


Figura IV.8. Módulos de Vivienda con su respectiva codificación.  
Elaboración propia. Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

##### 4.3.3.1. Trazo y Replanteo

Alineamiento y trazo de la cimentación in situ, empleando yeso y cordel según las dimensiones para el cemento corrido del MV ( $e = 0.30$  m).



Figura IV.9. Trazo y replanteo.  
Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

##### 4.3.3.2. Movimiento de Tierra

Primeramente, se realizó el retiro de la capa de top soil o tierra orgánica, la misma que fue almacenada especialmente para su posterior uso. La primera etapa de

excavación fue para la nivelación del terreno, según se muestra en la figura IV.9. Luego del trazo y replanteo para la cimentación, se procede a realizar la segunda etapa del movimiento de tierras considerando una profundidad de 0.20 m para la cimentación. Cabe indicar que el material de excavación, fue seleccionado para la fabricación artesanal del adobe.



Figura IV.10. Movimiento de tierra para cimentación.

Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

#### 4.3.3.3. Cimiento y Sobrecimiento

Se optó por un cimiento corrido bajo la siguiente descripción:

- Cimiento: Concreto  $f'c = 10$  MPa + 30% Piedra Mediana.
- Sobrecimiento: Concreto  $f'c = 10$  MPa



Figura IV.11. Vaciado de concreto para cimentación.

Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

#### 4.3.3.4. Construcción de muros

El muro cuenta con un espesor de 0.20 m. La mezcla de barro para las juntas entre adobes es de 2 cm.

Las buenas prácticas constructivas empleando adobe recomiendan humedecerlo antes de su asentado.



Figura IV.12. Construcción del muro de adobe.

Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

Asimismo, la Norma E. 080 del RNE, recomienda colocar elementos de arriostres a la altura de los dinteles de los vanos. Para los MV se emplearon listones de madera tornillo de 2" x 2".



Figura IV.13. Instalación de Viga Collar – Elemento de Arriostre.

Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

#### 4.3.3.5. Techo

Instalación del soporte de madera para el techo y posteriormente, colocación de calamina o acero laminado galvanizado de 0.33 mm de espesor.



Figura IV.14. Instalación de techo con cubierta de calamina.

Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

Los Módulos de Vivienda MC-0, MV-1, MV-2 y MV-3 se construyeron respetando el proceso descrito hasta este ítem. Como resultado, se obtuvieron modelos a escala de viviendas rurales típicas de las zonas altoandinas.

Los siguientes pasos, están asociados a la implementación de los techos verdes, por lo tanto, solo se aplican a los Módulos de Vivienda MV-1, MV-2 y MV-3.

#### 4.3.3.6. Soporte para techo verde

Se empleó madera tornillo de 12" x 1" formando una caja alrededor del techo.



Figura IV.15. Instalación de madera perimetral para techo verde.

Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

#### 4.3.3.7. Impermeabilización y Sistema de Drenaje

Se empleó pintura bituminosa para la impermeabilización de todas las superficies internas (calamina y cara interna de las maderas) como se aprecia en la figura líneas abajo.



Figura IV.16. Impermeabilización con pintura bituminosa.

Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

Posteriormente, el sistema de drenaje fue instalado bajo el siguiente orden:

- Mac Drain: Geocompuesto formado por una manta tridimensional con filamento de polipropileno y por un tejido de poliéster.
- Sustrato natural – Top Soil.
- En el extremo del techo (hacia la fachada) se colocó una capa de grava y un dren francés, para evacuar las aguas acumuladas hacia el exterior.



Figura IV.17. Instalación de Mac Drain.

Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

#### 4.3.3.8. Colocación de Sustrato y Sembrado de Plantas

La capa de sustrato está compuesta por el material orgánico obtenido de la primera etapa de movimiento de tierras y del muestreo de plantas. Una vez vaciado el top soil, se procede a plantar las muestras seleccionadas mediante esquejes (fragmento de tallo que se separa de un árbol o de un arbusto para formar una nueva planta).



Figura IV.18. Colocación de capa de sustrato y plantación de esquejes.

Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

En resumen, el proceso constructivo diferencia los componentes que conforman los módulos de vivienda, los cuales mantienen las características esenciales de las viviendas rurales.

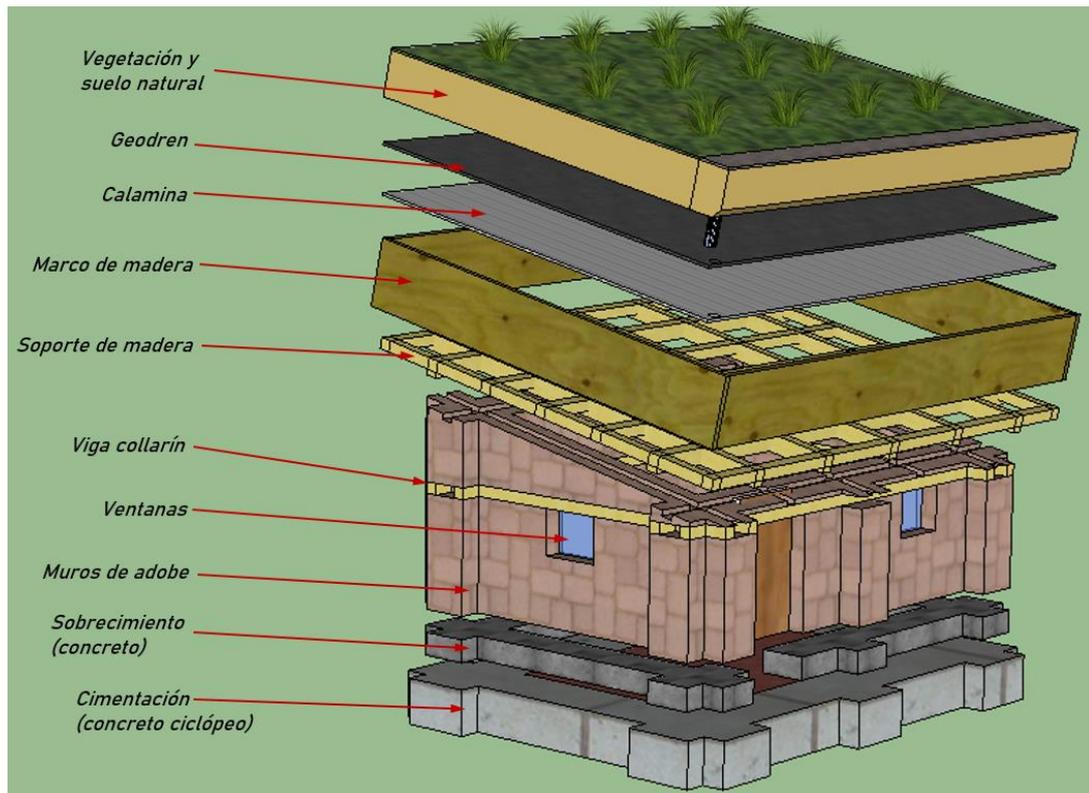


Figura IV.19. Componentes de los Módulos de Vivienda.  
Elaboración propia. Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

#### 4.4. APORTES DE LA PROPUESTA

Los beneficios de la propuesta de la aplicación de los techos verdes en viviendas rurales para el mejoramiento del confort térmico, pueden citarse desde distintos puntos de vista. No obstante, en esta sección, estos aportes serán abordados desde 3 ángulos: técnico, social y ambiental.

##### 4.4.1. Aporte Técnico

Dentro del campo de la Tecnología de Materiales, el sistema de techos verdes es empleado, en gran medida, en obras de edificaciones multifamiliares o comerciales como elementos estéticos y/o paisajísticos. No obstante, su aplicación considerando el aporte intrínseco al confort térmico por sus propiedades térmicas, como es el caso de la investigación en el presente documento, es una contribución significativa a los nuevos métodos de construcción sostenible que se une a otros sistemas pasivos de aprovechamiento energético tales como el muro trombe, pisos radiantes, claraboyas, etc., los cuales fueron desarrollados por diferentes centros de investigación a nivel nacional, entre los que destacan el CER-UNI y el Grupo PUCP.

Tanto el sistema propuesto, como los mencionados anteriormente, fueron alternativas técnicas que buscaron aportar a la mejora del comportamiento térmico de la vivienda rural aplicando los conceptos de diseño bioclimático, energías alternativas, transferencia térmica y ecoeficiencia.

#### 4.4.2. Aporte Social

El aporte en este campo es a nivel teórico dado que la propuesta aún no ha sido implementada en una vivienda real. Sin embargo, con los datos de la investigación se puede esperar que, con la aplicación de los techos verdes en viviendas rurales, la temperatura interna de la vivienda aumente hasta en 3° C, lo cual influye en:

- Aumento del confort térmico para los habitantes.
- Descenso de posibles casos de Infecciones Respiratorias Agudas a causa de la exposición de las personas a las bajas temperaturas.
- Uso y conservación de técnicas tradicionales de construcción correspondiente a cada zona rural.

#### 4.4.3. Aporte Ambiental

Desde hace algunos años, el concepto de sostenibilidad ha tomado bastante importancia para redefinir la forma de desarrollar nuestras actividades. Naturalmente, este aspecto está asociado al Cambio climático y a las acciones para contribuir al cuidado del medio ambiente con el fin de reducir los gases de efecto invernadero que ocasiona el calentamiento global.

##### 4.4.3.1. *Objetivos de Desarrollo del Milenio*

A inicios del nuevo milenio, luego de algunas cumbres, los líderes mundiales adoptaron la Declaración del Milenio de las Naciones Unidas asumiendo el compromiso de una nueva alianza mundial para la reducción de la pobreza extrema, el hambre, las enfermedades, el analfabetismo, la degradación medioambiental, entre otros. Estos compromisos se plantearon en 8 objetivos, los cuales fueron denominados Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) con plazo límite en el 2015 (PNUD, 2020):

- Erradicar la pobreza extrema y el hambre.
- Lograr la enseñanza primaria universal
- Promover la igualdad de género y la autonomía de la mujer
- Reducir la mortalidad infantil

- Mejorar la salud materna
- Combatir VIH/SIDA, paludismo y otras enfermedades
- Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente
- Fomentar una asociación mundial para el desarrollo

#### 4.4.3.2. Objetivos de Desarrollo Sostenible

En 2015, 193 países miembros de la Organización de las Naciones Unidas adoptaron compromisos para poner fin a la pobreza, proteger al planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), también conocidos como Objetivos Mundiales, sustituyeron a los ODM. Fueron gestados por los países miembros durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible en Río de Janeiro 2012. Estos 17 objetivos están interrelacionados, lo que significa que las intervenciones en uno de ellos, terminará afectando a los resultados de otros y, que el desarrollo en su conjunto debe equilibrar la sostenibilidad medio ambiental, económica y social (PNUD, 2020).



Figura IV.20. Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Fuente: (Naciones Unidas, 2018).

Si bien, los ODS cubren ampliamente los ángulos técnico, social y ambiental, desde donde se presentan los aportes de la propuesta; para la presente tesis, se ha decidido ubicarla dentro de los aportes ambientales. No obstante, en el cuadro siguiente, se detallan las metas de los ODS a las cuales esta propuesta contribuye.

Tabla IV.4. Metas a las cuales la propuesta de Techos verdes contribuye.

Elaboración propia. Fuente: (Naciones Unidas, 2018).

| ODS  | METAS   |
|--|---|
| <b>1 Fin de la pobreza</b>                       | <p>1.4 Garantizar que todos los hombres y mujeres, en particular los pobres y los vulnerables, tengan los mismos derechos a los recursos económicos y acceso a los servicios básicos, la propiedad y el control de la tierra y otros bienes, la herencia, los recursos naturales, las nuevas tecnologías apropiadas y los servicios financieros, incluida la microfinanciación.</p> <p>1.5 Fomentar la resiliencia de los pobres y las personas que se encuentran en situaciones de vulnerabilidad y reducir su exposición y vulnerabilidad a los fenómenos extremos relacionados con el clima y otras perturbaciones y desastres económicos, sociales y ambientales.</p>   |
| <b>7 Energía Asequible y no contaminante</b>     | <p>7.2 Garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos.</p> <p>7.3 Duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética.</p> <p>7.a Aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias.</p> <p>7.b Ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados, los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países en desarrollo sin litoral, en consonancia con sus respectivos programas de apoyo.</p> |
| <b>8 Trabajo decente y crecimiento económico</b> | <p>8.4 Mejorar progresivamente la producción y el consumo eficientes de los recursos mundiales y procurar desvincular el crecimiento económico de la degradación del medio ambiente, conforme al Marco Decenal de Programas sobre Modalidades de Consumo y Producción Sostenibles, empezando por los países desarrollados</p>   |

|   |  |
|---|--|
|   | <p>8.9 Elaborar y poner en práctica políticas encaminadas a promover un turismo sostenible que cree puestos de trabajo y promueva la cultura y los productos locales</p>   |
| <p><b>9 Industria, Innovación e Infraestructura</b></p> | <p>9.4 Modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales, y logrando que todos los países tomen medidas de acuerdo con sus capacidades respectivas.</p> <p>9.5 Aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales de todos los países, en particular los países en desarrollo, entre otras cosas fomentando la innovación y aumentando considerablemente el número de personas que trabajan en investigación y desarrollo por millón de habitantes y los gastos de los sectores público y privado en investigación y desarrollo.</p> |
| <p><b>11 Ciudades y Comunidades Sostenibles</b></p>     | <p>11.3 Aumentar la urbanización inclusiva y sostenible y la capacidad para la planificación y la gestión participativas, integradas y sostenibles de los asentamientos humanos en todos los países.</p> <p>11.5 Reducir significativamente el número de muertes causadas por los desastres, incluidos los relacionados con el agua, y de personas afectadas por ellos, y reducir considerablemente las pérdidas económicas directas provocadas por los desastres en comparación con el producto interno bruto mundial, haciendo especial hincapié en la protección de los pobres y las personas en situaciones de vulnerabilidad.</p>   |
| <p><b>13 Acción por el Clima</b></p>                    | <p>13.1 Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países.</p> <p>13.2 Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales.</p>  |

## CAPITULO V. DESARROLLO Y ANALISIS EXPERIMENTAL

### 5.1. LUGAR DE ESTUDIO

El proyecto de investigación comenzó a ejecutarse en el año 2017 con apoyo del IIFIC, año en el cual se eligió la zona donde se desarrollaría la experimentación bajo los criterios que se indican a continuación:

- Condiciones climáticas adecuadas (bajas temperaturas).
- Área mínima de 80 m<sup>2</sup> para construcción de los módulos de vivienda.
- Fácil accesibilidad a la zona (facilidad para el transporte de materiales)

Como consecuencia, el lugar de estudio seleccionado fue el Centro poblado de Chuquirpay, ubicado en el distrito de Santa Bárbara de Carhuacayán, provincia de Yauli, Departamento de Junín. Está situado a una altitud de 4400 msnm, con coordenadas referenciales UTM 352279 m E, 8768769 m S (Zona 18L).

Se ubica aproximadamente a 210 km de la ciudad de Lima. El acceso desde la capital, puede ser vía terrestre. La ruta más recomendada es a través de la vía nacional PE-20A siguiendo la ruta hacia Canta; no obstante, también se puede optar por la ruta que sigue la carretera Panamericana Norte tomando el desvío hacia Huayllay desde la ciudad de Huaral.



Figura V.1. Ubicación del distrito de Santa Bárbara de Carhuacayán – Lugar de estudio.

Elaboración propia. Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

### 5.1.1. Caracterización del Clima

Desde una vista general, según la tesis postulada por Javier Pulgar Vidal, el centro poblado de Chuquirpary (lugar de estudio) pertenece a la Región Puna (4000 – 4800 msnm) caracterizado por un clima frígido y con una temperatura media anual que fluctúa entre los 0 y 7° C, con variaciones térmicas desde -25° C hasta 20° C (Pulgar, 1987).

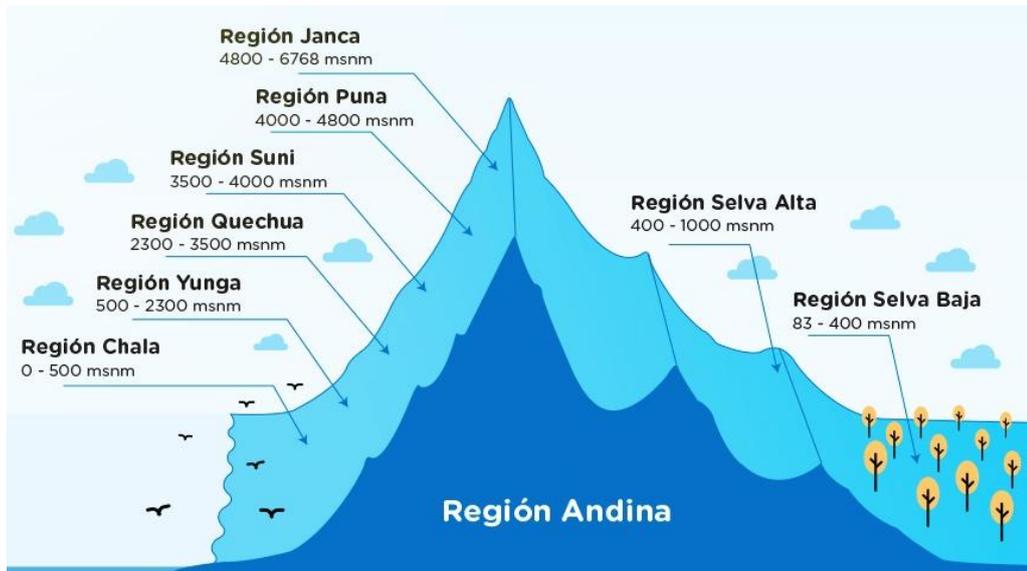


Figura V.2. Regiones naturales del Perú.

Fuente: (PROMPERU, 2019)

Asimismo, de acuerdo a la información del portal del Senamhi, el lugar de estudio está ubicado en una zona caracterizado por un clima lluvioso semifrígido (de Tundra). Se caracteriza por presentar precipitaciones anuales en promedio de 700 mm, con temperaturas medias anuales 7° C y nieves perpetuas en alta montaña. Presenta veranos lluviosos e inviernos secos con heladas moderadas.

Lo descrito anteriormente guarda relación con lo que muestra el registro de las estaciones meteorológicas de Marcapomacocha y Huayllay, donde se observa una variación térmica de entre los -7° a 14° C. La ubicación de estas estaciones son las más próximas al lugar de estudio.

### 5.1.2. Caracterización de la Flora

La Reserva Nacional de Junín está ubicado en el departamento del mismo nombre a aproximadamente 25 km del lugar de estudio, por lo que será una fuente de referencia para la descripción general de la flora existente en la zona.

Según la información del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado – SERNANP para la Reserva Nacional de Junín, entre los tipos de cobertura vegetal más frecuentes se encuentran los pajonales, césped de puna, bofedales u oconales, totorales, entre otros. Debido a su ubicación y altitud, es común encontrar como vegetación silvestre típica al Ichu y la puya de Raymondi (SERNANP, 2019).

Asimismo, tomando como referencia el postulado de Javier Pulgar Vidal (8 Regiones Naturales del Perú) la flora que caracteriza la región Puna está compuesta por comunidades de pastos, ciénagas, árboles y arbustos pequeños y, plantas herbáceas. Las gramíneas tienen gran presencia en esta región, entre ellas Agrostis, Calamagrostis, Festuca, Paspalum y Stipa (Pulgar, Las ocho regiones naturales del Perú, 2002).

### 5.1.3. Ecosistema según Mapa Ecológico

El Mapa Ecológico del Perú es un documento que proporciona información climática y muestra la interrelación biológica de los ecosistemas incluyendo al hombre y sus manifestaciones socioculturales (INRENA, 1995).

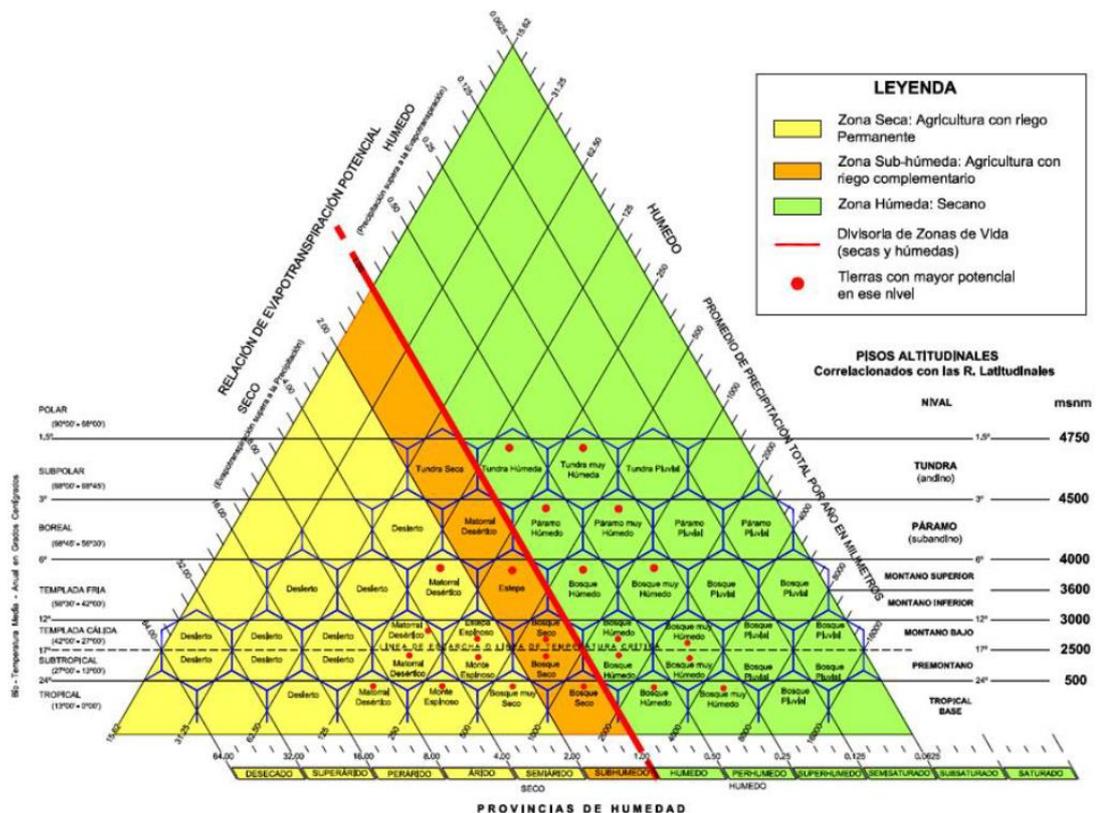


Figura V.3. Diagrama bioclimático de zonas de vida del sistema Holdridge.

Fuente: (Aybar, y otros, 2017)

De acuerdo al diagrama bioclimático, el Perú posee 84 de las 117 zonas de vida que existe en el planeta y 27 de los 32 climas del mundo, además de contar con más de 25 000 especies de flora; lo que convierte al Perú en uno de los países con mayor diversidad natural del planeta con un patrimonio biológico inigualable (PNUD, 2010).

De acuerdo a esta clasificación, el lugar de estudio se ubica en la zona de vida Páramo Húmedo Subalpino Tropical (ph – SaT). Geográficamente, cubre la región altoandina de la Cordillera Occidental de los Andes (entre 4 000 y 4 300 m.s.n.m.).

Tabla V.1. Características de la zona de vida Páramo Húmedo Subalpino Tropical.

Elaboración propia. Fuente: (INRENA, 1995)

|  |  |
|--|--|
| <b>Clima</b>                               | Según Holdridge, la biotemperatura media anual entre 3° y 6° C.<br>Promedio de precipitación total por año entre 500 y 1 000 mm.   |
| <b>Relieve y suelos</b>                    | Caracterizada por laderas inclinadas, áreas colinadas y a veces relieve plano.   |
| <b>Vegetación</b>                          | Predominan las gramíneas o “ichu”.<br>Pastos naturales llamados “pajonales de puna” del tipo festucas, calamagrostis, stipa, bromus frigidus y poa gimnantha, entre otros. |
| <b>Uso actual y potencial de la tierra</b> | Zonas con capacidad para la producción de pastos para ganados, por ende, convienen ser zonas de vida típicas y tradicionales para la actividad ganadera altoandina.        |

## 5.2. MODELO TEÓRICO

Basados en las definiciones de Masa Térmica Interna y Envoltente térmica, las que fueron descritas en el Capítulo II, y considerando las características constructivas para los módulos de vivienda descritas en el Capítulo IV, se elaboró un modelo teórico para representar el comportamiento térmico del módulo escalado.

### 5.2.1. Factor Escala

Las pruebas de modelo a escala son técnicas basadas en la experimentación para la recolección de datos con óptimas configuraciones económicas y espaciales. Su uso en la ingeniería permite validar simulaciones informáticas mediante la recolección experimental de datos o también, aportar en futuros diseños (Lirola, Castañeda, Lauret, & Khayet, 2017).

El estado del arte respecto a experimentos con modelos a escala para edificaciones, identifica que las escalas más usadas en el campo de la evaluación térmica de edificaciones son 1/2, 1/3, 1/4 y 1/5.

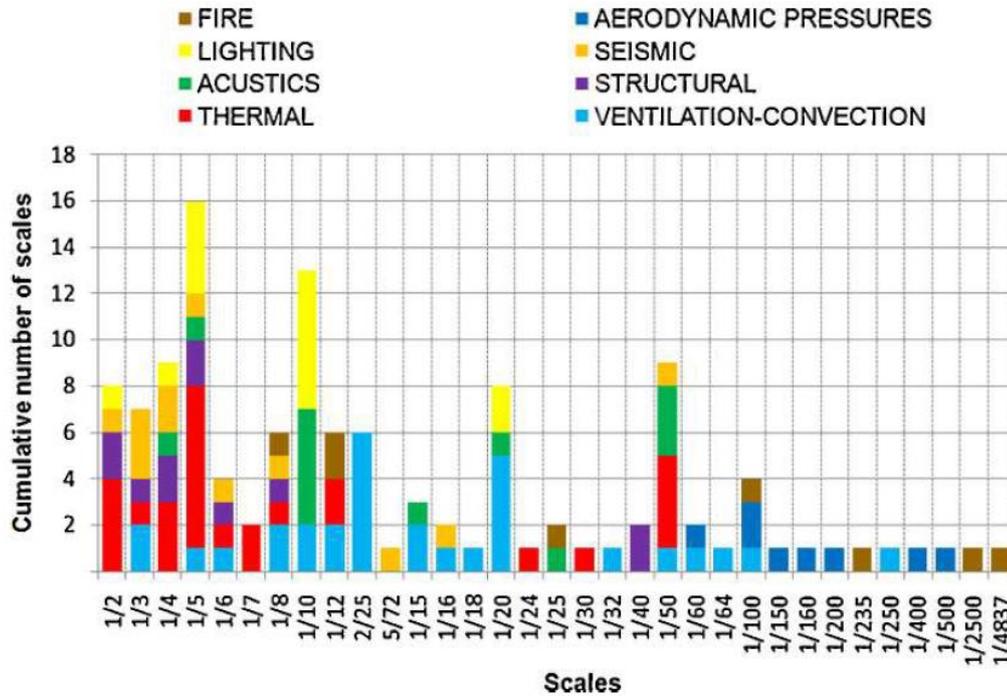


Figura V.4. Número acumulado de escalas para los modelos funcionales a escala para edificios clasificados por el campo fenomenológico.

Fuente: (Lirola, Castañeda, Lauret, & Khayet, 2017)

Dado que, el ámbito de estudio es la zona rural altoandina, las edificaciones son estructuras de dimensiones pequeñas en comparación con las estructuras de las zonas urbanas, por lo tanto, optar por la escala de reducción de 1/4 ó 1/5, las dimensiones del modelo presentarían dificultades durante la práctica experimental. En tal sentido, para este proyecto de investigación, dada las condiciones económicas, se optó por el uso de la escala de reducción 1/3, la cual ayudará a un adecuado proceso de instrumentación y recolección de datos.

Tabla V.2. Escala de referencia usada para la presente investigación.

Elaboración propia. Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

| Modelos y Prototipos                      | Escalas |
|---|---------|
| Prototipo de Vivienda a Escala Real       | 1/1     |
| Modelo de Vivienda a Escala Reducida (MV) | 1/3     |

A partir de dicha recomendación, como se indicó anteriormente, se tomó la escala de 1/3 para la construcción de los módulos, para tal efecto, dicha construcción se realizó siguiendo la descripción de la sección 4.3 Construcción de Módulos de Vivienda del capítulo anterior.

Matemáticamente, el modelo se enfoca en establecer el balance energético basado en el flujo de energía térmica. Uno de los métodos para tal aplicación, fue desarrollado por el Dr. D. J. Sailor y cuyo modelo matemático, fue tomado para la construcción del software Energy Plus.

La ecuación de balance de energía es:

$$F_f = \sigma_f \left[ I_s^\downarrow (1 - \alpha_f) + \varepsilon_f I_{ir}^\downarrow - \varepsilon_f \sigma T_f^4 \right] + \frac{\sigma_f \varepsilon_g \varepsilon_f \sigma}{\varepsilon_1} \left( T_g^4 - T_f^4 \right) + H_f + L_f.$$

Donde:

- $F_f$  (W/m<sup>2</sup>): Flujo neto de calor a la capa de follaje
- $H_f$  (W/m<sup>2</sup>): Flujo de calor transferido por convección en la capa de follaje
- $I_s^\downarrow$  (W/m<sup>2</sup>): Radiación total de onda corta entrante
- $I_{ir}^\downarrow$  (W/m<sup>2</sup>): Radiación total de onda larga entrante
- $L_f$  (W/m<sup>2</sup>): Flujo de calor latente en el follaje
- $\alpha_f$ : Albedo (Reflectividad de onda corta) en la copa de la planta
- $\sigma_f$ : Fracción de cobertura de vegetación verde
- $\sigma$ : Stefan-Boltzmann constant (5.67x10<sup>-8</sup> W/ m<sup>2</sup> K<sup>4</sup>)
- $\varepsilon_f$ : Coeficiente de emisividad de las copas de las plantas
- $\varepsilon_g$ : Coeficiente de emisividad en la superficie del suelo
- $T_f$ : Temperatura del follaje de plantas
- $T_g$ : Temperatura en la superficie del suelo

Para el análisis de la transferencia térmica del modelo, se puede generar una interfaz con el programa Legacy Open Studio entre el Sketchup y Energy Plus.

- El Sketchup es un software que permite realizar el modelado en 3D de diversos elementos y/o estructuras. (Trimble, 2019)
- Por otro lado, el Energy Plus, es un programa completo de simulación de energía del edificio que los ingenieros, arquitectos e investigadores usan

para modelar tanto el consumo de energía (para calefacción, enfriamiento, ventilación, iluminación y carga de enchufes y procesos) como el uso de agua en los edificios. (U.S. Department of Energy, 2019)

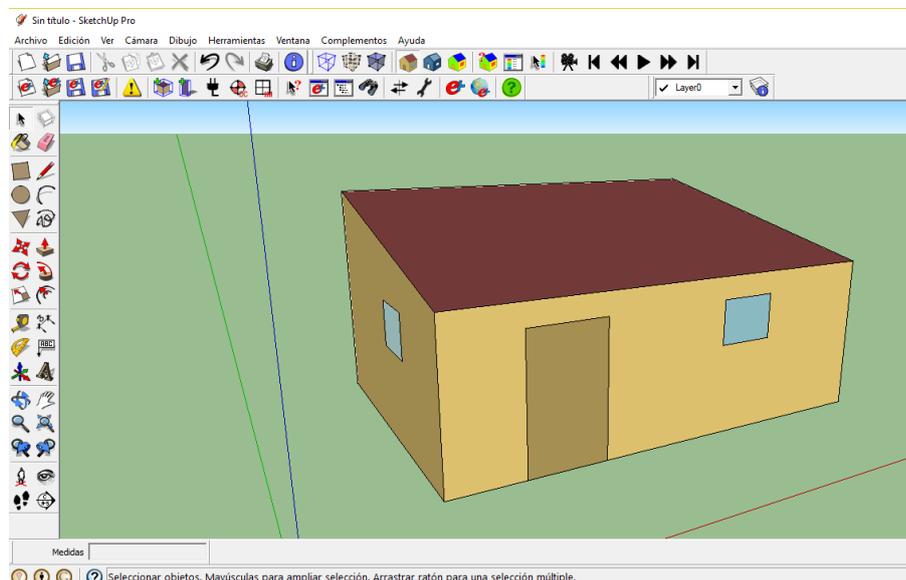


Figura V.5. Modelo simplificado del Módulo de Vivienda en el Sketchup bajo la interfaz del Legacy Open Studio entre los softwares Sketchup y Energy plus.

Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

Para el desarrollo del modelo, se consideró las características higrotérmicas de los diferentes elementos de construcción (de acuerdo al modelo de vivienda propuesto y descrito en el Capítulo IV) que se indica en la Norma EM. 110 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Tabla V.3. Lista de características higrotérmicas de los materiales de construcción.

Fuente: (Norma EM. 110, 2014)

| MATERIAL   | DENSIDAD MEDIA (kg/m <sup>3</sup> ) | COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN TÉRMICA O DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA k (W / m K) | TRANSMITANCIA TÉRMICA U (W/m <sup>2</sup> K) | CALOR ESPECÍFICO Cp (J / kg °C) |
|--|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|
| <b>ROCAS Y SUELOS SEDIMENTARIOS</b>              |                                     |   |  |                                 |
| Gravas y arenas (arena fina, arena gruesa, etc.) | 1950                                | 2   | ---  | 910 - 1180                      |
| Arcilla o limo                                   | 1500                                | 1.5   | ---  | 1670 - 2500                     |
| Piedra canto rodado de 10 cm                     |                                     | 3.5   | ---  | ---                             |

|  |       |       |     |      |
|--|-------|-------|-----|------|
| Tierra   | 2050  | 0.52  | --- | 1840 |
| Barro con paja de 2 cm.  | ---   | 0.09  | --- | ---  |
| <b>MAMPOSTERIA:</b> Adobe  | 1450  | 0.9   | --- | ---  |
| <b>METALES:</b> Calamina metálica de 2 mm.   | ---   | 237   | --- | ---  |
| <b>MADERAS:</b> Maderas de densidad media: Abedul, Canelo, Castaño, Laurel, Roble, Olmo, Caoba, Lagarto, Copaiba, Chemicua, Huayruro, Manchinga, Fresno, Nogal, Cerezo, Palosangre Amarillo, Palosangre Negro, Pumaquiro | 657.5 | 0.18  | --- | 1600 |
| Coníferas de densidad media: Pino insigne  | 477.5 | 0.15  | --- | 1600 |
| Triplay  | 560   | 0.14  | --- | 1400 |
| Puerta de madera   |       | 0.12  |     |      |
| <b>MATERIALES VARIOS</b>   |       |       |     |      |
| Agua   | 1000  | 0.58  | --- | 4186 |
| Cloruro de polivinilo (PVC)  | 1390  | 0.17  | --- | 900  |
| Poliétileno de baja densidad (LDPE)  | 920   | 0.33  |     | 2200 |
| Techo verde (14 cm espesor)  | ---   | 0.174 | --- | ---  |
| Tela yute  | 1500  | 0.06  | --- | ---  |
| <b>VIDRIO CRUDO:</b> Incoloro de 6 mm  | ---   | ---   | 5.7 | ---  |

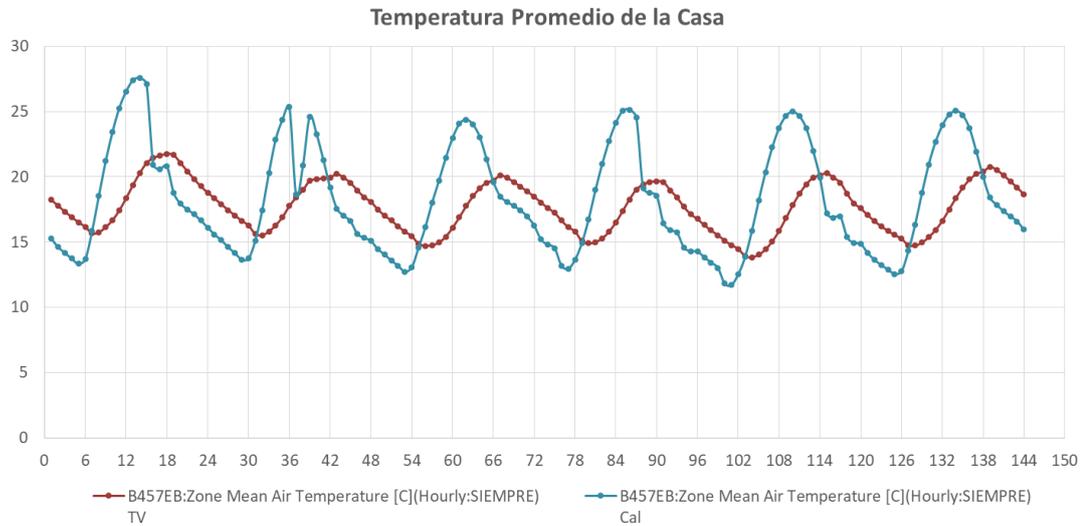
### 5.2.2. Comportamiento térmico de Modelo Teórico

Los datos de la tabla anterior, se registran dentro del Energy Plus generando un archivo de extensión “.idf”. Con dicha información, el software desarrolla la simulación del comportamiento térmico, cuya data resultante es mostrada en un archivo de extensión “.eso” para una representación esquemática en el Sketchup y, otro archivo de extensión “.csv”.

De este último, se obtuvo el siguiente gráfico:

Gráfico V.1. Tiempo vs Temperatura interna del Modelo Teórico.

Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)



Por lo tanto, se espera que:

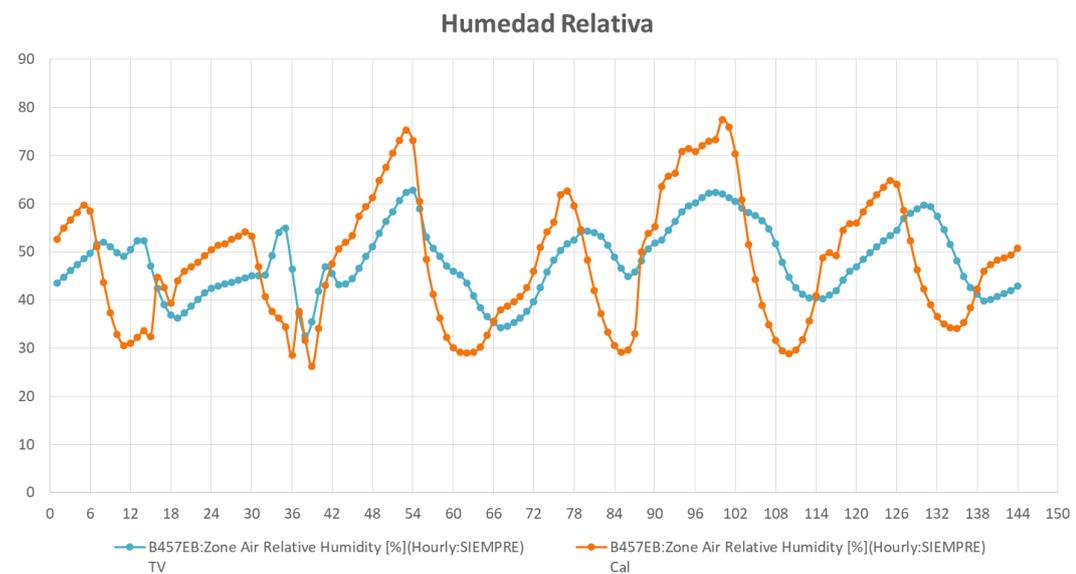
- La temperatura interna mínima del modelo con techo verde sea mayor a la temperatura mínima del modelo con techo de calamina hasta en 2° C.
- La temperatura interna máxima del modelo con techo verde sea menor a la temperatura máxima del modelo con techo de calamina hasta en 5° C.

### 5.2.3. Comportamiento de Humedad del Modelo Teórico

De igual manera, luego de la simulación, los registros obtenidos fueron:

Gráfico V.2. Tiempo vs Humedad de Modelo Teórico.

Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)



Por lo tanto, se espera que la Humedad Relativa HR% del modelo para un módulo de vivienda con techo verde tenga menor variación a lo largo del día en comparación de un módulo con techo de calamina.

### 5.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS MÓDULOS DE VIVIENDA

Las características generales de los Módulos de Vivienda fueron descritas en la sección 4.3 del capítulo anterior. Sin embargo, cada módulo construido, posee características específicas en relación a la conformación de la cobertura vegetal, tal como se detalla en la Tabla V.1.

Básicamente, la caracterización de los módulos de vivienda está relacionadas al tipo de planta usada para la cobertura. En ese sentido, las plantas seleccionadas para los techos verdes fueron aquellas que cumplieron con las siguientes características:

- Capacidad de adaptación a climas extremos (bajas temperaturas, alta radiación y alto estrés hídrico)
- Raíces de longitud corta con una demanda de espesor de sustratos menor a 20 cm.
- Fácil adaptación a crecer en terrenos planos y con pendientes de hasta 40% (22°).
- Mantenimiento mínimo (principalmente sistema de riego y uso de fertilizantes o nutrientes).

Posteriormente, para el muestreo e identificación de las plantas, se procuró seleccionarlas de zonas alejadas a humedales, bofedales y/o fuentes de agua, considerando que la abundancia de una especie es un indicador de su alto nivel de adaptación y resistencia al clima de la zona. Este procedimiento fue realizado con el apoyo de personas de la comunidad de Chuquirpay.

El muestreo consistió en el corte de pequeñas áreas cuadradas en el terreno natural (aproximadamente de 20 a 25 cm de lado) con una profundidad necesaria de tal manera que se extraiga las raíces sin dañarlas. Seguidamente, cada muestra se dividió en esquejes para realizar el trasplante a los techos de los módulos de vivienda.

Un aspecto muy importante dentro de los techos verdes es la Capa de Sustrato, para el cual se usó el suelo orgánico original o llamado también Top Soil, de donde se obtuvieron las muestras de plantas. La densidad del suelo orgánico varía de

0.8 T/m<sup>3</sup> a 1.2 T/m<sup>3</sup>; en estado saturado se considerará un peso unitario de 1.7 T/m<sup>3</sup> a 1.8 T/m<sup>3</sup>.

Tabla V.4. Caracterización de los Módulos de Vivienda.  
Elaboración propia. Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

| Módulo             | Impermeabilización, Sustrato y Drenaje  | Plantas                                       |
|--------------------|---|---|
| <p><b>MC-0</b></p> | <p>Módulo de Control.</p>   | <p>Ninguna.</p>                               |
| <p><b>MV-1</b></p> | <p>Estructura según figura</p> <p>Impermeabilización: Bitumen</p> <p>Sustrato: Capa de suelo orgánico</p> <p>Drenaje: Geodren (incluye filtro)</p>  | <p>Ichu</p> <p>Schupta</p> <p>Escorzonera</p> |

|                    |   |  |
|--------------------|---|--|
| <p><b>MV-2</b></p> | <p>Estructura según figura</p> <p>Impermeabilización: Bitumen + Geotextil</p> <p>Sustrato: Capa de suelo orgánico</p> <p>Drenaje: Capa de grava (5 cm)</p>  | <p>Ichu</p> <p>Chillhuar</p> <p>Oreja de conejo</p> <p>Escorzonera</p> |
| <p><b>MV-3</b></p> | <p>Estructura según figura</p> <p>Impermeabilización: Bitumen</p> <p>Sustrato: Capa de suelo orgánico</p> <p>Drenaje: Geodren (incluye filtro)</p>        | <p>Ichu</p> <p>Chilhuar</p> <p>Pasto (Césped Andino)</p>               |

## 5.4. REGISTRO DE DATOS EXPERIMENTALES

### 5.4.1. Equipos de Medición

La medición y registro de datos de las variables de investigación han sido tomadas empleando un equipo conocido como “Termohigrómetro” compuesta por dos sondas, una interna y otra externa.



Figura V.6. Termohigrómetro.  
Fuente: (Valiometro, 2018)

El termohigrómetro es un aparato electrónico que posee sensores de temperatura y humedad, cuyas principales características se indican a continuación (ver Anexo 3 para Ficha Técnica completa):

Tabla V.5. Especificaciones Técnicas del Termohigrómetro.  
Fuente: (Valiometro, 2018)

|                 |  |
|-----------------|--|
| <b>Hardware</b> | <p>Equipo portátil Modelo SSN-22E con batería de litio reemplazable.</p> <p>Posee 02 sondas para medición de temperatura</p> <p>Dimensiones: 120 mm×37 mm×23 mm (4.8"×1.5"×0.9")</p> |
| <b>Software</b> | <p>Capacidad de 64 Kb (32 000 lecturas)</p> <p>Tiempo de muestreo variable de una vez cada 2 s a cada 12 h</p> <p>Interfaz USB para configuración y descarga de datos</p>            |

|                            |  |                               |
|----------------------------|--|-------------------------------|
|                            | Software de control de PC: DGraph          |                               |
|                            | Alarma e indicación de estado mediante LED |                               |
| <b>Humedad Relativa</b>    | Rango de Medida                            | 0 – 100 %HR                   |
|                            | Precisión                                  | ± 3% HR                       |
| <b>Temperatura Interna</b> | Rango de medida                            | -35° – 80° C (-31° – 176° F)  |
|                            | Precisión                                  | ± 0.3° C (± 0.5° F)           |
| <b>Temperatura Externa</b> | Rango de Medida                            | -40° – 125° C (-40° – 257° F) |
|                            | Precisión                                  | ± 0.5° C (± 0.9° F)           |

#### 5.4.2. Instrumentación de Módulos de Vivienda

Los termohigrómetros fueron programados para registrar la temperatura interna, temperatura ambiental y %HR cada 30 minutos.

Las sondas de los termohigrómetros se ubicaron según se muestra en el esquema referencial de la figura V.7, esto es, la sonda interna para la medición de la temperatura dentro de los módulos de vivienda fue ubicado en la parte central del módulo y, la sonda externa para la medición de la temperatura del ambiente fue ubicado en la parte superior del techo.

Para la instalación de los termohigrómetros, se empleó los siguientes materiales:

- Hilo para pescar
- Madera y tornillo sujetador

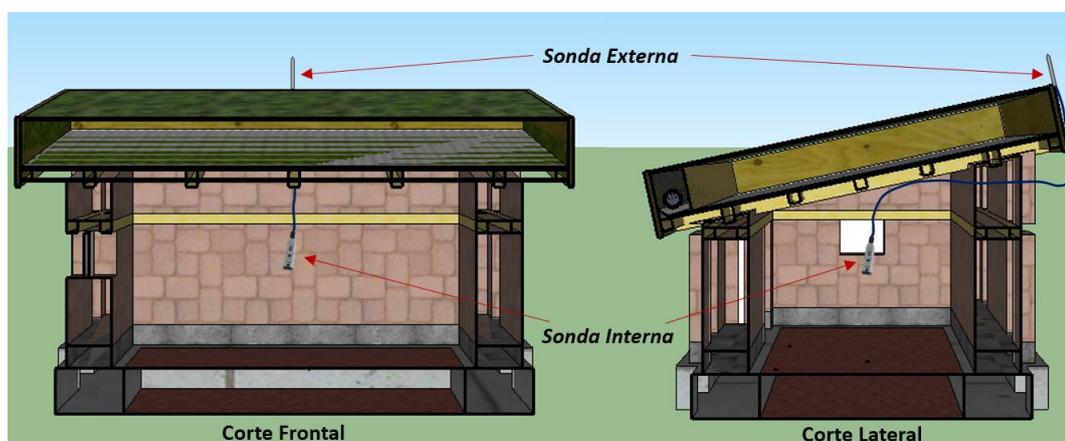


Figura V.7. Ubicación de los termohigrómetros en los módulos de vivienda.

Elaboración propia. Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

### 5.4.3. Desarrollo del Proceso Experimental

El procedimiento para la etapa experimental fue cíclico, según se describe a continuación:

#### 5.4.3.1. Instrumentación de los Módulos de Vivienda

La instrumentación de los módulos de vivienda se describe en la sección anterior (ver figura V.7).

#### 5.4.3.2. Etapa de Medición y Registro de datos

Los termohigrómetros fueron programados para lectura y almacenamiento de temperatura y humedad manteniendo un periodo de 30 min.

Las mediciones y registro de datos fueron desarrollados en diferentes periodos bajo la siguiente programación:

Tabla V.6. Programación Experimental.  
Elaboración propia. Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

| N° | Actividad Experimental   | Fecha               |
|----|--|---------------------|
| 1. | Construcción de Módulos de Vivienda  | Jun 2017 – Dic 2017 |
| 2. | 1 <sup>er</sup> Registro de datos<br>Módulos de vivienda MV-0, MV-1, MV-3                | Dic 2017 – Ene 2018 |
| 3. | 2 <sup>do</sup> registro de datos<br>Módulos de vivienda MV-0, MV-2, MV-3                | Jun 2018 – Oct 2018 |
| 4. | Modificaciones Constructivas Experimentales<br>MV-1: Instalación de claraboya            | Oct 2018            |
| 5. | 3 <sup>er</sup> Registro de datos<br>Módulos de vivienda MV-1, MV-3, Vivienda de la zona | Oct 2018 – Dic 2018 |

#### 5.4.3.3. Exportación de datos

El software de los termohigrómetros (Data Logger Graph) muestra la data mediante un gráfico Tiempo vs Temperatura como se muestra en la siguiente figura:

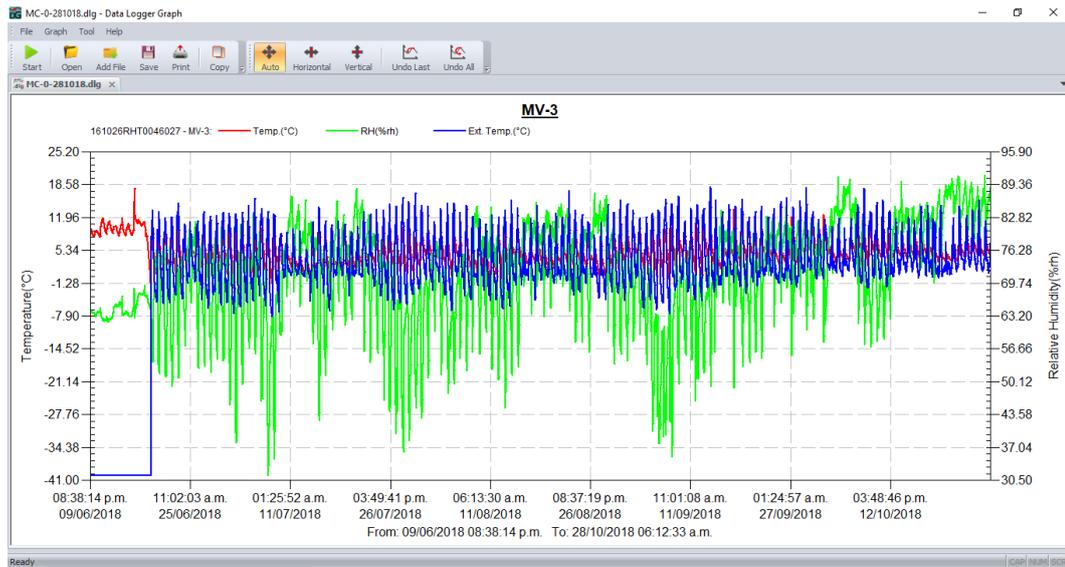


Figura V.8. Representación gráfica de la data mediante software.

Elaboración propia. Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

Asimismo, permite realizar la exportación de la data bajo el formato que se muestra en la figura V.9, el mismo que puede ser exportado en un formato .xls para operaciones adicionales.

| Index | Timestamp                | Temp.(°C) | RH(%rh) | Ext. Temp.(°C) |
|-------|--------------------------|-----------|---------|----------------|
| 507   | 19/06/2018 11:00:04 a.m. | 6.2       | 56.8    | 7.6            |
| 508   | 19/06/2018 11:30:04 a.m. | 6.4       | 59.8    | 10.1           |
| 509   | 19/06/2018 12:00:04 p.m. | 6.4       | 62.5    | 10.2           |
| 510   | 19/06/2018 12:30:04 p.m. | 6.8       | 62.1    | 11.3           |
| 511   | 19/06/2018 01:00:04 p.m. | 6.8       | 59.7    | 9.0            |
| 512   | 19/06/2018 01:30:04 p.m. | 7.1       | 62.4    | 13.3           |
| 513   | 19/06/2018 02:00:04 p.m. | 8.0       | 58.4    | 11.3           |
| 514   | 19/06/2018 02:30:04 p.m. | 8.3       | 58.0    | 12.0           |
| 515   | 19/06/2018 03:00:04 p.m. | 8.3       | 57.1    | 12.7           |
| 516   | 19/06/2018 03:30:04 p.m. | 8.4       | 54.1    | 10.0           |
| 517   | 19/06/2018 04:00:04 p.m. | 7.8       | 54.3    | 8.6            |
| 518   | 19/06/2018 04:30:04 p.m. | 7.9       | 55.0    | 8.4            |
| 519   | 19/06/2018 05:00:04 p.m. | 7.4       | 56.0    | 6.0            |
| 520   | 19/06/2018 05:30:04 p.m. | 6.3       | 59.2    | 4.9            |
| 521   | 19/06/2018 06:00:04 p.m. | 5.6       | 63.2    | 4.2            |
| 522   | 19/06/2018 06:30:04 p.m. | 5.1       | 66.5    | 3.7            |
| 523   | 19/06/2018 07:00:04 p.m. | 4.7       | 68.7    | 3.1            |
| 524   | 19/06/2018 07:30:04 p.m. | 4.4       | 70.2    | 2.8            |
| 525   | 19/06/2018 08:00:04 p.m. | 4.2       | 71.9    | 2.3            |
| 526   | 19/06/2018 08:30:04 p.m. | 4.2       | 71.8    | 0.7            |

Figura V.9. Formato de exportación de la data registrada según el Data Logger.

Elaboración propia. Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

#### 5.4.3.4. Análisis de Datos

Posteriormente, se realiza la comparación de temperaturas registradas para el Módulo de Control MC-0 y para los Módulos de Vivienda MV, bajo el siguiente formato:

|    | B           | C                    | D                    | E                 | G                   | H                        |
|----|-------------|----------------------|----------------------|-------------------|---------------------|--------------------------|
| 6  |             | MC-0                 | MV-1                 | MC-0              | $\Delta$ T. Interna |                          |
| 7  | Timestamp   | T. Interna MC-0 (°C) | T. Interna MV-1 (°C) | T. Ambiental (°C) | MV-1 / MV-0         | $\Delta$ (TMV-1/TAMB) C° |
| 8  | 11/12 00:00 | 5.3                  | 6                    | 1.5               | 0.700               | 4.5                      |
| 9  | 11/12 00:30 | 4.7                  | 5.6                  | 1.7               | 0.900               | 3.9                      |
| 10 | 11/12 01:00 | 4.8                  | 5.5                  | 1.5               | 0.700               | 4                        |
| 11 | 11/12 01:30 | 4.5                  | 5.3                  | 1.2               | 0.800               | 4.1                      |
| 12 | 11/12 02:00 | 4.5                  | 5.1                  | 1.1               | 0.600               | 4                        |
| 13 | 11/12 02:30 | 4.4                  | 4.9                  | 1.1               | 0.500               | 3.8                      |
| 14 | 11/12 03:00 | 4.1                  | 4.5                  | 0.9               | 0.400               | 3.6                      |
| 15 | 11/12 03:30 | 3.9                  | 4.3                  | 0.8               | 0.400               | 3.5                      |
| 16 | 11/12 04:00 | 3.8                  | 4.2                  | 1.2               | 0.400               | 3                        |
| 17 | 11/12 04:30 | 3.8                  | 4.1                  | 0.8               | 0.300               | 3.3                      |
| 18 | 11/12 05:00 | 3.7                  | 4                    | 1                 | 0.300               | 3                        |
| 19 | 11/12 05:30 | 3.7                  | 4                    | 0.7               | 0.300               | 3.3                      |

Figura V.10. Formato de registro para la comparación de temperaturas.

Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

En resumen, el proceso de experimentación se muestra en la siguiente figura:

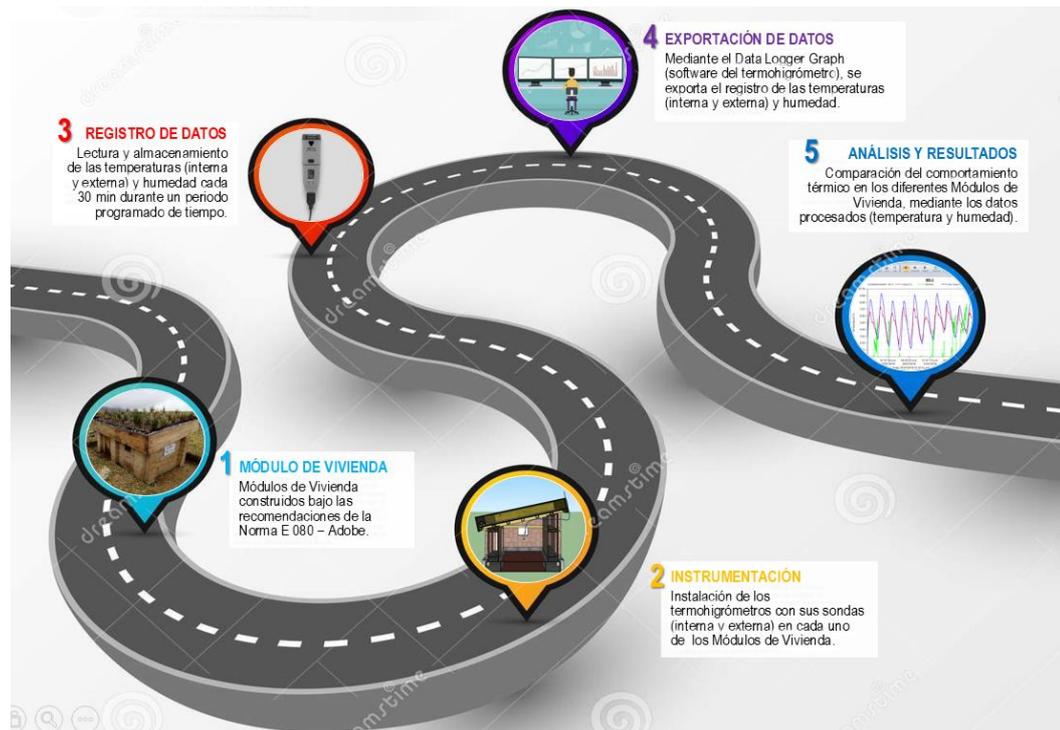


Figura V.11. Desarrollo del Proceso Experimental.  
Elaboración propia. Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

#### 5.4.4. Variables de Medición

Parte de la presente tesis es mostrar las ventajas a nivel térmico, de emplear un techo verde como cubierta en las viviendas rurales. Por lo tanto, se han establecido como variables principales de medición para el experimento, los siguientes ítems:

- Temperatura: Interna y Externa.
- Humedad: Interna.

#### 5.5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES

Con los datos registrados para las variables de medición (temperatura y humedad) se pudo determinar la variación de temperatura y humedad que existe en los diferentes módulos de vivienda comparados entre ellos y la temperatura de medio ambiente.

##### 5.5.1. Resultados del 1<sup>er</sup> Registro de Datos

Como se indicó anteriormente, el periodo de medición que corresponde a este primer registro es de diciembre del 2017 a enero del 2018.

Este periodo está caracterizado por fuertes lluvias y descensos de temperatura, según registros del Senhami de la estación más cercana Marcapomacocha, fluctúa en promedio entre -7° C y 14° C.

#### 5.5.1.1. Comparación Térmica entre MV-0 y MV-1

Como se indicó anteriormente, los datos registrados en los termohigrómetros fueron exportados en un archivo .XLS, manteniendo el formato indicado en la figura V.10, para realizar operaciones adicionales.

| Index | Timestamp        | Temp. Interna (°C) | RH Interna (%rh) | Temp. Ambiental (°C) | Dew Point (°C) | Serial Number | Logger Name |
|-------|------------------|--------------------|------------------|----------------------|----------------|---------------|-------------|
| 28    | 11/12/2017 00:00 | 5.3                | 72.1             | 1.5                  | 0.7            |               |             |
| 29    | 11/12/2017 00:30 | 4.7                | 73.4             | 1.7                  | 0.3            |               |             |
| 30    | 11/12/2017 01:00 | 4.8                | 75.2             | 1.5                  | 0.8            |               |             |
| 31    | 11/12/2017 01:30 | 4.5                | 72.5             | 1.2                  | 0              |               |             |
| 32    | 11/12/2017 02:00 | 4.5                | 74.2             | 1.1                  | 0.3            |               |             |
| 33    | 11/12/2017 02:30 | 4.4                | 72.6             | 1.1                  | -0.1           |               |             |
| 34    | 11/12/2017 03:00 | 4.1                | 74.9             | 0.9                  | 0              |               |             |
| 35    | 11/12/2017 03:30 | 3.9                | 74.1             | 0.8                  | -0.3           |               |             |
| 36    | 11/12/2017 04:00 | 3.8                | 75.2             | 1.2                  | -0.2           |               |             |
| 37    | 11/12/2017 04:30 | 3.8                | 76               | 0.8                  | 0              |               |             |
| 38    | 11/12/2017 05:00 | 3.7                | 74.5             | 1                    | -0.4           |               |             |
| 39    | 11/12/2017 05:30 | 3.7                | 77.7             | 0.7                  | 0.2            |               |             |
| 40    | 11/12/2017 06:00 | 3.7                | 76.3             | 0.8                  | -0.1           |               |             |
| 41    | 11/12/2017 06:30 | 3.6                | 76.6             | 2.3                  | -0.1           |               |             |
| 42    | 11/12/2017 07:00 | 3.4                | 75.6             | 1.7                  | -0.5           |               |             |
| 43    | 11/12/2017 07:30 | 3.5                | 75.4             | 3.2                  | -0.4           |               |             |
| 44    | 11/12/2017 08:00 | 3.9                | 74.4             | 4.5                  | -0.2           |               |             |
| 45    | 11/12/2017 08:30 | 4.3                | 77.6             | 4.6                  | 0.7            |               |             |

Figura V.12. Exportación de la data registrada por los termohigrómetros en formato .xls.

Elaboración propia. Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

Siguiendo con el procedimiento, se elaboró el siguiente cuadro con las mediciones de los módulos MV-0 (Módulo de Control) y MV-1.

Tabla V.7. Cuadro parcial del cálculo de variaciones térmicas.

Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

| Timestamp   | T. Interna MV-0 (°C) | T. Interna MV-1 (°C) | T. Ambiental MC-0 (°C) | Δ T. Interna MV-1 / MV-0 (°C) | Δ(TMV-1/TAMB) (°C) |
|-------------|----------------------|----------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------|
| 11/12 00:00 | 5.3                  | 6                    | 1.5                    | 0.700                         | 4.5                |
| 11/12 00:30 | 4.7                  | 5.6                  | 1.7                    | 0.900                         | 3.9                |
| 11/12 01:00 | 4.8                  | 5.5                  | 1.5                    | 0.700                         | 4                  |
| 11/12 01:30 | 4.5                  | 5.3                  | 1.2                    | 0.800                         | 4.1                |
| 11/12 02:00 | 4.5                  | 5.1                  | 1.1                    | 0.600                         | 4                  |
| 11/12 02:30 | 4.4                  | 4.9                  | 1.1                    | 0.500                         | 3.8                |

|             |     |     |      |        |      |
|-------------|-----|-----|------|--------|------|
| 11/12 03:00 | 4.1 | 4.5 | 0.9  | 0.400  | 3.6  |
| 11/12 03:30 | 3.9 | 4.3 | 0.8  | 0.400  | 3.5  |
| 11/12 04:00 | 3.8 | 4.2 | 1.2  | 0.400  | 3    |
| 11/12 04:30 | 3.8 | 4.1 | 0.8  | 0.300  | 3.3  |
| 11/12 05:00 | 3.7 | 4   | 1    | 0.300  | 3    |
| 11/12 05:30 | 3.7 | 4   | 0.7  | 0.300  | 3.3  |
| 11/12 06:00 | 3.7 | 3.9 | 0.8  | 0.200  | 3.1  |
| 11/12 06:30 | 3.6 | 3.8 | 2.3  | 0.200  | 1.5  |
| 11/12 07:00 | 3.4 | 3.6 | 1.7  | 0.200  | 1.9  |
| 11/12 07:30 | 3.5 | 3.7 | 3.2  | 0.200  | 0.5  |
| 11/12 08:00 | 3.9 | 4   | 4.5  | 0.100  | -0.5 |
| 11/12 08:30 | 4.3 | 4.3 | 4.6  | 0.000  | -0.3 |
| 11/12 09:00 | 4.6 | 4.6 | 5.3  | 0.000  | -0.7 |
| 11/12 09:30 | 5.1 | 4.9 | 6.7  | -0.200 | -1.8 |
| 11/12 10:00 | 5.9 | 5.3 | 9    | -0.600 | -3.7 |
| 11/12 10:30 | 6.6 | 5.8 | 10.1 | -0.800 | -4.3 |
| 11/12 11:00 | 7   | 6.4 | 9.1  | -0.600 | -2.7 |
| 11/12 11:30 | 7.2 | 6.6 | 9.3  | -0.600 | -2.7 |
| 11/12 12:00 | 7.6 | 6.9 | 9.7  | -0.700 | -2.8 |
| 11/12 12:30 | 7.7 | 7.2 | 9.5  | -0.500 | -2.3 |
| 11/12 13:00 | 7.8 | 7.3 | 10.1 | -0.500 | -2.8 |
| 11/12 13:30 | 8.1 | 7.6 | 11.8 | -0.500 | -4.2 |
| 11/12 14:00 | 8.2 | 7.8 | 10.2 | -0.400 | -2.4 |
| 11/12 14:30 | 8.4 | 7.9 | 11.6 | -0.500 | -3.7 |
| 11/12 15:00 | 8.5 | 8.1 | 10.5 | -0.400 | -2.4 |

A continuación, se muestra gráficamente el comportamiento térmico para este periodo de medición:

Gráfico V.3. Tiempo vs Temperatura (MC-0 / MV-1).

Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

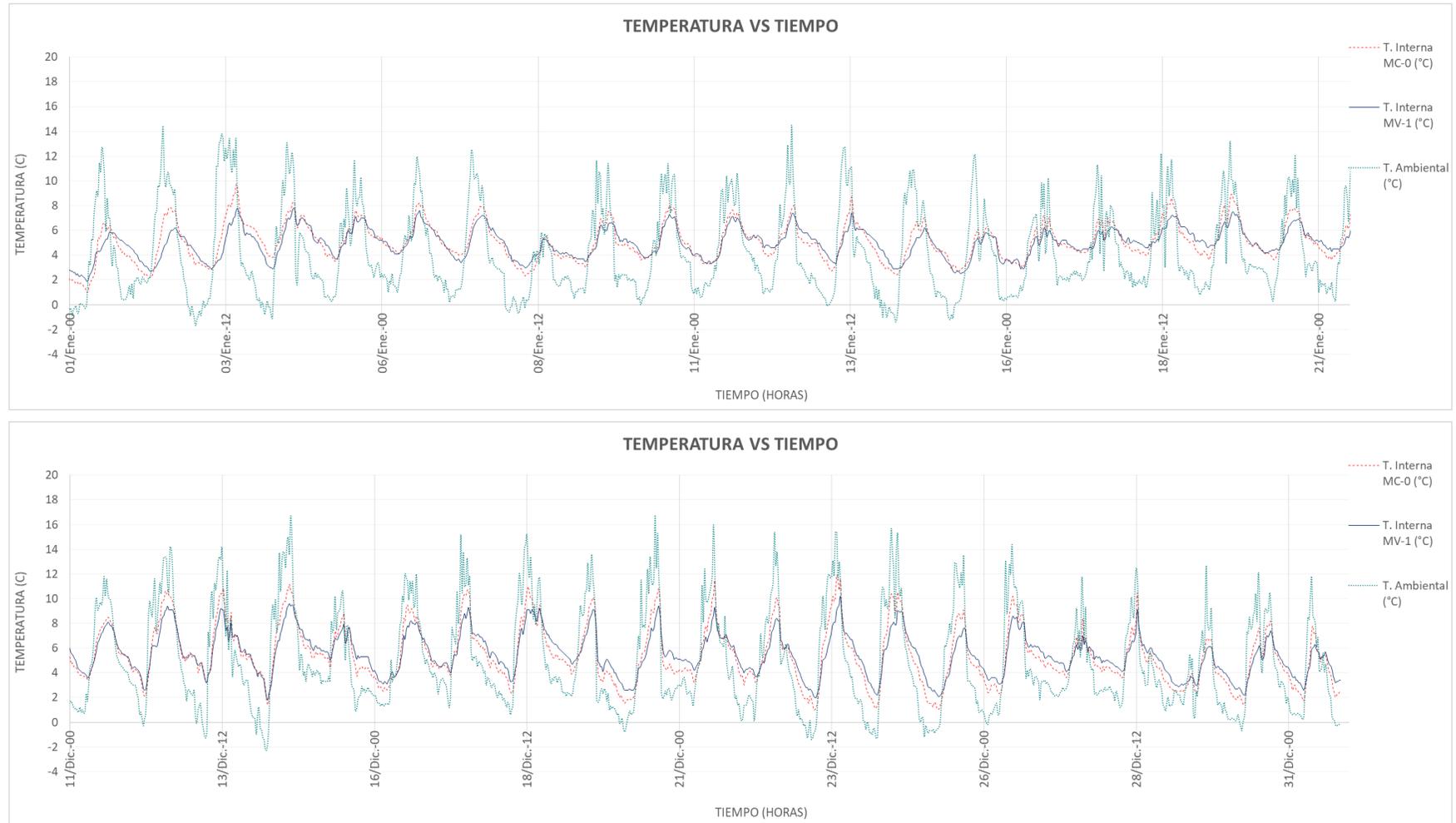
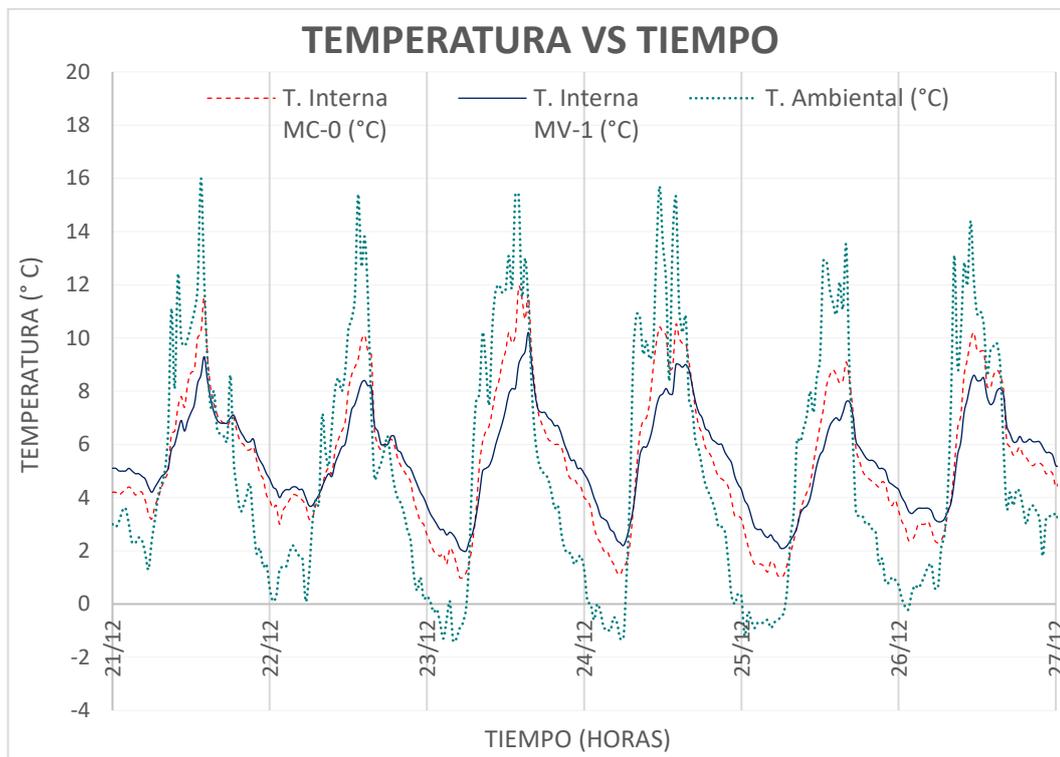


Gráfico V.4. Comparación de temperaturas para MC-0 / MV-1.

Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)



### 5.5.1.2. Comparación Térmica entre MV-0 y MV-3

Siguiendo el procedimiento descrito en la sección 5.3.3, se muestra parcialmente el cuadro de temperaturas del MC-0 y MV-3.

Tabla V.8. Cuadro parcial del cálculo de variaciones térmicas.

Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

| Timestamp   | T. Interna MC-0 (°C) | T. Interna MV-3 (°C) | MC-0 T. Ambiental (°C) | $\Delta$ T. Interna MV-3/MV-0 °C | $\Delta(TMV-3/TAMB)$ C° |
|-------------|----------------------|----------------------|------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 11/12 00:00 | 5.3                  | 6                    | 1.5                    | 0.700                            | 4.5                     |
| 11/12 00:30 | 4.7                  | 5.6                  | 1.7                    | 0.900                            | 3.9                     |
| 11/12 01:00 | 4.8                  | 5.5                  | 1.5                    | 0.700                            | 4                       |
| 11/12 01:30 | 4.5                  | 5.3                  | 1.2                    | 0.800                            | 4.1                     |
| 11/12 02:00 | 4.5                  | 5.1                  | 1.1                    | 0.600                            | 4                       |
| 11/12 02:30 | 4.4                  | 4.9                  | 1.1                    | 0.500                            | 3.8                     |
| 11/12 03:00 | 4.1                  | 4.5                  | 0.9                    | 0.400                            | 3.6                     |

|             |     |     |      |        |      |
|-------------|-----|-----|------|--------|------|
| 11/12 03:30 | 3.9 | 4.3 | 0.8  | 0.400  | 3.5  |
| 11/12 04:00 | 3.8 | 4.2 | 1.2  | 0.400  | 3    |
| 11/12 04:30 | 3.8 | 4.1 | 0.8  | 0.300  | 3.3  |
| 11/12 05:00 | 3.7 | 4   | 1    | 0.300  | 3    |
| 11/12 05:30 | 3.7 | 4   | 0.7  | 0.300  | 3.3  |
| 11/12 06:00 | 3.7 | 3.9 | 0.8  | 0.200  | 3.1  |
| 11/12 06:30 | 3.6 | 3.8 | 2.3  | 0.200  | 1.5  |
| 11/12 07:00 | 3.4 | 3.6 | 1.7  | 0.200  | 1.9  |
| 11/12 07:30 | 3.5 | 3.7 | 3.2  | 0.200  | 0.5  |
| 11/12 08:00 | 3.9 | 4   | 4.5  | 0.100  | -0.5 |
| 11/12 08:30 | 4.3 | 4.3 | 4.6  | 0.000  | -0.3 |
| 11/12 09:00 | 4.6 | 4.6 | 5.3  | 0.000  | -0.7 |
| 11/12 09:30 | 5.1 | 4.9 | 6.7  | -0.200 | -1.8 |
| 11/12 10:00 | 5.9 | 5.3 | 9    | -0.600 | -3.7 |
| 11/12 10:30 | 6.6 | 5.8 | 10.1 | -0.800 | -4.3 |
| 11/12 11:00 | 7   | 6.4 | 9.1  | -0.600 | -2.7 |
| 11/12 11:30 | 7.2 | 6.6 | 9.3  | -0.600 | -2.7 |
| 11/12 12:00 | 7.6 | 6.9 | 9.7  | -0.700 | -2.8 |
| 11/12 12:30 | 7.7 | 7.2 | 9.5  | -0.500 | -2.3 |
| 11/12 13:00 | 7.8 | 7.3 | 10.1 | -0.500 | -2.8 |
| 11/12 13:30 | 8.1 | 7.6 | 11.8 | -0.500 | -4.2 |
| 11/12 14:00 | 8.2 | 7.8 | 10.2 | -0.400 | -2.4 |
| 11/12 14:30 | 8.4 | 7.9 | 11.6 | -0.500 | -3.7 |
| 11/12 15:00 | 8.5 | 8.1 | 10.5 | -0.400 | -2.4 |
| 11/12 15:30 | 8.4 | 8   | 10   | -0.400 | -2   |
| 11/12 16:00 | 8.1 | 7.8 | 9.9  | -0.300 | -2.1 |
| 11/12 16:30 | 8   | 7.8 | 9.3  | -0.200 | -1.5 |
| 11/12 17:00 | 7.6 | 7.5 | 8.4  | -0.100 | -0.9 |
| 11/12 17:30 | 7.2 | 7.3 | 7.1  | 0.100  | 0.2  |
| 11/12 18:00 | 6.7 | 6.8 | 6.2  | 0.100  | 0.6  |

A continuación, se muestra gráficamente el registro de las temperaturas en el MV-3, para el periodo indicado.

Gráfico V.5. Tiempo vs Temperatura (MC-0 / MV-3)

Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

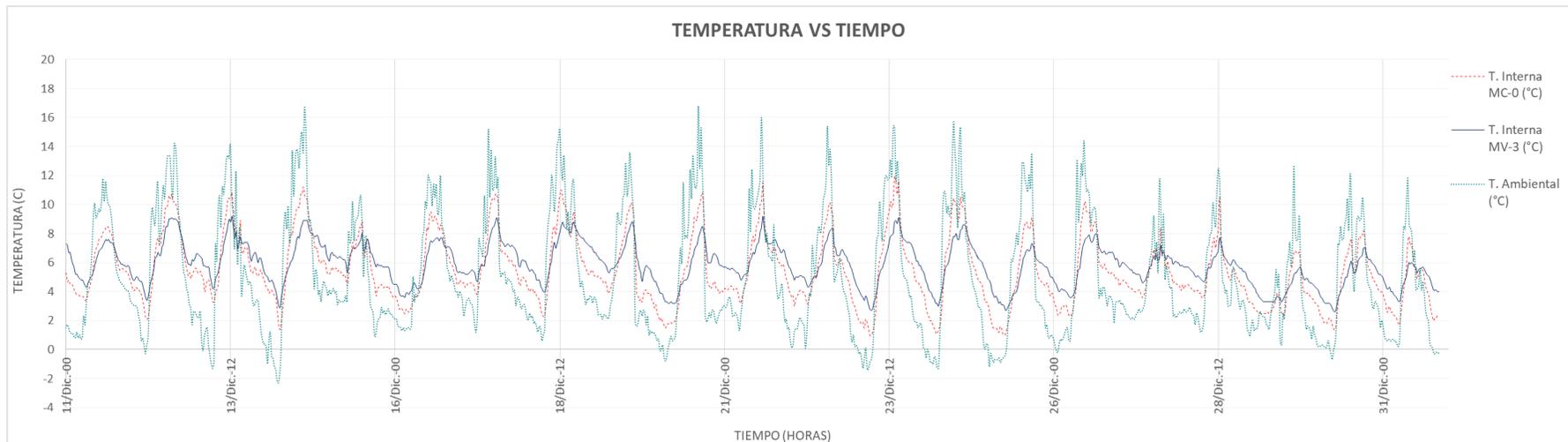
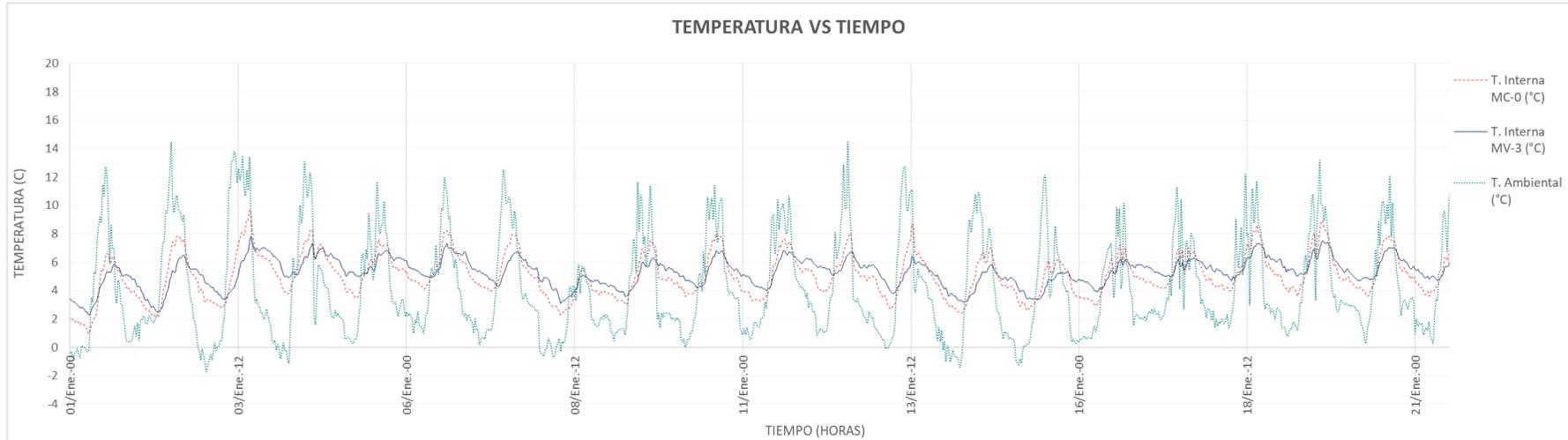
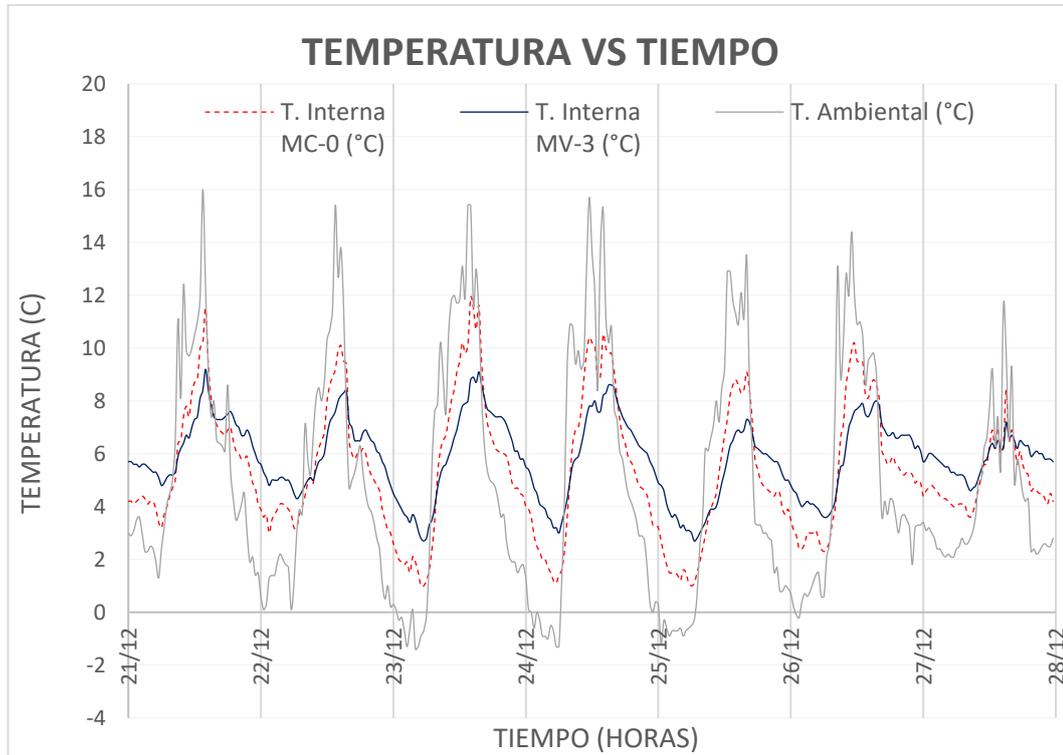


Gráfico V.6. Comparación de temperaturas para MV-3.

Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)



### 5.5.2. Resultados del 2<sup>do</sup> Registro de Datos

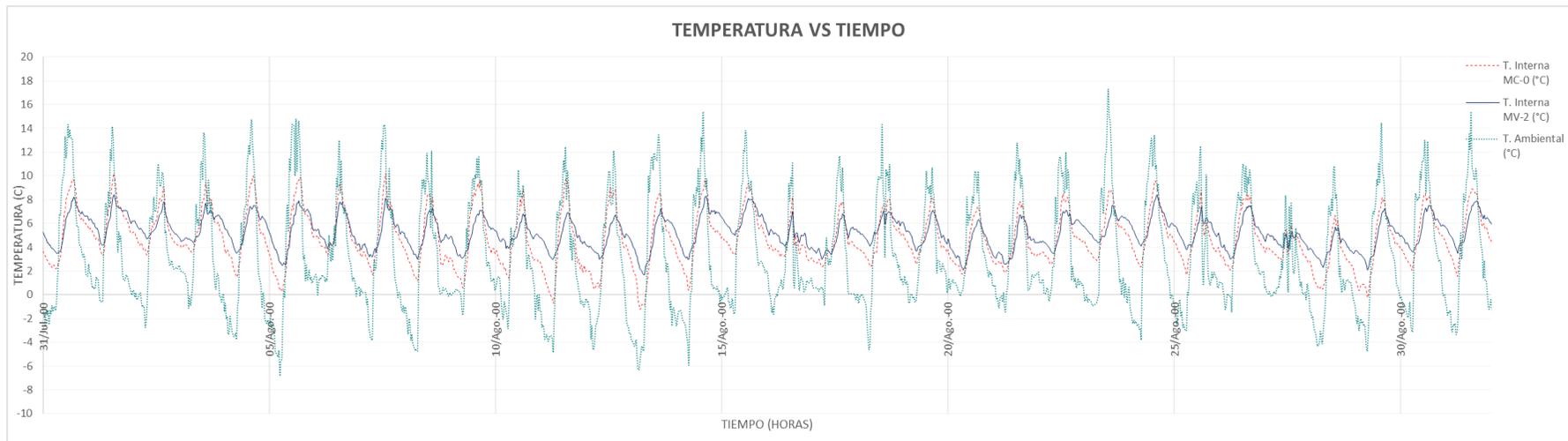
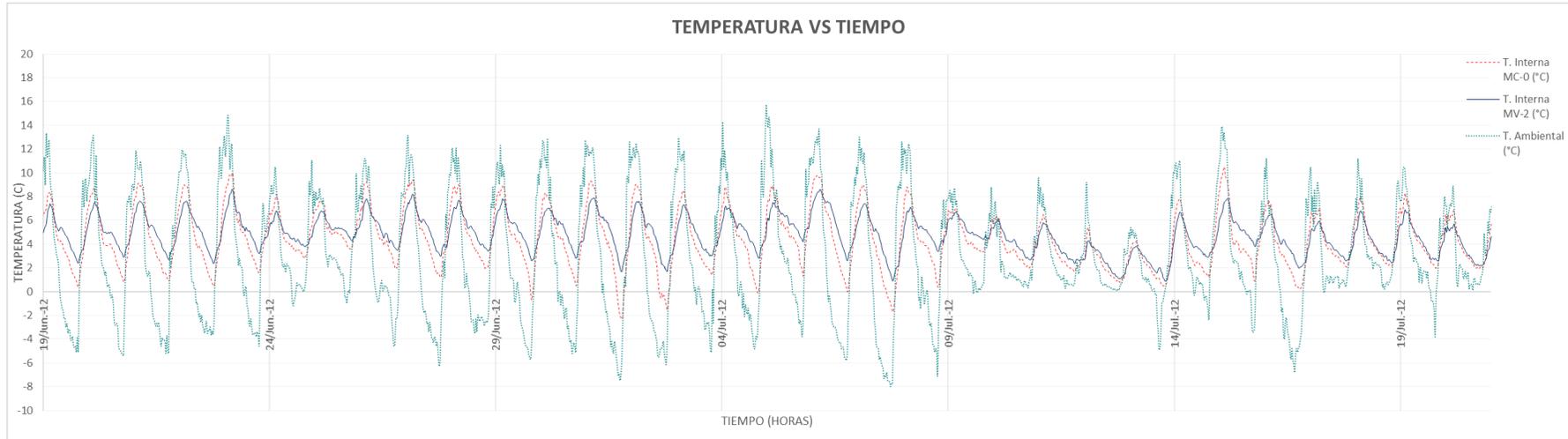
Corresponde al periodo de junio 2018 a octubre de 2018. Este periodo se caracteriza por el descenso de la temperatura a sus niveles más bajos, principalmente, por las heladas que aparecen en estas fechas con mayor intensidad.

#### 5.5.2.1. Comparación Térmica entre MC-0 y MV-2

Empleando el procedimiento descrito en la sección 5.4.3, para un periodo más corto, se obtiene el siguiente gráfico comparativo:

Gráfico V.7. Tiempo vs Temperatura (MC-0 / MV-2)

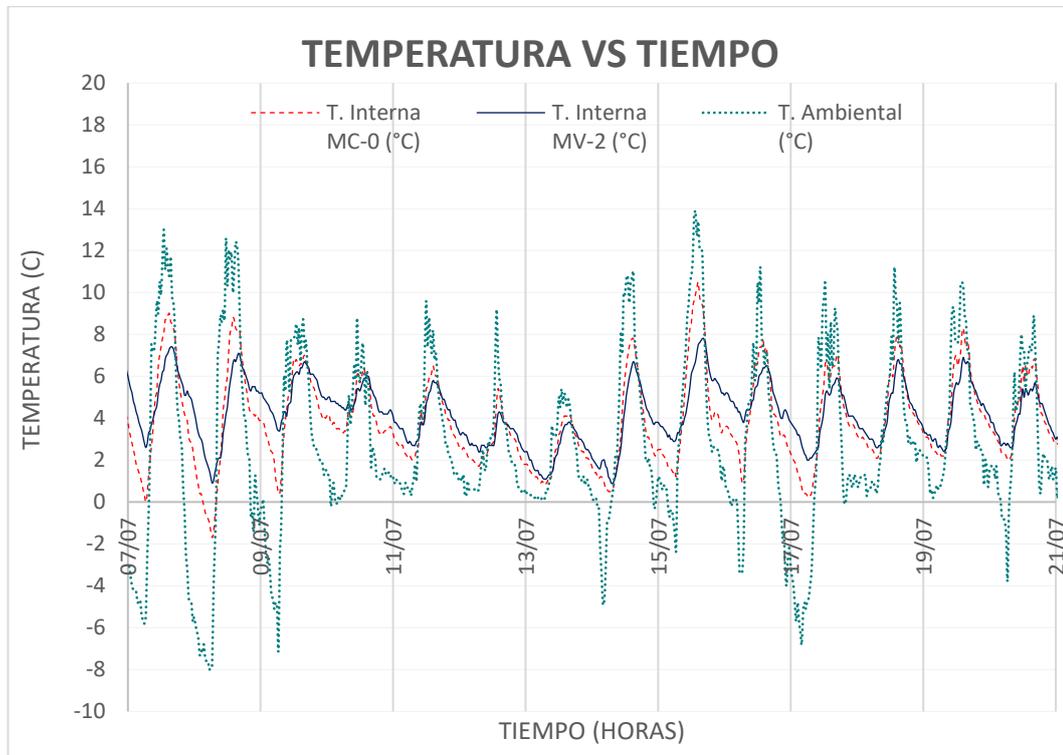
Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)



Para un periodo más corto, se tiene:

Gráfico V.8. Comparación de temperaturas para MC-0 / MV-2.

Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

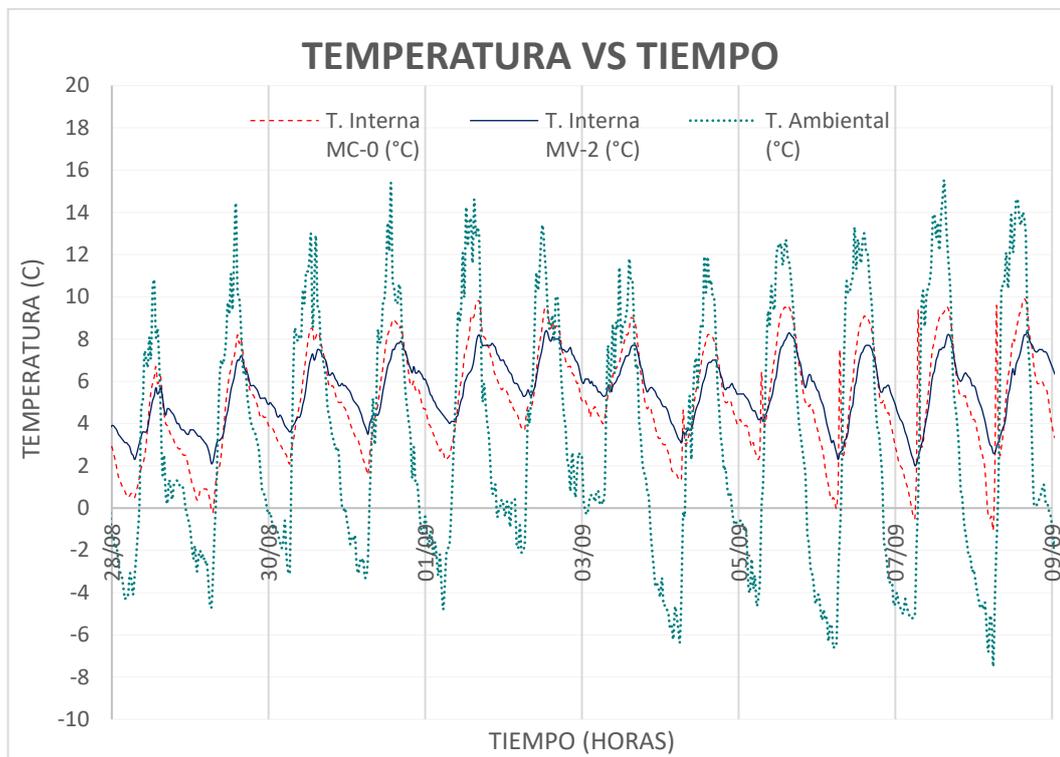


#### 5.5.2.2. Comparación Térmica entre MC-0 y MV-3

Empleando el procedimiento descrito en la sección 5.3.3, para un periodo más corto, se obtiene el siguiente gráfico comparativo:

Gráfico V.9. Comparación de temperaturas para MC-0 / MV-2.

Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)



## 5.6. COMENTARIOS

- En principio, la construcción de viviendas de adobe se realizó siguiendo las recomendaciones de la Norma E 080 “Adobe” y siguiendo las buenas prácticas de los manuales de construcción con Adobe del Ministerio de Vivienda, Sencico y otras instituciones técnicas, esto a su vez, permitió la reducción de puentes térmicos en las zonas perimetrales de los elementos constructivos (puertas, ventanas, muros, techo y piso).
- Los datos han mostrado que los techos verdes actúan como un aislante natural llegando a deltas térmicos de hasta 6° C entre la temperatura del ambiente y la temperatura de los módulos de vivienda con techo verde.
- El módulo MV – 3, muestra un mejor comportamiento térmico, es decir, los deltas térmicos que se obtienen son mayores. Aparentemente, esto se debe a que este módulo es el que evidencia mayor cubierta vegetal.

## CAPITULO VI. PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN

### 6.1. ANTECEDENTES

En el año 2002, fue lanzado el Acuerdo Nacional, el cual fue un conjunto de decisiones multipartidarias con el fin de establecer una agenda nacional para fortalecer las diversas capacidades del estado y priorizar los sectores más débiles de nuestro país.

La Vigésimo Primera Política de Estado “Desarrollo en Infraestructura y Vivienda” orienta sus objetivos, en relación al desarrollo de la vivienda, según los compromisos que adopta el Estado:

“(e) elaborará un plan nacional de vivienda y la normatividad necesaria para simplificar la construcción y el registro de viviendas en tiempo y costo, y permitir su densificación, abaratamiento y seguridad; (f) contribuirá a consolidar un sistema habitacional integrado al sistema económico privado, con el Estado en un rol subsidiario, facilitador y regulador; (g) apoyará a las familias para facilitar el acceso a una vivienda digna; (h) fomentará la implantación de técnicas de construcción masiva e industrializada de viviendas, conjuntamente con la utilización de sistemas de gestión de la calidad; (j) fomentará la capacitación y acreditación de la mano de obra en construcción; (k) fomentará el saneamiento físico legal, así como la titulación de las viviendas para incorporar a los sectores de bajos recursos al sistema formal; y (l) buscará mejorar la calidad de las viviendas autoconstruidas”. (Acuerdo Nacional, 2002)

Sin embargo, dentro de los objetivos generales de esta política no existe un lineamiento que enfatice el desarrollo de la vivienda rural a pesar de que el 23.4% de las viviendas son consideradas como tales. No obstante, a través de algunas intervenciones específicas desarrollada por Ministerios, ONG's, Gobiernos Locales, Universidades Públicas y Privadas, se ha buscado mejorar la calidad de las viviendas en las zonas menos favorecidas del ámbito rural.

A partir de la creación del Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social en el 2011, las intervenciones para el cierre de brechas en el ámbito rural fueron en aumento bajo la ejecución de diversos programas. En lo que respecta a la vivienda, se puede hacer mención de las siguientes intervenciones:

- Proyecto Mi Abrigo del MIDIS a través de Foncodes.

- Programa Nacional de Vivienda Rural del MVCS.
- Programa Nacional País del MIDIS.
- Plan Multisectorial ante Heladas y Frijaje de la PCM a través del Viceministerio de Gobernanza Territorial.
- Proyecto Haku Wiñay/Noa Jayati del MIDIS a través de Foncodes.
- Programa Nacional Mejorando mi pueblo del MVCS.

Si bien, todas estas intervenciones han permitido la mejora de la vivienda en el sector rural, no han sido suficientes para mitigar el déficit cuantitativo y cualitativo que se tiene en este sector.

## 6.2. LAS POLÍTICAS PÚBLICAS

### 6.2.1. Definición

Las Políticas Públicas son un conjunto de acciones y decisiones de un gobierno con objetivos de interés público que se desprenden a partir de una agenda pública, mediante las cuales, se materializa la intervención del estado en la sociedad y en la economía (CEPAL, 2011). Por ejemplo, los asuntos del desempleo, la inseguridad ciudadana, el déficit de vivienda, la inmigración, el medioambiente, etc.; son motivos del desarrollo de las políticas públicas.

### 6.2.2. Ciclo de las Políticas Públicas

Las Políticas Públicas se desarrollan a través de 12 pasos analíticos y flexibles distribidos en 04 etapas. En el proceso de su construcción, se dan múltiples interacciones entre cada uno y, a su vez, se va reformulando. (CEPLAN, 2018)

Las etapas son: diseño, formulación, implementación, seguimiento y evaluación.



Figura VI.1. Etapas y Pasos de una Política Nacional.

Fuente: (CEPLAN, 2018)

### 6.2.2.1. *Diseño*

Es la etapa inicial que consiste en diagnosticar, enunciar y estructurar el estado situacional que se desea cambiar en la sociedad, asimismo, proponer la situación futura deseada y seleccionar la alternativa viable y efectiva.

Durante esta etapa, el Estado detecta la existencia de una demanda social de interés público, asumiendo la obligación de intervenir en ese tema. Para lo cual es fundamental identificar y alinear las prioridades de las distintas agendas, siendo importante tener proyectado la población a ser atendida.

- Agenda pública: Temas que la ciudadanía busca posicionar.
- Agenda política: Temas que alcanzan prioridad en el debate político.
- Agenda de gobierno: Temas prioritarios que un gobierno plantea y que busca materializar durante el periodo de su mandato.

Si la sociedad hace que la demanda transite dentro de la agenda pública, para que los actores políticos lo incluyan en el debate político (agenda política), se encontrará cabida en la agenda de gobierno, lo cual significa acción del gobierno para solucionar el problema público.

Para el desarrollo de esta etapa, se recomienda los siguientes pasos:

- Delimitación del problema público: Se recopila y analiza la información para comprender la situación real de una manera integral.
- Definición del problema público: Se define bajo un enunciado y estructura clara.
- Determinación de la situación futura deseada: Se describe la situación más favorable y factible de ser alcanzada en un plazo determinado.
- Selección de alternativas de solución: Se propone, evalúa y selecciona la o las alternativas más viables y efectivas.

### 6.2.2.2. *Formulación*

En esta etapa se describe la alternativa para la intervención pública, la cual, se debe procurar que esta sea evaluable, considerando realizar el análisis y la propuesta de desarrollo de la alternativa elegida.

Los pasos para esta etapa, son los siguientes:

- Elaboración de los objetivos prioritarios e indicadores: Se describen los cambios que se buscan alcanzar para solucionar el problema público, los cuales conducen a la situación futura deseada.
- Elaboración de lineamientos: Se describen los medios para la consecución de los objetivos prioritarios planteados en el marco de las alternativas seleccionadas.
- Identificación de los servicios y estándares de cumplimiento: Se define los servicios orientados a satisfacer las necesidades de la población objetivo y se establece los estándares nacionales para dicho servicio.
- Identificación de las políticas relacionadas: Se busca que las políticas estén alineadas con las prioridades nacionales.

#### 6.2.2.3. Implementación

Esta etapa inicia luego de la aceptación del diseño de la política y teniendo la disponibilidad del uso de todos los recursos necesarios (económicos, logísticos, humanos, etc.)

- Identificación de los niveles de intervención existentes: Según lo establecido en el marco del SINAPLAN.
- Articulación de la política nacional en los planes: Según el ámbito al cual se oriente la intervención (Nacional o Territorial)

#### 6.2.2.4. Seguimiento y Evaluación

En esta etapa se plantea, por un lado, medir transversalmente el desempeño en cada una de las etapas anteriores de tal forma que permita retroalimentarlas; y por el otro, apreciar de forma objetiva los resultados graduales y finales alcanzados luego de la intervención.

- Seguimiento: Se recopila información periódica sobre los indicadores de los objetivos prioritarios.
- Evaluación: Se evalúa en cuanto a su diseño, implementación y resultados.

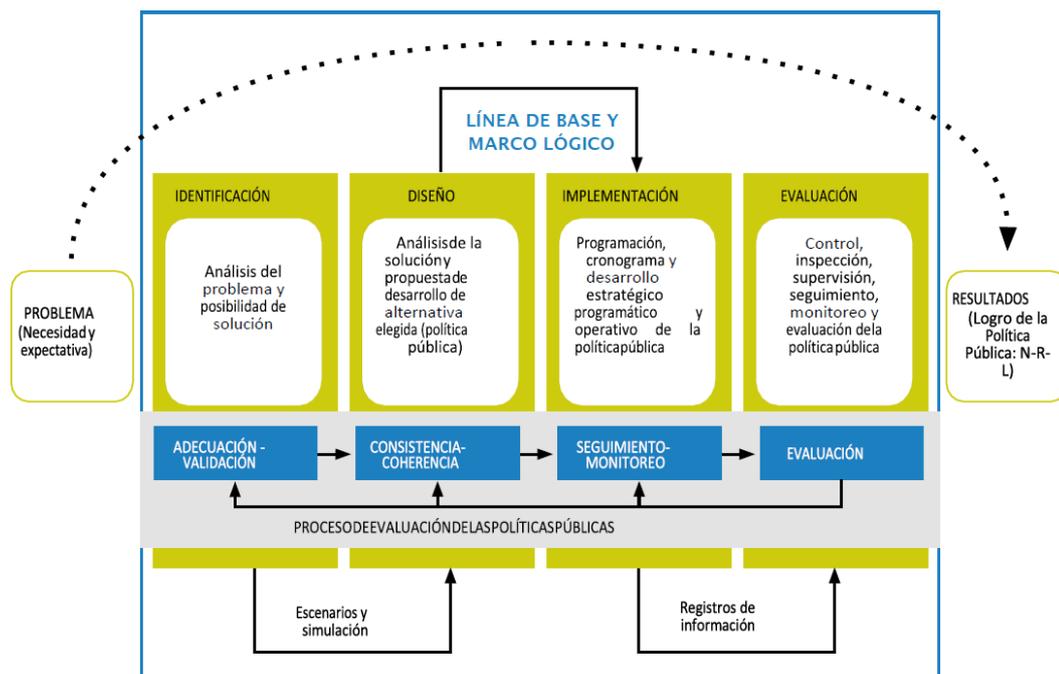


Figura VI.2. La Evaluación en el Ciclo de Desarrollo de la Política Pública.

Fuente: (Castañeda, 2019).

### 6.2.3. Proyectos de Inversión Pública (PIP)

Es toda intervención limitada en el tiempo que utiliza de forma total o parcial recursos del erario nacional, con el fin de crear, ampliar, mejorar, modernizar o recuperar la capacidad productora de bienes o servicios; cuyos beneficios se generen durante la vida útil del proyecto independientemente de otros (MEF, 2020).

Las políticas públicas se materializan a través de los PIP's, los mismos que se administran bajo los lineamientos del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones INVIERTE.PE creado con D. L. N° 1252 cuyos fines en particular, son los siguientes:

- La PMI debe considerar principalmente el cierre de brechas.
- La PMI vincula los objetivos nacionales, regionales y locales según el SINAPLAN.
- Los fondos públicos invertidos deben reflejarse en la eficiencia de la prestación de servicios y provisión de infraestructura procurando generar el mayor impacto en la sociedad para el desarrollo del país con un enfoque territorial.

- La inversión debe programarse teniendo en cuenta los recursos para su ejecución y operación mediante el ciclo de inversión.
- Promover la transparencia y calidad a través de la competencia en la gestión de la inversión.

#### 6.2.3.1. Ciclo de PIP

Es el proceso a través del cual un PIP se concibe, diseña, evalúa, ejecuta y genera beneficios para la efectiva prestación de servicios y provisión de la infraestructura necesaria. Este proceso está conformado por:

- Programación Multianual de Inversiones (PMI); vincula el planeamiento estratégico y el proceso presupuestario mediante la priorización de una cartera de inversiones orientada al cierre de brechas.
- Formulación y Evaluación (FyE); comprende la formulación del proyecto a partir del planeamiento técnico considerando estándares de calidad y niveles básicos de servicio según indica el sector.
- Ejecución; elaboración del expediente técnico y materialización de la inversión. Seguimiento físico y financiero a través del Sistema de Seguimiento de Inversiones (SSI).
- Funcionamiento; comprende la operación y mantenimiento de los activos generados y, eventualmente, evaluaciones ex post para obtener lecciones aprendidas para futuras intervenciones.



Figura VI.3. El ciclo de inversión de un PIP.

Fuente: (INVIERTE.PE, 2017)

### 6.3. PROPUESTA DE PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN

Los Programas de Inversión son propuestas de soluciones integrales a un problema central que vincula a uno o más grupos funcionales dentro del proceso de planificación territorial, intra y/o intersectorial (MEF, 2020).

El informe técnico de un programa tiene como fin sustentar, brevemente y de forma precisa, el modelo conceptual que justifica la articulación de un conjunto de proyectos de inversión; asimismo, el informe define la estructura analítica del programa en relación a sus fines, objetivo central y medios fundamentales. Siguiendo las recomendaciones del Anexo N° 8 “Contenido Mínimo del Estudio de Preinversión a nivel de Perfil para Programas de Inversión” de Invierte.pe, se plantea el siguiente programa a nivel de Resumen Ejecutivo:

#### 6.3.1. Nombre del Programa de inversión

**“Programa de Implementación de Techos Verdes para el Mejoramiento de la Vivienda Rural en Zonas consideradas de Muy Alto Riesgo frente a Heladas en el Departamento de Huancavelica”.**

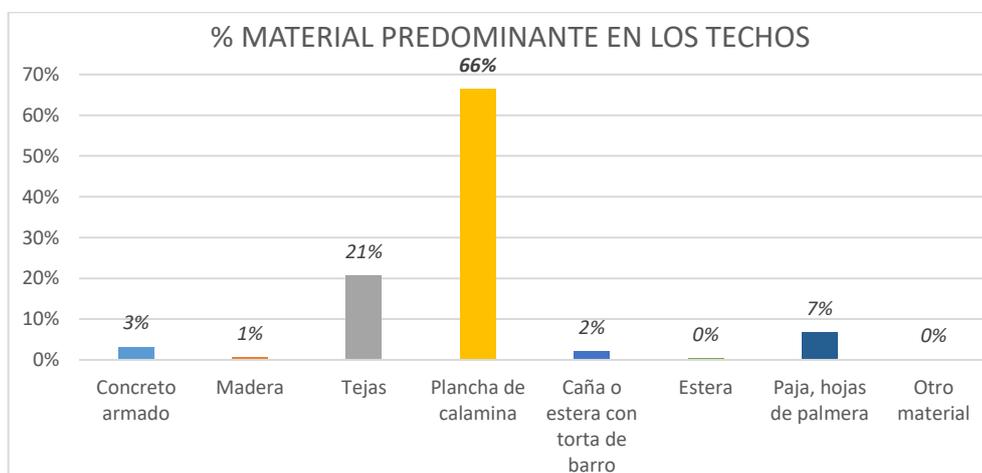
#### 6.3.2. Identificación

##### 6.3.2.1. Diagnóstico

De acuerdo a los datos de la Encuesta Nacional de Hogares ENAHO 2018, la proporción de viviendas en el ámbito urbano y rural son de 76.6% y 23.4% respectivamente. Los datos muestran que el material de construcción que predomina en las viviendas rurales, largamente, es el adobe y tapial. Asimismo, las calaminas, tiene un alto uso en cuanto respecta a las cubiertas.

Gráfico VI.1. Material predominante en techos en viviendas del ámbito rural.

Fuente: (ENAHO, 2018).



Dentro del sector vivienda, hay registros de intervenciones públicas en donde se emplearon, erróneamente, materiales cuyas propiedades térmicas no son recomendables para la conservación térmica dentro de la vivienda, un ejemplo bastante claro y muy común al respecto, es el uso de las calaminas como material de cobertura de una vivienda. Asimismo, mediante intervenciones públicas locales se ha proliferado el uso de estos materiales debido a su bajo costo, por ejemplo:

- Municipalidad distrital de Cuchumbaya (Moquegua), intervención directa.
- Indiana y Mazan, Loreto a través del Programa Techo Digno.

Técnicamente, el uso de calamina permite un flujo de calor rápido entre la parte interna y externa de la vivienda, permitiendo que la temperatura interna aumente o disminuya bruscamente. Frente a esto, surge la necesidad de mejorar las características térmicas de la cobertura empleando otras técnicas que sean de bajo costo y sostenibles en el tiempo, más aún en un entorno propenso a la ocurrencia del fenómeno de las heladas.

De acuerdo a la evaluación del nivel de riesgos del CENEPRED, para el departamento de Huancavelica, los distritos de Querco, Yauli, Santa Ana y Huachocolpa, son los distritos categorizados como de Muy Alto Riesgo ante heladas. En tal sentido, existen un total de 2400 viviendas cuyo material principal de construcción es el adobe y tapial y, con cubiertas de calamina que dejarían expuestos a temperaturas extremas a cada uno de sus habitantes.

### 6.3.3. Objetivo del programa de inversión

El programa tiene como objetivo los siguientes ítems:

- Acondicionar y/o reemplazar las coberturas de las viviendas rurales aplicando el sistema de Techos Verdes.
- Evaluar las condiciones de las viviendas rurales para la implementación del sistema de techos verdes.
- Capacitar en técnicas de construcción con adobe e implementación de techos verdes garantizando la sostenibilidad de la intervención.



## 6.3.4. Descripción de los proyectos de inversión

## 6.3.4.1. Institucionalidad

Para los fines de la presente tesis, se muestra dos posibilidades para el nivel institucional que tendría que intervenir en el desarrollo del programa,

Tabla VI.1. Propuesta del nivel institucional para el desarrollo del programa.

Elaboración propia.

| <b>1. OFICINA DE PROGRAMACION MULTIANUAL DE INVERSIONES</b> |  |  |
|---|--|--|
| Nivel de Gobierno   | Gobierno Nacional  | Gobierno Regional                                |
| Sector  | Vivienda, Construcción y Saneamiento                         | Vivienda, Construcción y Saneamiento             |
| Entidad   | Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento           | Gobierno Regional de Huancavelica                |
| Nombre de la OPMI   | OPMI del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento  | OPMI del Gobierno Regional de Huancavelica       |
| <b>2. UNIDAD FORMULADORA DEL PROYECTO DE INVERSIÓN</b>      |  |  |
| Nivel de Gobierno   | Gobierno Nacional  | Gobierno Regional                                |
| Sector  | Vivienda, Construcción y Saneamiento                         | Vivienda, Construcción y Saneamiento             |
| Entidad   | Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento           | Gobierno Regional de Huancavelica                |
| Nombre de la UF   | Unidad de Gestión Técnica a través de los Núcleos Ejecutores | Sub Gerencia de Estudios de Preinversión (SGEPI) |
| <b>3. UNIDAD EJECUTORA DE INVERSIONES</b>                   |  |  |
| Nivel de Gobierno   | Gobierno Nacional  | Gobierno Regional                                |
| Sector  | Vivienda, Construcción y Saneamiento                         | Vivienda, Construcción y Saneamiento             |
| Entidad   | Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento           | Gobierno Regional de Huancavelica                |
| Nombre de la UEI  | Dirección Ejecutiva del Programa Nacional de Vivienda Rural  | UEI del Gobierno Regional de Huancavelica        |

#### 6.3.4.2. Localización geográfica del programa de inversión

El Programa de Inversión está compuesto por un conjunto de proyectos cuyas zonas de intervención son las más críticas según el criterio de riesgo frente a heladas, dadas por el CENEPRED, en el departamento de Huancavelica.

Tabla VI.2. Localización geográfica del programa de inversión.

Elaboración propia.

| Departamento | Provincia      | Distrito    | N° Viviendas |
|--------------|----------------|-------------|--------------|
| Huancavelica | Huancavelica   | Yauli       | 1787         |
|              |                | Huachocolpa | 203          |
|              | Castrovirreyna | Santa Ana   | 110          |
|              | Huaytará       | Querco      | 300          |

La intervención se desarrollará mediante los siguientes proyectos de inversión:

- Proyecto de Inversión Implementación de Techos Verdes para el mejoramiento de las viviendas rurales del distrito de Querco, provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica.
- Proyecto de Inversión Implementación de Techos Verdes para el mejoramiento de las viviendas rurales del distrito de Yauli, provincia de Huancavelica, departamento de Huancavelica.
- Proyecto de Inversión Implementación de Techos Verdes para el mejoramiento de las viviendas rurales del distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, departamento de Huancavelica.
- Proyecto de Inversión Implementación de Techos Verdes para el mejoramiento de las viviendas rurales del distrito de Santa Ana, provincia de Castrovirreyna, departamento de Huancavelica.

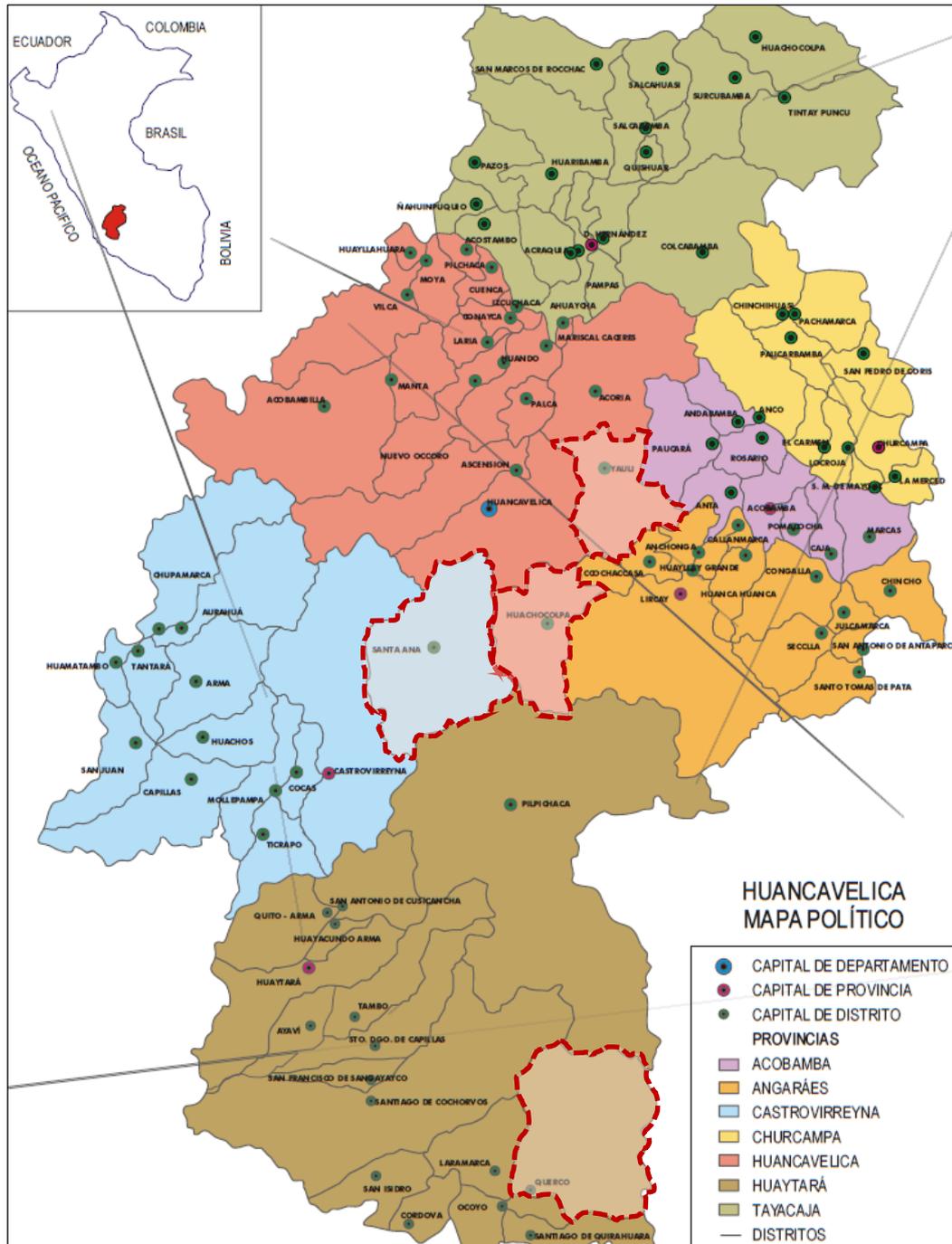


Figura VI.4. Distritos a intervenir en el marco del programa de inversión.  
Elaboración propia. Fuente: (Gobierno Regional de Huancavelica, 2003)

### 6.3.5. Costos y componentes

El presupuesto total de la inversión se ha estimado para cubrir el mejoramiento mediante la implementación de los techos verdes de 2 400 viviendas de los centros poblados pertenecientes a los distritos seleccionados, indicados en el acápite anterior.

Para tal efecto, previamente, se tiene los siguientes Análisis de Costos Unitarios de las principales partidas:

### 6.3.5.1. Instalación de madera perimetral

Tabla VI.3. ACU de instalación de madera perimetral.  
Elaboración propia. Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

| Partida                       | 02.01.00              | Instalación de madera perimetral |       |                               |        |              |
|-------------------------------|-----------------------|----------------------------------|-------|-------------------------------|--------|--------------|
| Rendimiento                   | m2/día                | MO                               | 75    | Costo unitario directo por ml |        | 19.66        |
| Cód.                          | Descripción           | Und                              | Cuad. | Cant.                         | PU S/. | Parcial S/.  |
| <b>Mano de Obra</b>           |                       |                                  |       |                               |        |              |
|                               | Capataz               | hh                               | 0.1   | 0.01                          | 27.60  | 0.28         |
|                               | Oficial               | hh                               | 1     | 0.11                          | 18.20  | 2.00         |
|                               |                       |                                  |       |                               |        | <b>2.28</b>  |
| <b>Equipos y Herramientas</b> |                       |                                  |       |                               |        |              |
|                               | Herramientas manuales | %MO                              |       | 5.00                          | 2.28   | <b>0.11</b>  |
| <b>Materiales</b>             |                       |                                  |       |                               |        |              |
|                               | Madera Tornillo       | pie2                             |       | 2.24                          | 5.60   | 12.54        |
|                               | Angulo doble refuerzo | und                              |       | 0.67                          | 3.00   | 2.01         |
|                               | Tornillos             | und                              |       | 1.33                          | 2.00   | 2.66         |
|                               | Clavos 2"             | kg                               |       | 0.01                          | 6.00   | 0.06         |
|                               |                       |                                  |       |                               |        | <b>17.27</b> |

### 6.3.5.2. Instalación de tubería de evacuación

Tabla VI.4. ACU de instalación de tubería de evacuación.  
Elaboración propia. Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

| Partida                       | 02.02.00                  | Instalación de tubería de evacuación |       |                               |        |             |
|-------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|-------|-------------------------------|--------|-------------|
| Rendimiento                   | m2/día                    | MO                                   | 120   | Costo unitario directo por ml |        | 4.44        |
| Cód.                          | Descripción               | Und                                  | Cuad. | Cant.                         | PU S/. | Parcial S/. |
| <b>Mano de Obra</b>           |                           |                                      |       |                               |        |             |
|                               | Capataz                   | hh                                   | 0.1   | 0.01                          | 27.60  | 0.28        |
|                               | Oficial                   | hh                                   | 1     | 0.07                          | 18.20  | 1.27        |
|                               |                           |                                      |       |                               |        | <b>1.55</b> |
| <b>Equipos y Herramientas</b> |                           |                                      |       |                               |        |             |
|                               | Herramientas manuales     | %MO                                  |       | 5.00                          | 1.55   | <b>0.08</b> |
| <b>Materiales</b>             |                           |                                      |       |                               |        |             |
|                               | Tubería 4" (Dren frances) | ml                                   |       | 0.17                          | 10.20  | 1.73        |
|                               | Pegamento PVC             | l                                    |       | 0.02                          | 53.90  | 1.08        |
|                               |                           |                                      |       |                               |        | <b>2.81</b> |

### 6.3.5.3. Instalación del sustrato y componentes

Tabla VI.5. ACU de instalación de sustrato y componentes.  
Elaboración propia. Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

| Partida                       | 02.03.00                | Instalación de sustrato y componentes |       |                               |        |              |       |
|-------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------|-------------------------------|--------|--------------|-------|
| Rendimiento                   | m2/día                  | MO                                    | 20    | Costo unitario directo por m2 |        |              | 42.86 |
| Cód.                          | Descripción             | Und                                   | Cuad. | Cant.                         | PU S/. | Parcial S/.  |       |
| <b>Mano de Obra</b>           |                         |                                       |       |                               |        |              |       |
|                               | Capataz                 | hh                                    | 0.1   | 0.04                          | 27.60  | 1.10         |       |
|                               | Oficial                 | hh                                    | 1     | 0.40                          | 18.20  | 7.28         |       |
|                               | Peon                    | hh                                    | 1     | 0.40                          | 16.44  | 6.58         |       |
|                               |                         |                                       |       |                               |        | <b>14.96</b> |       |
| <b>Equipos y Herramientas</b> |                         |                                       |       |                               |        |              |       |
|                               | Herramientas manuales   | %MO                                   |       | 5.00                          | 14.96  | <b>0.75</b>  |       |
| <b>Materiales</b>             |                         |                                       |       |                               |        |              |       |
|                               | Adhesivo para geotextil | gl                                    |       | 0.02                          | 62.50  | 1.25         |       |
|                               | Impermeabilizante       | gl                                    |       | 0.07                          | 70.00  | 4.90         |       |
|                               | Mac Drain               | m2                                    |       | 1.00                          | 21.00  | 21.00        |       |
|                               |                         |                                       |       |                               |        | <b>27.15</b> |       |

Por lo tanto, la partida presupuestaria inicial para el proyecto se sintetiza en la siguiente tabla:

Tabla VI.6. Propuesta económica inicial del programa de inversión.  
Elaboración propia.

### PROPUESTA ECONÓMICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE TECHOS VERDES EN VIVIENDA RURALES DE LOS CENTROS POBLADOS DE HUANCAMELICA

| Cód.            | Descripción  | Und | Cant.     | P. U. S/. | Parcial S/.  | Sub - Total S/.     |
|-----------------|--|-----|-----------|-----------|--------------|---------------------|
| <b>01.00.00</b> | <b>OBRAS PRELIMINARES</b>                                |     |           |           |              | 90,720.00           |
| 01.01.00        | Limpieza de coberturas                                   | m2  | 86,400.00 | 0.55      | 47,520.00    |                     |
| 01.02.00        | Acondicionamiento de coberturas                          | m2  | 86,400.00 | 0.50      | 43,200.00    |                     |
| <b>02.00.00</b> | <b>TECHO VERDE</b>                                       |     |           |           |              | 5,785,344.00        |
| 02.01.00        | Instalación de madera perimetral                         | m2  | 86,400.00 | 19.66     | 1,698,624.00 |                     |
| 02.02.00        | Instalación de tubería de evacuación (tipo dren francés) | m2  | 86,400.00 | 4.44      | 383,616.00   |                     |
| 02.03.00        | Instalación de sustrato y componentes                    | m2  | 86,400.00 | 42.86     | 3,703,104.00 |                     |
|                 | <b>COSTO DIRECTO</b>                                     |     |           |           |              | <b>5,876,064.00</b> |
|                 | <b>GASTOS GENERALES</b>                                  | %   | 20.00     |           |              | <b>1,175,212.80</b> |
|                 | <b>SUB TOTAL</b>   |     |           |           |              | <b>7,051,276.80</b> |
|                 | <b>IGV</b>   |     |           |           |              | <b>1,269,229.82</b> |
|                 | <b>TOTAL</b>   |     |           |           |              | <b>8,320,506.62</b> |

Notas:

- Costo unitario = S/. 81.60 por m2.

- Se considera 36 m2 por vivienda a intervenir.

El presupuesto del programa inicial base asciende a S/. 8 320 506.62 (ocho millones trescientos veinte mil quinientos seis con 62/100 nuevos soles, incluido IGV) que cubrirá los siguientes Componentes del Programa:

Tabla VI.7. Componentes del Programa de Inversión.

Elaboración propia.

| <b>PROYECTOS DE INVERSIÓN</b>   |   |                     |                         |
|---------------------------------|---|---------------------|-------------------------|
| <b>Ítem</b>                     | <b>Nombre</b>   | <b>N° Viviendas</b> | <b>Monto</b>            |
| 1                               | Implementación de Techos Verdes para el mejoramiento de las viviendas rurales del distrito de Querco, provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica.          | 300                 | S/. 1,040,062.62        |
| 2                               | Implementación de Techos Verdes para el mejoramiento de las viviendas rurales del distrito de Yauli, provincia de Huancavelica, departamento de Huancavelica.       | 1787                | S/. 6,195,306.34        |
| 3                               | Implementación de Techos Verdes para el mejoramiento de las viviendas rurales del distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, departamento de Huancavelica. | 203                 | S/. 703,775.71          |
| 4                               | Implementación de Techos Verdes para el mejoramiento de las viviendas rurales del distrito de Santa Ana, distrito de Castrovirreyna, departamento de Huancavelica.  | 110                 | S/. 381,356.29          |
| Total de Componentes            |   |                     | S/. 8,320,506.62        |
| Gestión del Programa            |   |                     | S/. 416,025.33          |
| <b>Monto total del Programa</b> |   |                     | <b>S/. 8,736,531.96</b> |

### 6.3.6. Beneficios

El programa tendrá un impacto directo en las familias de los centros poblados rurales de los distritos de Querco de la provincia de Huaytará, Yauli y Huachocolpa de la provincia de Huancavelica y, Santa Ana de la provincia de Castrovirreyna, del departamento de Huancavelica.

Los beneficios directos son:

- Centros poblados beneficiados : 1 076
- Población beneficiaria : 9 183
  - Población de 0 a 5 años : 1 101 (12%)
  - Población de 60 años a más : 1 652 (18%)
- Viviendas beneficiadas con la intervención: 2 400
  - Viviendas del distrito de Querco : 300
  - Viviendas del distrito de Yauli : 1787

- Viviendas del distrito de Huachocolpa : 203
- Viviendas del distrito de Santa Ana : 110

Asimismo, se pueden mencionar los siguientes beneficios indirectos:

- Superficie agrícola : 7 563
- Población pecuaria : 145 641 (54 247 Alpacas, 69 428 Ovino, 9 398 Llamas, 11 991 Vacuno y 577 Caprino).

#### 6.3.7. Organización y Gestión

La organización y gestión del programa de inversión tiene que basarse en un trabajo colaborativo liderado por las instituciones que se proponen en la Tabla VI.1, cuyas alternativas son:

- La primera alternativa corresponde al nivel nacional bajo el liderazgo del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento como entidad principal, junto a con las unidades Formuladoras y Ejecutoras que corresponda y que estén vinculadas estrechamente al Programa Nacional de Vivienda Rural. Asimismo, en caso sea necesario conformar Núcleos Ejecutores, este mismo será desarrollado por la entidad a cargo.
- La segunda alternativa es tener, como entidad principal, al Gobierno Regional de Huancavelica con sus unidades formuladoras y ejecutoras correspondiente. Asimismo, bajo el liderazgo de esta entidad, se buscará involucrar a las unidades que corresponda pertenecientes a las municipalidades de los distritos y/o provincias beneficiadas.

#### 6.3.8. Plan de implementación

En consecuencia, una vez se seleccione el nivel institucional para la dirección y gestión del programa, este se ajustará dentro de los plazos establecidos en el marco del sistema nacional de inversiones Invierte.pe.

| Año de inicio | Mes | Tipo de periodo | Número de periodos |
|---------------|-----|-----------------|--------------------|
| 2020          | 24  | Anual           | 2                  |

#### 6.3.9. Marco lógico

Mediante esta herramienta analítica, se realiza una planificación generalizada y de forma lógica que se orienta a la obtención de resultados de la inversión.

Tabla VI.8. Marco Lógico del programa de inversión.  
Elaboración propia.

| Resumen<br>Narrativo de los<br>objetivos  | Indicadores<br>verificables<br>objetivamente  | Medios de<br>verificación   | Supuestos   |
|---|---|---|---|
| <b>FIN</b><br><br>Aumento del número de viviendas rurales con techos verdes.  | El número de viviendas cuyas coberturas de calamina son cambiadas con techos verdes ascienden a 2400.   | Registro de viviendas intervenidas a través del programa de inversión.  | La condición de la vivienda previa a la intervención, es medianamente buena.                        |
| <b>PROPÓSITO</b><br><br>Mejorar el confort térmico de las poblaciones rurales disminuyendo la transmitancia térmica de la cobertura.  | Se mejora el confort térmico de 2 753 pobladores del grupo más vulnerable (niños menores de 5 años y adultos mayores).  | Encuestas para los pobladores de las viviendas acondicionadas con techos verdes.  | No existen puentes térmicos por donde fugue el calor.   |
| <b>COMPONENTES</b><br><br>- Adecuada cobertura con techos verdes en las viviendas rurales.<br><br>- Adecuado proceso de involucramiento y capacitación de los pobladores a lo largo de la intervención. | La temperatura interna de la vivienda aumenta hasta en 3° C.<br><br>La cantidad de pobladores con conocimiento básico de técnicas de construcción en adobe, se incrementan en un 50%. | Registro de temperaturas mediante la instalación de sensores de temperatura.<br><br>Registros de asistencia a capacitaciones. | La temperatura registrada es uniforme en la vivienda.<br><br>Asistencia de todos los beneficiarios. |

|   |                     |  |   |
|---|---------------------|--|---|
| <p><b>ACTIVIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluación de viviendas rurales.</li> <li>- Implementación de techos verdes.</li> <li>- Capacitación de la población en técnicas constructivas.</li> </ul> | <p>Presupuesto.</p> | <p>Documentos sobre la ejecución de presupuesto.</p> | <p>Personal técnico adecuado para la evaluación de viviendas.</p> <p>Apertura y participación activa de la comunidad.</p> |
|---|---------------------|--|---|

El mejoramiento de la vivienda rural es una necesidad latente que requiere la intervención holística enfocada en el desarrollo de la vivienda rural como un ítem dentro del desarrollo de las áreas rurales. Es por ello que, se evidencia la necesidad de una política de estado integral que desarrolle este sector.

En la siguiente subsección, se plantea una propuesta de política pública que, tomando aspectos generales, plantea ciertas intervenciones para el desarrollo de la vivienda rural.

#### 6.4. PROPUESTA DE POLÍTICA PÚBLICA PARA LA VIVIENDA RURAL

La siguiente propuesta, cumple con las etapas de formulación y diseño del ciclo de las políticas públicas; asimismo, toma en consideración aspectos generales de la vivienda rural. La implementación y su respectiva evaluación, no forman parte del alcance de la presente investigación, no obstante, pueden ser considerandos en futuras investigaciones.

El Decreto Supremo N° 029-2018-PCM aprueba el “Reglamento que regula las Políticas Nacionales”, el mismo que consta de 27 artículos distribuidos en 4 títulos. El Anexo 1 de la presente norma, describe el Contenido de una Política Nacional, bajo el siguiente esquema:

##### 6.4.1. Antecedentes

###### 6.4.1.1. Presentación:

La política pública orientada al Mejoramiento y Desarrollo de la Vivienda Rural representa una oportunidad para fortalecer la política de vivienda social en nuestro País, dado que abarca nuevos retos y compromisos importantes tomando en

consideración los parámetros económicos y culturales que hacen complejo este espacio.

Desde su creación, el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento tiene la rectoría en materia de Urbanismo, Vivienda, Construcción y Saneamiento, siendo la entidad responsable de garantizar la correcta ejecución de la política sectorial, contribuyendo a la competitividad y al desarrollo territorial sostenible del país, en beneficio preferentemente de la población de menores recursos. En ese contexto, impulsar lineamientos exclusivamente para la vivienda rural contribuye al cumplimiento de la visión y misión de este ministerio.

La vivienda rural, en consecuencia, representa un porcentaje significativo a nivel nacional, sin embargo, tanto cuantitativa y cualitativamente, existe un déficit que progresivamente debe ir subsanándose para sumar al cierre de brechas, por lo menos desde este sector.

En la actualidad, existen diversas técnicas constructivas que han sido desarrolladas de la mano de instituciones públicas y privadas con el fin de promover la innovación de elementos y métodos de construcción para la mejora de la vivienda rural. Estas innovaciones, en el camino, han generado que se haya realizado intervenciones de manera parcial y/o de forma aislada. En ese sentido, es el momento de recoger todas estas iniciativas, generar un ambiente colaborativo y ejecutarlo bajo la rectoría del MVCS y de la mano de los ministerios, gobiernos subnacionales, universidades y sector privado.

A partir del Programa Nacional de Vivienda Rural, desarrollado por el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, e integrando otros planes existentes, se debe buscar potenciar las virtudes del desarrollo de la vivienda rural para ampliar el alcance de la intervención y, reducir el déficit cuantitativo y cualitativo de manera progresiva.

#### 6.4.1.2. Marco Normativo:

- Constitución Política del Perú.
- Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo.
- Ley N° 27867, Ley Orgánica de Gobiernos Regionales.
- Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades.
- Ley N° 30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

- Ley N° 27783, Ley de Bases de la Descentralización.
- Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, aprobado por DS N° 010-2014-VIVIENDA y su modificatoria por DS N° 006-2015-VIVIENDA.
- Vigésimo Primera Política de Estado “Desarrollo en Infraestructura y Vivienda” del Acuerdo Nacional 2002.
- Ley N° 27658, Ley Marco de Modernización de la Gestión del Estado.
- Decreto Supremo N° 054-2011-PCM que aprueba el Plan Estratégico de Desarrollo Nacional - Plan Bicentenario: El Perú hacia el 2021.
- Decreto Supremo N° 027-2007-PCM, que define y establece las Políticas Nacionales de obligatorio cumplimiento para las entidades del Gobierno Nacional.
- Ley N° 27785, Ley Orgánica del Sistema Nacional de Control y de la Contraloría General de la República.
- Ley N° 28411, Ley General del Sistema Nacional de Presupuesto
- Ley N° 29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD).
- Decreto Legislativo N° 1252, Decreto Legislativo que crea el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones y deroga la Ley N° 27293, Ley del Sistema Nacional de Inversión Pública.

#### 6.4.1.3. Metodología:

Para el diseño y la formulación de la propuesta de Política Pública de Mejoramiento y Desarrollo de la Vivienda Rural, se presenta los siguientes instrumentos en base a los resultados obtenidos del modelo experimental de la aplicación de Techos Verdes en las viviendas rurales.

Tabla VI.9. Metodología para el diseño y formulación de la política pública.

Elaboración propia.

| ETAPA 1: DISEÑO                            |   |  |  |
|--|---|--|--|
| PASOS DEL PROCESO                          | INSTRUMENTO Y FINALIDAD   | DESCRIPCION DEL INSTRUMENTO  | PRODUCTO DE LA APLICACION  |
| Delimitación, enunciación y estructuración | Árbol de problemas:<br>Realizar un análisis de causalidad – efecto. | Se revisó diversos estudios e investigaciones.<br><br>Se identificó las principales tendencias y escenarios. | Identificación de las causas y efectos que se dependen del problema público. |

| del problema público                                | Análisis estructural:<br>Estructurar y enunciar el problema público.   | Se determinó las variables más relevantes (independientes y dependientes) del problema público.  | Marco conceptual del problema público y definición de las variables representativas.                      |
|---|--|--|---|
|   | Juicio de expertos/as:<br>Comprobar cuan fiable es la definición dada al problema público.                   | Se recogió las opiniones de personas con amplia experiencia técnica en el tema; asimismo, las recomendaciones brindadas por instituciones.                     | Se validará el modelo conceptual propuesto.   |
|   | Actividades participativas:<br>Retroalimentación de las variables vinculadas al modelo del problema público. | Se participó en conversatorios con la Academia, especialistas del estado, la sociedad civil y empresa privada.   | Aportes a la propuesta de problema público y sus variables.   |
| Determinación de la situación futura deseada        | Análisis de tendencia:<br>Establecer la probabilidad de ocurrencia y el potencial impacto.                   | Interpretación y análisis de datos históricos recientes y relevantes, incluyendo fuentes extraídas de investigaciones cualitativas y cuantitativas relevantes. | Identificación y priorización de las variables relevantes.  |
| Selección de alternativas de solución               | Juicio de expertos/as:<br>Señalar las alternativas más viables recomendadas por expertas/os.                 | Se recogió las opiniones de personas con amplia experiencia técnica en el tema; asimismo, las recomendaciones brindadas por instituciones.                     | Brindar las alternativas de solución esbozadas por la academia y otras instituciones públicas y privadas. |
| <b>ETAPA 2: FORMULACIÓN</b>                         |  |  |   |
| <b>PASOS DEL PROCESO</b>                            | <b>INSTRUMENTO</b>   | <b>DESCRIPCION DEL INSTRUMENTO</b>   | <b>PRODUCTO DE LA APLICACION</b>  |
| Elaboración de objetivos prioritarios e indicadores | Reuniones técnicas:<br>Elaboración de propuestas de los objetivos prioritarios e indicadores.                | Reuniones técnicas y participación en conversatorios para la generación de objetivos.  | Realización de una propuesta de objetivos prioritarios e indicadores.                                     |
|   | Juicio de expertos/as:<br>Revisión y aportes a las propuestas de objetivos prioritarios.                     | Recoger la opinión informada de personas con amplia experiencia en el tema; asimismo de diversas instituciones y de la academia.                               | Retroalimentación de la propuesta de los objetivos prioritarios y sus indicadores.                        |
|   | Actividades Participativas:<br>Revisión y  | Se participó en conversatorios con la  | Consolidación de la propuesta de los objetivos  |

|  |   |   |   |
|--|---|---|---|
|  | retroalimentación de la propuesta de objetivos prioritarios e indicadores.  | Academia, especialistas del estado, la sociedad civil y empresa privada.  | prioritarios considerados e indicadores.  |
| Elaboración de lineamientos                                  | Reuniones técnicas: Elaboración de propuestas de lineamientos.  | Reuniones técnicas y participación en conversatorios para la generación de propuestas.  | Propuesta de lineamientos.  |
|  | Actividades Participativas: Retroalimentación de la propuesta de lineamientos   | Conversatorios con expertos/as de la academia, representantes de la sociedad civil, especialistas del Estado y empresa privada. | Retroalimentación a las propuestas de lineamientos.   |
| Identificación de los servicios y estándares de cumplimiento | Análisis Estructural: Estructurar y enunciar los servicios.   | Analizar y recoger propuestas de servicios.   | Propuestas de servicios.  |
|  | Análisis de Información: Revisar y enunciar los estándares de cumplimiento.   | Revisar la información e indicar los estándares de cumplimiento.  | Propuesta estándares de cumplimiento.   |
| Identificación de las políticas relacionadas                 | Revisión documental: Establecer el alineamiento de la política pública con las prioridades nacionales y con otras políticas nacionales. | Revisión de políticas nacionales y planes publicados en los canales oficiales del estado.                                       | Anexo A-1: Fichas de alineamiento de nivel vertical.<br><br>Anexo A-2: Ficha de alineamiento de nivel horizontal. |

#### 6.4.1.4. Diagnóstico:

##### **Enunciado del problema público**

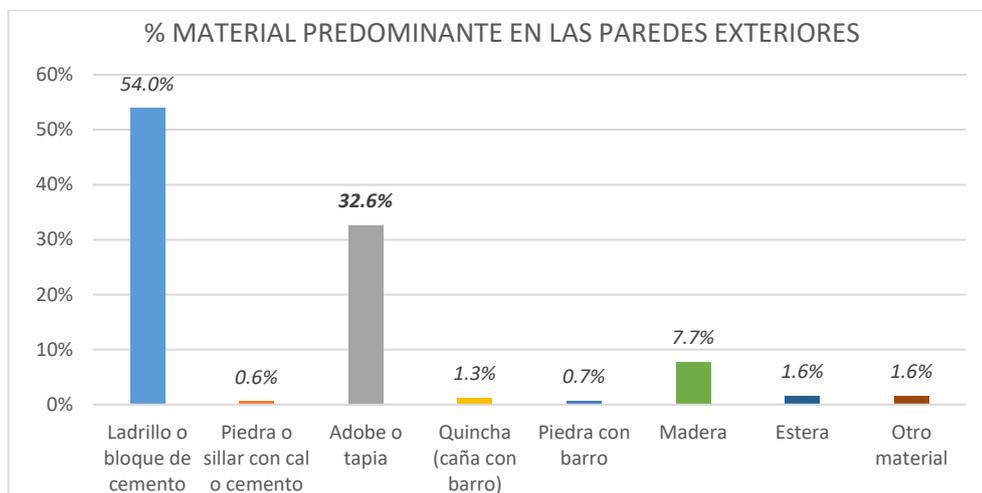
El problema público que la presente política busca atender es: “Población rural cuyas viviendas no cuentan con el adecuado confort térmico”

La vivienda, como un derecho humano fundamental, es una unidad importante del desarrollo que debería ser el espacio que garantice un mínimo de confort térmico y que brinde protección a sus habitantes. Según la Encuesta Nacional de Hogares ENAHO 2018, del total de viviendas a nivel nacional, la proporción entre viviendas en el ámbito urbano y rural es de un 76.6% y 23.4% respectivamente.

Asimismo, si consideramos el material predominante en la vivienda como punto de análisis, se observa que el segundo material que cuenta con una alta

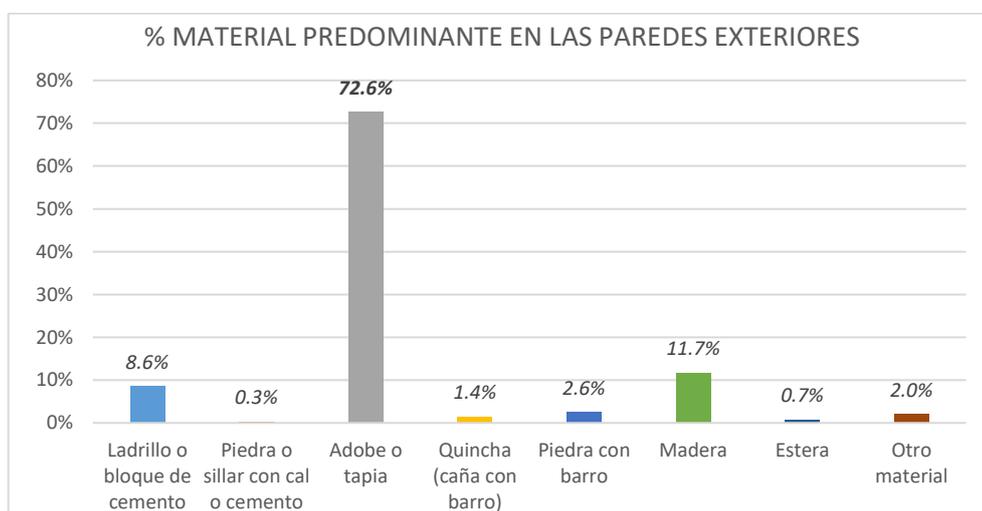
preferencia para la construcción de una vivienda es el Adobe y/o Tapial tal como se observa en el gráfico siguiente:

Gráfico VI.2. Material predominante en viviendas.  
Elaboración propia a partir de la data de ENAHO 2018. Fuente: (INEI, 2019)



A nivel del ámbito rural, las preferencias de los materiales cambian considerablemente, y es que, el Adobe o Tapial representa un 72.6% del total de viviendas en el ámbito rural.

Gráfico VI.3. Material predominante en viviendas del ámbito rural.  
Elaboración propia a partir de la data de ENAHO 2018. Fuente: (INEI, 2019)



De la misma manera, considerando que, para el análisis térmico de la vivienda es importante incluir los elementos del techo y el piso; en el gráfico VI.1 se muestran los materiales más usados en las viviendas del ámbito rural para la construcción de estos elementos.

Gráfico VI.1. Material predominante en techos en viviendas del ámbito rural.  
Elaboración propia a partir de la data de ENAHO 2018. Fuente: (INEI, 2019)

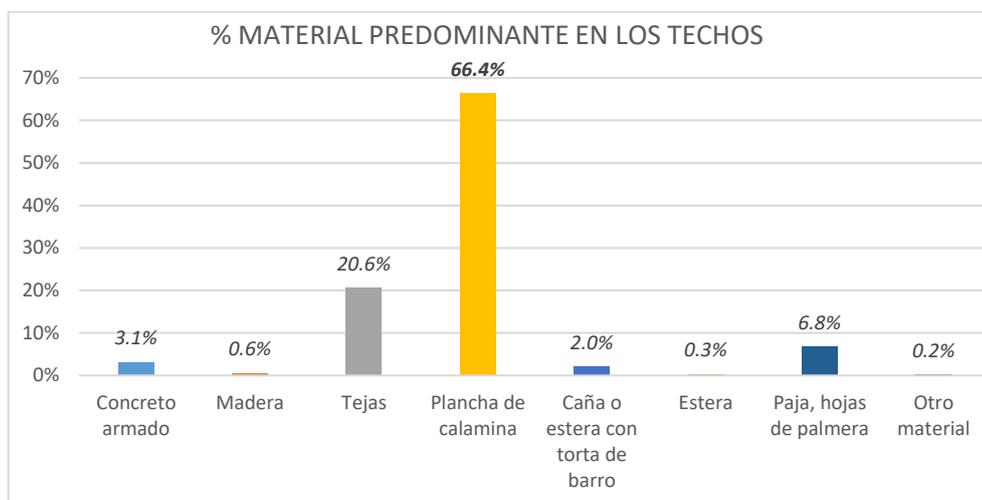
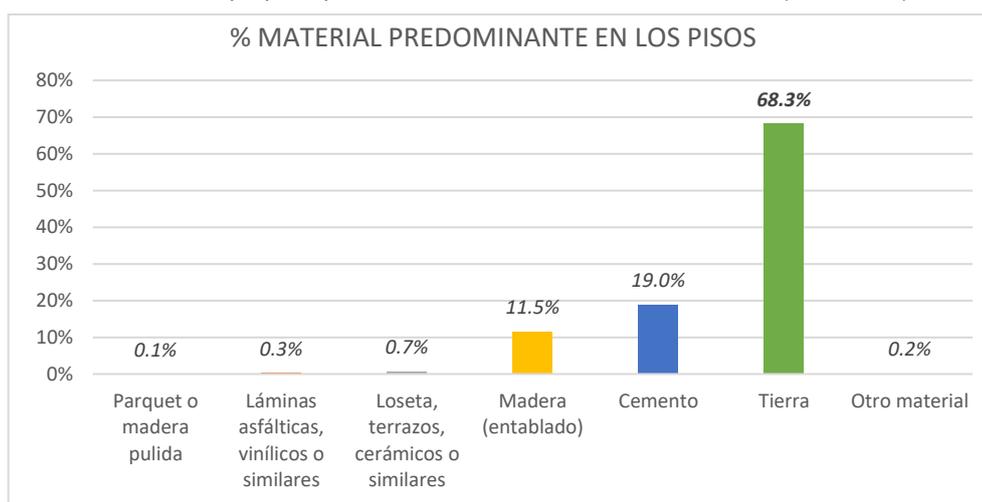


Gráfico VI.4. Material predominante en pisos en viviendas del ámbito rural.  
Elaboración propia a partir de la data de ENAHO 2018. Fuente: (INEI, 2019)



Se confirma, entonces, que la calamina, a pesar de su alta transmitancia térmica, es el material más empleado en las viviendas rurales; asimismo, se observa que los pisos de tierra tienen alto predominio a pesar de no ser recomendados.

Bajo este contexto, el problema de la vivienda rural toma mayor protagonismo porque durante los meses de abril a setiembre, en las zonas altas de nuestro país, ocurre un fenómeno conocido como Heladas caracterizado por las bajas temperaturas a las que se llega.

Como consecuencia, durante el periodo de ocurrencia de este fenómeno, los casos de enfermedades respiratorias aumentan considerablemente, así como, la

tasa de mortandad sobre todo en niños y adultos mayores ya que son la población más afectada por las temperaturas extremas.

Ante esta situación, es claro la necesidad de desarrollar lineamientos específicos para mejorar cuantitativa y cualitativamente las viviendas rurales que a su vez integre las responsabilidades en los distintos sectores y niveles de gobierno.

### **Conceptos claves**

- **Articulación:** Debe entenderse como una construcción social que supone acuerdos, negociaciones, compromisos, pero también identidades diferenciadas, capacidades localizadas en muy distintos ámbitos y reglas de juego explícitas, coherentes y convalidadas socialmente (Martínez, 2002).
- **Desarrollo humano:** Proceso de ampliación de las capacidades y oportunidades de las personas, buscando mejorar su bienestar; tiene que ver principalmente con la libertad de las personas para decidir quién ser, qué hacer y cómo vivir (PNUD, 2016).
- **Desarrollo social:** Según la LOF del MIDIS, es el proceso por el cual se alcanza el bienestar y el desarrollo humano. Para ello, el Estado y la sociedad asumen corresponsabilidad en la superación de los problemas sociales, en el campo del desarrollo de capacidades, generación de oportunidades y atención social a poblaciones objetivo. Es útil complementar esta definición considerando que el desarrollo sostenible, en su acepción contemporánea, tiene una importante dimensión de desarrollo social, y esta es evidente en los objetivos y metas la Agenda 2030. Según CEPAL (2018a), la Agenda 2030 tiene un pilar social que comprende un conjunto de metas con fines sociales explícitos, concentradas en los Objetivos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 11 y 16. Estas cubren los ámbitos de la pobreza y la desigualdad, la nutrición y la seguridad alimentaria, la salud, la educación, la igualdad de género, el acceso al agua y al saneamiento, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente, la construcción de ciudades sostenibles e inclusivas, y la paz, justicia e instituciones sólidas para el desarrollo. Al mismo tiempo, dada la naturaleza interconectada de los ODS, existe también un pilar social “extendido” en toda la Agenda y que va más allá de los Objetivos y metas con carácter social explícito (CEPAL, 2018a).

- **Inclusión social:** El MIDIS lo define como la situación en la que todas las personas puedan ejercer sus derechos, aprovechar sus habilidades y tomar ventaja de las oportunidades que se encuentran en su medio.
- **Pobreza:** La ONU lo define como la condición caracterizada por una privación severa de necesidades humanas básicas, incluyendo alimentos, agua potable, instalaciones sanitarias, salud, vivienda, educación e información. La pobreza depende no solo de ingresos monetarios sino también de acceso a servicios (ONU, 1995).
- **Protección social:** Conjunto de medidas de políticas (no contributivas, contributivas y de regulación) que promueven el cumplimiento de derechos económicos, sociales y culturales y buscan proteger a las personas de riesgos e incertidumbres que puedan comprometer su bienestar a lo largo del ciclo de vida. En este sentido, la protección social busca garantizar niveles básicos de vida para todos.
- **Territorio:** Espacio con identidad socialmente construida, el cual corresponde a una estructura dinámica que cambia según la evolución de la sociedad y de las interacciones económicas y sociales que se dan entre las personas. Esta definición no siempre es compatible con las divisiones político-administrativas, que suelen ser estáticas (Schejtman y Berdegué, 2004, en Bebbington et al., 2016).  
Más recientemente, el Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano aprobado mediante Decreto Supremo N° 004-2011-VIVIENDA, establece en su Anexo 2, Glosario de Términos, que el territorio es la “Base física, sociocultural, económica, política, dinámica y heterogénea, formada por las áreas urbanas y rurales, e integrante interactiva del sistema ambiental. Estructuralmente el territorio está conformado por el suelo, subsuelo y sobresuelo”.
- **Vulnerabilidad:** Es la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades económicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza. Con respecto a la población, se refiere a la incapacidad de las personas a resistir, adaptarse adecuadamente, o enfrentar con éxito eventos adversos de diversa naturaleza.

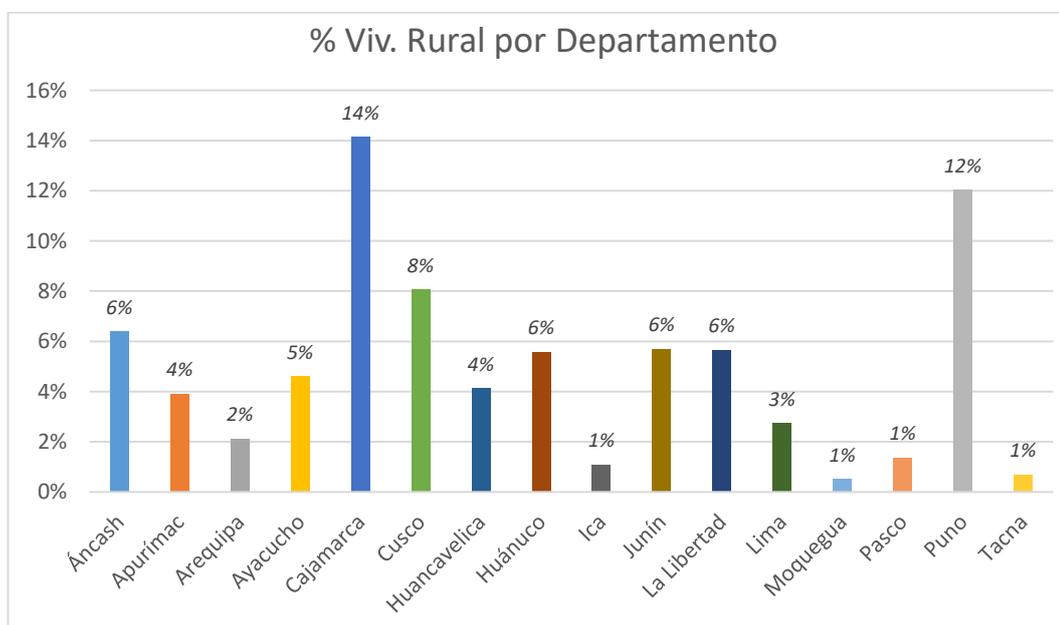
## Población objetiva de la política

Se considera que la población hacia quienes se debe dirigir los esfuerzos de la política cumple con las siguientes características:

- Área Rural de Residencia
- Vulnerabilidad ante el fenómeno de las Heladas.

En ese sentido, de acuerdo a las cifras del Censo 2017 que brinda el INEI, se conoce que alrededor del 79% de viviendas rurales a nivel nacional, son las que están expuestas al fenómeno de las heladas.

Gráfico VI.5. Porcentaje de Vivienda Rural por departamento.  
Elaboración propia a partir de los datos de REDATAM. Fuente: (INEI, 2017)



En base a esta información, el CENEPRED ha elaborado modelos de susceptibilidad ante la ocurrencia de heladas, considerando diferentes pesos de ponderación para la Frecuencia de Heladas y Temperaturas mínimas cuyos datos se obtienen del Senamhi.

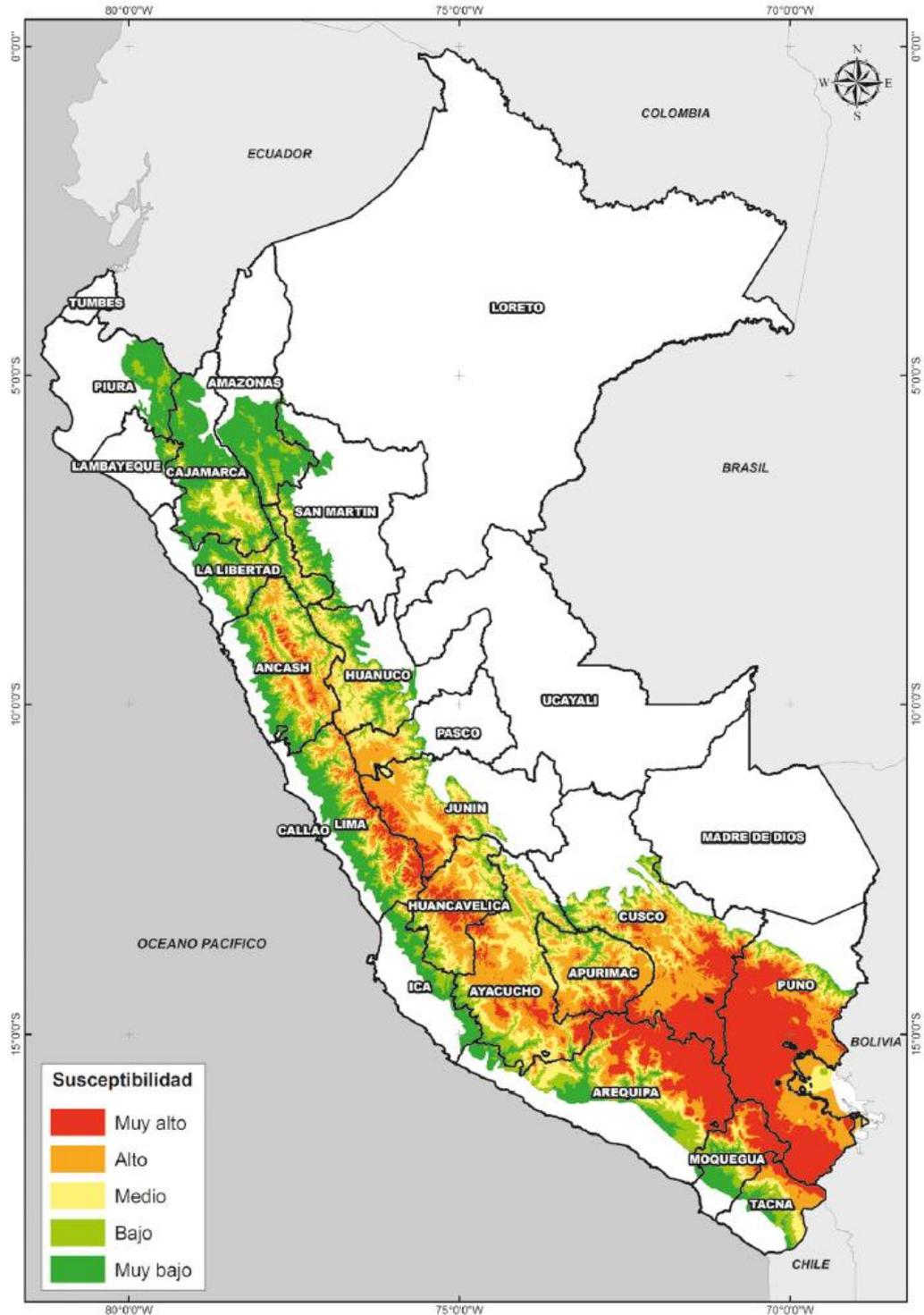


Figura VI.5. Análisis de susceptibilidad.

Fuente: (CENEPRED, 2018)

## Modelo del Problema Público

Se define el problema público mediante el siguiente diagrama de árbol.

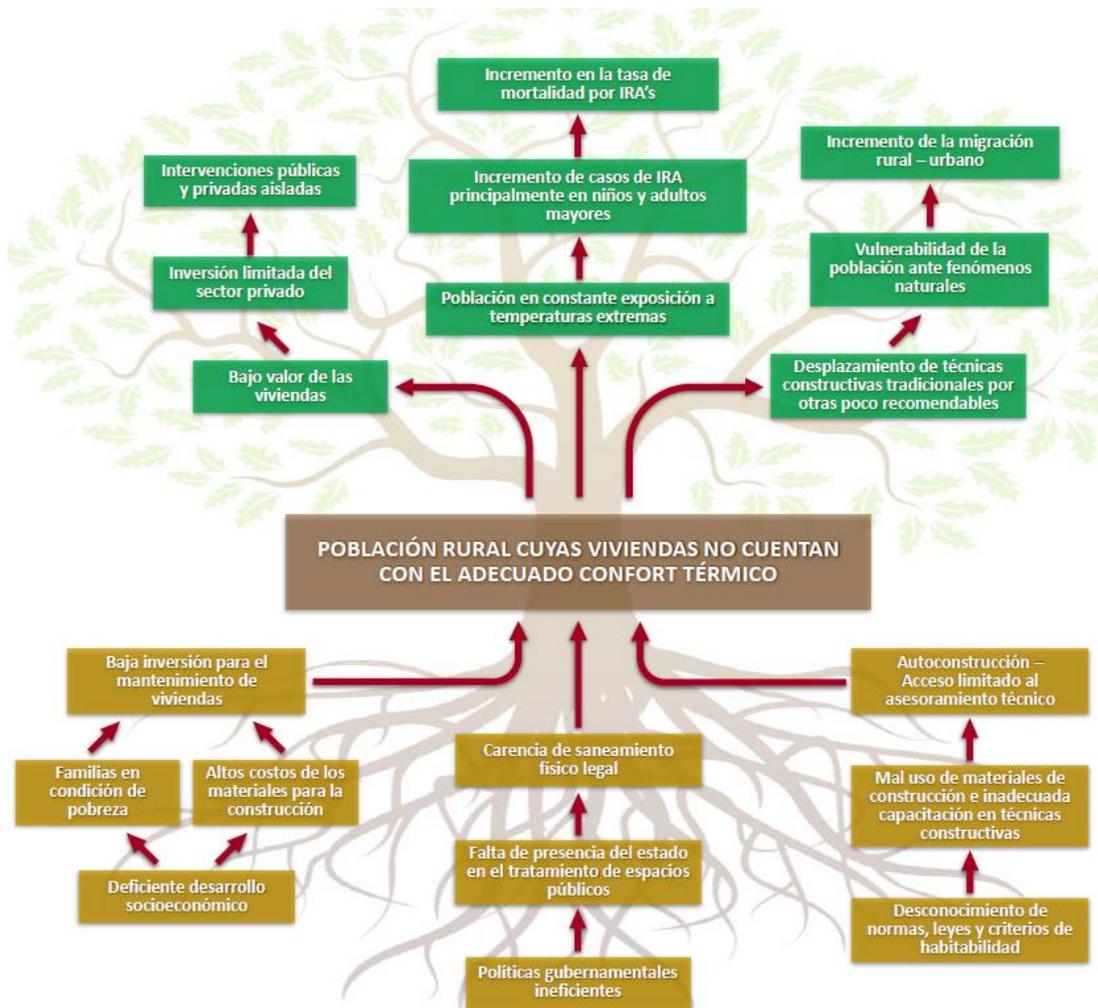


Figura VI.6. Modelo de Problema Público a través de un Árbol de Problemas.  
Elaboración propia.

## Situación actual del problema publico

### 6.4.1.5. Políticas relacionadas:

La Política Nacional de Desarrollo y Mejoramiento de la Vivienda Rural se alinea con las Políticas de Estado a través de planes y programas y, también está alineada con diversos compromisos internacionales.

Entre los compromisos nacionales e internacionales más resaltantes, se menciona a los siguientes:

- Plan Bicentenario: El Perú hacia el 2021, aprobado a través del Decreto Supremo N° 054-2011-PCM.

- Acuerdo Nacional 2002 – Unidos para Crecer.
- Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas. Adoptado en la Asamblea General del 25 de septiembre de 2015. Alineado directamente con las metas 1.4, 1.5, 7.2, 7.3, 7.a, 7.b, 8.4, 8.9, 9.4, 9.5, 11.3, 11.5, 13.1 y 13.2 de los ODS de la Agenda 2030.
- Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático – COP.
- Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre Vivienda y Desarrollo Urbano Sostenible – Hábitat III: La Nueva Agenda Urbana 2036.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico – OCDE.
- Decreto Supremo N° 054-2011-PCM que aprueba el Plan Estratégico de Desarrollo Nacional - Plan Bicentenario: El Perú hacia el 2021.
- Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres 2014 – 2021.
- Plan Multisectorial ante Heladas y Friaje 2019 – 2021.
- Estrategia Nacional de Desarrollo e Inclusión Social “Incluir para Crecer”.

#### 6.4.2. Objetivos prioritarios y lineamientos

Tabla VI.10. Objetivos y Lineamientos de la política pública.

Elaboración propia.

| N° | OBJETIVOS  | LINEAMIENTOS GENERALES  |
|----|--|---|
| 1  | Establecer como agenda de Gobierno el mejoramiento y desarrollo de la Vivienda Rural a nivel nacional.                           | <p>Garantizar el desarrollo de planes, programas y proyectos multisectoriales para la mejora de las condiciones de la vivienda de la población rural.</p> <p>Establecer una comisión intersectorial presidida por el MVCS y la integren, en principio, el MIDIS, MINAG y MINSA, cuya función principal es la de coordinar el desarrollo de la política integral, el seguimiento y la evaluación de resultados.</p>                                    |
| 2  | Facilitar el acceso a una vivienda digna, segura, saludable, de bajo costo y sostenible, fomentando la construcción tradicional. | <p>Promover la construcción de viviendas con asistencia técnica, empleando sistemas constructivos tradicionales no convencionales que usen materiales de la zona.</p> <p>Involucrar, de manera colaborativa, a la población beneficiaria durante el proceso de construcción a fin de viabilizar la replicidad, mantenimiento de la vivienda y la generación de capacidades productivas que pueden ir vinculadas al programa Haku Wiñay del MIDIS.</p> |

|   |  |  |
|---|--|--|
|   |  | <p>Fomentar el desarrollo de nuevas técnicas pasivas validadas por instituciones especializadas y con autorización de SENCICO de tal forma que garantice la calidad y la buena aplicación de estas técnicas.</p>   |
| 3 | <p>Articular el PNVR con otros programas de desarrollo rural, principalmente, con los económico – productivo, saneamiento y de acceso a la salud.</p>        | <p>Incrementar la asignación de recursos para el desarrollo del Programa Nacional de Vivienda Rural de manera proporcional al déficit cuantitativo y cualitativo.</p> <p>Fortalecer el desarrollo de la vivienda rural como factor reductor de desigualdad.</p> <p>Articular los programas del Ministerio de Vivienda, el PNRS y el PNVR, para la intervención conjunta en el sector rural maximizando el beneficio de ambos programas.</p> <p>Articular los programas del MIDIS como son: Foncodes, Tambos, Incluir para Crecer, entre otros; al sector de Vivienda, de tal forma que la intervención para el mejoramiento de la vivienda rural sea integral y su alcance se amplie.</p> <p>Ampliar los programas de Fondo Mivivienda para el mejoramiento y desarrollo de la vivienda rural a través del Bono Familiar Habitacional para el sector Rural y/o la creación de un Bono Rural.</p> |
| 4 | <p>Otorgar mayor protagonismo de los Gobiernos Regionales y Locales en la ejecución de programas para el desarrollo y mejoramiento de la Vivienda Rural.</p> | <p>Promover mecanismos que faculten a los Gobiernos Regionales y Locales a invertir en programas de vivienda rural en consideración de las particularidades existentes para cada zona rural.</p> <p>Otorgar facultades a los gobiernos regionales y locales para fortalecer el proceso de saneamiento físico legal de predios en ámbitos rurales, reconociendo formas de propiedad individuales y comunales.</p>   |
| 5 | <p>Fomentar el desarrollo de nuevas técnicas pasivas que cuenten con certificaciones y aprobación de instituciones especializadas.</p>                       | <p>Impulsar el debate técnico para la creación de parámetros generales que evalúen la calidad de materiales, confort térmico de las viviendas, habitabilidad y huella de carbono.</p> <p>Fomentar el desarrollo de técnicas constructivas de calidad con participación de instituciones académicas (Universidades Públicas y Privadas, SENCICO y otros).</p> <p>Fomentar la participación de instituciones privadas en la inversión de proyectos inmobiliarios en zonas rurales del país de la mano del turismo sostenible.</p>  |

|   |   |   |
|---|---|---|
| 6 | Fortalecer el enfoque integral de gestión de riesgos y prevención de desastres. | Fortalecer las capacidades técnicas del CENEPRED para el recojo y sistematización de información a nivel nacional.<br><br>Generar intervenciones de carácter preventivo en zonas rurales vulnerables. |
|---|---|---|

#### 6.4.3. Provisión de servicios y estándares

De los objetivos establecidos se despenden los siguientes servicios mínimos para la mejora y desarrollo de la vivienda rural:

Tabla VI.11. Provisión de servicios mínimos alineados al cumplimiento de los objetivos de la política nacional de vivienda rural.

Elaboración propia.

| <i>Servicio</i>                       | <b>PNVR</b>   | <b>Acceso al BFH</b>  | <b>Aseguramiento de Técnicas constructivas</b>                                    | <b>Saneamiento de Predios</b>                |
|---------------------------------------|---|---|---|--|
| <i>Proveedor del Servicio</i>         | MVCS  | Fondo Mivivienda  | SENCICO   | Gobiernos Locales                            |
| <i>Persona que recibe el servicio</i> | Toda la población objetiva                                    | Toda la población objetiva                                      | Instituciones públicas y privadas especializadas                                  | Toda la población                            |
| <i>Cobertura</i>                      | Nacional  | Nacional  | Nacional  | Local  |
| <i>Estándar</i>                       | Vulnerabilidad  | Ruralidad   | Institución especializada   | Ruralidad                                    |
| <i>Definición Breve</i>               | Evaluación e intervención para la mejora de la vivienda rural | Ampliar el acceso al BFH para construcción o mejora de vivienda | Aseguramiento de calidad y funcionamiento de técnicas y elementos de construcción | Formalizar la adquisición de predios rurales |
| <i>Indicador</i>                      | Nº de Viviendas   | S/. Invertidos  | Nº de técnicas aceptadas  | Nº Predios saneados                          |
| <i>Fuente de Datos</i>                | MVCS  | MVCS  | Instituciones especializadas  | Gobiernos Locales                            |
| <i>Responsable del Indicador</i>      | MVCS  | MVCS  | SENCICO   | Gobiernos Locales                            |

#### 6.4.4. Seguimiento y evaluación

El proceso de Seguimiento y Evaluación de la Política Nacional de Mejoramiento y Desarrollo de la Vivienda Rural sigue lo indicado en el Reglamento que regula las Políticas Nacional con D. S. N° 029-2018-PCM y, las recomendaciones indicadas en la Guía de Políticas Nacionales del CEPLAN.

Esta labor será realizada por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en base a información propia y de otros sectores. Asimismo, contribuirá con información para la toma de decisiones a los sectores que así lo soliciten.

##### 6.4.4.1. Seguimiento

Consiste particularmente en la recopilación de información, cada cierto periodo (anual, trimestral, etc., según corresponda), relacionados a los indicadores de los objetivos para su posterior análisis de cumplimiento.

En el caso que sea necesario, los indicadores materia de seguimiento podrán tener nivel de desagregación local, para efectos de contar con la información descentralizada.

Finalmente, en aras de otorgar facilidades a este proceso, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento llevará el registro de la información de indicadores en el aplicativo informático del CEPLAN V.01.

##### 6.4.4.2. Evaluación

Involucra la generación de evidencia respecto al diseño, implementación e impactos generados por las intervenciones públicas en los tres niveles de gobierno, según corresponda, a fin de determinar si dichas intervenciones deben continuar o modificarse. Asimismo, permitirá conocer los alcances, oportunidades y limitaciones de la política pública, a fin de mejorarla.

En esta etapa, también se aborda la coherencia interna de la política, esto es, si los objetivos y lineamientos están articulados, si los indicadores de dichos objetivos atribuibles a lo que se quiere medir, entre otros factores.

Finalmente, en el marco del principio de transparencia y rendición de cuentas, el MVCS difundirá anualmente los avances obtenidos en la gestión de la Política.

#### 6.4.5. Glosario y acrónimos

- BFH: Bono Familiar Habitacional
- CEPAL: Comisión Económica para América Latina
- CEPLAN: Centro Nacional de Planeamiento Estratégico
- CENEPRED: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.
- ENAHO: Encuesta Nacional de Hogares.
- FONCODES: Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social
- INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- MIDIS: Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social
- MVCS: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento
- ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible
- PNVR: Programa Nacional de Vivienda Rural
- PNSR: Programa Nacional de Saneamiento Rural
- SENCICO: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción

## CONCLUSIONES

Las heladas son fenómenos naturales cuya presencia a lo largo del territorio peruano es frecuente. Por lo tanto, es una condición de habitud para más del 20% de peruanos y cuyas viviendas llegan a sumar más del 23% de viviendas del total nacional.

La vivienda es una de las unidades fundamentales dentro de la estructura urbana de los centros poblados urbanos y rurales, además de ser, uno de los campos de aplicación de la ingeniería civil. La vivienda rural, específicamente, es un área en donde, a pesar de los distintos esfuerzos públicos y privados, existen brechas ligadas al déficit cuantitativo y cualitativo.

Los techos verdes son sistemas pasivos cuya función principal es la de aislar térmicamente la cubierta y reducir la transmitancia térmica del techo de la vivienda rural. Así como esta técnica, se debe optar y fomentar el uso de materiales tradicionales en la generación de nuevas tecnologías que permitan ir mejorando, progresivamente y de manera integral, las viviendas rurales. Asimismo, estas técnicas tienden a ser más económicas en el largo plazo, de fácil aplicación y amigables con el medio ambiente.

El uso de los materiales tradicionales en la construcción de viviendas rurales debe mantenerse y protegerse vinculando a las poblaciones de estas zonas mediante capacitaciones que refuercen el conocimiento empírico. Y es que, los materiales tradicionales muestran un mejor comportamiento para la transferencia de calor y poseen mejores propiedades térmicas, tal es así que, solamente mejorando el aislamiento térmico del techo, se ha logrado el incremento de temperatura de hasta en 3° C comparando la temperatura de un módulo con techo verde y uno con cubierta de calamina, lo cual es bastante significativo en contextos cuyas temperaturas son extremas. Ahora bien, si la comparación es realizada con la temperatura del medio ambiente, la diferencia es de hasta 6° C.

El Estado, desde hace algunos años, ha realizado intervenciones en muchos centros poblados rurales a nivel nacional. De igual manera, y persiguiendo el mismo fin, se han realizado intervenciones por parte de instituciones privadas. A partir de la creación del PNRV del Ministerio de Vivienda y el apoyo técnico del MIDIS, importante en la fase de identificación, se han ido priorizando los lugares de acuerdo a la vulnerabilidad de las poblaciones frente al fenómeno. Sin embargo, no es suficiente. Es necesario establecer una política pública de interés

nacional que vincule a distintas entidades a partir de las buenas prácticas que se tiene y que integre el desarrollo de la vivienda rural al desarrollo de la vivienda en el Perú y que, asimismo, sea un punto de partida para la apertura del diálogo en uno de los temas pendientes en el Perú, el Desarrollo Rural.

La implementación de techos verdes en viviendas rurales, a partir de los resultados positivos de la experimentación, puede ser replicado a escala natural mediante la formulación y ejecución de proyectos siguiendo los lineamientos establecidos en el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones Invierte.pe, con una previa evaluación de la tipología y condiciones de las viviendas del área de intervención.

El campo de investigación en el desarrollo de la vivienda rural empleando materiales tradicionales va en aumento y debería ser extrapolado a condiciones ambientales diferentes, como las de la costa y la selva. En tal sentido, el campo de investigación se amplía en busca del mejoramiento térmico de las viviendas rurales en zonas de la costa y la selva, cuyas condiciones ambientales son particulares. Asimismo, esta amplitud debería considerar como otra línea de investigación el desarrollo de materiales y/o procesos constructivos para mejorar térmicamente los ambientes públicos, en general, en las zonas rurales.

## RECOMENDACIONES

Dado que el crecimiento de las ciudades es inevitable, estas no necesariamente crecen en la misma proporción que el acceso a servicios básicos y/o mejores condiciones de vida; por lo tanto, se recomienda la revisión de las definiciones de las variables contextuales ligadas al concepto de Centro Poblado Rural tomando en consideración los aportes del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE).

El uso de las plantas para el techo verde es primordial. Por tanto, se recomienda realizar los muestreos de diversos tipos de plantas, los que deben ser obtenidos de zonas lo más alejadas de bofedales y fuentes de agua. Asimismo, este trabajo debe ser realizado de la mano de la población local ya que son ellos quienes tienen un conocimiento mayor de las plantas autóctonas, considerando como criterios principales la abundancia de la especie en la zona, su alto nivel de adaptación y la resistencia a climas extremos.

Se recomienda recoger las buenas prácticas para el muestreo de las plantas, esto es, cortar áreas cuadradas en el terreno natural de un mínimo de diez centímetros de lado y con toda la profundidad que sea posible para asegurar que la muestra contenga la mayor parte de las raíces de la planta (en el caso puntal de la presente tesis, se optó por una profundidad mínima de 20 cm).

Se recomienda realizar un modelo teórico o experimental que acompañe la aplicación de los techos verdes con una técnica tipo “fuente de calor” de tal forma que su aporte sume e incremente la masa térmica de la vivienda, esperando obtener, en consecuencia, que el incremento de la temperatura interna de la vivienda sea mayor a los 3° C, en comparación de una vivienda normal. Asimismo, dado que la propuesta de mejoramiento bajo la técnica de techos verdes, se enfoca principalmente en la mejora de las propiedades térmicas de la cubierta, esta debe ser complementada con otras intervenciones que mejore otros elementos de la vivienda (muro trombre, claraboyas, piso radiante, entre otros) de manera que el mejoramiento de la vivienda sea óptimo e integral.

Es importante expandir el beneficio del aporte científico a la población que lo necesite a través de políticas de estado. Por tanto, se recomienda incluir en la agenda pública y de gobierno, planes que vinculen a diferentes instituciones en los tres niveles de gobierno para desarrollar un trabajo conjunto en sector vivienda, específicamente, en las zonas rurales.

En relación a los programas y proyectos de desarrollo existentes en distintos sectores del gobierno nacional para las zonas rurales, se recomienda integrar dichos esfuerzos para orientar la intervención pública de una manera ordenada y aprovechando de manera óptima el uso de recursos, liderada por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento con el soporte del Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social y el acompañamiento de los Gobiernos Subnacionales.

En relación a la gestión de los Gobiernos Locales, dentro del cumplimiento de sus competencias, se recomienda invertir en el saneamiento físico legal de predios rurales para aumentar las posibilidades de la población, al acceso de distintos beneficios sociales que otorga el Estado. Asimismo, y en correlación a lo anterior, buscar la articulación con dichos fondos estatales para la compra, construcción o mejoramiento de las viviendas rurales, como por ejemplo, optar por el acceso al Bono Familiar Habitacional que otorga el Ministerio de Vivienda a través del Fondo Mivivienda.

Es importante también, seguir impulsando el desarrollo de nuevas técnicas para mejorar la vivienda social, en tal sentido, se recomienda también que, en el proceso de articulación de los distintos sectores del Gobierno Nacional, los Gobiernos Subnacionales y otras instituciones de la sociedad civil, se incluya a la comunidad academia con la presencia de las Universidades e Institutos Técnicos Públicos, principalmente, y Privados.

Finalmente, se recomienda la apertura de un diálogo profundo que postule planteamientos para el desarrollo de la vivienda rural y, por consiguiente, el desarrollo rural de manera holística, no solamente incluyendo a la vivienda, sino también, a la infraestructura pública como son escuelas, postas de salud, tambos, entre otros, existentes en las distintas zonas rurales, de tal manera que se apertura el diálogo en relación al Desarrollo Rural.

## BIBLIOGRAFÍA

Aceros Arequipa. (24 de Octubre de 2019). *Aceros Arequipa*. Obtenido de <http://www.acerosarequipa.com/productos/calamina-de-acero.html>

(2002). *Acuerdo Nacional*. Lima.

Aldunate, E., & Córdoba, J. (2011). *Formulación de programas con la metodología de Marco Lógico*. Santiago de Chile: CEPAL.

Apuntes. (17 de Octubre de 2019). *Apuntes: Revista Digital de Arquitectura*. Obtenido de <http://apuntesdearquitecturadigital.blogspot.com/2015/06/ollantaytambo.html>

Aybar, C., Lavado, W., Sabino, E., Ramírez, S., Huerta, A., & Felipe, O. (2017). *Atlas de zonas de vida del Perú - Guía Explicativa*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Dirección de Hidrología.

Bhattacharya, A., Oppenheim, J., & Stern, N. (2015). Driving sustainable development through better infrastructure: Key elements of a transformation program. *Global Economy & Development Working Paper 91*.

BID. (2018). *¿Qué es la Infraestructura Sostenible?* Banco Interamericano de Desarrollo, BID Invest.

CARE Perú. (2011). *¿Por qué priorizar la política de Vivienda Rural?* Lima: Biblioteca Nacional del Perú.

Castañeda, V. (2019). *Diseño y Evaluación de Políticas Públicas*. Lima.

Castillo, I. (25 de Noviembre de 2019). *lifeder.com*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/flora-puna-peru/>

CENEPRED. (2017). *Escenarios de Riesgo por Heladas y Friajes en el marco del Plan Multisectorial 2018*. Lima.

CENEPRED. (2018). *Escenarios de Riesgos por Heladas y Friajes en el Marco del Plan Multisectorial Multianual 2019 - 2021*. Lima: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.

CEPAL. (2011). *La Formulación e Implementación de las Políticas Públicas en ALC*. Santiago de Chile.

CEPLAN. (2018). *Guía de Políticas Nacionales*. Lima.

D'Avignon, A., & Cruz, L. (2011). El carácter necesariamente sistémico de la transición en dirección a la economía verde. *Economía Verde: desafíos y oportunidades*.

Documento Básico HE. (17 de Marzo de 2006). Ahorro de Energía. *Código Técnico de Edificación*. Madrid, España: Boletín Oficial del Estado.

Friedrich, E. (1876). *El papel del trabajo en la transformación del mono en hombre*.

García, D. (10 de Diciembre de 2018). *Arquitectura bioclimática*. Obtenido de <http://abioclimatica.blogspot.com/>

Gayoso, M., & Pacheco, O. (2015). *Análisis tipológico de vivienda alpaquera*. Lima: URP.

Gibbs, D., & O'Neill, K. (2015). Building a green economy? Sustainability transitions in the UK building sector. *Geoforum*.

Gobierno Regional de Huancavelica. (2003). *Plan Estratégico de Desarrollo Regional Concertado y Participativo de Huancavelica 2004 – 2015*. Huancavelica.

Gonzalo, G. E. (2003). *Manual de Arquitectura Bioclimática*. Buenos Aires: Nobuko.

Houdart, T., & Houdart, M.-F. (2003). *La prairie sur le toit*. La Nouaille: Maiade.

Incropera, F., & De Witt, D. (1999). *Fundamentos de Transferencia de Calor*. Mexico: Prentice Hall.

INDECI. (2019). *Boletín Estadístico Virtual de la Gestión Reactiva*. Lima: INDECI.

INDECI. (19 de Diciembre de 2019). *INDECI*. Obtenido de <https://www.indeci.gob.pe/direccion-politicas-y-planos/base-de-datos-de-emergencia-y-danos/>

INEI. (2017). *XII Censo Nacional de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Lima.

INEI. (02 de Setiembre de 2019). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. Obtenido de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib0014/varicont.htm](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0014/varicont.htm)

- INEI. (04 de Noviembre de 2019). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. Obtenido de <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda/>
- INRENA. (1995). *Mapa Ecológico del Perú*. Lima: Ministerio de Agricultura.
- INVIERTE.PE. (2017). *El nuevo sistema de inversión pública*. Lima: Ministerio de Economía y Finanzas.
- Joost van Hoof, F. v. (2008). The historical turf farms of Iceland: Architectura, building technology and the indoor environment. (Elsevier, Ed.) *Building and Environment*(43), 1023-1030.
- Lirola, J. M., Castañeda, E., Lauret, B., & Khayet, M. (2017). A review on experimental research using scale models for buildings: Application and methodologies. En *Energy and Buildings*. Elsevier Ltd.
- Macavilca Rojas, N., Moromi Nakata, I., Hidalgo Garcia, R., Centeno Sairitupac, J., Lucero Ccencho, J., & Roque Rojas, H. (2018). *Propuesta de techos verdes acondicionados a viviendas rurales de las zonas altoandinas del Perú (altitud > 3500 msnm)*. Lima: IIFIC-UNI.
- MACCAFERRI. (4 de febrero de 2019). *Maccaferri América Latina*. Obtenido de <https://www.maccaferri.com/br/es/productos/geocompuestos-macdrain/>
- Machado, M., Brito, C., & Neila, J. (2000). *La Cubierta Ecológica como material de Construcción*. España.
- Martínez, R. (2002). *Estrategias de Articulación de Políticas Sociales*. Buenos Aires: Asociación Argentina de Políticas Sociales.
- MEF. (03 de Febrero de 2020). *Ministerio de Economía y Finanzas*. Obtenido de <https://www.mef.gob.pe/es/glosario-sp-5902>
- MEF. (12 de Enero de 2020). *Ministerio de Economía y Finanzas*. Obtenido de <https://www.mef.gob.pe/es/anexos-y-formatos>
- Ministerio de Economía. (2014). *Guía para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de Inversión Pública, a nivel de perfil*. Lima: Biblioteca Nacional de Perú.

- Molina Fuertes, J. O. (2017). Evaluación Sistemática del desempeño térmico de un módulo experimental de Vivienda Alto andina para lograr el Confort Térmico con Energía Solar. (*Tesis de Maestría*). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- MVCS. (2016). *Abrigando Hogares: Experiencias con medidas de confort térmico en viviendas rurales*. Lima.
- Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Santiago.
- Nicol, J. F., & Humphreys, M. A. (2002). Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. *Energy and Building*, 563-572.
- Norma EM. 110. (2014). Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética. *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima, Perú: Diario Oficial El Peruano.
- ONU. (1995). *The Copenhagen Declaration and Programme of Action*. Nueva York: ONU.
- OPS/OMS. (2014). *Infecciones Respiratorias Agudas en el Perú*. Lima.
- Palma, M. (2017). Estrategias de Eficiencia Energética para la Vivienda Rural de la Zona Bioclimática Mesoandina de Cusco - Perú. (*Tesis de Mestría*). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- PCM. (2017). *Plan Multisectorial ante Heladas y Frijaje*. Lima.
- PNUD. (2010). *América Latina y El Caribe: Una superpotencia de biodiversidad*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo .
- PNUD. (2016). *Informe sobre Desarrollo Humano 2016. Desarrollo humano para todas las personas*. Nueva York: PNUD.
- PNUD. (29 de 07 de 2020). *Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo*. Obtenido de <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- PNUD. (24 de 07 de 2020). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*. Obtenido de [https://www.undp.org/content/undp/es/home/sdgooverview/mdg\\_goals.html](https://www.undp.org/content/undp/es/home/sdgooverview/mdg_goals.html)
- PNUMA. (2011). *Hacia una economía verde: Guía para el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza - Síntesis para los encargados de la formulación de políticas*. [www.unep.org/greeneconomy](http://www.unep.org/greeneconomy).

PROMPERU. (16 de Setiembre de 2019). *Marca Perú*. Obtenido de <https://peru.info/es-pe/turismo/noticias/3/16/estas-son-las-8-regiones-naturales-del-peru>

Pulgar, J. (1987). *Geografía del Perú, Las 8 Regiones Naturales*. Lima: PEISA.

Pulgar, J. (2002). *Las ocho regiones naturales del Perú*. Lima: San Marcos.

Rey, M. W. (2008). *Consideraciones Bioclimaticas en el Diseño Arquitectónico: El Caso Peruano*. Lima: PUCP.

Saikku, L., Antikainen, R., Droste, N., Pitkänen, K., Loiseau, E., Hansjürgens, B., . . . Thomsen, M. (2015). *Implementing the green economy in a european context - lessons learned from theories, concepts and case studies*. Helsinki: Partnership for European Environmental Research.

Senamhi-FAO. (2010). *Atlas de las heladas*. Lima.

SERNANP. (Diciembre de 2019). *Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado*. Obtenido de <https://www.sernanp.gob.pe/de-junin>

Sipinski, D. (5 de Agosto de 2014). *CNN Travel*. Obtenido de <https://edition.cnn.com/travel/article/faroe-islands-grass-roofs/index.html>

Smith, I. (15 de Enero de 2016). *The Vintage News*. Obtenido de <https://www.thevintagenews.com/2016/01/15/45613/>

Trimble. (Agosto de 2019). *Sketchup*. Obtenido de <https://www.sketchup.com/es>

U.S. Department of Energy. (04 de Diciembre de 2019). *EnergyPlus*. Obtenido de <https://energyplus.net/>

UNE-EN ISO 7730. (2005). *Ergonomía del ambiente térmico: Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local*. Madrid: AENOR.

Valiometro. (23 de Marzo de 2018). *Valiometro*. Obtenido de <http://www.valiometro.pe/>

Vargas, O., Trujillo, J., & Torres, M. (2017). La economía verde: un cambio ambiental y social necesario en el mundo actual. *Revista de Ingestigacion Agraria y Ambiental*.

Zabalza, I., & Aranda, A. (2011). *Ecodiseño en la Edificación*. Zaragoza, España.

## **ANEXOS**

**ANEXO 1.** Hoja técnica de planchas Zincadas Ondulada (calamina).

**ANEXO 2.** Hoja técnica de Mac Drain.

**ANEXO 3.** Hoja técnica de Termohigrómetro.

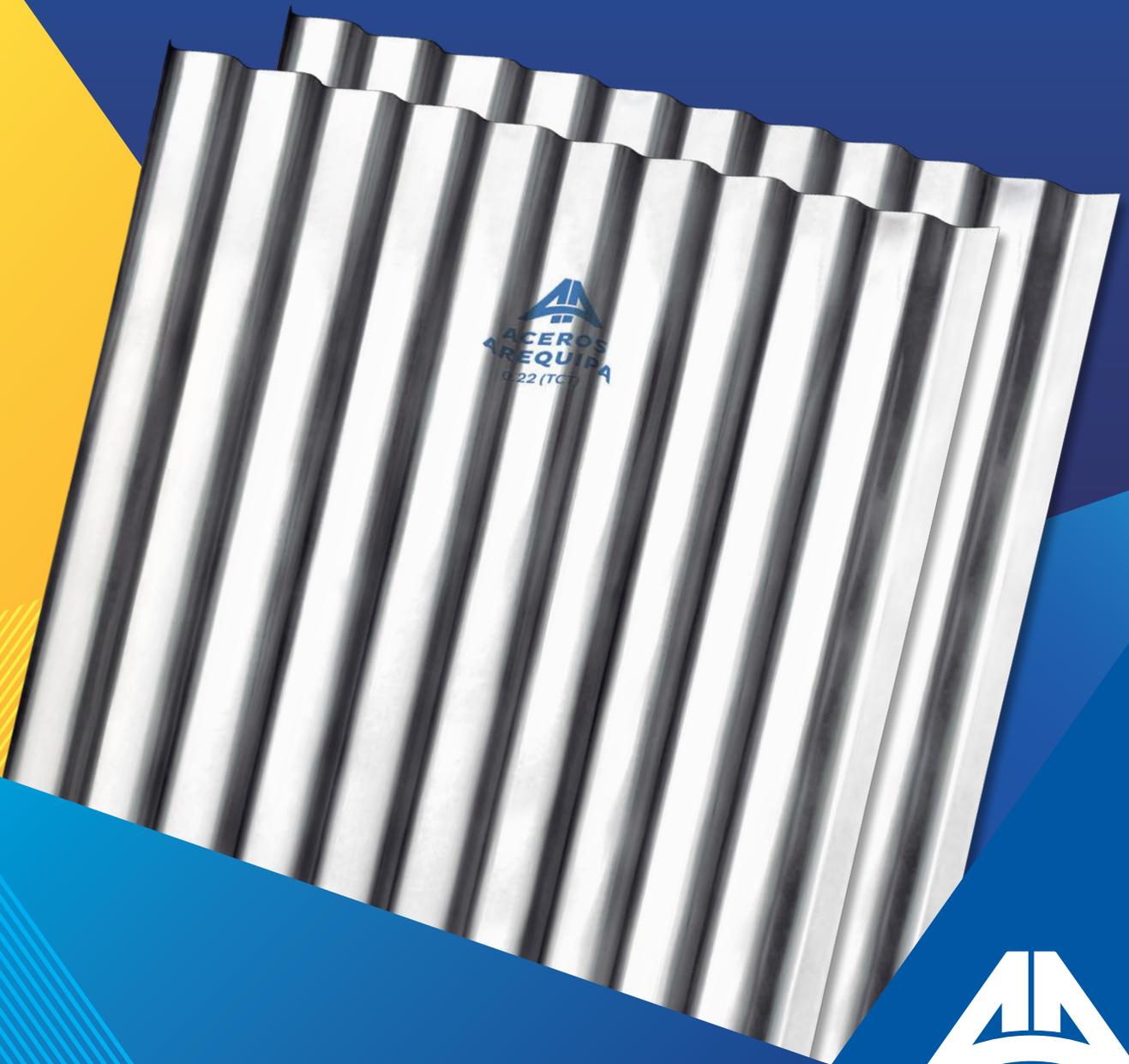
**ANEXO 4.** Planos de Módulos de Vivienda.

- **ANEXO 4.1.** Plano Vista en Planta A-01.
- **ANEXO 4.2.** Plano Vista en Elevación A-02.
- **ANEXO 4.3.** Plano de Detalle Constructivo de Cimiento y Muro C-01.
- **ANEXO 4.4.** Plano de Detalle Constructivo de Soporte madera C-02.

**ANEXO 1. Hoja Técnica de Planchas Zincadas Ondulada (Calaminas).**

Fuente: (Aceros Arequipa, 2019).

# Planchas Zincadas Onduladas



**ACEROS  
AREQUIPA**

Elige Seguridad

# Planchas Zincadas Onduladas

## DENOMINACIÓN:

PZO A653.

## DESCRIPCIÓN:

Planchas de acero zincadas por inmersión en caliente, acanaladas por deformación en frío por medio de procesos mecánicos.

## USOS:

En el techado de casas, almacenes, plantas industriales, etc.

## NORMAS TÉCNICAS:

ASTM A653/A653M Tipo B o JIS G3302 SGCH Modificada, sin restricción del contenido de P y S.

## PRESENTACIÓN:

Se suministra en unidades (paquete mínimo de 10 piezas).

## DIMENSIONES NOMINALES:

|                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| 0.14 x 800 x 1,800 mm | 0.22 x 800 x 1,800 mm |
| 0.14 x 800 x 3,600 mm | 0.22 x 800 x 3,600 mm |
| 0.20 x 800 x 1,800 mm | 0.30 x 800 x 1,800 mm |
| 0.20 x 800 x 3,600 mm | 0.30 x 800 x 3,600 mm |

## COMPOSICIÓN QUÍMICA:

C : 0.02 – 0.15%

Mn : 0.60% Máx

## PROPIEDADES MECÁNICAS:

Calidad Comercial:

Límite de Fluencia = 2,110 - 3,860 kg/cm<sup>2</sup>

Alargamiento = 20.0 % mínimo

## REVESTIMIENTO DE ZINC:

90 g/m<sup>2</sup> (total en ambas caras)\*

## TOLERANCIAS DIMENSIONALES:

Según JIS G3302

1. Tolerancia en el Espesor (mm)

| ANCHO NOMINAL (mm) | TOLERANCIA (mm) |
|--------------------|-----------------|
| 0.10 - 0.25        | ± 0.04          |

2. Tolerancia en el Ancho (mm) + 7/ - 0

3. Tolerancia en la Longitud (mm) + 15 / - 0

Producto importado

\* Pueden encontrarse variaciones por debajo o por encima de estos valores.



ISO 9001:2015

CERTIFICATE N° 57219



ISO 14001:2015

CERTIFICATE N° 57220



OHSAS 18001:2007

CERTIFICATE N° 57221

**Lima:** Av. Antonio Miró Quesada N° 425 Piso 17, Magdalena del Mar. Tel. (51-01) 517 1800.

**Pisco:** Panamericana Sur Km. 240, Ica. Tel. (51-056) 58 0830.

**Arequipa:** Variante de Uchumayo KM. 5.5, Cerro Colorado, Arequipa, Arequipa. Tel. (51-01) 517 1800.

**LA PAZ:** Av. Hilbo N° 100. Zona El Kenko. Tel. (591) 77641658.

**Santa Cruz:** Urb. Parque Industrial Latinoamericano, Unidad Industrial UI 06, Mz. 1, Lote 4 - Warnes. Tel. (591) 76303499. E-mail: contactobolivia@caa.com.bo

Encuétranos en:    [www.acerosarequipa.com](http://www.acerosarequipa.com)



**ACEROS  
AREQUIPA**

## **ANEXO 2. Hoja técnica de MacDrain® 2L.**

Fuente: (MACCAFERRI, 2019).

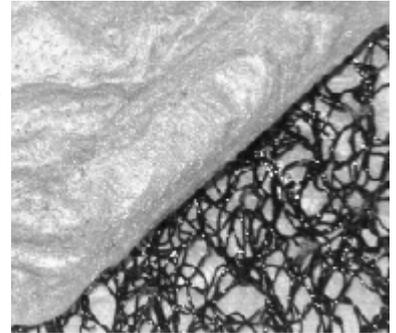
# MacDrain<sup>®</sup> 2L 20.2

## Geocompuesto para drenaje

### Características técnicas

MacDrain<sup>®</sup> 2L 20.2 es un geocompuesto para drenaje liviano y flexible, cuyo núcleo drenante es formado por una geomanta tridimensional, fabricada con filamentos de polipropileno y termosoldada a un geotextil no tejido de poliéster en todos los puntos de contacto.

El geotextil sobresale 100 mm del núcleo en una de las extremidades longitudinales del MacDrain<sup>®</sup> 2L 20.2, para garantizar la perfecta continuidad del sistema en las juntas y permitir la ejecución de los traslapes.



### Caudal

| ASTM D 4716          | Drenaje horizontal |       |          |       |          |       |          |       |          |       | Drenaje vertical |       |
|----------------------|--------------------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|------------------|-------|
|                      | i = 0.01           |       | i = 0.02 |       | i = 0.03 |       | i = 0.10 |       | i = 0.50 |       | i = 1.00         |       |
| Gradiente hidráulico |                    |       |          |       |          |       |          |       |          |       |                  |       |
| Presión              | l/s.m              | l/h.m | l/s.m    | l/h.m | l/s.m    | l/h.m | l/s.m    | l/h.m | l/s.m    | l/h.m | l/s.m            | l/h.m |
| 10 kPa               | 0,64               | 2340  | 0,70     | 2556  | 0,77     | 2772  | 1,26     | 4536  | 2,17     | 7848  | 2,84             | 10224 |
| 20 kPa               | 0,23               | 828   | 0,29     | 1080  | 0,33     | 1224  | 0,74     | 2700  | 1,54     | 5544  | 2,17             | 7848  |
| 50 kPa               | 0,11               | 432   | 0,14     | 540   | 0,17     | 648   | 0,41     | 1476  | 0,85     | 3096  | 1,35             | 4860  |
| 100 kPa              | 0,04               | 144   | 0,05     | 180   | 0,06     | 216   | 0,12     | 432   | 0,26     | 936   | 0,41             | 1512  |
| 200 kPa              | 0,02               | 72    | 0,02     | 72    | 0,02     | 108   | 0,04     | 144   | 0,08     | 324   | 0,13             | 468   |

### Propiedades hidráulicas

|                        | Geocompuesto    |               | Geotextil |                        |
|------------------------|-----------------|---------------|-----------|------------------------|
| Apertura de filtración | mm              | AFNOR G 38017 | ---       | 0,145                  |
| Permisividad           | s <sup>-1</sup> | ASTM D 4491   | ---       | 1,51                   |
| Permeabilidad          | cm/s            | ASTM D 4491   | ---       | 1,1 x 10 <sup>-1</sup> |

### Propiedades mecánicas

|                           | Geocompuesto           |                               | Geotextil              |                       |
|---------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------|-----------------------|
|                           | Dirección longitudinal | Dirección transversal         | Dirección longitudinal | Dirección transversal |
| Resistencia a la tracción | kN/m                   | ABNT NBR 12824<br>ASTM D 4595 | 14,21                  | 8,57                  |
| Deformación a la rotura   | %                      | ABNT NBR 12824<br>ASTM D 4595 | 33,23                  | 37,33                 |
| Punzonamiento             | N                      | ABNT NBR 13359<br>ASTM D 4833 | ---                    | 602,50                |

### Características físicas

|         | Geocompuesto     |                               | Geotextil |     |
|---------|------------------|-------------------------------|-----------|-----|
| Espesor | mm               | ABNT NBR 12569<br>ASTM D 5199 | 11,0      | 0,7 |
| Gramaje | g/m <sup>2</sup> | ABNT NBR 12568<br>ASTM D 5261 | 700       | 100 |

### Presentación del rollo

|                   | Geocompuesto   |             |
|-------------------|----------------|-------------|
| Ancho             | m              | 1 ou 2      |
| Largo             | m              | 10 ou 30    |
| Area              | m <sup>2</sup> | 10 ou 60    |
| Diámetro promedio | m              | 0,4 ou 0,7  |
| Peso              | kg             | 7,0 ou 42,0 |

Los valores listados anteriormente corresponden a una media de resultados encontrados en ensayos realizados en laboratorios.

### **ANEXO 3. Hoja técnica de Termohigrómetro SSN-22ET.**

Fuente: (Valiometro, 2018).

# SSN-22ET

Humedad, temperatura y punto de rocío  
Data Logger con sonda de temperatura externa

YUWESE®

## Introducción

Este Termohigrómetro con registrador de datos puede medir y almacenar lecturas de temperatura (Un canal para la sonda interna y otro canal para la sonda externa) y humedad automáticamente. El software único PC DGraph compatible con Windows XP / 7/8 (32/64 bits) Proporcionan, el punto de rocío y aplicaciones profesionales avanzadas.

El usuario puede utilizar fácilmente el software para configurar y descargar datos a la PC a través de la conexión USB. El usuario puede ver, analizar e imprimir los datos, o exportarlos a otros formatos (txt, xls, csv, bmp, jpg). El estado del registrador, la indicación de alarma e indicación de batería baja se muestran a través del LED intermitente rojo / verde y el LED amarillo. El botón en la carcasa se puede utilizar para iniciar el registro o confirmar y borrar la alarma LED.



- Sonda externa de temperatura de 2 metros
- Alta fiabilidad y estabilidad para aplicaciones industriales
- Múltiples registros de datos pueden ser graficados juntos
- Muy fácil de usar

| Especificaciones              | SSN-22E   |                           |
|-------------------------------|---|---------------------------|
| Humedad relativa              | Rango de medida   | 0 ~ 100%RH                |
|                               | Precisión (Typ.)  | ±3%RH                     |
|                               | Resolución (Typ.)   | 0.1%RH                    |
| Temperatura                   | Rango de medida   | -35 ~ 80°C (-31 ~ 176°F)  |
|                               | Precisión (Typ.)  | ±0.3°C (±0.5°F)           |
|                               | Resolución (Typ.)   | 0.1°C (0.2°F)             |
| Temperatura Externa           | Rango de medida   | -40 ~ 125°C (-40 ~ 257°F) |
|                               | Precisión (Typ.)  | ±0.5°C (±0.9°F)           |
|                               | Resolución (Typ.)   | 0.1°C (0.2°F)             |
| Localización del Sensor       | Externo   |                           |
| Pantalla LCD                  | Incluye   |                           |
| Memoria                       | 64KBytes(Total de 32,000 lecturas por todos los canales)                        |                           |
| Tiempo de muestreo            | Seleccionable por el usuario de una vez cada 2 segundos a una vez cada 12 horas |                           |
| PC Software                   | DGraph software y driver USB requerido (Se incluye en el CD)                    |                           |
| Fuente de energía             | Reemplazable por el usuario 1/2AA 3.6V Batería de litio, 1200mAh                |                           |
| Vida útil de la batería       | Aprox.3 años con un minuto de tiempo de muestreo                                |                           |
| Dimensiones                   | 120mm×37mm×23mm(4.8"×1.5"×0.9")   |                           |
| Material de la carcasa y peso | ABS; Aprox. 80 gramos(2.82 oz)  |                           |

## Aplicaciones

Este termo-higrómetro con registrador de datos se utiliza principalmente para controlar y verificar humedad y temperatura de bienes, equipos sensibles a la temperatura o áreas, como por ejemplo:

- Cadena de Frío
- Almacén
- Refrigeración
- HVAC
- Alimentación y farmacia
- Transporte

## Características

- Portátil, preciso, compacto y de bajo costo
- Interfaz USB, comunicación directa con la PC para la configuración y descarga de datos
- Software de control de PC único y uniforme: DGraph
- Cada unidad cuenta con un número de serie único
- El usuario puede configurar la contraseña de acceso para cada registrador de datos
- Alarma e indicación de estado mediante LED
- Método de Inicio de registro: Inmediatamente, botón, Comience en
- Batería de litio reemplazable y los datos no se pierden si se agota
- Calibración de dos puntos para cada canal
- Ajustes de límite de alarma para todos los canales
- El usuario puede personalizar el gráfico compuesto
- El usuario puede personalizar fácilmente la nueva unidad
- El usuario puede nombrar cada canal y activar / desactivarlo



#### **ANEXO 4. Planos de Módulos de Vivienda.**

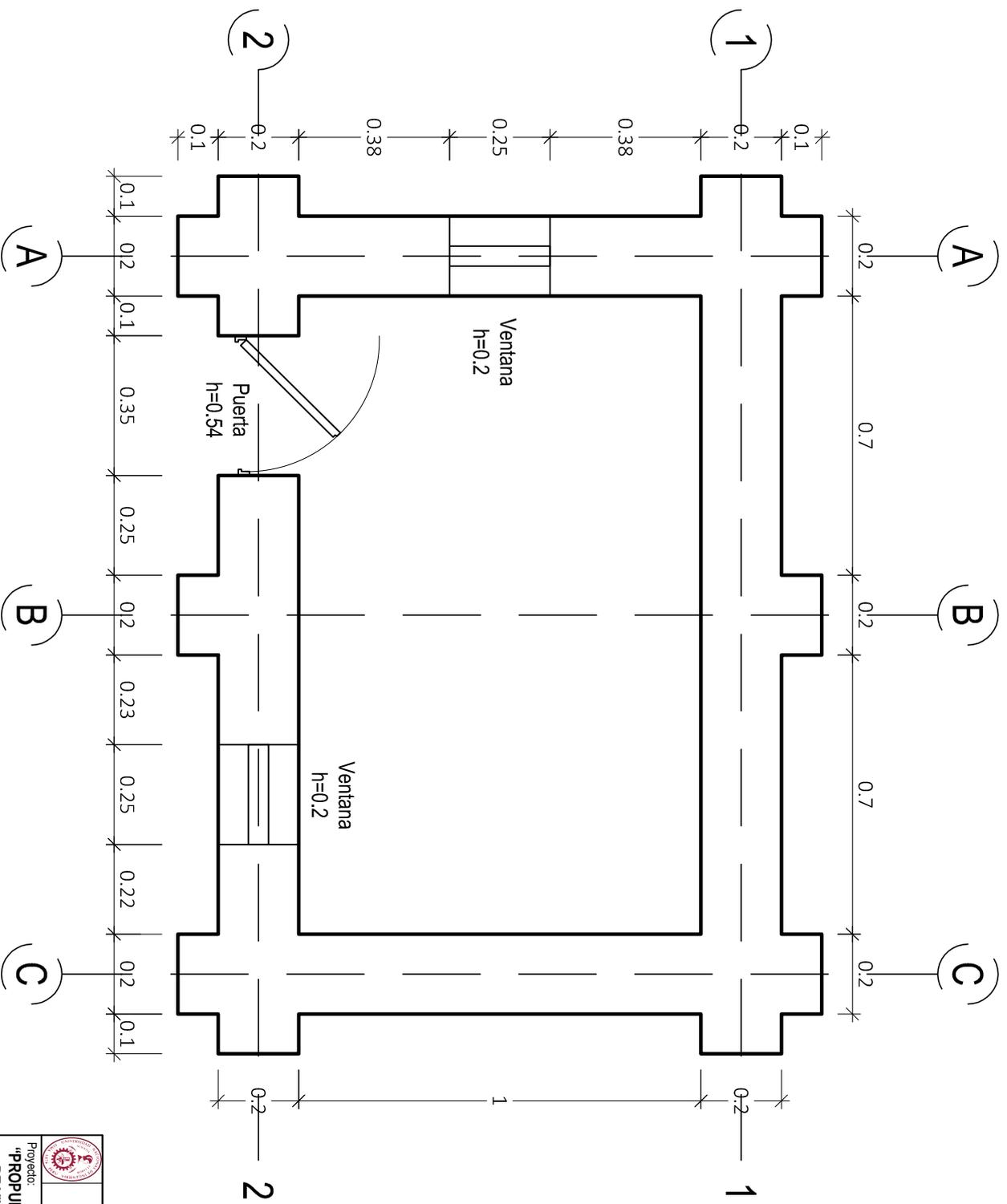
ANEXO 4.1. Plano Vista en Planta A-01.

ANEXO 4.2. Plano Vista en Elevación A-02.

ANEXO 4.3. Plano de Detalle Constructivo de Cimiento y Muro C-01.

ANEXO 4.4. Plano de Detalle Constructivo de Soporte madera C-02.

Fuente: (Macavilca Rojas, y otros, 2018)

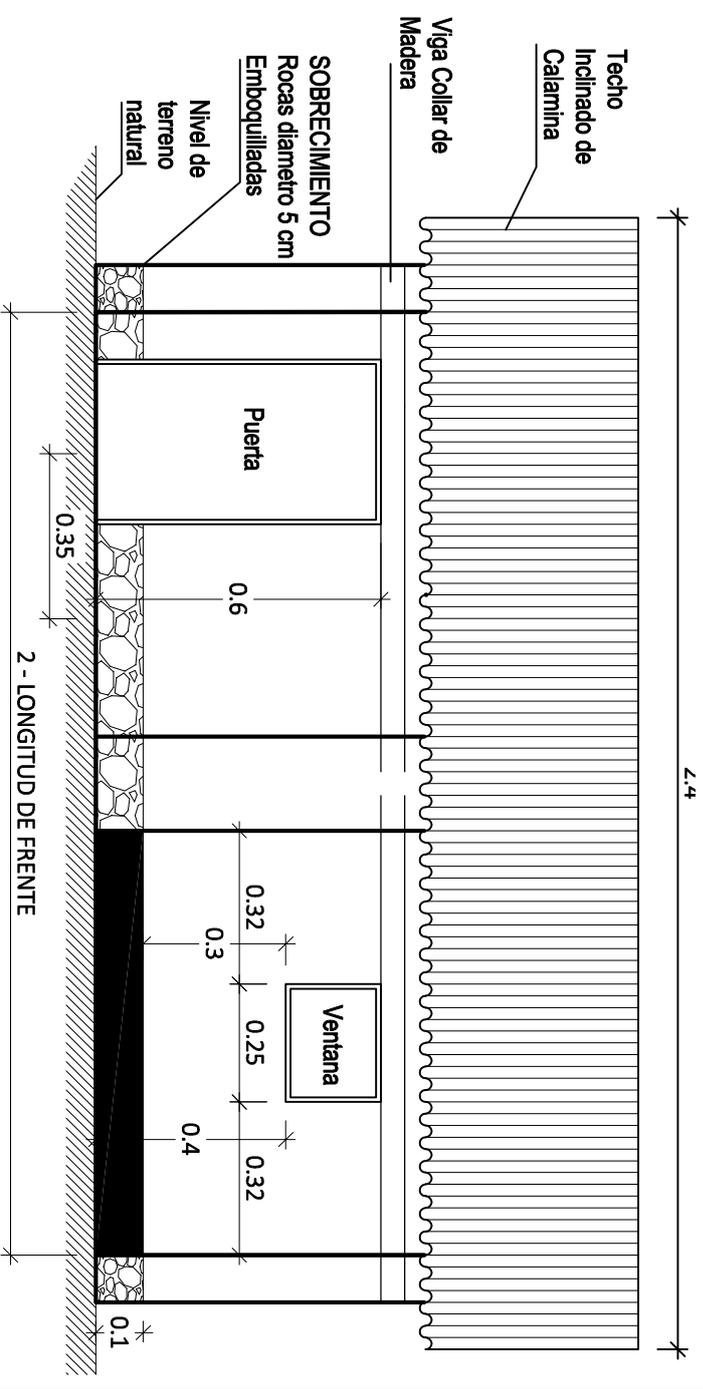


**VISTA PLANTA**  
**ESCALA 1:100**

|  |  |   |  |   |                        |
|--|--|---|--|---|------------------------|
|   |  | <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b><br>Facultad de Ingeniería Civil<br>Instituto de Investigación - IIFIC |  |  |                        |
| Proveedor:<br><b>"PROPUESTA DE TECHOS VERDES PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE VIVIENDAS RURALES ALTOANDINAS (Altitud &gt;3500 msnm)"</b> |  |   |  |   |                        |
| Plano de:<br><b>VISTA EN PLANTA</b>  |  |   |  |   |                        |
| Ubicación:<br><b>Santa Barbara de Carhuacayán - Yauli, Junín</b>   |  |   |  |   |                        |
| Elaborado:<br><b>AJCS</b>  |  | Revisor:<br><b>Ing. Nadia M.</b>  |  | Fecha:<br><b>Agosto 2017</b>  |                        |
|  |  |   |  |   | Lámina:<br><b>A-01</b> |

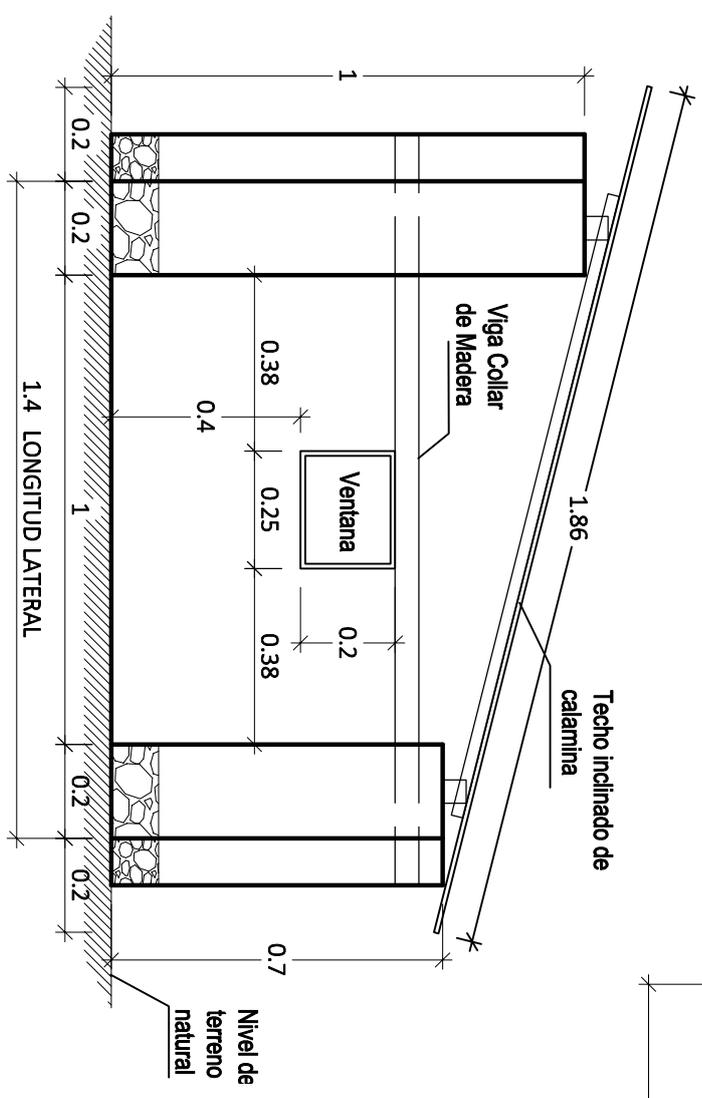
**NOTA:**

- Las dimensiones finales de la vivienda, ancho, largo y espesor de muro será comunicado con el responsable encargado para la fabricación en Lima de Viga Collar de madera pueda llevarse a obra y se instale en su ubicación final.
- Se realizará una control de nivel de los muros antes de instalar las Vigas Collar en las viviendas (4). Es importante que esté horizontal.
- La altura de las ventanas puede modificarse ligeramente de acuerdo a la altura de hileras de adobe.
- La altura final de la puerta también se modificará de la misma manera.
- Se debe comunicar las dimensiones finales de ventana y puerta para la fabricación de Puerta y Madera en taller de carpintería en Lima.



**VISTA FRONTAL**

ESCALA 1:75



**SECCIÓN TRANSVERSAL - EJE B**

ESCALA 1:75

|  |  |          |                           |
|--|--|----------|---------------------------|
|  <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA<br/>Facultad de Ingeniería Civil<br/>Instituto de Investigación - IIFC</p> |  |          |                           |
| <p>Proyecto: "PROPUESTA DE TECHOS VERDES PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE VIVIENDAS RURALES ALTOANDINAS (Altitud &gt;3500 msnm)"</p>   |  |          |                           |
| <p>Plano de: ELEVACION FRONTAL Y SECCIÓN LATERAL DE MODELO</p>   |  |          |                           |
| Ubicador:  | Santa Barbara de Carnhuacayán - Yauli, Junín |          | Lámina:                   |
| Elaborado:   | AUCS/JBLC                                    | Revisor: | Ing. Nadia M. Agosto 2017 |
|  |  |          | <b>A-01</b>               |

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

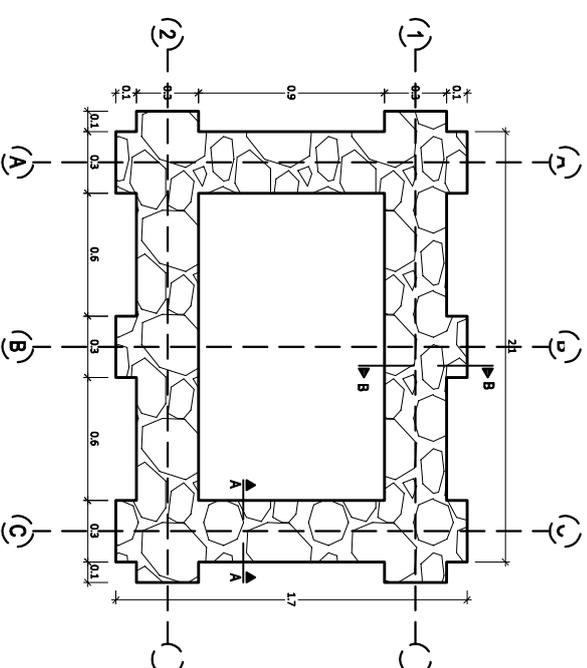
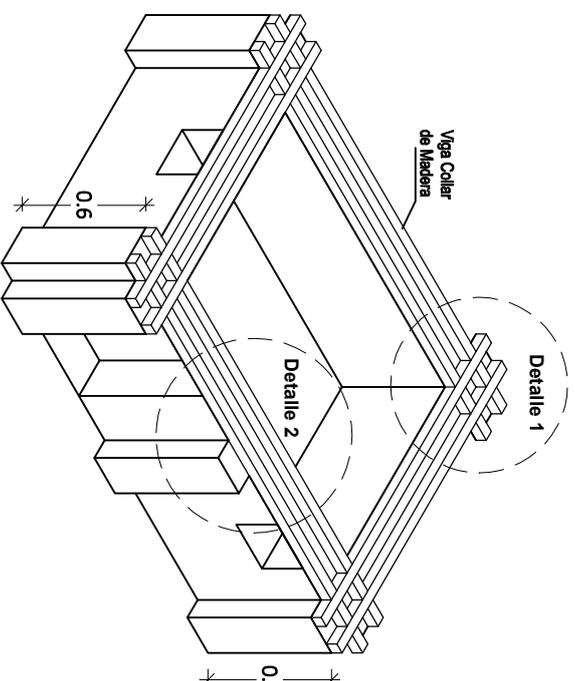
### ADOBE:

- Medidas de adobe 20cm (ancho) x 20 cm (largo) x 10 cm (alto).
- Altura de junta entre hileras = 1 cm.
- Ancho de junta entre ladrillos será de mínimo 1 cm.

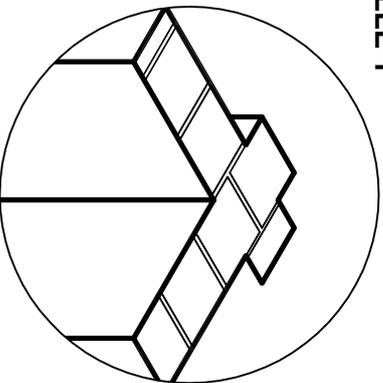
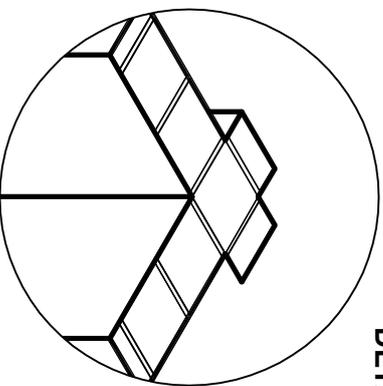
### CIMIENTO Y SOBRECIMIENTO:

- Cimiento Corrido de concreto ciclopeo con profundidad de 15 cm y ancho 30 cm. en muro típico y 40 cm. en cruces y Concreto 1:10 Cemento : Hormigón.
- Cimiento puede contener piedras de hasta tamaño 10 cm, el sobrecimiento será con piedras de 5 cm a 10 cm.
- El Sobrecimiento es una pira emboquilada con mortero.
- Mortero de sobrecimiento 1:8. Cemento : Hormigón.
- Encofrado y desencofrado: Se recomienda para el sobrecimiento, tablonces de 1 1/2" de espesor y clavos de 2", 3" y alambre.

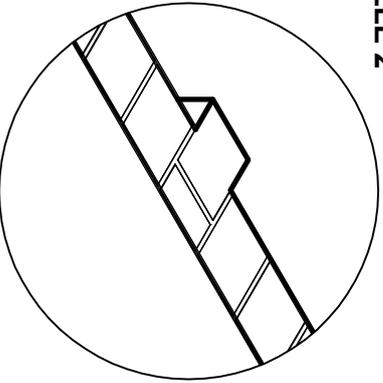
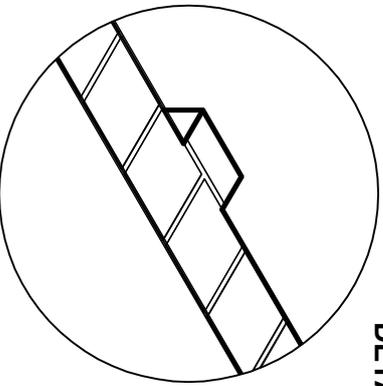
## DETALLES DE ENTRAMADO DE ADOBE



DETALLE 1



DETALLE 2



## MURO DE ADOBE HASTA VIGA COLLAR

### VISTA ISOMÉTRICA

NOTA: No se observa sobrecimiento

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE VIGA COLLAR

#### MADERA:

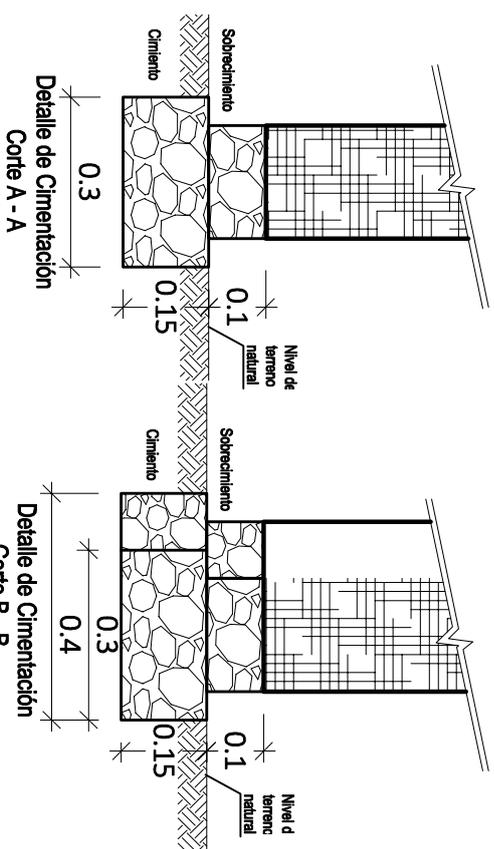
- Madera tipo A, Tornillo o similar.
- La madera será tratada para que no sufra daños por la humedad producido de la lluvia e interperie.

#### MORTERO DE BARRO:

- El espacio interno de la Viga Collar se llenará con barro, el mismo tipo utilizado en fabricación de adobe.

#### NOTA:

- Anotar en campo la cantidad de material utilizado en la fabricación de adobe: Paja/chu, suelo, arcilla, arena, agua, etc.
- Los DETALLES 1 y 2 deben ser intercalados entre hileras.
- La VIGA COLLAR de madera se habilitará en Lima y será llevada a obra para su instalación y termino de construcción de adobe de la vivienda.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
Facultad de Ingeniería Civil  
Instituto de Investigación - IIFIC



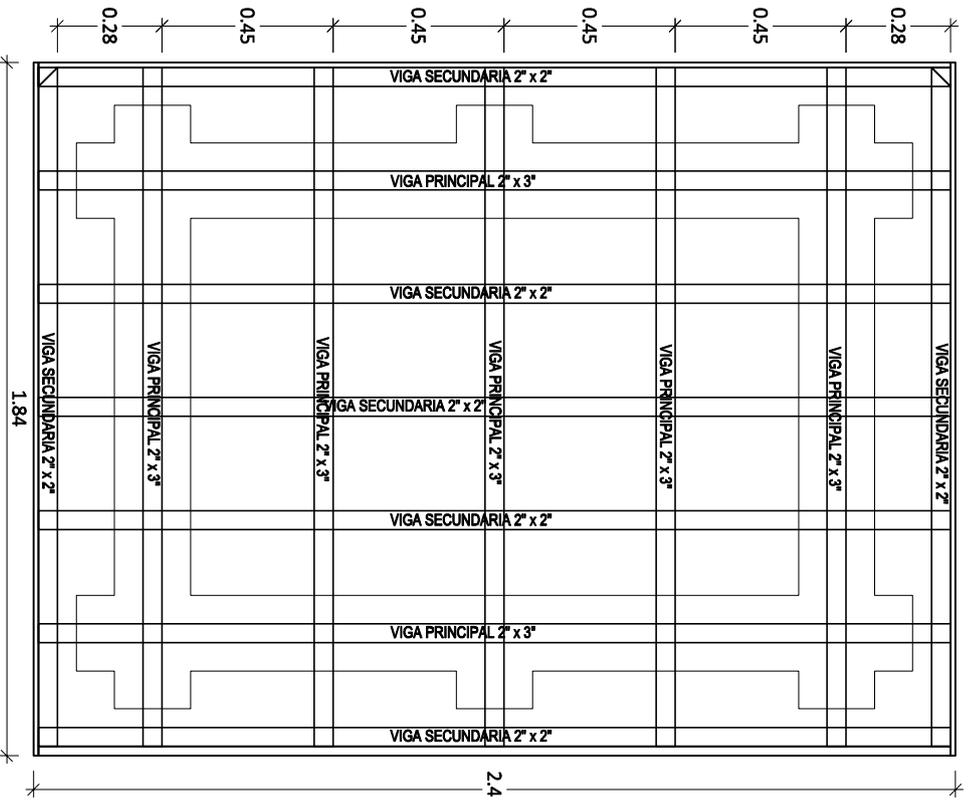
Proyecto: "PROPUESTA DE TECHOS VERDES PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE VIVIENDAS RURALES ALTOANDINAS (Altitud >3500 msnm)"

Plano de: DETALLES CONSTRUCTIVOS DE CIMIENTO Y MUROS

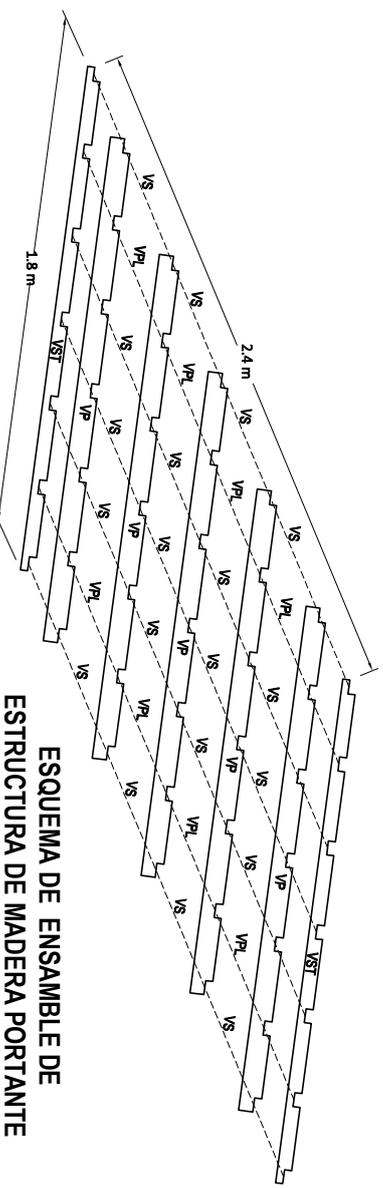
Ubicación: Santa Barbara de Carhuacayán - Yauli, Junín

Elaborado: AUCS/JBLC Revisión: Ing. Nadia M. Fecha: Agosto 2017

Lámina: C-0

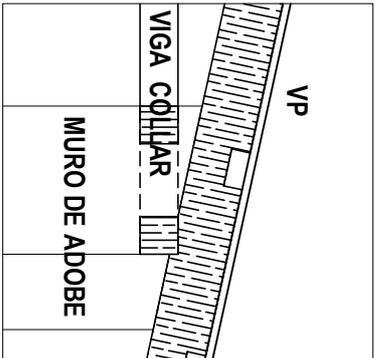


VISTA EN PLANTA DE ESTRUCTURA DE TECHO

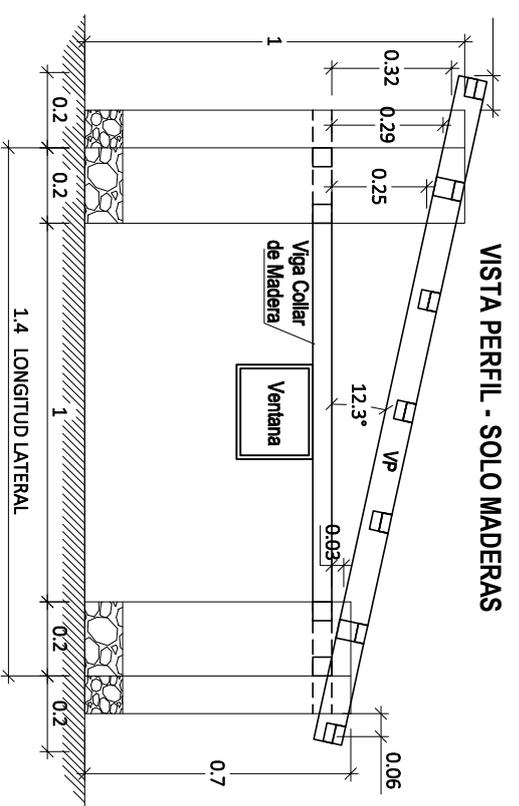


ESQUEMA DE ENSAMBLE DE ESTRUCTURA DE MADERA PORTANTE

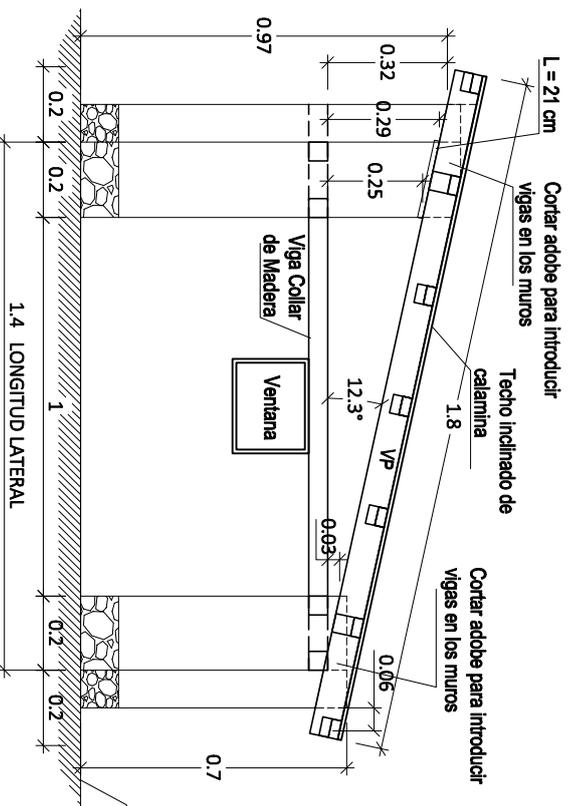
NOTA:  
 - Estructura de madera cachimbo (Tipo A) habilitada en taller.  
 - La madera no ha recibido ningún tipo de recubrimiento antes de llevarla a obra.  
 - Todas las uniones serán mediante clavos, cola y tarugos..



DETALLE DE APOYO DE VIGA PRINCIPAL EN VIGAS COLLAR



VISTA PERFIL - SOLO MADERAS



VISTA PERFIL - ESTRUCTURA FINAL

Tubo Ø1/2" L = 21 cm

3 UND

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 Facultad de Ingeniería Civil  
 Instituto de Investigación - IIFIC

Proyecto:  
 "PROPUESTA DE TECHOS VERDES PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE VIVIENDAS RURALES ALTOANDINAS (Altitud >3500 msnm)"  
 Plano de  
 DETALLES CONSTRUCTIVOS DE ESTRUCTURA PORTANTE DE MADERA  
 Ubicacion:  
 Santa Barbara de Carhuacayán - Yauli, Junín  
 Elaborador:  
 AUCS/IBLC  
 Revisor:  
 Ing. Nadia M.  
 Fecha:  
 Noviembre 2017  
 Usmm:  
 C-02