



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“MEJORA DE LAS VARIABLES BIOCLIMÁTICAS Y REDUCCIÓN DEL TIEMPO CONSTRUCTIVO DE LOS MUROS, APLICANDO EL SISTEMA BLOCKHOUSE CON MADERA PLÁSTICA EN LAS VIVIENDAS DE ZONAS RURALES ALTOANDINAS DEL PROYECTO SUMAQ WASI, PERÚ, 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Civil

Autora:

Bach. Martha Ponseca Rivera

Asesor:

Mg. Sc. Edwin Jhon Aquise Dueñas

Lima - Perú

2021

DEDICATORIA

A Dios:

Por todo lo que he logrado y lograre, por permitirme esta nueva meta y los que vendrán por darme salud, trabajo y amor, y sobre todo agradecer de llegar hasta mis objetivos, y tener presente a las personas que amo.

Mi Familia

A mis Padres: *A mi Padre Fidel Ponseca Quispe y mi Madre Alipia Rivera Vásquez, por darme la vida, y sobre todo el apoyo que día a día siempre me brindaron, gracias a ustedes me encuentro hoy acá, siendo profesional, y seguir creciendo profesionalmente.*

Mi Padre: *A mi padre, que desde el cielo me ve, a él le dedico todas estas palabras, aunque no puedo describir, todo lo que me dio, le agradezco tanto por estar siempre en mi lado, aunque en estos momentos no este de carne y huesos, pero está en mi corazón.*

Mi Madre: *A mi madre, que es una mujer que simplemente me hace llenar de orgullo, te amo y no va a haber manera de devolverte tanto que me has ofrecido desde que incluso no hubiera nacido, me apoyaste, ayudaste, en todo momento, sin ti, no hubiera hecho la tesis que estoy presentando.*

AGRADECIMIENTO

A Dios:

Porque cada día me brinda una oportunidad más de avanzar hacia mis objetivos, y me guíe siempre en el camino del bien y poder disfrutar mis logros.

A Mis Asesores, Directora de Carrera y Docentes:

Mi más sincero agradecimiento a mi alma mater Universidad Privada del Norte, a la Facultad de Ingeniería, a los docentes y técnicos, por el apoyo que han brindado a lo largo de mi carrera, por sus consejos y conocimientos transmitidos.

A mi asesor Ing. Edwin Jhon Aquise quien me ayudo a plantear mis ideas y seguir adelante con este proyecto, a él un agradecimiento enorme, gracias por todo.

También quiero expresar un agradecimiento especial a la Directora de Carrera, Dra. Fanny Valdivieso, al Profesor Fernando Sierra, quienes me han apoyado a organizar este trabajo que amablemente presento a la comunidad académica.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	16
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	22
RESUMEN.....	23
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	24
1.1 Realidad problemática	25
1.1.1 Justificación	28
1.1.2 Limitaciones	29
1.1.3 Antecedentes	30
1.1.3.1 Antecedentes internacionales	30
1.1.3.2 Antecedentes nacionales	39
1.1.4 Bases Teóricas	46
1.2. Formulación del problema	66
1.2.1. Problema general	66
1.2.2. Problemas específicos	66
1.3. Objetivos	67
1.3.1. Objetivo general	67
1.3.2. Objetivos específicos	67
1.4. Hipótesis	67
1.4.1. Hipótesis general	67
1.4.2. Hipótesis específicos	68
Matriz de consistencia	69
Operacionalización de variables	70
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	72
2.1. Tipo de investigación	72
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)	73
2.2.1 Población	73
2.2.2 Muestra	73
2.2.3. Unidad de estudio	73
2.2.4. Materiales	74
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección, confiabilidad y validez	75
2.3.1. Tecnicas de recoleccion de datos	75
2.3.2. Instrumentos de recoleccion de datos	75
2.3.3. Confiabilidad	76
2.3.4. Validez	77
2.3.5. Aspectos éticos	77

2.4. Procedimiento	79
CAPÍTULO III. RESULTADOS	81
3.1. Para el objetivo N° 1	83
3.1.1. Calculo	83
3.1.2. Resultados	159
3.2. Para el objetivo N° 2	164
3.2.1. Calculo	164
3.2.2. Resultados	165
3.3. Para el objetivo N° 3	170
3.3.1. Calculo	170
3.3.2. Resultados	187
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	189
REFERENCIAS.....	193
ANEXOS.....	198

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1. Déficit de viviendas rurales en la CAN. Elaboración propia. Dane (Colombia), PNVS (Ecuador), Escalera (Bolivia), PNVR (Perú).
- Tabla 2. Listado de actividades diagrama Gantt. Elaboración propia.
- Tabla 3. Ejemplo básico de confección de un diagrama de Gantt. Elaboración propia.
- Tabla 4. Diferencias entre PERT y CPM. Elaboration propia.
- Tabla 5. Validación de instrumentos de investigación. Elaboración propia.
- Tabla 6. Calculo experimental de la conductividad térmica de la madera plástica 300s. Elaboración propia.
- Tabla 7. Lista de composición de ventanas y contraventanas tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción y transmitancia térmica de los tipos de carpintería según la Norma EM.110. Elaboración propia.
- Tabla 8. Lista de composición de puerta exterior tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.
- Tabla 9. Lista de composición de muro N°1 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.
- Tabla 10. Lista de composición de muro N°2 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Tabla 11. Lista de composición de muro N°3 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.

Tabla 12. Lista de composición de muro N°4 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.

Tabla 13. Lista de composición de muro N°5 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.

Tabla 14. Lista de composición de muro N°6 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.

Tabla 15. Lista de composición de sobrecimiento N°1 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.

Tabla 16. Lista de composición de sobrecimiento N°2 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.

Tabla 17. Lista de composición de sobrecimiento N°3 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.

Tabla 18. Lista de composición de sobrecimiento N°4 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.

Tabla 19. Lista de composición de sobrecimiento N°5 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.

Tabla 20. Lista de composición de sobrecimiento N°6 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.

Tabla 21. Lista de composición de vestidura de derrame de ventana V-01 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.

Tabla 22. Lista de composición de vestidura de derrame de ventana V-02 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.

Tabla 23. Lista de composición de vestidura de derrame de puerta P-01 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.

Tabla 24. Transmitancia térmica del Envolvertes Tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico, Norma EM. 110. Elaboración propia.

Tabla 25. Lista de composición de ventana en techo tipo 3A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.

Tabla 26. Lista de composición de techo sin cámara de aire tipo 3A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración Propia.

Tabla 27. Lista de composición de viga de madera 3A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración Propia.

Tabla 28. Transmitancia térmica del Envoltentes Tipo 3A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico, Norma EM. 110. Elaboración Propia.

Tabla 29. Lista de composición de piso sin cámara de aire tipo 4A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración Propia.

Tabla 30. Lista de composición de piso con cámara de aire tipo 4A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración Propia.

Tabla 31. Transmitancia térmica del Envoltentes Tipo 4A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico, Norma EM. 110. Elaboración Propia

Tabla 32. Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m²k. Norma (EM. 110, 2014).

Tabla 33. Lista de composición de ventanas tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según lo ejecutan – características higrométricas de los materiales de construcción y transmitancia térmica de los tipos de carpintería según la Norma EM.110. Elaboración Propia

Tabla 34. Transmitancia térmica del Envoltentes Tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según lo ejecutan, Norma EM. 110. Elaboración Propia.

- Tabla 35. Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m²k. Norma (EM. 110, 2014).
- Tabla 36. Lista de composición de ventanas tipo 1A de madera plástica – características higrométricas de los materiales de construcción y transmitancia térmica de los tipos de carpintería según la Norma EM.110. Elaboración Propia.
- Tabla 37. Lista de composición de puerta exterior tipo 1A de madera plástica – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración Propia.
- Tabla 38. Lista de composición de muro N°1 tipo 1A de madera plástica – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración Propia.
- Tabla 39. Lista de composición de muro N°2 tipo 1A de madera plástica – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración Propia.
- Tabla 40. Lista de composición de muro N°3 tipo 1A de madera plástica – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración Propia.
- Tabla 41. Lista de composición de muro N°4 tipo 1A de madera plástica – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración Propia.
- Tabla 42. Lista de composición de muro N°5 tipo 1A de madera plástica – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración Propia.

- Tabla 43. Lista de composición de muro N°6 tipo 1A de madera plástica – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración Propia.
- Tabla 44. Lista de composición de sobrecimiento N°1 tipo 1A de madera plástica – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.
- Tabla 45. Lista de composición de sobrecimiento N°2 tipo 1A de madera plástica – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.
- Tabla 46. Lista de composición de sobrecimiento N°3 tipo 1A de madera plástica – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.
- Tabla 47. Lista de composición de sobrecimiento N°4 tipo 1A de madera plástica – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.
- Tabla 48. Lista de composición de sobrecimiento N°5 tipo 1A de madera plástica – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.
- Tabla 49. Lista de composición de sobrecimiento N°6 tipo 1A de madera plástica – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.
- Tabla 50. Transmitancia térmica del Envolvertes Tipo 1A de madera plástica, Norma EM. 110. Elaboración propia.

Tabla 51. Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m²k. Norma (EM. 110, 2014).

Tabla 52. Lista de composición de ventanas tipo 1A de madera plástica con aislante 1” – características higrométricas de los materiales de construcción y transmitancia térmica de los tipos de carpintería según la Norma EM.110. Elaboración propia.

Tabla 53. Lista de composición de puerta exterior tipo 1A de madera plástica con aislante 1” – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.

Tabla 54. Lista de composición de muro N°1 tipo 1A de madera plástica con aislante 1” – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.

Tabla 55. Lista de composición de muro N°2 tipo 1A de madera plástica con aislante 1” – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.

Tabla 56. Lista de composición de muro N°3 tipo 1A de madera plástica con aislante 1” – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.

Tabla 57. Lista de composición de muro N°4 tipo 1A de madera plástica con aislante 1” – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.

Tabla 58. Lista de composición de muro N°5 tipo 1A de madera plástica con aislante 1” – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.

- Tabla 59. Lista de composición de muro N°6 tipo 1A de madera plástica con aislante 1” – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.
- Tabla 60. Transmitancia térmica del Envolvertes Tipo 1A de madera plástica con aislante de 1”, Norma EM. 110. Elaboración propia.
- Tabla 61. Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m²k. Norma (EM. 110, 2014).
- Tabla 62. Lista de composición de ventanas tipo 1A de madera plástica con aislante 2” – características higrométricas de los materiales de construcción y transmitancia térmica de los tipos de carpintería según la Norma EM.110. Elaboración propia.
- Tabla 63. Lista de composición de puerta exterior tipo 1A de madera plástica con aislante 2” – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.
- Tabla 64. Lista de composición de muro N°1 tipo 1A de madera plástica con aislante 2” – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.
- Tabla 65. Lista de composición de muro N°2 tipo 1A de madera plástica con aislante 2” – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.
- Tabla 66. Lista de composición de muro N°3 tipo 1A de madera plástica con aislante 2” – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.

- Tabla 67. Lista de composición de muro N°4 tipo 1A de madera plástica con aislante 2” – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.
- Tabla 68. Lista de composición de muro N°5 tipo 1A de madera plástica con aislante 2” – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.
- Tabla 69. Lista de composición de muro N°6 tipo 1A de madera plástica con aislante 2” – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110. Elaboración propia.
- Tabla 70. Transmitancia térmica del Envolvertes Tipo 1A de madera plástica con aislante de 2”, Norma EM. 110. Elaboración propia.
- Tabla 71. Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m²k. Norma (EM. 110, 2014).
- Tabla 72. Cuadro comparativo de resultados de vivienda de adobe (Sumaq Wasi). Elaboración propia.
- Tabla 73. Cuadro comparativo de resultados de vivienda de madera plástica (Sumaq Wasi). Elaboración propia.
- Tabla 74. Cuadro comparativo de resultados de todas las viviendas estudiadas (Sumaq Wasi). Elaboración propia.
- Tabla 75. Resumen de Porcentajes de Absorción de Adobe. Elaboración propia.
- Tabla 76. Resumen de Porcentajes de Absorción de Madera Plástica. Elaboración propia.
- Tabla 77. Rendimiento y duración de cada actividad – Muro de adobe. Elaboración propia.

Tabla 78. CPM – Muro de Adobe. Elaboración propia.

Tabla 79. PERT – Muro de Adobe. Elaboración propia.

Tabla 80. Rendimiento y duración de cada actividad – Muro de madera plástica con el sistema Blockhouse. Elaboración propia.

Tabla 81. CPM – Muro de madera plástica con el sistema Blockhouse. Elaboración propia.

Tabla 82. PERT – Muro de Madera plástica con el sistema Blockhouse. Elaboración propia.

Tabla 83. Rendimiento y duración de cada actividad – Muro de madera plástica con poliestireno expandido como aislante térmico y con el sistema Blockhouse. Elaboración propia.

Tabla 84. CPM – Muro de madera plástica con poliestireno expandido como aislante térmico y con el sistema Blockhouse. Elaboración propia.

Tabla 85. PERT – Muro de Madera plástica con poliestireno expandido como aislante térmico y con el sistema Blockhouse. Elaboración propia.

Tabla 86. Cuadro de resultados de cada construcción de muro estudiado. Elaboración propia.

Tabla 87. Descripción de materiales para los muros de adobe. Elaboración propia.

Tabla 88. Descripción de materiales para los muros de madera plástica. Elaboración propia.

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. GIFEX. (2020). Mapa de la Comunidad Andina de Naciones. Recuperado de <https://n9.cl/q5jqw>.
- Figura 2. Acero, N. (2016). Técnicas constructivas en diversas zonas rurales del Perú. Tesis de lic. “Evaluación y diseño de vivienda rural bioclimática en la comunidad campesina de Ccopachullpa del distrito de Ilave.”. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Figura 3. Consideraciones bioclimáticas, sociales y tecnológicas del PNRV (2020). [Elaboración propia]. Recuperado de <https://n9.cl/n29uj>.
- Figura 4. Plano en planta de vivienda del proyecto Sumaq Wasi. Programa nacional de vivienda rural PNVR. Recuperado de <https://n9.cl/n29uj>.
- Figura 5. Tipo 1: Envolventes con el ambiente exterior. Norma EM. 110 Confort térmico y lumínico con eficiencia energética.
- Figura 6. Tipo 2: Envolventes con otros edificios o ambientes no habitables. Norma EM. 110 Confort térmico y lumínico con eficiencia energética.
- Figura 7. Tipo 3: Envolventes de techo o cubierta. Norma EM. 110 Confort térmico y lumínico con eficiencia energética.
- Figura 8. Tipo 4: Envolventes de separación con el terreno. Norma EM. 110 Confort térmico y lumínico con eficiencia energética.
- Figura 9. Valores límites máximos de la transmitancia térmica, según zona bioclimática. Norma EM. 110 Confort térmico y lumínico con eficiencia energética.
- Figura 10. Experimento de Fourier para la conductividad térmica. [Elaboración propia].

Figura 11. Asentamiento de las piezas según construcción Blockhouse tradicional. (2020).

Grupo tene. Recuperado de <https://n9.cl/14lo>.

Figura 12. Asentamiento de las piezas según construcción Blockhouse moderna con mayor estabilidad. (2020). Grupo tene. Recuperado de <https://n9.cl/14lo>.

Figura 13. Ejemplo de Método de la ruta crítica, ejemplo gráfico. [Elaboración propia].

Figura 14. Procedimiento de la investigación. [Elaboración propia].

Figura 15. Planos de los muros de la vivienda de adobe del proyecto Sumaq Wasi en AutoCAD (.dwg). [Elaboración propia].

Figura 16. Planos de los muros de la vivienda de madera plástica con el sistema Blockhouse y muros de poliestireno expandido como aislante térmico, orientado del proyecto Sumaq Wasi en AutoCAD (.dwg). [Elaboración propia].

Figura 17. Envoltente tipo 1A (muros) - vivienda de adobe según el expediente técnico de Sumaq Wasi. [Elaboración propia].

Figura 18. Envoltente tipo 3A (techo) – vivienda de adobe según el expediente técnico de Sumaq Wasi. [Elaboración propia]

Figura 19. Envoltente tipo 4A (piso) – vivienda de adobe según el expediente técnico de Sumaq Wasi. [Elaboración propia]

Figura 20. Envoltente tipo 1A – vivienda de madera plástica. [Elaboración propia].

Figura 21. Cuadro comparativo de transmitancia térmicas máximas Vs resultado – Muros de adobe. [Elaboración propia].

Figura 22. Cuadro comparativo de transmitancia térmicas máximas Vs resultados – Muro de madera plástica. [Elaboración propia].

Figura 23. Cuadro comparativo de transmitancia térmicas máximas Vs resultados –

Viviendas en total. [Elaboración propia].

Figura 24. Adobes seleccionados, sometido a la prueba de absorción y finalmente pesados.

[Elaboración propia].

Figura 25. Maderas plásticas seleccionadas, sometido a la prueba de absorción y

finalmente pesados. [Elaboración propia].

Figura 26. Estado final de los adobes tras concluida la prueba de absorción. [Elaboración

propia].

Figura 27. Estado final de madera plástica tras concluida la prueba de absorción.

[Elaboración propia].

Figura 28. Cuadro comparativo de Porcentaje de Absorción Promedio de Adobe y Madera

plástica. [Elaboración propia].

Figura 29. Observacion de inundación de muro de adobe con tarrajeo. [Elaboración

propia].

Figura 30. Muro de madera plástica con el sistema Blockhouse + SIKAFLEX®-11 FC+,

en observación ante una inundación. [Elaboración propia].

Figura 31. Determinacion de la ruta critica – Muro de Adobe. [Elaboración propia].

Figura 32. Probabilidad de ocurrencia de un evento o suceso con el parámetro Z.

J. Carbonel. Pg. 71. 1989. Tomado de “Programacion y control de Proyectos, una guía para la gerencia”, Auspiciado por CONCYTEC.

Figura 33. Distribucion normal (tabla estadística). Departamento de estadísticos.

Universidad Carlos III de Madrid.

Figura 34. Determinacion de la ruta critica – Muro de Madera plástica con el sistema Blockhouse. [Elaboración propia].

Figura 35. Probabilidad de ocurrencia de un evento o suceso con el parámetro Z.
J. Carbonel. Pg. 71. 1989. Tomado de “Programacion y control de Proyectos, una guía para la gerencia”, Auspiciado por CONCYTEC.

Figura 36. Distribucion normal (tabla estadística). Departamento de estadísticos.
Universidad Carlos III de Madrid.

Figura 37. Determinacion de la ruta critica – Muro de Madera plástica con poliestireno expandido como aislante térmico y con el sistema Blockhouse. [Elaboración propia].

Figura 38. Probabilidad de ocurrencia de un evento o suceso con el parámetro Z.
J. Carbonel. Pg. 71. 1989. Tomado de “Programacion y control de Proyectos, una guía para la gerencia”, Auspiciado por CONCYTEC.

Figura 39. Distribucion normal (tabla estadística). Departamento de estadísticos.
Universidad Carlos III de Madrid.

Figura 40. Muros construidos. [Elaboración propia].

Figura 41. Planos de muros de la vivienda de adobe de Sumaq Wasi. [Elaboración propia].

Figura 42. Planos de muros de la vivienda de madera plástica con sistema Blockhouse de Sumaq Wasi. [Elaboración propia].

Figura 43. Planos de muros de la vivienda de madera plástica con poliestireno expandido como aislante térmico y con el sistema Blockhouse. [Elaboración propia].

Figura 44. Plano en planta de muros de vivienda de adobe. [Elaboración propia].

Figura 45. Corte de cimentación y sobrecimiento. [Elaboración propia].

Figura 46. Dimensiones del adobe a utilizar para los muros. Expediente técnico del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2020).

Figura 47. Planos en planta de muros de la vivienda de madera plástica con el sistema Blockhouse. [Elaboración propia].

Figura 48. Materiales para la unión de muro y sobrecimiento. [Elaboración propia].

Figura 49. Perfil y empalme de la madera plástica con el sistema Blockhouse. [Elaboración propia].

Figura 50. Empalme de la madera plástica con el sistema Blockhouse. [Elaboración propia].

Figura 51. Encaje de ventanas y puertas. [Elaboración propia].

Figura 52. Fijación de techo inclinado con perno. [Elaboración propia].

Figura 53. Configuración de la pared de madera plástica. [Elaboración propia].

Figura 54. Diseño de rastreles. [Elaboración propia].

Figura 55. Expediente técnico de viviendas de Sumaq Wasi. Brindado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2020).

Figura 56. Sobrecimiento de 0.30 m de altura para el muro de madera plástica. [Elaboración propia].

Figura 57. Empezando los muros de adobe con refuerzo de caña. [Elaboración propia].

Figura 58. Muro de adobe terminado. [Elaboración propia].

Figura 59. Muro de adobe terminado con base para la filtración. [Elaboración propia].

Figura 60. Piezas de madera plástica machimbrada, con encaje. [Elaboración propia].

Figura 61. Unión de madera plástica con sobrecimiento, perno de anclaje y tornillo. [Elaboración propia].

Figura 62. Union de madera plástica con sobrecimiento, atornillando (perno de anclaje y tornillo). [Elaboración propia].

Figura 63. Aplicando sellante SIKAFEX en las ranuras. [Elaboración propia].

Figura 64. SIKAFLEX en las ranuras. [Elaboración propia].

Figura 65. Aplicaciones. [Elaboración propia].

Figura 66. Muro terminado, intersección. [Elaboración propia].

Figura 67. Muros terminados de 1.5 m de altura, y base para la filtración. [Elaboración propia].

Figura 68. Muro con poliestireno expandido de 2" y drywall. [Elaboración propia].

Figura 69. Muro terminado con poliestireno expandido. [Elaboración propia].

ÍNDICE DE ECUACIONES

1. Formula de transmitancia térmica de muro sin cámara.
2. Formula de transmitancia térmica de sobrecimiento.
3. Formula de transmitancia térmica de vestidura de derrame.
4. Formula de transmitancia térmica total.
5. Formula de conductividad térmica.
6. Formula de porcentaje de absorción.

RESUMEN

El Proyecto Sumaq Wasi es un plan de mejoramiento de la calidad de vida de los peruanos ubicados en zonas rurales alejadas o de aquellos que se encuentran en situación de catástrofe o extrema pobreza. Consiste en construir viviendas unifamiliares de 33 m², las cuales deben cumplir requisitos técnicos, pero también sociales y comunitarios. Sin embargo, en las zonas altoandinas, las viviendas de adobe reforzadas con caña resultan ser de un nivel de complejidad alto en el proceso de transferencia tecnológica de la población intervenida, siendo este un factor condicionante a la realización del proyecto. Por otro lado, estudios señalan que el adobe es un material frágil en contacto con el agua, lo que reduce la vida útil de la vivienda. Finalmente, el ritmo de construcción de las unidades de vivienda es lento con respecto al aumento anual del número de familias que las requieren, lo que resulta ser un problema complejo de resolver por la naturaleza de las zonas en donde reside la población intervenida y los materiales recomendados para la construcción de viviendas. En la presente tesis, a partir de las consideraciones básicas del proyecto Sumaq Wasi, se recurre a materiales nuevos y se exploran sistemas constructivos innovadores para desarrollar una propuesta de construcción de paredes que mejoren la climatización y reduzca el tiempo en la construcción de las viviendas de dicho proyecto.

Palabras clave: Transmitancia térmica, Variable bioclimática, Sumaq Wasi, vivienda rural altoandina, madera plástica, sistema Blockhouse.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo está basado en la motivación personal de proponer alternativas al evidente déficit de viviendas rurales, cuyo ritmo de implementación, significativamente lento, ha traído como consecuencia que, a pesar de que se han invertido grandes sumas de dinero por parte del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento para llevarlo a término, no logra tener el impacto deseado por el retraso en la construcción de las viviendas con respecto al crecimiento de la población intervenida.

Por tal razón, en la presente tesis, basándonos en los antecedentes del proyecto Sumaq Wasi y en los fundamentos técnicos, sociales y ambientales, se propondrá un diseño para las paredes de las viviendas del proyecto para zonas altoandinas, aplicando el sistema constructivo Blockhouse con madera plástica, y se determinará la transmitancia térmica y la reducción de tiempo de construcción de dichas paredes. Los resultados se contrastarán con los mismos valores correspondientes a las paredes de adobe de dicho proyecto, para finalmente concluir sobre las ventajas de la aplicación de ambas innovaciones para el Proyecto Sumaq Wasi.

La tesis se divide en los siguientes capítulos: Introducción, Metodología, Resultados, Discusión y Conclusiones.

1.1. Realidad problemática

En el mundo no existe un lugar como la región andina. Por ello, se afirma que “la auténtica singularidad de la cordillera está determinada por la presencia humana que en ninguna otra región montañosa del mundo es tan importante a estas altitudes. Esta ocupación humana se refleja en la presencia de tres capitales –Bogotá, Quito y La Paz– en el corazón Andino; y, además, se extiende a lo largo de la cordillera una proporción muy elevada de la población en Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia (Cunill, 1978).

Un problema común entre los países de la región andina es el déficit de viviendas en sus zonas rurales. Este déficit se calcula en 1 334 691 viviendas en Colombia (DANE, 2018); 342 000 viviendas en Ecuador (PNVS, 2020); y 400 000 viviendas en Bolivia (Escalera, 2016). Por su parte, el Perú posee un déficit de 291 500 viviendas (PNVR, 2019).

Tabla 1

Déficit de viviendas rurales en la CAN. Elaboración propia.

País	Déficit de viviendas rurales
Bolivia	400 000
Colombia	1 334 691
Ecuador	342 000
Perú	291 500

Fuente: Dane (Colombia), PNVS (Ecuador), Escalera (Bolivia), PNVR (Perú)

Para superar el grave problema de la vivienda en estas zonas, la Comunidad Andina de Naciones (CAN), a través de la Carta Social Andina, estableció, refiriéndose a la vivienda, que “los países miembros impulsarán programas que posibiliten el acceso a una vivienda digna, integral, de interés social y prioritaria en las zonas rurales” (CSA, 2012).

Figura 1

Países de la Comunidad Andina y sus altitudes.

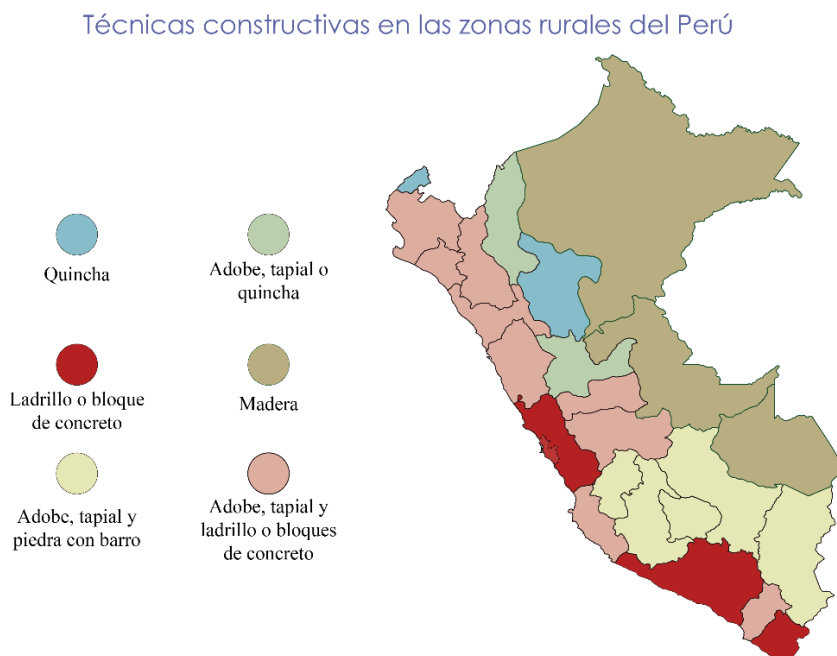


Fuente: Gifex, 2020.

En el caso del Perú, “en las zonas altoandinas (3500 msnm-5000 msnm) gran parte de la población vive en asentamientos rurales dispersos, caracterizados por la falta de servicios básicos y de infraestructura vial, generalmente en condiciones de pobreza y pobreza extrema” (Rodríguez-Larraín, 2017). Por tal motivo, los diversos proyectos de vivienda para este grupo social han estado dirigidos en el sentido del uso de materiales de la zona, principalmente adobe. Al respecto, se señala que “el uso de los materiales, sistemas y técnicas tradicionales de construcción en las edificaciones se han caracterizado por estar relacionado con los recursos naturales locales, que resultan económicos para la edificación de las viviendas. Se utiliza piedra para cimentación, barro como adobe y/o tapial, caña, ladrillo, madera, y caña con barro (como quincha), entre otros, para los muros, con diferentes combinaciones y técnicas de amarre entre ellos” (Montoro, 2007).

Figura 2

Técnicas constructivas en diversas zonas rurales del Perú (Acero, 2016).



Fuente: Acero, 2016. Tesis de Lic. “Evaluación y diseño de vivienda rural bioclimática en la comunidad campesina de Ccopachullpa del distrito de Ilave.”. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.

Otro aspecto que se tiene en cuenta es el confort térmico. Al tratarse de lugares que alcanzan muy bajas temperaturas, el diseño de los proyectos de vivienda se ha caracterizado por preferir los “sistemas pasivos de climatización y aislamiento térmico en las paredes, techos, ventanas, puerta y pisos, para reducir las pérdidas de calor” (Acero, 2016).

El Programa Nacional de Vivienda, a través del proyecto *Sumaq Wasi*, promueve en las zonas altoandinas la construcción de viviendas con muros de adobe reforzado con caña brava, con una ventana cenital para la captación de energía térmica. Sin embargo, en investigaciones sobre el efecto del agua en el adobe estándar se concluyó que “los ensayos demostraron la alta vulnerabilidad de los adobes convencionales ante la acción erosiva del agua, registrándose un tiempo estimado de colapso de la estructura de 20 minutos, con un tipo de falla frágil. Obviamente el

tiempo señalado dependerá del grosor y de la consistencia del adobe. Por lo tanto, se recomienda evitar el uso del adobe convencional en zonas donde la probabilidad de ocurrencia de inundaciones sea elevada” (Cabrera, 2010).

Frente a la problemática planteada, surge la necesidad de sustituir el sistema constructivo basado en el uso del adobe reforzado con caña por otro más eficaz en la construcción de los muros de las viviendas altoandinas del proyecto Sumaq Wasi, utilizando, además, materiales constructivos alternativos al adobe, con el fin de plantear nuevos materiales innovadores, mejorar el confort térmico de dichas viviendas, y aumentar el ritmo de construcción de viviendas rurales.

1.1.1 Justificación

Las justificaciones de esta investigación están basadas en los siguientes aspectos.

a. Justificación técnica

Desde el punto de vista técnico, la presente tesis aporta a la resolución del problema actual del proyecto Sumaq Wasi que consiste en la necesidad de incrementar la oferta de viviendas en las zonas rurales altoandinas, disminuyendo el tiempo de construcción de las unidades de vivienda, posibilitando acortar la brecha de demanda de la población intervenida, respetando las normas técnicas del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

b. Justificación social

Desde el punto de vista social, la presente tesis aporta al mejoramiento de los planes nacionales del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, el Plan Nacional de la Superación de la Pobreza, el Plan Nacional de Competitividad, el Marco Macroeconómico Multianual, la Carta de Política Social, el Acuerdo Nacional, las Metas de Desarrollo del Milenio y la Carta Social de la Comunidad Andina de

Naciones, que apuntan a superar la pobreza mediante la búsqueda del desarrollo humano de la población; mejorando las condiciones de vida de los habitantes; y estimulando la producción de soluciones habitacionales de calidad para el medio rural y la población que ha sufrido emergencias por desastres naturales o climatológicos del país.

c. Justificación ambiental

Desde el punto de vista ambiental, la presente tesis se basa en una estrategia de reciclaje de material plástico con fines de transformación a materiales constructivos útiles, cuyo tiempo de vida es largo comparado con el adobe, manteniendo durante su vida útil todas sus características y propiedades. Esto impactará positivamente en dos aspectos claves: la tala de bosques con fines de vivienda y la recuperación de material útil que en la actualidad es considerado “basura”.

Por otro lado, al ser viviendas antisísmicas, y no pudiendo ser atacadas por polillas u hongos, harán posible que se produzca menos desechos generados por los escombros de las viviendas.

1.1.2 Limitaciones

Las limitaciones de la presente tesis están relacionadas con los siguientes aspectos:

1. La madera plástica industrial requerida para la producción de las viviendas rurales unifamiliares a gran escala está limitada por las medidas con que se producen en la actualidad, debido a que no existe demanda. La producción de los materiales requeridos en la presente tesis está supeditada a una demanda sostenida, ya que el proceso de producción de madera plástica por extrusión se lleva a cabo en moldes preestablecidos. Sin embargo, las empresas que producen este material sí están en la capacidad de sacar al mercado unidades con las medidas requeridas.

2. Por motivos de la pandemia es imposible acceder a los laboratorios de universidades que cuentan con los recursos experimentales necesarios, por lo que nos hemos visto en la necesidad de diseñar todo de acuerdo con lo disponible en el estado de emergencia.

1.1.3 ANTECEDENTES

1.1.3.1 Antecedentes Internacionales

El trabajo de investigación **“Thermal Comfort to Wood Housing in Brazilian Southeast”**, el cual fue expuesto en la **10 Conferencia del Clima**, tuvo como objetivo en hacer la concepción de una vivienda de madera sostenible que propicie la energía térmica y que tenga comodidad para sus usuarios, ofreciéndoles un espacio propio funcionamiento de la Asociación de Estudiantes y la empresa Junior, en el campus experimental de UNESP (Universidade Estadual Paulista) / Itapeva, con una muestra de un conjunto de casas de madera del pueblo Itapeva, Brasil. La metodología define enfoque cualitativo y cuantitativo, alcance descriptivo y diseño no experimental.

Los autores, al evaluar el confort térmico de las viviendas construidas con el método de troncos, concluyeron que, de acuerdo con las técnicas de medición propuestas, los resultados sobre confort térmico fueron satisfactorios en invierno debido a la ganancia proporcionada por la tasa global de calor del espacio.

Este artículo es importante, porque nos habla de que las casas construidas con el método de troncos pueden alcanzar excelentes estándares de confort térmico, especialmente en periodos de frío.

Tobias Schauerte (2019), en su informe **Wooden house construction in Scandinavia – a model for Europe**, presentado en el **10 Internacionales Holzbau**

Forum, se presentan los resultados de una investigación que tuvo como objetivo describir las áreas del sector construcción de casas de madera en Escandinavia, que pueden convertirse en referente para otros lugares de Europa, con una muestra de los resultados de la venta de las casas de madera de los últimos 5 años. La metodología define enfoque cualitativo, alcance descriptivo y diseño no experimental.

El autor hizo un análisis del desarrollo del mercado inmobiliario de viviendas prefabricadas de madera en Escandinavia, región en la que se aplica intensamente el método de troncos como técnica constructiva, concluye, entre otras cosas, que un aspecto que es referente poderos para otros países de Europa es el hecho de que la construcción en madera es una forma de construcción culturalmente aceptada. La prefabricación se considera y acepta como un método de producción de alta calidad y menos costoso.

Este informe, es relevante porque hizo un estudio en Escandinavia, que implementan casa de madera utilizada con el sistema Blockhouse, que se está ampliando el mercado para casas de madera de varios pisos, ya que se puede decir que la construcción de casas de madera tiene una tradición larga y bien encaminada para Escandinavia y otras partes de Europa, por lo que puede ser implementada en países que carecen de esta tradición como los de Latinoamérica.

López S. (2015) en el artículo “**El milagro de las casas de madera: ahorrar 90 % en gastos y energías**”, publicado en el **diario El País de España**, el experto en construcción invitado señaló lo siguiente: Estas viviendas se pueden transportar, montar y desmontar, cambiar de posición o ubicación (siempre que no estén fijadas al suelo). Entre sus ventajas están el precio (hasta un 35% más barato respecto a la

edificación a pie de obra), y los tiempos (son una tercera o cuarta parte que los de la obra tradicional). Pero también la eficiencia (nueve horas de un operario de fábrica por 30 de un trabajador en una obra por metro de unifamiliar), y la energía (consume seis veces menos energía que en la convencional), con una muestra de una casa de madera modelo. La metodología aplicada es indagatoria, alcance descriptivo y diseño no experimental.

Sandra López, resalta que las viviendas con estructura de madera, son menos costosas y pueden ser prefabricadas, y resultan ser versátil.

Este testimonio periodístico de la actualidad es muy importante porque reafirma las características que hacen de esta técnica constructiva tan estimada: El proceso constructivo estándar se caracteriza por ser muy eficiente y rápido.

Otro de los aspectos más resaltantes del método de construcción con troncos es su sismorresistencia. Esto se debe a la ligereza del material y al potencial de adaptación al movimiento sísmico. **Armand (1948)**, en su artículo **“The Central Alaska earthquake swarm of October 1947”** tuvo como objetivo evaluar el daño que provocó en Fairbanks, Alaska, el terremoto ocurrido el 16 de octubre de 1947 y las réplicas, hasta el 20 de octubre del mismo año, con una muestra de todo el universo de viviendas de la región. La muestra fueron las viviendas que se encontraban en el epicentro del terremoto, la ciudad Nenana, Alaska. La metodología define enfoque cualitativo, enfoque descriptivo, y diseño no experimental.

El autor resalta sobre los efectos del sismo en la ciudad de Nenana, Alaska, en el que se reportó que las casas que estaban construidas básicamente con el método de troncos no sufrieron daños significativos.

Este testimonio es importante porque en aquel lugar la mayoría de las cabañas estaba construida con el método de troncos, evidenciando en la práctica que este tipo de construcción es resistente a los terremotos.

Al respecto, **Ban S. y Shodhan K. (2003)** en su artículo denominado “**Disaster Relief: Ahmadabab**”, que tuvo como objetivo evaluar el diseño de la vivienda Blockhouse de Shigeru Ban, con modificaciones de Kartikeya Shodhan, en las condiciones de la zona de desastre de Ahmadabab. Con una muestra de una población de 20 casas prefabricadas. La metodología define enfoque cuantitativo, alcance descriptiva y explicativa, y diseño experimental.

El autor señala lo siguiente: En general, estas estructuras de tubos de cartón han sido realmente recibidas bien por los usuarios (eso es lo que importa realmente, ¿no?). Mirando hacia atrás, en retrospectiva, se deben construir más de estas estructuras en el futuro para las personas que necesitan urgentemente de refugio.

Este resultado es muy importante porque habla de la estabilidad de la estructura Blockhouse que es usada como refugio en zona de desastre sísmico, además de que brinda confort efectivo a los que la habitan.

Buchanan A. y Moroder D. (2017) en su artículo “**Log house performance in the 2016 Kaikoura earthquake**” tuvo como objetivo de centrarse en el comportamiento estructural y no estructural de las casas de tronco, que causo daños por terremotos, para brindar una solución de reparación. La muestra fue el conjunto de casa de madera en un pueblo de Mt Lyford, Nueva Zelanda. La metodología define enfoque cualitativo, alcance descriptivo y diseño no experimental.

Los autores señalan que: Estas viviendas se han utilizado como viviendas temporales para víctimas de desastres naturales en varias regiones del planeta como la India, Turquía, y otros. Las cualidades sismorresistentes han sido corroboradas en los estudios de campo realizados en Kaikura, Nueva Zelanda.

Este artículo es relevante, porque hacen un estudio y nos muestra la capacidad de resistir las casas de tronco ante un sismo de 7.8 de magnitud, ya que la mayoría de las casas sufrió daño menor. Cabe mencionar que indican un número muy pequeño de casas de tronco se tendrá que demoler y reconstruir.

Branco J.; Lourenco P. y Aranha C. (2013), en su artículo “**Seismic Analysis of a 2-Storey Log House**”, que tuvo como objetivo la investigación del comportamiento de las conexiones entre los troncos de los alfeizares y los cimientos a través de una serie de pruebas de cortes y tensión bajo carga cíclica, junto con la caracterización del comportamiento de los muros de troncos al cometer las muestras de muros a carga monotónica y cíclica, y la evaluación de los modos de fallo. Con una muestra de una vivienda de madera diseñada y construida para los fines que se explican. La metodología define enfoque cuantitativo, alcance correlativo y diseño experimental.

Los autores resaltan que al realizar el análisis de resistencia sísmica de una vivienda de madera de 35 m², construida con el sistema blockhouse, concluyó que: Esta poseía excelentes cualidades antisísmicas, remarcando, además, que la carpintería y las uniones permanecieron intactas y las tablas del muro mostraron un ajuste perfecto entre registros sucesivos, que es una mejora significativa de las casas de troncos tradicionales. El ritmo rápido y la facilidad de construcción, y la ausencia de daños

importantes en el edificio indican que esta forma de construcción de troncos sería una opción viable en áreas con alto riesgo sísmico, siempre que las condiciones climáticas sean las adecuadas.

El artículo es relevante, porque demostró que una casa blockhouse de dos pisos es resistente ante un sismo de alta magnitud. Cabe resaltar que en la casa dos pisos de tronco se utilizó Tacos de madera o acero y pernos pasante verticales o pernos de anclaje.

García I. (2017) en su tesis **“Estudio de permeabilidad en el adobe implementando agregados naturales”** por la **Universidad Tecnológica de la Mixteca – Oaxaca**, analizando agregados naturales a la matriz del adobe para disminuir la permeabilidad y mejorar sus propiedades mecánicas, con una muestra de 99 cubos, Adobe combinado con jugo de hoja de plátano, hoja de plátano, engrudo de trigo, resina de pino, excremento de burro, excremento de burro y resina de pino; (45 cubos de muestra iniciales + 36 cubos de resina de pino en otras proporciones + 18 cubos con estiércol de burro y suelo), (9 con 15% de resina de pino y 9 sin resina de pino). La metodología define enfoque cuantitativo, y diseño experimental.

La autora resalta que en su investigación experimental tuvo como resultado que las muestras que tardaron mayor tiempo en desintegrarse en agua y que tuvieron mayor resistencia a la compresión fueron las del suelo con 15% de resina de pino y las de 15% de resina de pino con excremento de burro, los adobes hechos con suelo y 15% de resina terminaron fracturándose, por lo que solo a los adobes con suelo + excremento de burro y a los adobes de suelo + excremento de burro + 15% de resina de pino se les realizaron pruebas de permeabilidad, de resistencia a la compresión de

resistencia a flexión. En conclusión, los ensayos indicaron que la impermeabilidad del adobe con estiércol y resina de pino aumento (absorción de agua: 18.95%), incluyendo su resistencia a compresión (5.88 MPa), mientras que su resistencia a flexión se mantuvo casi igual a la presentada en los adobes sin resina (0.838 MPa y 0.840 MPa respectivamente).

Esta tesis es relevante, porque demuestra que el adobe se tiene que combinar con otro aspecto, para que tenga una mejor resistencia e impermeabilización, ya que como están hechos de barro, tiene poca resistencia y poca resistencia al agua.

Empezando al análisis de duración de cada actividad ejecución de proyectos de una obra, **Rodríguez E. (2016)**, en su tesis “**Análisis de metodologías de estimación de duración de actividades en proyectos de ingeniería civil**” por la **Universidad de Chile**, tuvo como objetivo analizar el uso, aplicabilidad y efectividad de los diferentes métodos disponibles en la literatura y utilizados en la práctica para estimar la duración de las actividades en los proyectos de Ingeniería Civil, con una muestra 8 métodos de estimación de duración de las actividades que va en encuestas a profesionales y entrevistas a expertos.

- Juicio de Expertos: Método basado en la experiencia, conocimientos y habilidades de quien estima.
- Estimación Análoga: Método basado en información histórica de proyectos realizados.
- Estimación Paramétrica: Método basado en un modelo, el cual es generado en base a relaciones estadísticas entre información histórica y parámetros propios de un proyecto.

- Estimación por Tres Valore: Método basado en el método PERT, que utiliza una distribución de probabilidad y tres estimaciones (optimista, pesimista y más probable) para calcular el valor esperado de la duración de una actividad.
- Técnicas Grupales de Toma de Decisiones: Método basado en la opinión de un grupo de expertos con experiencia previa en las actividades a estimar, en los que se llega a un consenso usando distintas técnicas grupales de toma de decisiones.
- Análisis de Reservas de Tiempo: Método basado en la identificación de los riesgos asociados al proyecto, mediante los cuales se determina reservas de tiempo u holguras ante imprevistos.
- Estimación Ascendente: Método basado en la descomposición de las actividades desde la más simple, lo cual permite estimar la duración de una actividad mediante la suma de las duraciones de las tareas más básicas que la componen.
- Estimación usando Rangos de Duraciones: Método basado en información de proyectos anteriores o juicio de expertos, que asigna un rango de duración a las actividades.

La metodología define investigación de análisis cualitativo y diseño no experimental.

El autor resalta que hay muchos métodos disponibles para el proceso de estimación de la duración de las actividades, que tiene sus ventajas y desventajas, dependiendo que metodología escogen.

Esta tesis es relevante porque muestras los diferentes métodos que existen para la duración de las actividades del proyecto, y como los profesionales optar por utilizar cualquiera de ellas, para obtener un buen resultado.

Por otro lado, en lo que se refiere a la evaluación de la productividad a través de su indicador tiempo de ejecución de una obra, **Villamizar R. y Deivison J. (2020)** en su artículo **“Influencia de la metodología PERT/CPM en los proyectos de contratación estatal en el Norte de Santander”** publicado en la **Revista de Ingenierías Interfaces, país Colombia**, tuvo como objetivo analizar la influencia que tiene la aplicación de la metodología PERT/CPM en el cumplimiento de los proyectos de infraestructura contratados en el Norte de Santander, con una muestra que se seleccionó de forma probabilístico y aleatoria con las empresas que culminaron sus contrataciones con el departamento entre los años 2018 y 2019. La metodología aplicada fue cuantitativa con carácter descriptivo y correlacional y diseño no experimental.

Los autores resaltan que hay diferentes causas de retrasos en los proyectos de las empresas que participaron en el estudio, como los retrasos por cambio en los diseños iniciales, por incumplimiento del contratista y proveedores, y por cambios en las especificaciones de materiales, por lo que genera que las empresas no puedan ejecutar las obras dentro del tiempo programado, pero se logró establecer que la mayoría de las empresas constructoras utilizan graficas de GANTT, pero solo una quinta parte aplica la metodología aplicada de PERT/CPM, por lo que no se ha generalizado el uso de esta valiosa herramienta del sector constructor de la región. Se recomienda utilizar y fomentar el uso de la metodología PERT/CPM.

Este artículo es relevante porque nos ayuda a entender con una investigación probabilístico, que la utilización de la metodología PERT/CPM es muy importante para el mejoramiento de los procesos de planificación y control de proyectos, en lo cual se basa al tiempo y costo estimado.

1.1.3.2 Antecedentes Nacionales

Arce R. y Rodríguez V. (2014), en su tesis **“Propuesta del empleo de adobe reforzado con geomalla en la construcción de viviendas unifamiliares de un piso en el pueblo joven Yanama-Ayacucho”** por la **Universidad Nacional de Huancavelica**, tuvo como objetivo proponer el empleo de adobe reforzado con geomalla en la construcción de vivienda unifamiliares de un piso, con la muestra aproximada de 500 viviendas de adobe. La metodología define investigación cuantitativa y cualitativa y diseño no experimental.

Los autores resaltan que el adobe es un material poco adecuado para la construcción en áreas sísmicas pues es masivo, débil y frágil. Debido a su gran masa, los muros de adobe atraen durante un sismo grandes fuerzas de inercia, que no son capaces de absorber pues la resistencia de los muros de adobe es muy baja, al igual que su ancho del adobe, según el reglamento Norma E.0.80 es de 0,40 m.

Esta tesis es relevante porque demuestra que hacer una casa de adobe, debe ser reforzada para evitar tragedias de pérdidas humanas y materiales. Cabe resaltar que hacer construcción de adobe no es adecuado para áreas sísmicas por el material usado, además de que el adobe es demasiado ancho, lo que reduce el área habitable de la casa.

Cabrera D. y Huaynate W. (2010) en su tesis **“Mejoramiento de las construcciones de adobe ante una exposición prolongada de agua por efecto de inundaciones”**, por la **Pontificia Universidad Católica del Perú**, analizando el diseño de viviendas de adobe con la capacidad de resistir el impacto erosivo de inundaciones, tiene como objetivo es contribuir al diseño de viviendas de adobe con

la capacidad de resistir el impacto erosivo de inundaciones que tienen una alta ocurrencia estacional en nuestro país, con 4 muestras:

- Muro 1, tradicional.
- Muro 2, con zócalo de cemento pulido de 0.30 m de altura.
- Muro 3, con sobrecimiento de concreto ciclópeo de 0.30 m de altura.
- Muro 4, con adobes estabilizados con cemento que alcanzara a una altura 0.30 m.

La metodología define enfoque cuantitativo, alcance correlacional, y diseño experimental.

Los autores resaltan lo siguiente: Los ensayos demostraron la alta vulnerabilidad de los adobes convencionales ante la acción erosiva del agua, registrándose un tiempo estimado de colapso de la estructura de 20 minutos, con un tipo de falla frágil. Así mismo, estableció que hubo problemas en la fabricación de los adobes estabilizados con 5% de cemento al secarse rápidamente la mezcla.

En ese sentido, afirmó lo siguiente: El muro con sobrecimiento resultó ser el mejor método para implementar en viviendas nuevas en cuanto a capacidad de resistencia ante los daños causados por una inundación con un peralte de 0,30 m.

Esta tesis es relevante porque reúne información de la construcción de vivienda con adobe no es una buena opción para zonas rurales altoandinas. Cabe resaltar que en la tesis se muestran diversas técnicas para resistir las inundaciones, pero se concluye que la construcción con adobe no es segura en el tiempo, no es impermeable.

Esta técnica constructiva, adoptada en el proyecto *Sumaq Wasi*, por la naturaleza del proyecto, debe ser transferida a la comunidad. Al respecto, **Onnis S. et**

al. (2018), en su ponencia en el **18 Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, “Modelo de transferencia tecnológica para la vivienda altoandina”**, tuvo como objetivo presentar y difundir la metodología de transferencias tecnológicas de los conocimientos y técnicas apropiadas que pueden determinar el mejoramiento de la vivienda rural en zonas alto andinas en temas de seguridad (sismo-resistencia), salud y confort, adaptada en la comunidad de Orduña (Departamento de Puno), con una muestra de los comuneros del poblado de Orduña, Puno. La metodología define enfoque cualitativo, alcance explicativa y exploratoria y diseño no experimental.

Los ponentes afirman lo siguiente: La búsqueda de nuevas fórmulas de transmisión de conocimientos, nace de la constatación de que el gran número de investigaciones sobre el mejoramiento de las viviendas rurales en el Perú no ha comportado la aplicación en campo de las tecnologías de mejoramiento propuestas. Se ha intentado ir más allá de las cartillas generalmente propuestas por universidades y ministerios a los autoconstructores: estas deberían ser difundidas en el campo y utilizadas por los mismos usuarios, sin embargo, parecen demostrar su ineficacia una vez terminado el periodo de capacitación. En la experiencia del Centro Tierra en varias zonas del Perú, se observa que las cartillas no logran circular entre los autoconstructores, en los canales de difusión tradicionales. Aunque sean disponibles en la web, en general los autoconstructores no siempre pueden acceder a este recurso digital.

Este trabajo es relevante porque demuestra el interés de los especialistas en mejorar la calidad de vida de los pobladores de pobreza y pobreza extrema en zonas

rurales altoandinas, pero también es concluyente en cuanto a la poca efectividad de la transferencia técnica de los sistemas constructivos propuestos.

Endara, C. y Jiménez Mario (2019), En su tesis **“Evaluación de las transmitancias térmicas de la casa ecológica andina PUCP del distrito de langui, provincia de canas-cusco, según los parámetros de la norma técnica peruana EM.110, para mejorar las condiciones de confort térmico de las viviendas de la zona bioclimática alto andina en el Perú”**, por la **Universidad Andina del Cusco**, Facultad de ingeniería, tuvo como objetivo evaluar las transmitancias térmicas, de la casa ecológica andina PUCP, según la Norma EM. 110 y dar recomendaciones para aumentar el confort térmico en todas las viviendas de la zona alto andino del Perú, y poder solucionar el problema de temperatura frígida en las zonas rurales y mejorar la calidad de vida. La muestra esta conformada por los mismos elementos descritos en la Población, los ambientes de construcción que se han investigado dentro de la casa ecológica andina PUCP:

- Dormitorio 1.
- Dormitorio 2.
- Dormitorio 3.
- Cocina, comedor y dormitorio 4.
- Hall.

La metodología de investigación es tipo básico, diseño metodológico deductivo, analítico, descriptivo, explicativo.

El autor resalta que los resultados obtenidos no cumplen con los lineamientos de los valores límites máximos de transmitancia térmica de la norma EM. 110, según

las condiciones de confort térmico para la zona bioclimática alto andina del Perú, por ello es recomienda construir casa ecológicas o autosustentables, para la reducción del consumo de energía, así como las emisiones contaminantes también se reduce considerablemente y por supuesto aportan mayor confort térmico, entre otros.

Esta tesis es relevante ya que nos muestra la importancia del confort térmico que tiene que tener una vivienda en zonas rurales, donde hay grados bajo cero, para que sea confortable y amigable.

Cipirán, J. (2018), en su tesis “**Aplicación de la Madera Plástica en el Diseño Arquitectónico de una Planta de tratamiento de Residuos Sólidos Reciclables– Chimbote**”, por la **Universidad San Pedro de Chimbote**, tuvo como objetivo principal en desarrollar una propuesta con aplicación de la madera plástica en el diseño arquitectónico de una planta de reciclaje de residuos sólidos reciclables enfocándonos en los productos de plástico, ubicado en Chimbote carretera panamericana norte, con un área de $5000 m^2$, como una muestra de 6 arquitectos que se entrevistaron para el diseño. La metodología define enfoque cualitativo, alcance explicativo y diseño no experimental-transversal (los datos fueron tomados en un momento dado).

El autor resalta, analizando la posibilidad de construir plantas de procesamiento de madera plástica, que se puede establecer lo siguiente: Entre las características propias de la madera de plástico reciclado, que la diferencian de la madera natural, se encuentran: Impermeable, no deja pasar el agua y la humedad; Anticorrosivo, no se deteriora bajo la acción de productos químicos; Imputrescible, no se pudre al aire o en contacto con arena o agua; Resistente a la intemperie, bajo cualquier condición

meteorológica; Higiénico, inmune a microorganismos, roedores e insectos; Piroresistente, alta resistencia al fuego; y Seguro, no se agrieta ni produce astillas.

La madera plástica, está diseñada para soportar el medio ambiente exterior. Permitiendo esto mantener su belleza por muchos años. Es un material ecológico que se compone por fibras naturales y polímeros o plásticos.

Esta tesis es relevante porque señala la importancia de la innovación de la madera a partir de plástico reciclado, la importancia de su resistencia ante los efectos del medio ambiente, y al fuego; así como importancia de mejorar el medio ambiente, reduciendo la contaminación que sufre el país.

Complementando las propiedades de la madera plástica, **Silvera Y. (2018)**, en su tesis **“Proceso de fabricación y evaluación de propiedades mecánicas de la plastimadera a base de plástico reciclado para la industria de la construcción en Lima–2018”** por la **Universidad Cesar Vallejo**, tuvo como objetivo general en analizar el proceso de fabricación y la evaluación de propiedades mecánicas de la plastimadera a base de plástico reciclado para la industria de la construcción en Lima, la muestra de la población de la investigación está constituida por 900 tablonces de plastimadera. La metodología define el método analítico – sintético, enfoque cuantitativo, alcance explicativo y diseño experimental.

El autor analiza la posibilidad de introducir la madera plástica como material constructivo, concluyendo que “los estudios realizados de resistencia a compresión de las propiedades mecánicas de la plastimadera determinan que es un material apto para darle uso con fines estructurales, ya que los valores obtenidos en los ensayos son de $325,02 \text{ kg/cm}^2$ y $814,06 \text{ kg/cm}^2$ ”. Agrega, además, que “los ensayos de resistencia

a la flexión de las propiedades mecánicas de la plastimadera brindaron como resultado un esfuerzo de $275,86 \text{ kg/cm}^2$, determinando así que es un material apto para darle uso con fines estructurales, ya que dicho valor se encuentra dentro de los rangos permisibles”. (p.50)

Esta tesis es relevante, porque demuestra experimentalmente, que la madera plástica reciclado “plastimadera” tiene una buena resistencia y están diseñados para trabajar bajo esfuerzo de compresión y esfuerzos cortantes, y es apto para implementaciones bajo condiciones atmosféricas, y tiene un periodo de vida indefinido.

En lo referente a la evaluación de la productividad a través de su indicador tiempo de ejecución de una obra, **Rojas G. y Reyes S. (2019)**, en su tesis **“Aplicación del PERT CPM para reducir el tiempo de ciclo del cierre de proyectos en la empresa semi Perú montajes S.A.C.”** por la **Universidad Ricardo Palma**, tuvo como objetivo de aplicar la metodología PERT – CPM para mejorar la calidad de Proyectos a fin de reducir el tiempo de ciclo del cierre de proyectos, con la población de la investigación de todos los proyectos de obra ejecutada y cobrados de la empresa mencionada, con la muestras de 1 proyecto que contiene todas las características representativas, es decir todas las actividades de especialización de obra civiles de 60 días de ejecución, en la experimentación se aplicó la herramienta PERT – CPM y en la otra muestra de control no. La metodología define investigación enfoque cuantitativo y diseño no experimental.

Los autores resaltan que se comprobó que, agregando la aplicación de la Red CPM y PERT en la planificación y el control del proyecto se logró reducir el tiempo de ciclo de cierre, los resultados mejoraron el tiempo, reduciéndolo significativamente. Esta tesis es relevante, por que indica los tiempos de cada actividad y el tiempo total, en lo cual se utiliza el método PERT-CPM, es para una buena planificación y reducir el tiempo establecido para los proyectos.

1.1.4 BASES TEORICAS

Dentro de la presente investigación se utiliza conceptos como:

1.1.4.1 Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS)

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento - MVCS, se define de esta manera: "Diseñamos, promovemos y ejecutamos la política sectorial, contribuyendo al desarrollo territorial sostenible del país, en beneficio preferentemente de la población de menores recursos.

Somos el Ente Rector en materia de Urbanismo, Vivienda, Construcción y Saneamiento, responsable de diseñar, normar, promover, supervisar, evaluar y ejecutar la política sectorial, contribuyendo a la competitividad y al desarrollo territorial sostenible del país, en beneficio preferentemente de la población de menores recursos".

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento - MVCS en la resolución RM N° 207-2018-VIVIENDA (2018) según establece la "Ley N° 30156-Ley de Organización y Funciones (LOF) del MVCS, es un organismo del Poder Ejecutivo rector en las Políticas Nacionales y Sectoriales que se encuentran dentro de su ámbito de competencia en materia de: vivienda, construcción, saneamiento, urbanismo y

desarrollo urbano, bienes estatales y propiedad urbana; que son de obligatorio cumplimiento por los tres niveles de gobierno en el marco del proceso de descentralización y en todo el territorio nacional, para lo cual formula, aprueba, dirige, evalúa. Regula, norma, supervisa y en su caso ejecuta las políticas nacionales en estas materias, a través de sus Órganos, Programas, Organismos Públicos Adscritos y Entidades Adscritas” (p.6).

1.1.4.2 Programa Nacional de Vivienda Rural

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento - MVCS (2019), define el Programa Nacional de Vivienda Rural (PNVR) como el ente que “Tiene como objetivo mejorar, reconstruir y reforzar las condiciones de la vivienda rural de los pobladores que se encuentran en situación de pobreza y pobreza extrema a los cuales les permita mejorar su calidad de vida, generar igualdad de oportunidades y desarrollar y fortalecer sus capacidades individuales y comunitarias.

El Programa Nacional de Vivienda Rural contribuye al cuidado de la salud mejorando la calidad de vida de las familias pobres y extremadamente pobres y aquellas poblaciones que están expuestas a efectos de desastres.

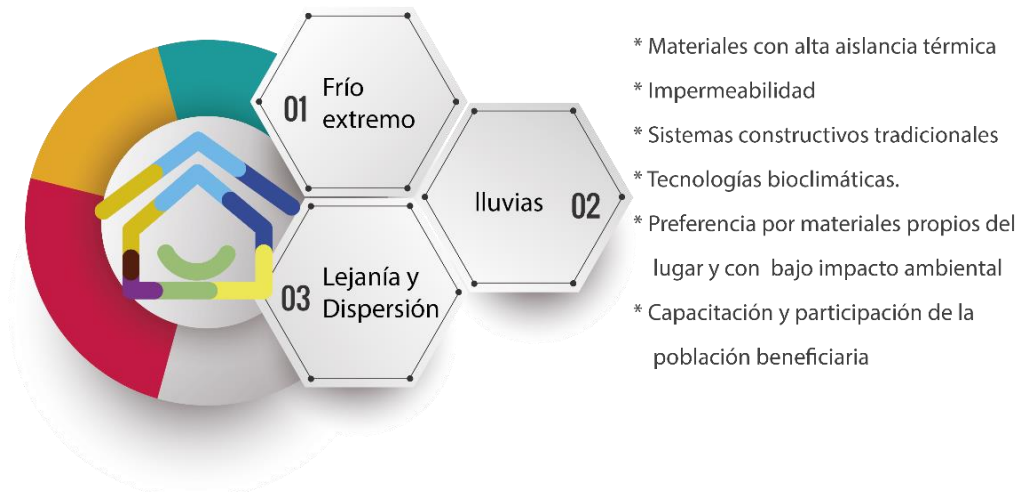
Se utilizan materiales de la zona para mejorar su sostenibilidad y puedan ser replicadas por la comunidad. Se busca la mejora de las condiciones de vida de la población rural como base de la estrategia del PNVR que establece el logro de un producto específico: la vivienda rural mejorada”.

1.1.4.3 Consideraciones bioclimáticas de las viviendas del PNVR

Las consideraciones bioclimáticas de las viviendas del PNVR están relacionadas con los tipos de materiales a usarse, el diseño de térmico de los ambientes y la tecnología constructiva sobre la que se basarán las unidades.

Figura 3

Consideraciones bioclimáticas, sociales y tecnológicas del PNVR



Fuente: Elaboración propia.

1.1.4.4 Vulnerabilidad a cambios climáticos

Vargas P. (2009), en su artículo “El cambio climático y sus efectos en el Perú”, publicado por el Banco Central de Reserva, “Posiciona al Perú entre los diez países más vulnerables ante eventos climáticos junto a países como Honduras, Bangladesh, Venezuela, entre otros. El estudio cuantifica el número de personas afectadas por desastres naturales (asociados a la variabilidad climática) como aproximación al cálculo del riesgo climático. Perú se encuentra entre los diez países más afectados por eventos climáticos durante el período 1991-2000” (p.18).

1.1.4.5 Proyecto *Sumaq Wasi*

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento - MVCS (2019), señala que “Las viviendas rurales Sumaq Wasi o Casa Bonita priorizan el confort térmico en sierra, costa y selva, adecuando la utilización de los materiales tecnológicos y tradicionales en los componentes para lograr el idóneo modelo bioclimático.

Los Sumaq Wasi en la sierra tienen ventanas colocadas en el techo, para captar el calor del sol en el día a través de ventanas colocadas en el techo, evitando las pérdidas

térmicas en la noche mediante el uso de materiales que brindan un aislamiento adecuado.

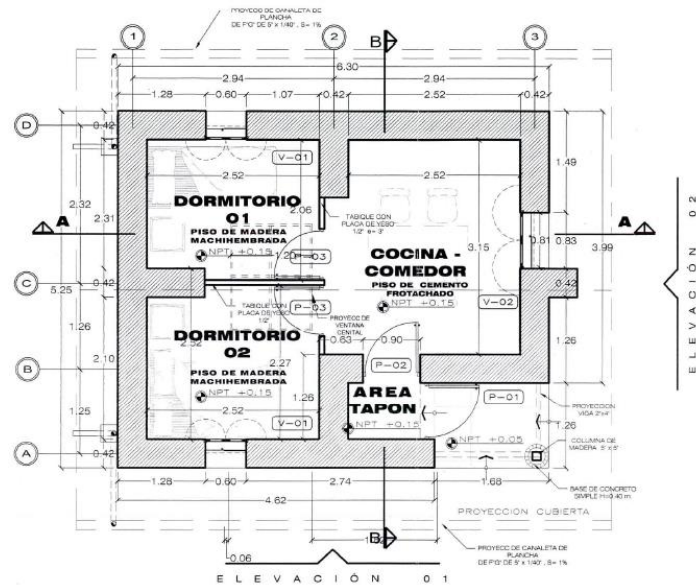
1.1.4.6 Viviendas Rurales Altoandinas

Espinoza R. et al. (2009), en el artículo “Evaluación experimental de cambios constructivos para lograr confort térmico en una vivienda altoandina del Perú”, describe que estas viviendas se encuentran sobre los 3000 m.s.n.m. y están expuestas a condiciones de frío extremo, localizar estudios internacionales en ambientes similares al altoandino es, probablemente, restringirse a zonas particulares en el mundo. (pp.1,2).

1.1.4.7 Modelo Sumaq Wasi en adobe

Programa Nacional de Vivienda Rural – PNVR (2020) “Viviendas rurales construidas en adobe, los cuales ofrecen confort térmico en sus diferentes ambientes, así como un diseño estructural sismorresistente. Este módulo tiene un área construida de 33,10 m^2 . Muros de adobe con refuerzo horizontal y vertical de caña brava o carrizo, que le brinda resistencia ante sismos. Consta de dos dormitorios, cocina – comedor y, área tapón para viviendas encima de los tres mil metros de altitud, evitando que las corrientes frías ingresen al módulo”.

Figura 4
Plano en planta de la vivienda del proyecto Sumaq Wasi



Fuente: Programa nacional de vivienda rural PNVR.

1.1.4.8 Construcción de adobe reforzada con caña

Otazzi, G. et al. (2006), en la monografía “Ensayo de simulación sísmica de viviendas de adobe”, describe la vivienda de adobe reforzado con caña brava de la manera siguiente: Consiste en una malla de caña colocada en el interior de los muros de adobe. El refuerzo vertical, se trata de cañas carrizo o similar chancados y cada 3 hiladas, fue anclado a la cimentación y a una viga de coronación, hecha de troncos de eucalipto, colocada en el borde superior de los muros. El refuerzo horizontal consiste de una serie de capas de cañas carrizo (hueca) o caña entera del tipo conocido en el Perú como “caña brava” (solida), colocada cada 4 hiladas y entretejidas en los encuentros de los muros. (pp.5,6).

1.1.4.9 Transmitancia Térmica (U)

Según la Norma EM.110 Confort térmico y lumínico con eficiencia energética es la “La transmitancia térmica es un flujo de calor, en régimen estacionario dividido por el área y por la diferencia de temperaturas de los medios situados a cada lado del

elemento que se considera. Es inversa de la resistencia térmica (R_t). Se expresa en watts por metro cuadrado y grado kelvin (W/m^2K).” (p.9)

“La resistencia térmica es la capacidad de un material para resistir el paso de flujos de calor. Es la oposición al paso del calor que presenta una capa de cierto espesor (e) de un material de construcción. Es inversamente proporcional a la conductividad térmica y aumenta con el espesor de material. Se expresa en metros cuadrados y grados kelvin por watts (m^2K/W).” (p.9).

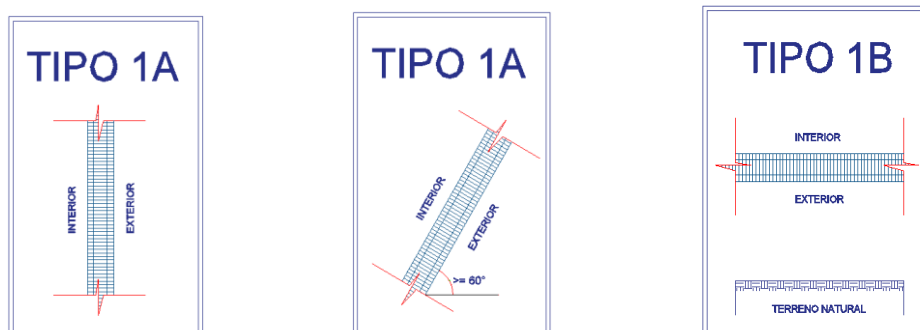
1.1.4.10 Programa para evaluar la transmitancia térmica

Se basa en la norma térmica EM. 110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética, en lo cual se concentrará en la transmitancia térmica de los elementos constructivos de la edificación, se clasifican en los siguientes tipos de envolventes:

Tipo 1: Envolventes en contacto con el ambiente exterior. En el caso de los pozos o ductos para la ventilación e iluminación, se considera este tipo de envolvente para una distancia igual o mayor de dos metros entre los muros de estos.

Figura 5

Tipo 1: Envolventes con el ambiente exterior.



Fuente: Norma EM.110 Confort térmico y lumínico con eficiencia energética.

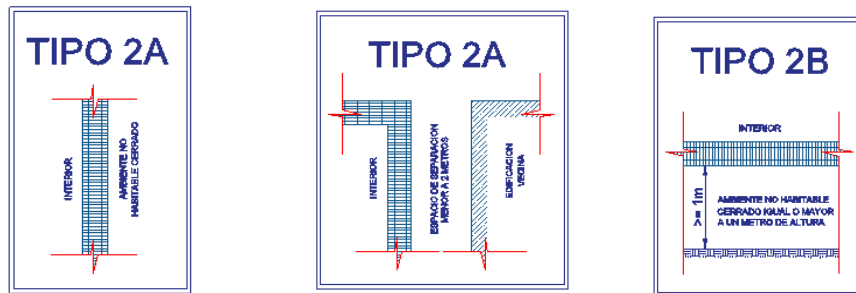
Tipo 2: Envolventes de separación con otros edificios o con ambientes no habitables.

En el caso de los pozos o ductos para ventilación e iluminación, se considerará este

tipo de envoltente para una distancia igual o menor a dos metros entre los muros de estos.

Figura 6

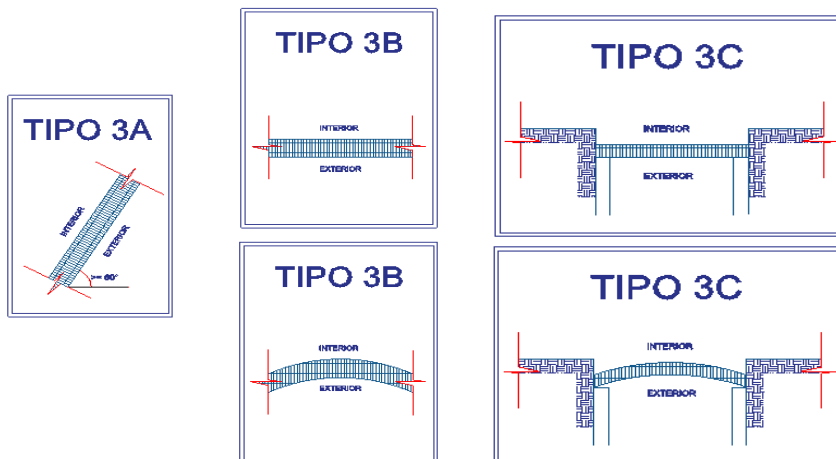
Tipo 2: Envoltentes con otros edificios o ambientes no habitables.



Fuente: Norma EM.110 Confort térmico y lumínico con eficiencia energética.

Figura 7

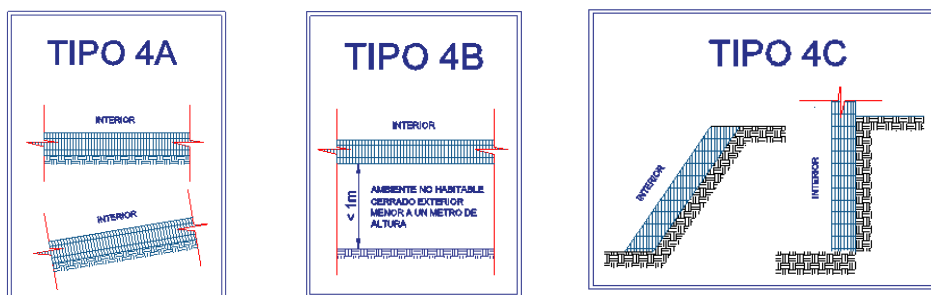
Tipo 3: Envoltentes de techo o cubierta



Fuente: Norma EM.110 Confort térmico y lumínico con eficiencia energética.

Figura 8

Tipo 4: Envoltentes de separación con el terreno.



Fuente: Norma EM.110 Confort térmico y lumínico con eficiencia energética.

Formula de transmitancia térmica del muro.

Ecuación 1: Formula de transmitancia térmica de muro sin cámara.

$$U_{1\text{muro sin camara}} = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material1}}}{k_{\text{material1}}} + \frac{e_{\text{material2}}}{k_{\text{material2}}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

Donde:

$U_{1\text{muro sin camara}}$ = Transmitancia térmica del muro en W/m² K.

$e_{\text{material1}}$ = Espesor del material 1 componente del muro, etc. en m.

$k_{\text{material1}}$ = Coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del muro, etc. en W/m°C.

R_{si} = Resistencia superficial interna, valor: 0.06 en W/m² K.

R_{se} = Resistencia superficial exterior, valor: 0.11 en W/m² K.

Ecuación 2: Formula de transmitancia térmica de sobrecimiento.

$$U_{1\text{-sobrecimiento}} = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material1}}}{k_{\text{material1}}} + \frac{e_{\text{material2}}}{k_{\text{material2}}} + \dots\right)}$$

Donde:

$U_{1\text{-sobrecimiento}}$ = Transmitancia térmica del sobrecimiento en W/m² K.

$e_{\text{material1}}$ = Espesor del material 1 componente del sobrecimiento, etc. en m.

$k_{\text{material1}}$ = Coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del sobrecimiento, etc. en W/m°C.

Ecuación 3: Formula de transmitancia térmica de vestidura de derrame.

$$U_{vdd} = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material1}}}{k_{\text{material1}}} + \frac{e_{\text{material2}}}{k_{\text{material2}}} + \dots\right)}$$

Donde:

$U_{1\text{-sobrecimiento}}$ = Transmitancia térmica de vdd en W/m² K.

$e_{\text{material1}}$ = Espesor del material 1 componente de vdd, etc. en m.

$k_{material1}$ = Coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente de vdd,
etc. en W/m°C.

Ecuación 4: Formula de transmitancia térmica total.

$$U_{1A}^{final} = \frac{\sum S_i \times U_i}{\sum S_i} = \frac{S_1 \times U_1 + S_2 \times U_2 + \dots}{S_1 + S_2 + \dots}$$

Donde:

U_{1A}^{final} = Transmitancia térmica final en W/m² K.

$\sum S_i$ = Suma total de las superficies de cada tipo de elemento de la envolvente.

$\sum S_i \times U_i$ = Suma total de todos los productos $S_i \times U_i$ encontrados.

Figura 9

Valores limites máximo de la transmitancia térmica, según zona bioclimática.

Zona bioclimática	Transmitancia térmica máxima del muro (U_{muro})	Transmitancia térmica máxima del techo (U_{techo})	Transmitancia térmica máxima del piso (U_{piso})
1. Desértico costero	2,36	2,21	2,63
2. Desértico	3,20	2,20	2,63
3. Interandino bajo	2,36	2,21	2,63
4. Mesoandino	2,36	2,21	2,63
5. Altoandino	1,00	0,83	3,26
6. Nevado	0,99	0,80	3,26
7. Ceja de montaña	2,36	2,20	2,63
8. Subtropical húmedo	3,60	2,20	2,63
9. Tropical húmedo	3,60	2,20	2,63

Fuente: Norma EM.110 Confort térmico y lumínico con eficiencia energética.

Ninguno de los componentes unitarios de la envolvente (muros, pisos o techos)

deberá sobrepasar la transmitancia térmica máximas según los valores que indica en

la figura 9.

1.1.4.11 Conductividad térmica (k)

Según la Norma EM.110 Confort térmico y lumínico con eficiencia energética es la "Capacidad de los materiales para dejar pasar el calor a su través. La inversa de

la conductividad térmica es la resistividad térmica (capacidad de los materiales para oponerse al paso del calor). Se expresa en watts por metro Kelvin (W/m K).” (p.5).

1.1.4.12 Método de Fourier – conductividad térmica

La medición de la conductividad térmica de materiales de construcción, siendo un factor muy importante en el confort térmico, no es un servicio que brindan laboratorios especializados y de bajo costo como lo son los laboratorios de la UNI o PUCP. Por tal motivo, se han escrito tesis sobre diseño de equipos y métodos para llevar a cabo esta medida. En la tesis de Arturo Vizcarra para optar el título de ingeniero mecánico por la PUCP “Diseño de un dispositivo de medición de la Conductividad Térmica de materiales de edificación según la norma ASTM C1043” (2016) se diseñó un dispositivo según la metodología de diseño DIN VDI 2221, tomando como norma la ASTM C1043 y la norma general de la cual se desprende que es la ASTM C177, dando como resultado un dispositivo que calcula de manera eficiente la conductividad térmica de materiales de construcción.

En general, existen diversos métodos de medición de la conductividad térmica. Entre los más usados figuran los métodos del estado estable y del estado inestable. En el primer caso, el más sencillo y rápido para ser aplicado en placas es el submétodo de “flujo de calor longitudinal”. En dicho método se considera el establecimiento de un régimen de transferencia de calor estacionario en donde se haya minimizado posibles pérdidas o ganancias de calor, en cuyo caso se aplica la ecuación lineal de Fourier.

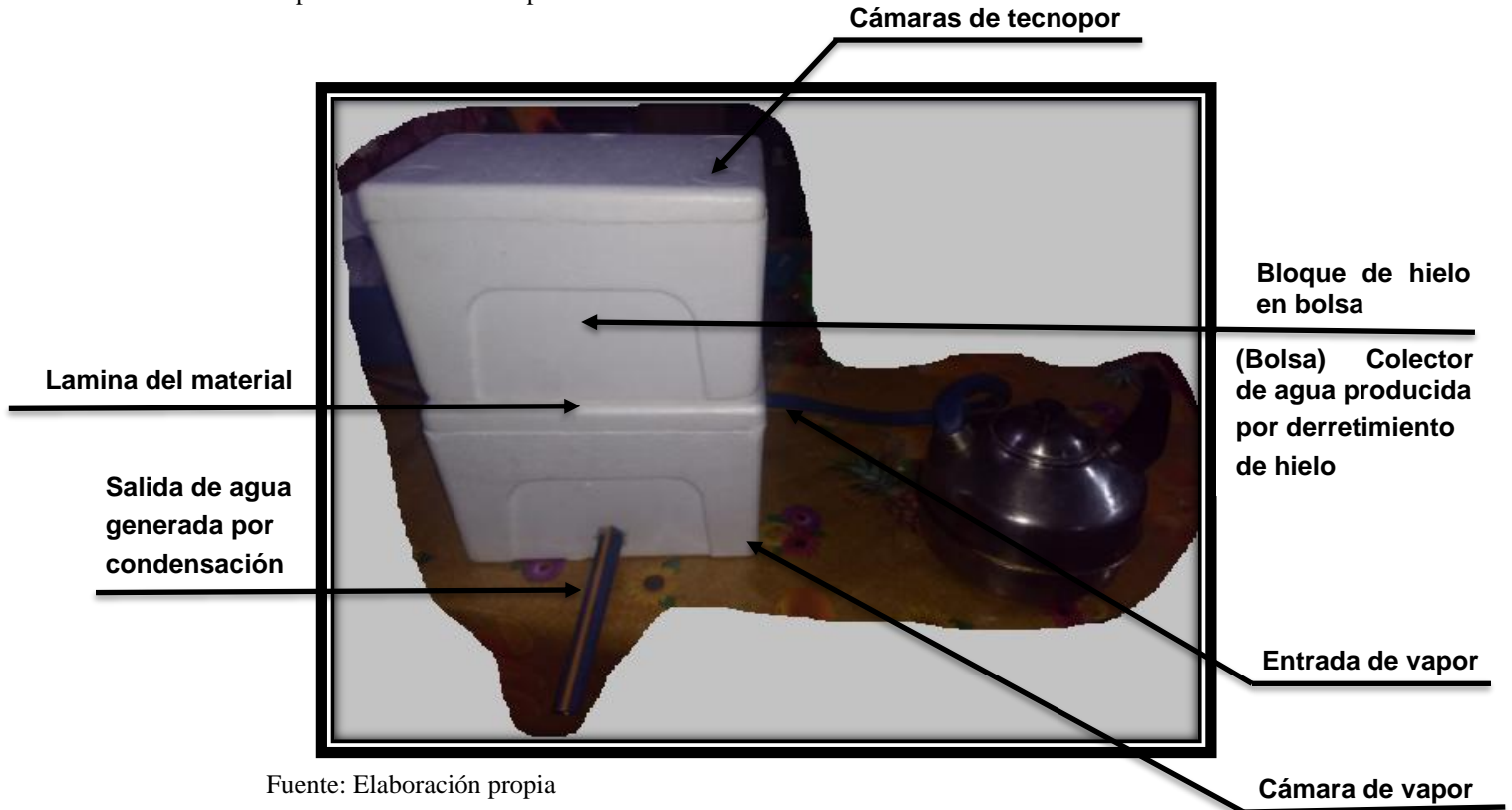
$$\frac{Q}{t} = k \frac{A \Delta T}{e}$$

Donde Q es el calor transferido, t es el intervalo de tiempo transcurrido, K es la conductividad térmica del material, A es el área de la superficie de contacto, e es el espesor de la placa y ΔT es la diferencia de temperaturas.

Para medir la constante de conductividad térmica se usará el equipo mostrado en la figura 10.

Figura 10

Experimento de Fourier para la conductividad térmica



Fuente: Elaboración propia

Con lo que la conductividad térmica k se mediría de la siguiente forma, en la ecuación

5:

Ecuación 5: Formula de conductividad térmica.

$$k = \frac{m e L}{t \cdot A \cdot \Delta T}$$

Donde:

k = Conductividad térmica en $W/m.C^{\circ}$

m = Masa de agua producida en kg.

e = Espesor del material en m.

L = Calor latente de fusión en J/k.

t = Tiempo en s.

A = Área en m²

ΔT = Diferencia de temperaturas en °C.

1.1.4.13 Prueba de absorción

Prueba de absorción que se basa en la NTP 399.613. Según la norma “Tiene como objetivo conocer la capacidad de absorción de las muestras a ser ensayadas cuando alcanzan un estado de saturación, en otras palabras, obtendremos un índice que refleje la capacidad de absorción de agua de los especímenes ante 24 horas de inmersión en agua”.

Ecuación 6: Formula de porcentaje de absorción.

$$\text{Absorción \%} = 100 \times \frac{(W_s - W_d)}{W_d}$$

Donde:

W_d = Peso seco del espécimen

W_s = Peso del espécimen saturado, después de la inmersión en agua fría durante 24 horas

1.1.4.14 Permeabilidad

Según García I. (2017), dice “Que la permeabilidad es la capacidad que tiene un material de permitirle a un flujo que atravesase sin alterar su estructura interna. Se afirma que un material es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable si la cantidad de fluido es despreciable”.

1.1.4.15 Impermeabilizante

Parra. (2018), la impermeabilización en la construcción es necesaria para la durabilidad del resto de los elementos de edificios o casas. La mala impermeabilización genera mayor gasto en la reparación de un edificio o de una casa

y la correcta impermeabilización implica desde el 1% al 2% del costo total de un edificio o de una vivienda.

1.1.4.16 Madera Plástica

Según Rahal, M. et al. (2013), en su tesis de licenciatura “Estudio de factibilidad técnico, económico y financiero para la producción de madera y plástico en Venezuela”, como tesis de grado por la Universidad Católica Andrés Bello, define la madera plástica como “aquello que se refiere a cualquier compuesto que se compone principalmente de una matriz de plástico reforzado (PE, PP, PVC, ABS) con madera y otros aditivos que se agregan en pequeñas cantidades para afectar el procesamiento y el rendimiento. Aditivos tales como agentes de acoplamiento, luz estabilizadores, pigmentos, lubricantes, fungicidas, y agentes espumantes se usan hasta cierto punto utilizando los procedimientos de procesamiento adecuados” (p.12).

1.1.4.17 Características de la madera plástica

Según Esquivel J. (2018), en la tesis “Aplicación de la madera plástica en el diseño arquitectónico de una planta de tratamiento de residuos sólidos reciclables-Chimbote” de la Universidad San Pedro define que la característica de la madera de plástico reciclado se diferencia a la madera natural, se encuentra:

- Impermeable, no deja pasar el agua y la humedad.
- Anticorrosivo, no se deteriora bajo la acción de productos químicos.
- Imputrefascible, no se pudre al aire o en contacto con arena o agua.
- Resistente a la intemperie, bajo cualquier condición meteorológica.
- Buena resistencia mecánica, material duradero.
- Higiénico, inmune a microorganismos, roedores e insectos.
- Pírorresistente, a la resistencia al fuego.

- Seguro, no se agrieta ni produce astillas.

1.1.4.18 Ventajas de la madera plástica

Según Esquivel J. (2018), en la tesis “Aplicación de la madera plástica en el diseño arquitectónico de una planta de tratamiento de residuos sólidos reciclables-Chimbote” de la Universidad San Pedro, la madera plástica está diseñado para tener el máximo de beneficios ecológicos y reducción de residuos y evita la tala indiscriminada de árboles, que contribuye a la protección del medio ambiente y da un impacto positivo.

- Material resistente, durabilidad 5 veces mayor que la madera natural.
- Tintes ecológicos, variedad de colores.
- Sin mantenimiento, no requiere pinturas ni plaguicidas.
- Natural, no empleo de químicos tóxicos (As, Cr, Cu)
- Aislante, acústico, térmico y eléctrico.
- Reciclado, ahorro de materiales primas vírgenes y evita la tala indiscriminada de árboles.
- Reciclable, fomenta el reciclaje.
- Material ecológico, contribuye al desarrollo sostenible.

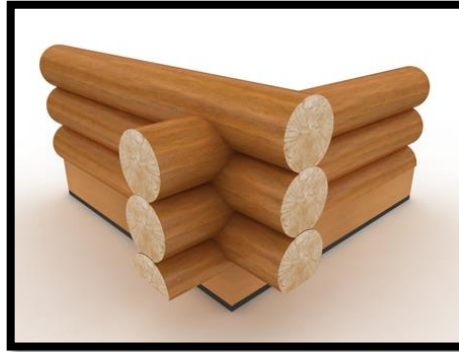
1.1.4.19 Sistema Blockhouse

La Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho, en su libro “Casas de Madera. Sistemas constructivos aplicados a las viviendas unifamiliares” (1995) señala que el sistema Blockhouse “Es un sistema constructivo que consiste en disponer horizontalmente tablas mecanizadas de madera, en donde la estabilidad de la construcción se basa en la disposición de las esquinas y el

arriostamiento aportado por el enlace de los muros intermedios. En dichos puntos, las cabezas quedan trabadas mediante ensambles especiales”. (p.20).

Figura 11

Asentamiento de las piezas según construcción blockhouse tradicional



Fuente. Grupo tene.

“En su versión moderna, el tronco es mecanizado dándosele formas escuadradas que, al tener una mejor y mayor superficie de apoyo, mejora la estabilidad. Para aumentar la trabazón se añaden espigas de madera y tirantes o pernos metálicos transversales”. (p.20).

Figura 12

Asentamiento de las piezas según construcción blockhouse moderna con mayor estabilidad



Fuente. Grupo tene.

1.1.4.20 El diagrama de Gantt

Reyes, P. A (1987) afirma que: El diagrama de Gantt, es una herramienta gráfica que surgió a comienzos del siglo XX durante la primera guerra mundial, ideada por H.L. Gantt. Este sistema gráfico fue concebido inicialmente en pleno proceso de la revolución industrial, momento en el cual empezaba a surgir la idea de aumentar la productividad en los distintos procesos industriales y por ende obtener una mayor eficacia.

Algunos de los usos que se le pueden dar a un diagrama de Gantt son:

- Representar un proceso de construcción.
- Representar un proceso de fabricación.
- Graficar el proceso teórico de planificación.
- Representar el proceso administrativo.

1.1.4.21 Confección de un diagrama de Gantt

En el siguiente ejemplo se puede observar cómo es posible elaborar un diagrama Gantt, simplemente utilizando una escala temporal e interdependencias, con una serie de tareas comunes dentro de una construcción.

Actividades:

En primer lugar, previo a la confección del diagrama Gantt, es necesario poder definir las actividades que se incluirán y la duración de estas. En la tabla 1 es posible observar las que se utilizarán en este ejemplo y en la tabla 2 se muestra un ejemplo básico de confección de un diagrama de Gantt.

Tabla 2

Listado de actividades diagrama Gantt.

Identificador	ACTIVIDAD	DURACIÓN (DIAS)	Dependencia
A	Limpieza y nivelación del terreno manual	2	-
B	Trazo y replanteo	1	A
C	Excavaciones	2	A-B
D	Cimentación	2	A-B-C
F	Muros	3	A-B-C-D-E
G	Columnas	3	A-B-C-D-E-F
I	Acabados	1	A-B-C-D-E-F-G-H

Tabla 3

Ejemplo básico de confección de un diagrama de Gantt.

ACTIVIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Limpieza y nivelación del terreno manual	■	■												
Trazo y replanteo			■											
Excavaciones				■	■									
Cimentación						■	■							
Muros								■	■	■				
Columnas											■	■	■	
Acabados														■

Fuente: Elaboración propia

1.1.4.22 El Método PERT (Program Evaluation & Revision Technique Evaluación de Programas y Técnica de Revisión)

“Entre el PERT, se consideraba las duraciones de las actividades como una variable aleatoria, para manejar las actividades que no tenían un tiempo de finalización cierto.” (Almudena, 2017).

“El PERT, se utiliza cuando la duración para ejecutar las actividades no se conozca con certeza. Así, incorpora incertidumbre con la introducción de probabilidades de los tiempos de actividades.” (Almudena, 2017)

El método PERT pretende optimizar las actividades en la ejecución de un proyecto. El análisis de la confección del método PERT, revela y traza la existencia de la ruta crítica, la cual condiciona y delimita las distintas fases del proyecto.

Se puede listar las finalidades del PERT de la siguiente manera:

A. Conocimiento estimado del tiempo, tanto del proyecto como de las actividades que lo componen.

B. La optimización de la ejecución del proyecto y en el empleo de los medios disponibles, así como en los criterios tanto utilizados como por utilizar.

C. Control de ejecución del proyecto. Cuando se elabora el diagrama de manera correcta, se deben incluir los tiempos estimados de los que constarán las actividades.

Siguiendo esta lógica, se puede decir que es posible hacer una sola estimación temporal en cuanto a la duración del proyecto; donde podemos establecer tres estimaciones:

1. Duración optimista (t_o): tiempo ideal, es el estimado según el diagrama bajo el supuesto de que no se presentarán inconvenientes durante el desarrollo de la obra.
2. Duración más probable (t_m): es la duración estimada con mayor probabilidad de ser acertada. Aquí se tiene en consideración el desarrollo normal de una obra, los retrasos y problemas que puedan darse.
3. Duración pesimista (t_p): tiempo en el que se incluyen retrasos y/o dificultades imposibles de sortear, como las condiciones climatológicas.

1.1.4.23 CPM. (Critical Path Method – Método de la Ruta Crítica)

“Llamado Método de ruta Crítica fue creado por la compañía Dupont junto con la División UNIVAC de la Remington Rand, para los proyectos de plantas químicas que llevaba a cabo esta compañía. Su objetivo era administrar proyectos de plantas químicas que llevaba a cabo esta compañía. Su objetivo era administrar proyectos en

el que el tiempo para finalizar las actividades se conociese con relativa certeza. También barajaban la posibilidad de reducir el tiempo necesario para la finalización de un proyecto, aunque esto conlleva al aumento del coste previsto para finalizar el proyecto.” (Mathur y Slow, 1996).

“El método CPM, se utiliza cuando se conoce con relativa certeza la duración de las actividades del proyecto. Tiene un carácter determinista y supone que existe una proporción entre los recursos necesarios para una actividad y su tiempo asociado.” (Ríos Insua, 1996).

Espinal, C. F & Mariela, T.L. (2013) nos manifiestan que: El CPM debe cumplir ciertos requisitos mínimos. Para obtener mejores resultados, los proyectos a los cuales se les aplicará este método, deben contar con las siguientes características:

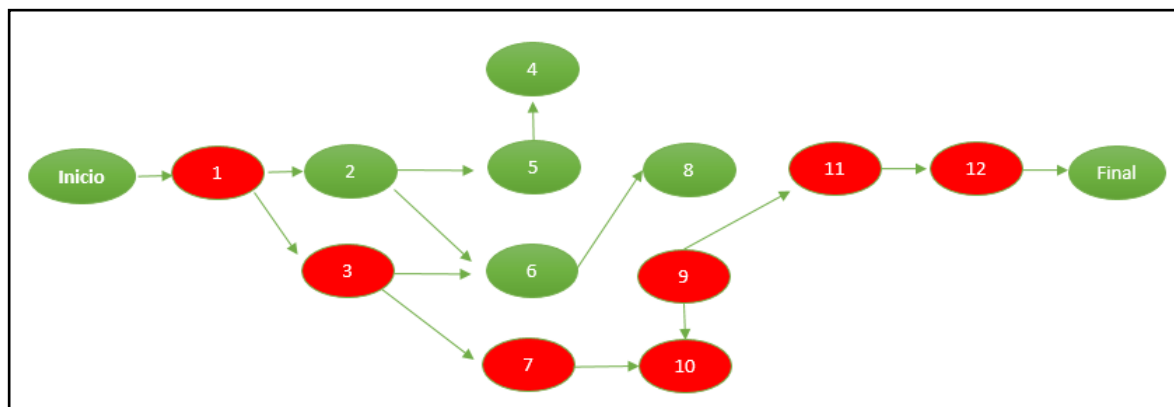
1. Que sea único, no repetitivo, en algunas partes o en su totalidad.
2. Que tenga que ejecutarse todo el proyecto en un tiempo mínimo, sin variaciones, es decir, en tiempo crítico.
3. Que busque lograr el costo de operación más bajo posible.

Adicionalmente para el método de la ruta crítica, también se requiere identificar dos tipos de “métodos” gráficos que pueden ser usados para determinar la ruta crítica definitiva del proyecto.

Las actividades se representan con nodos, y las flechas representan las integraciones entre cada actividad. Para demostrar este método gráficamente se adjunta la figura 5, en la cual se pueden apreciar un total de 12 actividades, que ejecutadas materializan un proyecto. Como se puede observar existen actividades que pueden ejecutarse en paralelo, mientras que otras dependen invariablemente de la culminación de la anterior para ser ejecutadas (p.1-2).

Figura 13

Método de la ruta crítica, ejemplo grafico



Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 4 se muestra la diferencia entre PERT y CPM que pueden existir.

Tabla 4

Diferencias entre PERT y CPM.

PERT	CPM
Probabilístico	Determinístico, considera que los tiempos de las actividades se conocen y se pueden variar cambiando el nivel de recursos utilizados.
La "variable tiempo es desconocida, solo se tiene datos estimados.	Durante el avance del proyecto, estos estimados se utilizan para controlar y monitorear el progreso.
El tiempo estimado e un proyecto es la suma de todos los tiempos esperados de la actividades sobre la ruta crítica.	Se hacen esfuerzos por lograr que el proyecto quede de nuevo en programa cambiando la asignación de recursos.
Suponiendo que las distribuciones de los tiempos de las actividades son independientes, la varianzas de las actividades en la ruta crítica.	Considera que las actividades son continuas e interdependientes, siguen un orden cronológico y ofrece parámetros del momento oportuno del inicio de la actividad.
Considera tres estimativos de tiempo; el más probable, tiempo optimista, tiempo pesimista.	Considera tiempos normales y acelerados de una determinada actividad, según la cantidad de recursos aplicados en la misma.

Fuente: Rojas, 2019. Tesis de Lic. "Aplicación del pert cpm para reducir el tiempo de ciclo del cierre de proyectos en la empresa semi peru montajes s.a.c.". Universidad Ricardo Palma, Lima.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera mejorarían las variables bioclimáticas y se reduciría el tiempo de construcción de los muros, aplicando el sistema Blockhouse con madera plástica en las viviendas para zonas rurales altoandinas del proyecto *Sumaq Wasi*, Perú, 2021?

1.2.2. Problemas específicos

1.2.2.1 Problema específico 1

¿En qué medida se compara la transmitancia térmica de los muros en el sistema Blockhouse frente a la transmitancia térmica de los muros de adobe en las viviendas para zonas rurales altoandinas del proyecto *Sumaq Wasi*, Perú, 2021?

1.2.2.2 Problema específico 2

¿En qué medida es menor la permeabilidad de los muros construidos con madera plástica en el sistema Blockhouse con respecto a los muros de adobe en las viviendas para zonas rurales altoandinas del proyecto *Sumaq Wasi*, Perú, 2021?

1.2.2.3 Problema específico 3

¿En qué medida el sistema constructivo Blockhouse reduciría el tiempo en la construcción de los muros respecto del tiempo que demanda la construcción de los muros de adobe de las viviendas para zonas rurales altoandinas del proyecto *Sumaq Wasi*, Perú, 2021?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Mejorar las variables bioclimáticas y reducir el tiempo de construcción de los muros, aplicando el sistema Blockhouse con madera plástica en las viviendas para zonas rurales altoandinas del proyecto *Sumaq Wasi*, Perú, 2021.

1.3.2. Objetivos específicos

1.3.2.1 Objetivo específico 1

Comparar la transmitancia térmica de los muros en el sistema Blockhouse frente a la transmitancia térmica de los muros de adobe en las viviendas para zonas rurales altoandinas del proyecto *Sumaq Wasi*, Perú, 2021.

1.3.2.2 Objetivo específico 2

Evaluar en qué medida es menor la permeabilidad de los muros construidos con madera plástica en el sistema Blockhouse con respecto a los muros de adobe en las viviendas para zonas rurales altoandinas del proyecto *Sumaq Wasi*, Perú, 2021.

1.3.2.3 Objetivo específico 3

Evaluar en qué medida el sistema constructivo Blockhouse reduciría el tiempo en la construcción de los muros respecto del tiempo que demanda la construcción de los muros de adobe de las viviendas para zonas rurales altoandinas del proyecto *Sumaq Wasi*, Perú, 2021.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Mejora la transmitancia térmica, mejora la impermeabilidad y reduce el tiempo de la construcción de los muros, aplicando el sistema Blockhouse con madera

plástica en las viviendas para zonas rurales altoandinas del proyecto *Sumaq Wasi*, Perú, 2021.

1.4.2. Hipótesis específicas

1.4.2.1 Hipótesis específica 1

Los muros construidos con madera plástica aplicando el sistema Blockhouse tienen una mejor transmitancia térmica que los muros fabricados con adobe en las viviendas para zonas rurales altoandinas del proyecto *Sumaq Wasi*, Perú, 2021.

1.4.2.2 Hipótesis específica 2

Los muros construidos con madera plástica aplicando el sistema Blockhouse son menos permeables que los muros construidos con adobe en las viviendas para zonas rurales altoandinas del proyecto *Sumaq Wasi*, Perú, 2021.

1.4.2.3 Hipótesis específica 3

El sistema constructivo Blockhouse demanda menor tiempo de construcción de los muros que el sistema constructivo tradicional basado en adobe en las viviendas para zonas rurales altoandinas del proyecto *Sumaq Wasi*, Perú, 2021.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones e indicadores	Metodología	Población
<p>Problema general</p> <p>¿De qué manera mejorarían las variables bioclimáticas y se reduciría el tiempo de construcción de los muros, aplicando el sistema Blockhouse con madera plástica en las viviendas para zonas rurales altoandinas del proyecto Sumaq Wasi, Perú, 2021?</p> <p>Problema específico 1</p> <p>¿En qué medida se compara la transmitancia térmica de los muros en el sistema Blockhouse frente a la transmitancia térmica de los muros de adobe en las viviendas para zonas rurales altoandinas del proyecto Sumaq Wasi, Perú, 2021?</p> <p>Problema específico 2</p> <p>¿En qué medida es menor la permeabilidad de los muros contruidos con madera plástica en el sistema Blockhouse con respecto a los muros de adobe en las viviendas para zonas rurales altoandinas del proyecto Sumaq Wasi, Perú, 2021?</p> <p>Problema específico 3</p> <p>¿En qué medida el sistema constructivo Blockhouse reduciría el tiempo en la construcción de los muros respecto del tiempo que demanda la construcción de los muros de adobe de las viviendas para zonas rurales altoandinas del proyecto Sumaq Wasi, Perú, 2021?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Mejorar las variables bioclimáticas y reducir el tiempo de construcción de los muros, aplicando el sistema Blockhouse con madera plástica en las viviendas para zonas rurales altoandinas del proyecto Sumaq Wasi, Perú, 2021.</p> <p>Objetivo específico 1</p> <p>Comparar la transmitancia térmica de los muros en el sistema Blockhouse frente a la transmitancia térmica de los muros de adobe en las viviendas para zonas rurales altoandinas del proyecto Sumaq Wasi, Perú, 2021</p> <p>Objetivo específico 2</p> <p>Evaluar en qué medida es menor la permeabilidad de los muros contruidos con madera plástica en el sistema Blockhouse con respecto a los muros de adobe en las viviendas para zonas rurales altoandinas del proyecto Sumaq Wasi, Perú, 2021</p> <p>Objetivo específico 3</p> <p>Evaluar en qué medida el sistema constructivo Blockhouse reduciría el tiempo en la construcción de los muros respecto del tiempo que demanda la construcción de los muros de adobe de las viviendas para zonas rurales altoandinas del proyecto Sumaq Wasi, Perú, 2021</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>Mejora la transmitancia térmica, mejora la impermeabilidad y reduce el tiempo de la construcción de los muros, aplicando el sistema Blockhouse con madera plástica en las viviendas para zonas rurales altoandinas del proyecto Sumaq Wasi, Perú, 2021.</p> <p>Hipótesis específica 1</p> <p>Los muros contruidos con madera plástica aplicando el sistema Blockhouse tienen una mejor transmitancia térmica que los muros fabricados con adobe en las viviendas para zonas rurales altoandinas del proyecto Sumaq Wasi, Perú, 2021.</p> <p>Hipótesis específica 2</p> <p>Los muros contruidos con madera plástica aplicando el sistema Blockhouse son menos permeables que los muros contruidos con adobe en las viviendas para zonas rurales altoandinas del proyecto Sumaq Wasi, Perú, 2021.</p> <p>Hipótesis específica 3</p> <p>El sistema constructivo Blockhouse demanda menor tiempo de construcción de los muros que el sistema constructivo tradicional basado en adobe en las viviendas para zonas rurales altoandinas del proyecto Sumaq Wasi, Perú, 2021.</p>	<p>Independiente</p> <p>Conductividad térmica</p> <p>Transmitancia térmica</p> <p>Absorción de agua</p> <p>Penetrabilidad del agua</p> <p>Sistema Constructivo</p> <p>Dependiente</p> <p>Variables bioclimáticas</p> <p>Tiempo de ejecución de procesos constructivos</p>	<ul style="list-style-type: none"> Conductividad térmicas (k) de la madera plástica. Conductividad térmicas (k) del adobe. Transmitancia térmica de los muros con madera plástica Transmitancia térmica de los muros de adobe. Absorción agua de la madera plástica Absorción de agua del adobe Penetración de agua en el muro de madera plástica Penetración de agua en el muro de adobe Sistema constructivo Blockhouse (Modelo Sumaq Wasi) Sistema constructivo de adobe reforzado con caña (Modelo Sumaq Wasi) Duración de construcción de muros de madera plástica con el sistema Blockhouse Duración de construcción de muros de adobe 	<p>Diseño</p> <p>Investigación aplicada, con diseño pre-experimental y enfoque cuantitativo no probabilístico con elementos descriptivos.</p> <p>Técnica</p> <p>Método de Fourier para la medida experimental de conductividad térmica.</p> <p>Programa para evaluar transmitancia térmica</p> <p>Cálculo experimental de la permeabilidad de los muros</p> <p>Método de valores estimados para la construcción de los muros en sistemas Blockhouse y adobe.</p> <p>Instrumento</p> <p>Planos del proyecto</p> <p>Equipo Experimental (Fourier)</p> <p>Experimentación de filtración de agua para madera plástica y adobe</p> <p>Norma EM.110</p> <p>Hoja de cálculo de transmitancia térmica.</p> <p>Norma EN13163</p> <p>Diagramas de Gantt</p> <p>Hojas de cálculo de indicadores PERT-CPM</p> <p>Análisis de datos</p> <p>Análisis documentales</p> <p>Cuadros de datos</p> <p>Fórmulas</p> <p>Fotos</p>	<p>Población</p> <p>La población sobre la cual se realizó la presente investigación son los muros de las viviendas construidas del Proyecto Sumaq Wasi para zonas rurales altoandinas.</p> <p>Muestra</p> <p>Muestreo del tipo no aleatorio, es un muestreo por conveniencia, se utilizó muestras de 2 muros de las viviendas del proyecto Sumaq Wasi zonas rurales altoandinas</p> <p>Unidad de estudio:</p> <p>Las unidades de estudio consideras son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> Muro 1: Modelo de un muro de madera plástica utilizando el sistema constructivo Blockhouse diseñados de acuerdo con la propuesta de la tesis para viviendas altoandinas del proyecto Sumaq Wasi. Muro 2: Modelo de un muro de adobe utilizando el sistema constructivo tradicional, diseñados para viviendas altoandinas del proyecto Sumaq Wasi.

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Fórmulas	Instrumentos
Variable Independiente						
Conductividad térmica	Es una propiedad física de los materiales que mide la capacidad de conducción de calor es decir capacidad de un material para dejar pasar el calor a su través.	La conductividad térmica es la propiedad física que se mide para los materiales constructivos (para calcular la transmitancia termica).	La conductividad térmica de la madera plástica	k de madera plástica.	$k = \frac{m e L}{t. A. \Delta T}$	Ficha experimental
			La conductividad térmica del adobe	k de adobe.		Norma EM. 110
Transmitancia térmica	Flujo de calor, en régimen estacionario, dividido por el área y por la diferencia de temperaturas de los medios situados a cada lado del elemento constructivo considerado.	La transmitancia térmica se calculará de acuerdo con lo previsto en la norma.	Conductividad térmica de la composición de los muros	k de la composición de los muros	$U_{1muro\ sin\ camara} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$ $U_{1A}^{final} = \frac{\sum S_i X U_i}{\sum S_i}$	EM.110 Hoja de cálculo de transmitancia Norma UNE-EN 13163
Absorción de agua	Prueba de absorción se basa a la NTP 399.613, que tiene como objetivo conocer la capacidad de absorción de las muestras ensayadas, cuando alcanzan un estado de saturación.	Índice que refleja la capacidad de absorción de agua de los especímenes ante 24 horas de inmersión en agua	% de absorción de agua del adobe y madera plástica	% promedio de absorción	$Absorción\ \% = 100 \times \frac{(W_s - W_d)}{W_d}$	Experimentación NTP 399.613
Penetrabilidad de agua	Capacidad que penetra líquido	Penetración en los muros en estudiar si tiene la capacidad de pasar el agua	Penetración de agua en los muros de adobe y madera plástica	Muro de adobe y madera plástica		Análisis descriptivo
Sistema constructivo	Sistema constructivo es el conjunto de elementos y unidades de un edificio que forman una organización funcional con una misión constructiva común, sea ésta de sostén (estructura), de definición y protección de espacios habitables (cerramientos), o de obtención de confort (acondicionamiento).	Este sistema constructivo se operacionalizó mediante dimensiones e indicadores, que se requieren para la reducción de tiempo mediante un método.	Sistema constructivo Blockhouse de vivienda Sumaq Wasi.	Modelo de muro de vivienda para la zona altoandina		Planos del proyecto
			Sistema constructivo de adobe reforzado con caña de vivienda Sumaq Wasi.	Modelo de muro de vivienda de la zona altoandina		Planos del proyecto Norma E.0.80

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Fórmulas	Instrumentos
Variable Dependiente						
Variables bioclimáticas	Relacionado con las condiciones climáticas y medio ambiente.	Las condiciones relacionadas con el clima en la zona rurales altoandinas como es el frío, viento, lluvia y un impacto positivo al medio ambiente como es el reciclaje	Transmitancia térmica de muro de adobe y madera plástica	U_{1A}^{final} del muro del adobe y madera plástica	$U_{1muro\ sin\ camara} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$ $U_{1A}^{final} = \frac{\sum S_i \times U_i}{\sum S_i}$	EM.110 Hoja de cálculo de transmitancia Norma UNE-EN 13163
			Absorción de agua del adobe y la madera plástica	% promedio de absorción del adobe y madera plástica	$Absorción\ \% = 100 \times \frac{(W_s - W_d)}{W_d}$	Pre-Experimentación NTP 399.613
			La penetración de agua en muro de adobe y madera plástica	Modelo de muro de adobe y madera plástica		Descriptivo y experimental
Tiempo de ejecución de procesos constructivos	Es una medida de eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico. Uno de sus factores es el tiempo de ejecución de una obra.	El tiempo de construcción de los muros se determinará mediante fichas de registro y hojas de cálculo PERT-CPM.	Muro de adobe.	Tiempo de construcción de un muro de adobe.		Diagrama de Gantt Hoja de cálculo de indicadores PERT-CPM
			Muro de madera plástica con sistema Blockhouse	Tiempo de construcción de un muro de madera plástica con sistema Blockhouse.		Diagrama de Gantt Hoja de cálculo de indicadores PERT-CPM

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Según el *propósito* de la investigación, la presente investigación es aplicada porque busca plantear una alternativa de solución al problema de la falta de viviendas en las zonas rurales altoandinas. Es aplicada cuando se “Busca conocer, actuar, construir y modificar una realidad problemática. Está más interesada en la aplicación inmediata sobre una problemática antes que el desarrollo de un conocimiento de valor universal.” (Borja, 2012, pp.10).

2.1.1 Diseño de investigación

Según el *diseño* de la investigación, la investigación es pre-experimental porque se basa en la determinación de relaciones de variables dependientes e independientes, considerando que existen variables que no pueden ser controladas (humedad relativa, temperatura ambiente, tipo y calidad de los materiales utilizados, diseño de las viviendas, etc.). Es pre-experimental cuando “se tiene una situación de control en la cual se manipulan de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efectos).” (Hernández, 2008, pp.130).

2.1.2 Enfoque de investigación

La investigación tendrá un enfoque cuantitativo no probabilístico con elementos descriptivos porque en el diseño de estudio que planteo se requiere no tanto la representatividad de elementos de una población, si no la cuidadosa y controlada elección de casos con ciertas características específicas, como la conductividad térmica, la absorción del agua. Por otro lado, se requiere describir el impacto que tiene

las condiciones climáticas sobre la estructura estudiada, como la penetrabilidad del agua.

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.2.1 Población

La población o universo: Conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones (Fernández & Baptista, 2014).

La población sobre la cual se realizó la presente investigación son los muros de las viviendas construidas del Proyecto Sumaq Wasi para zonas rurales altoandinas.

2.2.2 Muestra

La presente investigación se trabajó con un muestreo del tipo no aleatorio, es un muestreo por conveniencia, se utilizó muestras de 2 muros de las viviendas del Proyecto Sumaq Wasi para zonas rurales altoandinas.

- Método de Muestreo

Muestreo no probabilístico

2.2.3 Unidad de estudio

Las unidades de estudio consideradas son las siguientes:

Muro 1: Modelo de un muro de madera plástica utilizando el sistema constructivo Blockhouse, diseñados de acuerdo con la propuesta de la tesis para viviendas altoandinas del proyecto Sumaq Wasi.

Muro 2: Modelo de un muro de adobe utilizando el sistema constructivo tradicional, diseñados para viviendas altoandinas del proyecto Sumaq Wasi.

2.2.4 Materiales

El material utilizado para el equipo experimental de Fourier para la conductividad térmica y poder calcular la transmitancia térmica, constará de:

1. Un recipiente de tecnopor en cuyo interior estará el hielo a 0 °C, debidamente aislado con lana de vidrio.
2. Una base o soporte, también aislada por donde fluirá el vapor de agua a 100 °C.
3. Una balanza digital para determinar la masa de agua formada.
4. Un cronómetro para medir el tiempo transcurrido.
5. Dos termómetros que se colocarán en cada sistema para garantizar la constante de las temperaturas.
6. Una porción de madera plástica.

- Los materiales utilizados para el equipo experimental para la absorción de agua y penetrabilidad de agua, constara de:

1. Baldes.
2. Agua.
3. Balanza digital.
4. Adobe.
5. Madera plástica.

- Los materiales utilizados para la muestra de proceso constructivo, son los siguientes:

1. Madera plástica machimbrado.
2. Martillo de caucho.
3. Angulo metálico de 5x5x1, pernos de anclaje 5"x 3/8" y pernos de 5/32" x 1".
4. Concreto listo.

5. Adobe.
6. Barro (mortero).
7. Plástico impermeable.
8. Poliestireno expandido (EPS).
9. Drywall.
10. Tornillo para Drywall.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección, confiabilidad y validez

2.3.1 Técnicas de recolección de datos

Según, Borja (2012). “Se deben describir las técnicas que se utilizarán para recopilar toda la información de campo. Se deben presentar todos los formatos utilizados en cada tarea, para este caso de proyectos de ingeniería se deben presentar los formatos adecuados” (p. 33).

Para la elaboración de la investigación se determinara la transmitancia térmica de los muros, absorción y penetrabilidad de los muros; y la duración de tiempo de construcción de los muros de adobe, muros de madera plástica y muros de madera plástica con un aislante térmico (poliestireno expandido). Así mismo, se aplicara la técnica de la observación, análisis y mediante los datos obtenidos en los ensayos técnicos, serán plasmado en tablas en el Programa Microsoft Excel para tener un mejor entendimiento de todo el proceso.

2.3.2 Instrumentos de recolección de datos

De acuerdo con Hernández, R, Fernández, C. y Baptista, P. (2014), “Instrumento de medición es el recurso que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tiene en mente.” (p.199).

En el caso de la presente tesis, se aplicarán normas específicas para el modelo de referencia y los modelos de prueba; además, se llevarán a cabo ensayos estandarizados para la recolección de datos verídicos y confiables en las series de pruebas. Por otro lado, se llenarán las fichas correspondientes, las cuales se muestran en el Anexo 1.

Los instrumentos de medición a ser considerados en la presente tesis son los siguientes:

- Planos del proyecto.
- Equipo Experimental (Fourier).
- Experimentación de filtración de agua para madera plástica y adobe.
- Norma EM.110.
- Hoja de cálculo de transmitancia térmica.
- Norma EN13163.
- Diagramas de Gantt.
- Hojas de cálculo de indicadores PERT-CPM

2.3.3 Confiabilidad

Según Hernández, R, Fernández, C. y Baptista, P. (2014) “la confiabilidad de un instrumento de medición se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales.” (p.200).

Para garantizar la confiabilidad de los instrumentos que se utilizarán: normas técnicas y se realizarán ensayos con equipos experimentales, las fichas y hojas de cálculo consideradas serán validadas por juicios de expertos, los cuales serán invitados para dar su opinión para tal fin.

2.3.4 Validez

Según Hernández, R, Fernández, C. y Baptista, P. (2014) “la validez, en términos generales, se refiere al grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir.” (p.200).

En cuanto a la validez de los instrumentos para la investigación fueron validados por el juicio de expertos.

Tabla 5

Validación de instrumentos de investigación

N° CIP	DATOS DE EXPERTOS	OPINIÓN DE VALIDEZ
32701	Hernandez Vega, Fidel Inocente DNI: 21463798	Los indicadores empleados en el trabajo resultan suficientes a efecto de sustentar la solución materia de análisis.
205749	Santiago Flores, Henry Wilder DNI: 70818834	Tiene buenos instrumentos e indicadores, más que se tendría que verificar el hallazgo de la conductividad, pero todo concuerda para la sustentación.
131991	Clemente Ortega, Jorge Luis DNI: 40008739	Resulta suficiente para la sustentación

Fuente: Elaboración Propia.

2.3.5 Aspectos éticos

Ética

Según Mohammad Naghi (2013), lo ético incluye ante todo las disposiciones del hombre en la vida, su carácter, sus costumbres y naturalmente también la moral, es el modo o forma de vida cotidiana de cada ser humano. La ética como ciencia establece leyes y normas para que el hombre pueda discernir mejor entre lo correcto y lo incorrecto, la ética es la ciencia de lo que el hombre debe hacer para vivir como debe vivir. (p.433).

Aspectos Éticos del Investigador

De acuerdo con el código de ética del colegio profesional de ingenieros, se establece en sus artículos 14 y 15 lo siguiente:

“Los ingenieros están al servicio de la sociedad. Por consiguiente, tienen la obligación de contribuir al bienestar humano, dando importancia primordial a la seguridad y adecuada utilización de los recursos en el desempeño de sus tareas profesionales”.

“Los ingenieros deben promover y defender la integridad, el honor y la dignidad de su profesión, contribuyendo con su conducta a que el consenso público se forme y mantenga un cabal sentido de respeto hacia ella y sus miembros, basado en la honestidad e integridad con que la misma se desempeña”

Se tomarán los siguientes aspectos éticos en el proyecto de tesis.

a. Solidaridad

En la revista mexicana online Nexos (2017) se define la solidaridad de la siguiente manera: El concepto de solidaridad ha cobrado actualidad en la discusión acerca de los valores y derechos fundamentales, de modo que solidaridad, junto con libertad, igualdad y justicia, se ha convertido en un concepto clave y en el santo y seña del progreso social y del sentido del cambio estructural de la sociedad y de las relaciones internacionales.

b. Honestidad

De acuerdo con Cegarra, J. (2011), la honestidad es una de las conductas que deben y deberían tener los investigadores tanto en su plan de trabajo y como se relaciona con los demás.

En relación con su plan de trabajo, la honestidad es necesaria para conservar la verdad del conocimiento sin ella, la ciencia y la tecnología tendrían pocas posibilidades. El investigador debe de mantenerse al margen con la valuación de los

resultados, por lo que se debe de eliminar el subjetivismo a pesar de que los resultados vallan en contra de la hipótesis de la propia investigación. (p.71).

c. Lealtad profesional

Cegarra, J. (2011). La lealtad conducta importante hacia la institución para la cual se investiga, la confidencialidad es necesaria tanto la relación autor como institución para mantener una buena prosperidad de la institución, por lo que no hay que dar a conocer aquello que puede afectar su propia integridad moral. (p.72).

d. Responsabilidad Social

La Real Académica Española RAE (2020). La responsabilidad social es un término que se refiere a la carga, compromiso u obligación, de los miembros de una sociedad ya sea como individuos o como miembros de algún grupo, tanto entre sí como para la sociedad en su conjunto.

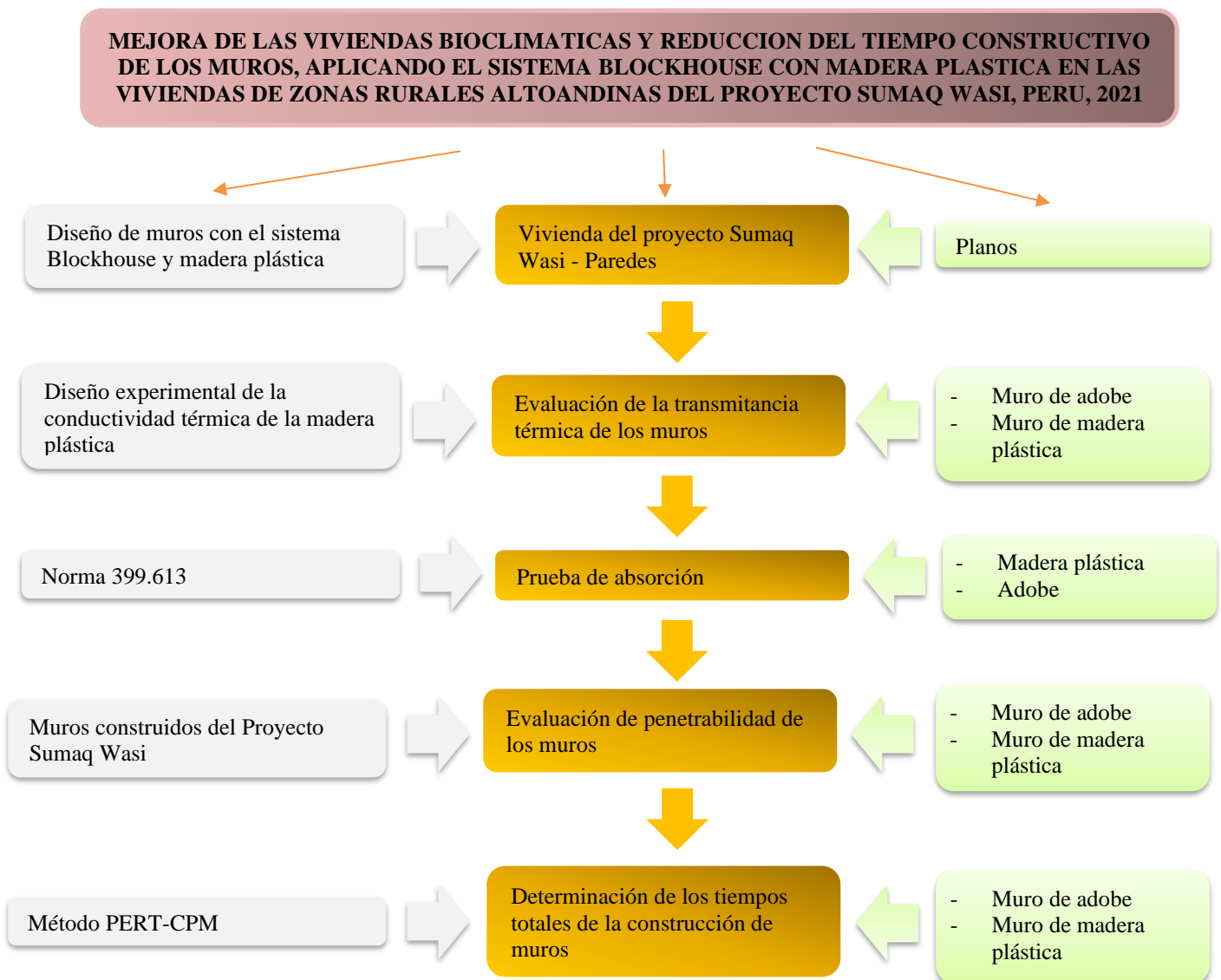
2.4 Procedimiento

El procedimiento a seguir está compuesto de 5 fases (recuadro de color amarillo) en cada uno de ellos está considerando los siguientes aspectos:

- a. Para el ítem Vivienda de proyecto Suma Wasi – muros, se requiere el diseño de los muros del sistema Blockhouse y madera plástica, así como se presentarán los planos de los proyectos.
- b. Para el ítem de la evaluación de la transmitancia térmica de los muros se requiere el diseño experimental de la conductividad térmica de la madera plástica, así como se presentarán la evaluación de la transmitancia térmica de los muros de las viviendas de adobe y madera plástica.
- c. Para la prueba de la absorción se sigue las instrucciones de la norma técnica peruana 399.613, así como para los materiales de adobe y madera plástica

- d. Para la evaluación de penetrabilidad de muros, se requieren muros construidos de acuerdo al diseño del proyecto Sumaq wasi, así como se presentará la vivienda de adobe y madera plástica.
- e. Para la determinación de los tiempos totales de la construcción de los muros se requiere utilizar el método PERT-CPM, así como para la vivienda de adobe y madera plástica.

Figura 14
Procedimiento de la investigación.



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

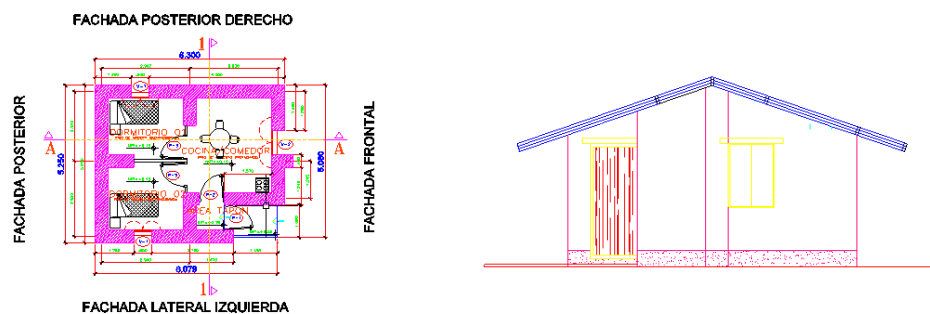
Viviendas de proyecto Sumaq Wasi - paredes

- a. Planos de vivienda de adobe Sumaq Wasi (**Anexo N°1**: Planos en AutoCAD del proyecto).

Se presenta los planos de la vivienda del proyecto Sumaq Wasi, para zonas rurales altoandinas diseñados a partir del expediente técnico proporcionado por la alta dirección del proyecto nacional del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Figura 15

Planos de los muros de la vivienda de adobe del proyecto Sumaq Wasi en AutoCAD (.dwg)



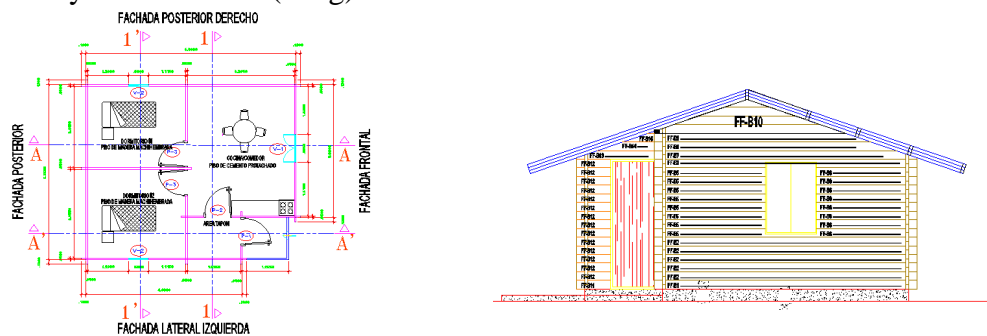
Fuente: Elaboración propia.

- b. Planos de madera plástica con el sistema constructivo Blockhouse orientado a Sumaq Wasi (**Anexo N°2**: Planos en autoCAD del proyecto).

Se presenta los planos de la vivienda con el sistema constructivo Bockhouse y madera plástica orientado con los planos del proyecto Sumaq Wasi, para zonas rurales altoandinas.

Figura 16

Planos de los muros de la vivienda de madera plástica con el sistema Blockhouse y muros de poliestireno expandido como aislante térmico, orientado del proyecto Sumaq Wasi y en AutoCAD (.dwg)



Fuente: Elaboración propia.

- c. Proceso constructivo de los muros de las viviendas (**Anexo N°3: Memoria descriptiva de los procesos constructivos**)

El proceso constructivo de la vivienda de adobe del proyecto Sumaq Wasi, son la siguiente:

Se hace un cimiento de dimensión 0.60m x 0.60m con un sobrecimiento de 0.40m x 0.30m, asentados con ladrillo de adobe de 0.40m x 0.40m x 0.10m con refuerzos horizontales y verticales, a más detalle en Anexo N°3.

El proceso constructivo de la vivienda de madera plástica con el sistema Blockhouse orientada al proyecto Sumaq Wasi, son la siguiente:

Se hace un cimiento de dimensión 0.60m x 0.40m con un sobrecimiento de 0.10m x 0.30m, asentados con madera plástica de 0.14m x 0.05m de espesor, con machimbrado para el encaje a la perfección en todo el muro, a más detalle en Anexo N°3.

- d. Expediente Técnico (**Anexo N°4: Expediente técnico de casa de adobe de Sumaq Wasi, brindado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento**).

3.1 PARA EL OBJETIVO N° 1

3.1.1 CALCULOS:

Evaluación de las transmitancias térmicas de los muros considerados (Anexo N°5:

diseño experimental de la conductividad térmica de la madera plástica **Formato N°1;**

evaluación de la transmitancia térmica de los muros **Formato N°2)**

a. Calculo de la conductividad térmica de la madera plástica (**Formato N° 1**)

Los datos de entrada son los siguientes: espesor de la madera plástica, área de la madera plástica, diferencia de temperaturas.

$$e = 0,005 \text{ m}; \text{ Largo} = 0,10 \text{ m}; \text{ Ancho} = 0,0685 \text{ m}; \text{ Area} = 0,00685 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 100 \text{ }^\circ\text{C}; L = 2264300 \text{ J/kg}$$

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

$$k = \frac{m e L}{t. A. \Delta T}$$

Tabla 6

Calculo experimental de la conductividad térmica de la madera plástica 300s.

t (s)	m (kg)	A	e	ΔT	k
300.00	0.00400	0.00685	0.005	100.00	0.22
300.00	0.00600	0.00685	0.005	100.00	0.33
300.00	0.00200	0.00685	0.005	100.00	0.11
300.00	0.00000	0.00685	0.005	100.00	0.00
300.00	0.00400	0.00685	0.005	100.00	0.22
300.00	0.00800	0.00685	0.005	100.00	0.44
Conductividad térmica promedio					0.22

Fuente: Elaboración propia.

$$k = 0,22 \text{ W/m.K}$$

b. Cálculo de las transmitancias térmicas de los muros considerados (**Formato N° 2**)

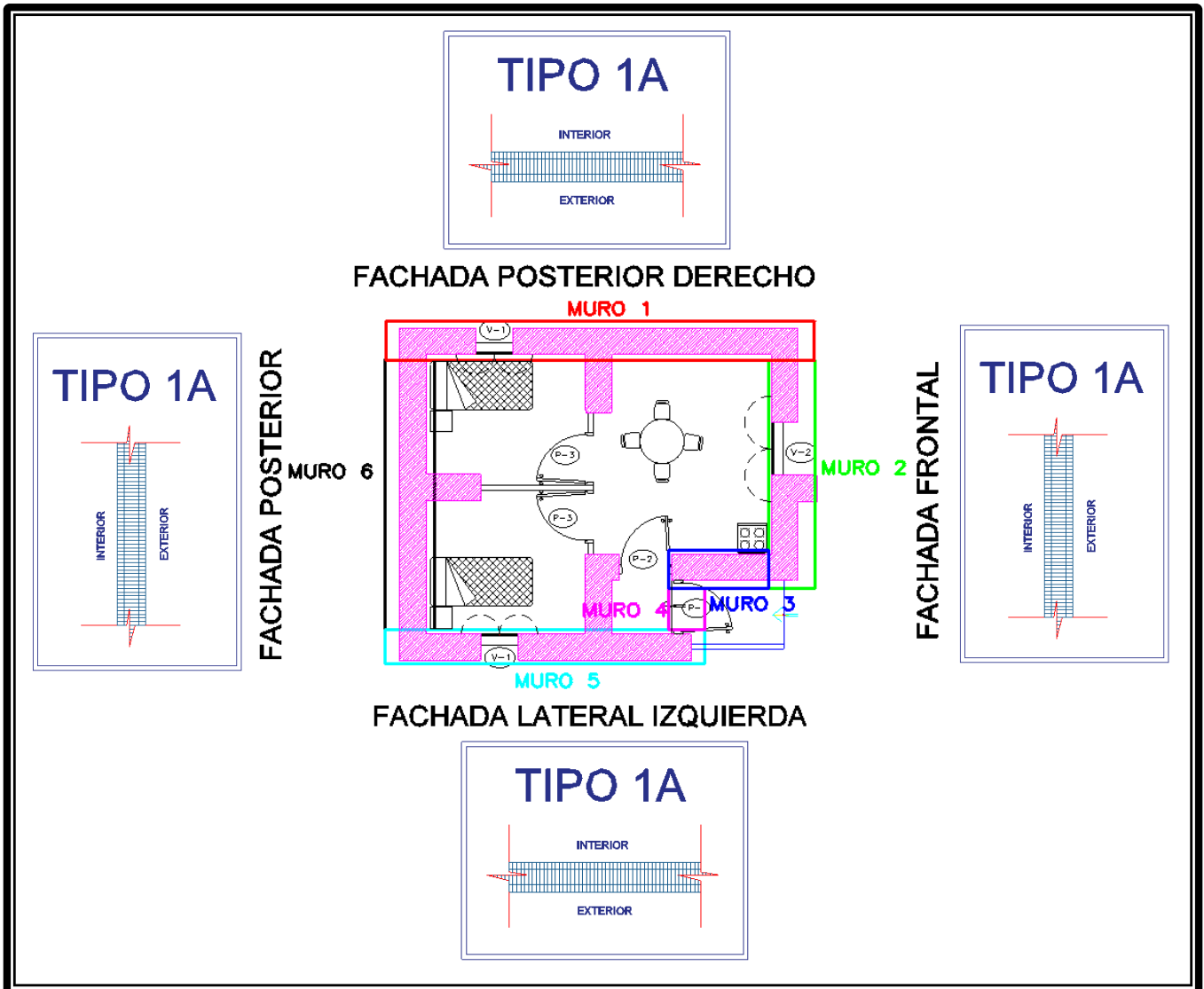
i. Transmitancia térmica de los muros exteriores según Expediente técnico de Sumaq

Wasi

- Debe verificar el tipo de envoltente que posee el proyecto.

Figura 17

Envoltente tipo 1A (muros) – vivienda de adobe según el expediente técnico de Sumaq Wasi.



Fuente: Elaboración propia

- Se empieza a calcular la transmitancia térmica máxima de la envoltente, mediante la ficha de cálculo expresado en la norma EM.110.

Ventanas (V-01) y (V-02): Vidrio transparente crudo 6mm, con marco de aluminio, y contraventana compuesto de triplay con un relleno de poliestireno expandido (EPS) de densidad 10 kg/cm³.

Dimensiones V-01: Presenta 2 (V-01) en la vivienda Sumaq Wasi

Largo: 1.00m

Ancho: 0.6m

Dimensiones V-02: Presenta 1 (V-02) en la vivienda Sumaq Wasi

Largo: 1.16m

Ancho: 0.835m

Tabla 7

Lista de composición de ventanas y contraventanas tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción y transmitancia térmica de los tipos de carpintería según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica k (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
V-01								
Tipo de vidrio:								
Vidrio transparentes crudo	0.006	2				0.50	5.70	5.64
Carpintería de aluminio	0.025	2	4.2			0.11	5.70	1.20
Contraventana (V-01)								
Composición:								
Triplay	0.004				0.14			
Poliestireno expandido (EPS)	0.0254	2			0.0425	0.6	0.15	0.18
Triplay	0.004				0.14			
Aire	0.16				0.026			
Carpintería de aluminio	0.004	2	0		0.14			
Ventanas 1 (V-02)								
Tipo de vidrio:								
Vidrio transparentes crudo	0.006					0.83	5.70	4.74
Triplay	0.004	2		0				
Aire	0.0127	2		0.12				
Carpintería de aluminio	0.025		5.46			0.14	5.70	0.78
Contraventana (V-02)								
Composición:								
Triplay	0.004				0.14			
Poliestireno expandido (EPS)	0.0254				0.0425	0.97	0.15	0.14
Triplay	0.004				0.14			
Aire	0.16				0.026			

Fuente: Elaboración propia.

Vidrio transparente crudo V-01, según plano

[S1] Área V-01: (0.7m x 0.55m) + (0.2m x 0.55m) = 0.50m²

[U1] Según el Anexo N° 3: características higrométricas de los materiales de construcción de la Norma EM.110. Columna Transmitancia térmica U (W/m²k).

Carpintería de aluminio V-01, según plano

Perímetro: (1m + 0.55m) x 2 + (0.55m x 2) = 4.2m

[S1] Área V-01: Perímetro x espesor

[S1] Área V-01: 4.2m x 0.025m = 0.11m²

[U1] Según la Tabla N° 7: Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco de ventanas en muros 1A de la Norma EM.110.

Contraventana (V-01), según plano

[Coeficiente de transmisión térmica k] Según el Anexo N° 3: características higrométricas de los materiales de construcción de la Norma EM.110. Columna Coeficiente de transmisión térmica o de conductividad térmica k (W/mk).

[S1] Área V-01: (1.00m x 0.60m) = 0.60m²

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

Nota: Según el paso N° 4 para el tipo 1A, numeral 3.1 de la Norma EM. 110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la celda RST/RSA, en la Resistencia superficial externa (Rse) se coloca 0.11 W/m²K y en la Resistencia superficial interna (Rsi) se coloca 0.06 W/m²K.

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{0.004}{0.14} + \frac{0.0254}{0.0425} + \frac{0.004}{0.14} + \frac{0.16}{0.026} + 0.06 + 0.11\right)}$$

[U1] = 0.14 W/m²K.

Vidrio transparente crudo V-02, según plano

[S1] Área V-02: (0.81m x 0.785m) + (0.25m x 0.785m) = 0.83m²

[U1] Según el Anexo N° 3: características higrométricas de los materiales de construcción de la Norma EM.110. Columna Transmitancia térmica U (W/m²k).

Carpintería de aluminio V-02, según plano

Perímetro: $(1.16\text{m} + 0.785\text{m}) \times 2 + (0.785\text{m} \times 2) = \underline{5.46\text{m}}$

[S1] Área V-02: Perímetro x espesor

[S1] Área V-02: $5.46\text{m} \times 0.025\text{m} = \underline{0.14\text{m}^2}$

[U1] Según la Tabla N° 7: Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco de ventanas en muros 1A de la Norma EM.110.

Contraventana (V-02), según plano

[Coeficiente de transmisión térmica k] Según el Anexo N° 3: características higrométricas de los materiales de construcción de la Norma EM.110. Columna Coeficiente de transmisión térmica o de conductividad térmica k (W/mk).

[S1] Área V-02: $(1.16\text{m} \times 0.835\text{m}) = \underline{0.97\text{m}^2}$

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

Nota: Según el paso N° 4 para el tipo 1A, numeral 3.1 de la Norma EM. 110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la celda RST/RSA, en la Resistencia superficial externa (Rse) se coloca 0.11 W/m²K y en la Resistencia superficial interna (Rsi) se coloca 0.06 W/m²K.

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{0.004}{0.14} + \frac{0.0254}{0.0425} + \frac{0.004}{0.14} + \frac{0.16}{0.026} + 0.06 + 0.11\right)}$$

[U1] = 0.14 W/m²K.

Puerta (P-01): Puerta de entrada exterior compuesto por marco de madera liviana tornillo, cerrado con madera tornillo y triplay con relleno de poliestireno expandido (EPS) de densidad 20 kg/cm³.

Dimensiones P-01:

Largo: 2.10m

Ancho: 0.84m

Tabla 8

Lista de composición de puerta exterior tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Puerta (P-1)								
Madera 0-machimbrada exterior tornillo	0.0127				0.12	1.76	0.82	1.44
Poliestireno expandido (EPS)	0.0254				0.0384			
Triplay	0.04				0.14			

Fuente: Elaboración propia

Puerta P-01, según plano

[S1] Área P-01: (2.1m x 0.84m) = 1.76m²

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

Nota: Según el paso N° 4 para el tipo 1A, numeral 3.1 de la Norma EM. 110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la celda RST/RSA, en la Resistencia superficial externa (Rse) se coloca 0.11 W/m²K y en la Resistencia superficial interna (Rsi) se coloca 0.06 W/m²K.

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{0.0127}{0.12} + \frac{0.0254}{0.0384} + \frac{0.04}{0.14} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U1] = 0.82 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

Muro N° 1: Compuesto por adobe con una altura de 2.4m, con enlucido de yeso y ventana V-01, con un sobrecimiento de 0.30m.

Dimensiones M-1:

Largo: 6.3m

Alto: 2.4m

Nota: Según el paso N° 4 para el tipo 1A – muros, numeral 3.1 de la Norma EM. 110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la celda RST/RSA, en la Resistencia superficial externa (Rse) se coloca 0.11 W/m²K y en la Resistencia superficial interna (Rsi) se coloca 0.06 W/m²K.

Tabla 9

Lista de composición de muro N°1 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11				
Resistencia superficial interna (Rsi)				0.06				
Muro sin cámara de aire N° 1								
Composición del muro								
Adobe	0.4				0.9	12.63	1.51	19.01
Enlucido de yeso (exterior)	0.01				0.4			
Enlucido de yeso (interior)	0.01				0.4			

Fuente: Elaboración propia

Muro N° 1, según plano

[S1] Área: (Largo x (Alto - Altura Sobrecimiento)) – (A. Ventana)

[S1] Área: (6.3m x 2.1m) - (0.6m x 1.00m) = 12.63m²

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material1}}}{k_{\text{material1}}} + \frac{e_{\text{material2}}}{k_{\text{material2}}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{0.4}{0.9} + \frac{0.01}{0.4} + \frac{0.01}{0.4} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = 1.51 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Muro N° 2: Compuesto por adobe con una altura de 3.3m, con enlucido de yeso (Techo doble agua) y ventana V-02, con un sobrecimiento de 0.30m.

Dimensiones M-2:

Largo: 3.57m

Alto: 3.3m

Tabla 10

Lista de composición de muro N°2 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11				
Resistencia superficial interna (Rsi)				0.06				
Muro sin cámara de aire N° 2								
Composición del muro								
Adobe	0.4				0.9	8.59	1.51	12.92
Enlucido de yeso (exterior)	0.01				0.4			
Enlucido de yeso (interior)	0.01				0.4			

Fuente: Elaboración propia

Muro N° 2, según plano

[S1] Área: (Largo x (Alto - Altura Sobrecimiento)) – (A. Ventana)

[S1] Área: 9.5548m² - (1.16m x 0.835m) = 8.59m²

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material1}}}{k_{\text{material1}}} + \frac{e_{\text{material2}}}{k_{\text{material2}}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{0.4}{0.9} + \frac{0.01}{0.4} + \frac{0.01}{0.4} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = 1.51 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Muro N° 3: Compuesto por adobe y enlucido de yeso con una altura de 2.54m, con un sobrecimiento de 0.30m.

Dimensiones M-3:

Largo: 1.57m

Alto: 2.55m

Tabla 11

Lista de composición de muro N°3 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11				
Resistencia superficial interna (Rsi)				0.06				
Muro sin cámara de aire N° 3								
						3.53	1.51	5.31

Composición del muro		
Adobe	0.4	0.9
Enlucido de yeso (exterior)	0.01	0.4
Enlucido de yeso (interior)	0.01	0.4

Fuente: Elaboración propia

Muro N° 3, según plano

[S1] Área: (Largo x (Alto - Altura Sobrecimiento))

[S1] Área: (1.57m x 2.25m) = 3.53m²

$$[U_{1muro \text{ sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

$$[U_{1muro \text{ sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{0.4}{0.9} + \frac{0.01}{0.4} + \frac{0.01}{0.4} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_{1muro \text{ sin camara}}] = 1.51 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Muro N° 4: Compuesto por adobe y enlucido de yeso con una altura de 2.54m y puerta P-01, con un sobrecimiento de 0.15m.

Dimensiones M-4:

Largo: 0.84m

Alto: 2.83m

Tabla 12

Lista de composición de muro N°4 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11				
Resistencia superficial interna (Rsi)				0.06				
Muro sin cámara de aire N° 4								
Composición del muro								
Adobe	0.4				0.9	0.37	1.51	0.55
Enlucido de yeso (exterior)	0.01				0.4			
Enlucido de yeso (interior)	0.01				0.4			

Fuente: Elaboración propia

Muro N° 4, según plano

[S1] Área: (Largo x (Alto - Altura Sobrecimiento)) – (A. Puerta)

$$[S1] \text{ Área: } 2.13\text{m}^2 - (2.1\text{m} \times 0.84\text{m}) = \underline{0.37\text{m}^2}$$

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material1}}}{k_{\text{material1}}} + \frac{e_{\text{material2}}}{k_{\text{material2}}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{0.4}{0.9} + \frac{0.01}{0.4} + \frac{0.01}{0.4} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = 1.51 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Muro N° 5: Compuesto por adobe y enlucido de yeso con una altura de 2.4m y ventana V-01, con un sobrecimiento de 0.30m.

Dimensiones M-5:

Largo: 4.62m

Alto: 2.40m

Tabla 13

Lista de composición de muro N°5 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11				
Resistencia superficial interna (Rsi)				0.06				
Muro sin cámara de aire N° 5								
Composición del muro								
Adobe	0.4				0.9	9.10	1.51	13.70
Enlucido de yeso (exterior)	0.01				0.4			
Enlucido de yeso (interior)	0.01				0.4			

Fuente: Elaboración propia

Muro N° 5, según plano

$$[S1] \text{ Área: } (\text{Largo} \times (\text{Alto} - \text{Altura Sobrecimiento})) - (\text{A. Ventana})$$

$$S1] \text{ Área: } (4.62\text{m} \times 2.1\text{m}) - (1\text{m} \times 0.6\text{m}) = \underline{9.10\text{m}^2}$$

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material1}}}{k_{\text{material1}}} + \frac{e_{\text{material2}}}{k_{\text{material2}}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{0.4}{0.9} + \frac{0.01}{0.4} + \frac{0.01}{0.4} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_{1muro\ sin\ camara}] = 1.51\ W/m^2K$$

Muro N° 6: Compuesto por adobe y enlucido de yeso con una altura de 3.30m (techo inclinado) con un sobrecimiento 0.30m.

Dimensiones M-5:

Largo: 4.41m

Alto: 3.30m

Tabla 14

Lista de composición de muro N°6 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11				
Resistencia superficial interna (Rsi)				0.06				
Muro sin cámara de aire N° 6								
Composición del muro								
Adobe	0.4				0.9	11.57	1.51	17.41
Enlucido de yeso (exterior)	0.01				0.4			
Enlucido de yeso (interior)	0.01				0.4			

Fuente: Elaboración propia

Muro N° 6, según plano

[S1] Área: Largo x (Alto - Altura Sobrecimiento)

S1] Área: 11.57m²

$$[U_{1muro\ sin\ camara}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

$$[U_{1muro\ sin\ camara}] = \frac{1}{\left(\frac{0.4}{0.9} + \frac{0.01}{0.4} + \frac{0.01}{0.4} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_{1muro\ sin\ camara}] = 1.51\ W/m^2K$$

Sobrecimiento N° 1: Está compuesta por concreto simple y mortero cemento-arena.

Según la Norma EM. 110 se toma como un puente térmico.

Dimensiones S-1:

Largo: 6.30m

Alto: 0.30m

Tabla 15

Lista de composición de sobrecimiento N°1 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Puente térmico: sobrecimiento N° 1								
Composición:								
Concreto simple	0.4				1.51	1.89	3.41	6.44
Mortero cemento-arena (interno)	0.02				1.4			
Mortero cemento-arena (externo)	0.02				1.4			

Fuente: Elaboración propia

Sobrecimiento N° 1, según plano

[S1] Área: Largo x Alto

[S1] Área: (6.30m x 0.30m) = 1.89m²

$$[U_{1-sobrecim}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \frac{e_{material3}}{k_{material3}} + \dots\right)}$$

$$[U_{1-sobrecim}] = \frac{1}{\left(\frac{0.4}{1.51} + \frac{0.02}{1.4} + \frac{0.02}{1.4}\right)}$$

$$[U_{1-sobrecim}] = 3.41 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Sobrecimiento N° 2: Está compuesta por concreto simple y mortero cemento-arena.

Según la Norma EM. 110 se toma como un puente térmico.

Dimensiones S-2:

Largo: 3.57m

Alto: 0.30m

Tabla 16

Lista de composición de sobrecimiento N°2 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Puente térmico: sobrecimiento N° 2								
Composición:								
Concreto simple	0.4				1.51	1.07	3.41	3.65
Mortero cemento-arena (interno)	0.02				1.4			

Mortero cemento-arena (externo)	0.02	1.4
---------------------------------	------	-----

Fuente: Elaboración propia

Sobrecimiento N° 2, según plano

[S1] Área: Largo x Alto

[S1] Área: (3.57m x 0.30m) = 1.07m²

$$[U_{1-sobrecim}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \frac{e_{material3}}{k_{material3}} + \dots\right)}$$

$$[U_{1-sobrecim}] = \frac{1}{\left(\frac{0.4}{1.51} + \frac{0.02}{1.4} + \frac{0.02}{1.4}\right)}$$

[U_{1-sobrecim}] = 3.41 W/m²K

Sobrecimiento N° 3: Está compuesta por concreto simple y mortero cemento-arena.

Según la Norma EM. 110 se toma como un puente térmico.

Dimensiones S-3:

Largo: 1.57m

Alto: 0.30m

Tabla 17

Lista de composición de sobrecimiento N°3 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Puente térmico: sobrecimiento N° 3								
Composición:								
Concreto simple	0.4				1.51	0.47	3.41	1.60
Mortero cemento-arena (interno)	0.02				1.4			
Mortero cemento-arena (externo)	0.02				1.4			

Fuente: Elaboración propia

Sobrecimiento N° 3, según plano

[S1] Área: Largo x Alto

[S1] Área: (1.57m x 0.30m) = 0.47m²

$$[U_{1-sobrecim}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \frac{e_{material3}}{k_{material3}} + \dots\right)}$$

$$[U_{1-sobrecim}] = \frac{1}{\left(\frac{0.4}{1.51} + \frac{0.02}{1.4} + \frac{0.02}{1.4}\right)}$$

$$[U_{1-sobrecim}] = 3.41 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Sobrecimiento N° 4: Está compuesta por concreto simple y mortero cemento-arena.

Según la Norma EM. 110 se toma como un puente térmico.

Dimensiones S-4:

Largo: 0.84m

Alto: 0.15m

Tabla 18

Lista de composición de sobrecimiento N°4 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Puente térmico: sobrecimiento N° 4								
Composición:								
Concreto simple	0.4				1.51	0.13	3.41	0.43
Mortero cemento-arena (interno)	0.02				1.4			
Mortero cemento-arena (externo)	0.02				1.4			

Fuente: Elaboración propia

Sobrecimiento N° 4, según plano

[S1] Área: Largo x Alto

[S1] Área: (0.84m x 0.15m) = 0.13m²

$$[U_{1-sobrecim}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \frac{e_{material3}}{k_{material3}} + \dots\right)}$$

$$[U_{1-sobrecim}] = \frac{1}{\left(\frac{0.4}{1.51} + \frac{0.02}{1.4} + \frac{0.02}{1.4}\right)}$$

$$[U_{1-sobrecim}] = 3.41 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Sobrecimiento N° 5: Está compuesta por concreto simple y mortero cemento-arena.

Según la Norma EM. 110 se toma como un puente térmico.

Dimensiones S-5:

Largo: 4.62m

Alto: 0.30m

Tabla 19

Lista de composición de sobrecimiento N°5 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Puente térmico: sobrecimiento N° 5								
Composición:								
Concreto simple	0.4				1.51	1.39	3.41	4.72
Mortero cemento-arena (interno)	0.02				1.4			
Mortero cemento-arena (externo)	0.02				1.4			

Fuente: Elaboración propia

Sobrecimiento N° 5, según plano

[S1] Área: Largo x Alto

[S1] Área: (4.62m x 0.30m) = 1.39m²

$$[U_{1-sobrecim}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \frac{e_{material3}}{k_{material3}} + \dots\right)}$$

$$[U_{1-sobrecim}] = \frac{1}{\left(\frac{0.4}{1.51} + \frac{0.02}{1.4} + \frac{0.02}{1.4}\right)}$$

$$[U_{1-sobrecim}] = 3.41 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Sobrecimiento N° 6: Está compuesta por concreto simple y mortero cemento-arena.

Según la Norma EM. 110 se toma como un puente térmico.

Dimensiones S-6:

Largo: 4.41m

Alto: 0.30m

Tabla 20

Lista de composición de sobrecimiento N°6 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Puente térmico: sobrecimiento N° 6								
Composición:								
						1.32	3.41	4.51

Concreto simple	0.4	1.51
Mortero cemento-arena (interno)	0.02	1.4
Mortero cemento-arena (externo)	0.02	1.4

Fuente: Elaboración propia

Sobrecimiento N° 6, según plano

[S1] Área: Largo x Alto

[S1] Área: (4.41m x 0.30m) = 1.32m²

$$[U_{1-sobrecim}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \frac{e_{material3}}{k_{material3}} + \dots\right)}$$

$$[U_{1-sobrecim}] = \frac{1}{\left(\frac{0.4}{1.51} + \frac{0.02}{1.4} + \frac{0.02}{1.4}\right)}$$

[U_{1-sobrecim}] = 3.41 W/m²K

Vestidura de derrame N° 1: Está compuesta por enlucido de yeso de la V-01. En la vivienda cuenta con 2 cantidades.

Dimensiones Vdd-1:

Ancho: 0.60m

Alto: 1.00m

Tabla 21

Lista de composición de vestidura de derrame de ventana V-01 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Puente térmico: Vestidura de derrame N° 1								
Ventanas (V-01)								
Composición:						0.03	40.00	2.56
Enlucido de yeso	0.01	2	3.2		0.4			

Fuente: Elaboración propia

Vestidura de derrame (V-01) N° 1, según plano

Perímetro: 2(Alto) + 2(Acho) = 2(1.00m) + 2(0.60m) = 3.2m

[S1] Área: Perímetro x espesor

[S1] Área: (3.2m x 0.01m) = 0.03m²

$$[U_{1-vdd}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \frac{e_{material3}}{k_{material3}} + \dots\right)}$$

$$[U_{1-vdd}] = \frac{1}{\left(\frac{0.01}{0.4}\right)}$$

$$[U_{1-vdd}] = 40.00 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Vestidura de derrame N° 2: Está compuesta por enlucido de yeso de la V-02. En la vivienda cuenta con 1 cantidad.

Dimensiones Vdd-2:

Ancho: 0.60m

Alto: 1.00m

Tabla 22

Lista de composición de vestidura de derrame de ventana V-02 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Puente térmico: Vestidura de derrame N° 2								
Ventanas (V-02)						0.04	40.00	1.60
Composición:								
Enlucido de yeso	0.01		3.99		0.4			

Fuente: Elaboración propia

Vestidura de derrame (V-02) N° 2, según plano

Perímetro: 2(Alto) + 2(Ancho) = 2(1.16m) + 2(0.835m) = 3.99m

[S1] Área: Perímetro x espesor

[S1] Área: (3.99m x 0.01m) = 0.04m²

$$[U_{1-vdd}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \frac{e_{material3}}{k_{material3}} + \dots\right)}$$

$$[U_{1-vdd}] = \frac{1}{\left(\frac{0.01}{0.4}\right)}$$

$$[U_{1-vdd}] = 40.00 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Vestidura de derrame N° 3: Está compuesta por enlucido de yeso de la P-01.

Dimensiones Vdd-3:

Ancho: 0.84m

Alto: 2.10m

Tabla 23

Lista de composición de vestidura de derrame de puerta P-01 tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Puente térmico: Vestidura de derrame N° 3								
Puerta (P-1)						0.06	40.00	2.35
Composición:								
Enlucido de yeso	0.01		5.88		0.4			

Fuente: Elaboración propia

Vestidura de derrame (P-01) N° 3, según plano

Perímetro: 2(Alto) + 2(Ancho) = 2(2.10m) + 2(0.84m) = 5.88m

[S1] Área: Perímetro x espesor

[S1] Área: (5.88m x 0.01m) = 0.06m²

$$[U_{1-vdd}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \frac{e_{material3}}{k_{material3}} + \dots\right)}$$

$$[U_{1-vdd}] = \frac{1}{\left(\frac{0.01}{0.4}\right)}$$

$$[U_{1-vdd}] = 40.00 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Se presenta la evaluación de la transmitancia final del envolvente 1A de la vivienda Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico, que se presenta en el Formato N° 02 – 1.

Tabla 24

Transmitancia térmica del Envoltentes Tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico, Norma EM. 110.

Tipo	Componentes	Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1	
Envoltentes Tipo 1A	Ventanas, mamparas o superficie vidriadas transparentes o translúcidas y puertas (verticales o inclinadas más de 60° con la horizontal)	Ventanas 1 (V-01)									
		Tipo de vidrio:						0.50	5.70	5.64	
		Vidrio transparentes crudo	0.006	2							
		Tipo de carpintería del marco									
		Carpintería de aluminio	0.025	2	4.2			0.11	5.70	1.20	
		Ventanas 1 (V-02)									
		Tipo de vidrio:							0.83	5.70	4.74
		Vidrio transparentes crudo	0.006								
		Tipo de carpintería del marco									
		Carpintería de aluminio	0.025		5.46			0.14	5.70	0.78	
		Contraventana (V-01)									
		composición:									
		Triplay	0.004	2				0.14	0.6	0.14	0.17
		Poliestireno expandido (EPS)	0.0254					0.0425			
		Triplay	0.004					0.14			
		Aire	0.16					0.026			
		Contraventa (V-02)									
		composición:									
		Triplay	0.004					0.14	0.97	0.14	0.14
		Poliestireno expandido (EPS)	0.0254				0.0425				
		Triplay	0.004				0.14				
		Aire	0.16				0.026				
		Puerta (P-1)									
Madera machimbrada exterior tornillo	0.0127					0.12	1.76	0.82	1.44		
Poliestireno expandido (EPS)	0.0254				0.0384						
Triplay	0.04				0.14						
Resistencias superficiales											
Resistencia superficial externa (Rse)						0.11					
Resistencia superficial interna (Rsi)						0.06					
Muro sin cámara de aire N° 1											
composición del muro											
Adobe						0.4	0.9	12.63	1.51	19.01	
Enlucido de yeso (exterior)						0.01	0.4				
Enlucido de yeso (interior)						0.01	0.4				
Muro sin cámara de aire N° 2											
composición del muro											
Adobe						0.4	0.9	8.59	1.51	12.92	
Enlucido de yeso (exterior)						0.01	0.4				
Enlucido de yeso (interior)						0.01	0.4				
Muro sin cámara de aire N° 3											
composición del muro											
Adobe						0.4	0.9	3.53	1.51	5.31	
Enlucido de yeso (exterior)						0.01	0.4				
Enlucido de yeso (interior)						0.01	0.4				
Muro sin cámara de aire N° 4											
composición del muro											
Adobe						0.4	0.9	0.37	1.51	0.55	
Enlucido de yeso (exterior)						0.01	0.4				
Enlucido de yeso (interior)						0.01	0.4				
Muro sin cámara de aire N° 5											
composición del muro											
Adobe						0.4	0.9	9.10	1.51	13.70	
Enlucido de yeso (exterior)						0.01	0.4				
Enlucido de yeso (interior)						0.01	0.4				
Muro sin cámara de aire N° 6											
composición del muro											
Adobe						0.4	0.9	11.57	1.51	17.41	
Enlucido de yeso (exterior)						0.01	0.4				
Enlucido de yeso (interior)						0.01	0.4				
Puente térmico: sobrecimiento N° 1								1.89	3.41	6.44	

Mejora de las variables bioclimáticas y reducción del tiempo constructivo de los muros, aplicando el sistema Blockhouse con madera plástica en las viviendas de zonas rurales altoandinas del proyecto Sumaq Wasi, Perú, 2021.

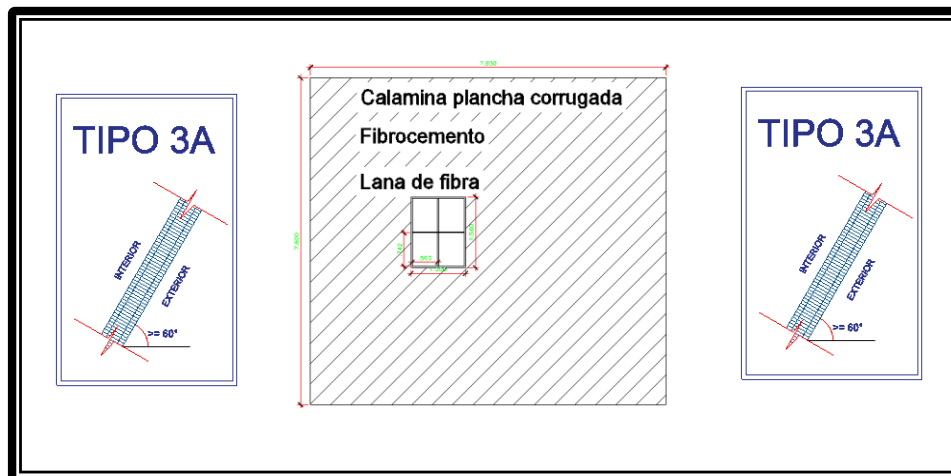
composición:					
Concreto simple	0.4			1.51	
Mortero cemento-arena (interno)	0.02			1.4	
Mortero cemento-arena (externo)	0.02			1.4	
Puente térmico: sobrecimiento N° 2					
composición:					
Concreto simple	0.4			1.51	1.07 3.41 3.65
Mortero cemento-arena (interno)	0.02			1.4	
Mortero cemento-arena (externo)	0.02			1.4	
Puente térmico: sobrecimiento N° 3					
composición:					
Concreto simple	0.4			1.51	0.47 3.41 1.60
Mortero cemento-arena (interno)	0.02			1.4	
Mortero cemento-arena (externo)	0.02			1.4	
Puente térmico: sobrecimiento N° 4					
composición:					
Concreto simple	0.4			1.51	0.13 3.41 0.43
Mortero cemento-arena (interno)	0.02			1.4	
Mortero cemento-arena (externo)	0.02			1.4	
Puente térmico: sobrecimiento N° 5					
composición:					
Concreto simple	0.4			1.51	1.39 3.41 4.72
Mortero cemento-arena (interno)	0.02			1.4	
Mortero cemento-arena (externo)	0.02			1.4	
Puente térmico: sobrecimiento N° 6					
composición:					
Concreto simple	0.4			1.51	1.32 3.41 4.51
Mortero cemento-arena (interno)	0.02			1.4	
Mortero cemento-arena (externo)	0.02			1.4	
Puente térmico: Vestidura de derrame N° 1					
Ventanas (V-01)					0.03 40.00 2.56
composición:					
Enlucido de yeso	0.01	2	3.2	0.4	
Puente térmico: Vestidura de derrame N° 2					
Ventanas (V-02)					0.04 40.00 1.60
composición:					
Enlucido de yeso	0.01		3.99	0.4	
Puente térmico: Vestidura de derrame N° 3					
Puerta (P-1)					0.06 40.00 2.35
composición:					
Enlucido de yeso	0.01		5.88	0.4	

TRANSMITANCIA ($U_{max t} = \sum S x U / \sum S$) 1.94

Fuente: Elaboración propia.

Figura 18

Envoltorio tipo 3A (techo) – vivienda de adobe según el expediente técnico de Sumaq Wasi.



Fuente: Elaboración propia.

Ventana en Techo: Compuesto por vidrio laminado y marco de madera tornillo.

Dimensiones:

Ancho: 1.20m

Alto: 1.56m

Tabla 25

Lista de composición de ventana en techo tipo 3A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Vanos								
Tipo de vidrio/policarbonato:								
Vidrio laminado	0.006					1.74	5.40	9.37
Tipo de carpintería del marco								
Marco de madera tornillo	0.025		8.05			0.20	2.00	0.40

Fuente: Elaboración propia

Vidrio laminado, según plano

[S1] Área: (0.56m x 0.74m) x 4 = 1.67m²

[U1] Según el Anexo N° 3: características higrométricas de los materiales de construcción de la Norma EM.110. Columna Transmitancia térmica U (W/m²k).

Carpintería de madera tornillo, según plano

Perímetro: (1.56m + 1.15m) + (1.51m + 0.56m + 0.56m) = 8.05m

[S1] Área V-01: Perímetro x espesor

[S1] Área V-01: 8.05m x 0.025m = 0.20m²

[U1] Según la Tabla N° 7: Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco de ventanas en muros 1A de la Norma EM.110.

Techo sin cámara de aire N° 1: Compuesto por calamina plancha corrugada, fibrocemento y lana de fibra.

Dimensiones:

Largo: 7.83m

Alto: 7.60m

Tabla 26

Lista de composición de techo sin cámara de aire tipo 3A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.05				
Resistencia superficial interna (Rsi)				0.09				
Techo sin cámara de aire N° 1								
Composición:								
Calamina plancha corrugada	0.0003				237	61.07	0.64	39.08
Fibrocemento	0.038				0.22			
Lana de fibra	0.05				0.04			

Fuente: Elaboración propia

Techo N° 1, según plano

[S1] Área: Largo x Alto

S1] Área: 59.51m²

$$[U_{3A-\text{techo sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material1}}}{k_{\text{material1}}} + \frac{e_{\text{material2}}}{k_{\text{material2}}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

$$[U_{3A-\text{techo sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{0.0003}{237} + \frac{0.038}{0.22} + \frac{0.05}{0.04} + 0.09 + 0.05\right)}$$

$$[U_{3A-\text{muro sin camara}}] = 0.64 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Viga N° 1: Compuesto por madera tornillo.

Tabla 27

Lista de composición de viga de madera 3A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Puente térmico: Viga N° 1								
composición:								
Madera machimbrada exterior tornillo	0.076ñ				0.13	4.19	1.71	7.17

Fuente: Elaboración propia

Viga N° 1, según plano

[S1] Área: Largo x Alto

S1] Área: 4.19m²

$$[U_{1-viga}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots\right)}$$

$$[U_{1-viga}] = \frac{1}{\left(\frac{0.076}{0.13}\right)}$$

$$[U_{1-viga}] = 1.71 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Se presenta la evaluación de la transmitancia final del envolvente 3A de la vivienda

Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico, que se presenta en el Formato N°

02 – 1.

Tabla 28

Transmitancia térmica del Envolventes Tipo 3A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico, Norma EM. 110.

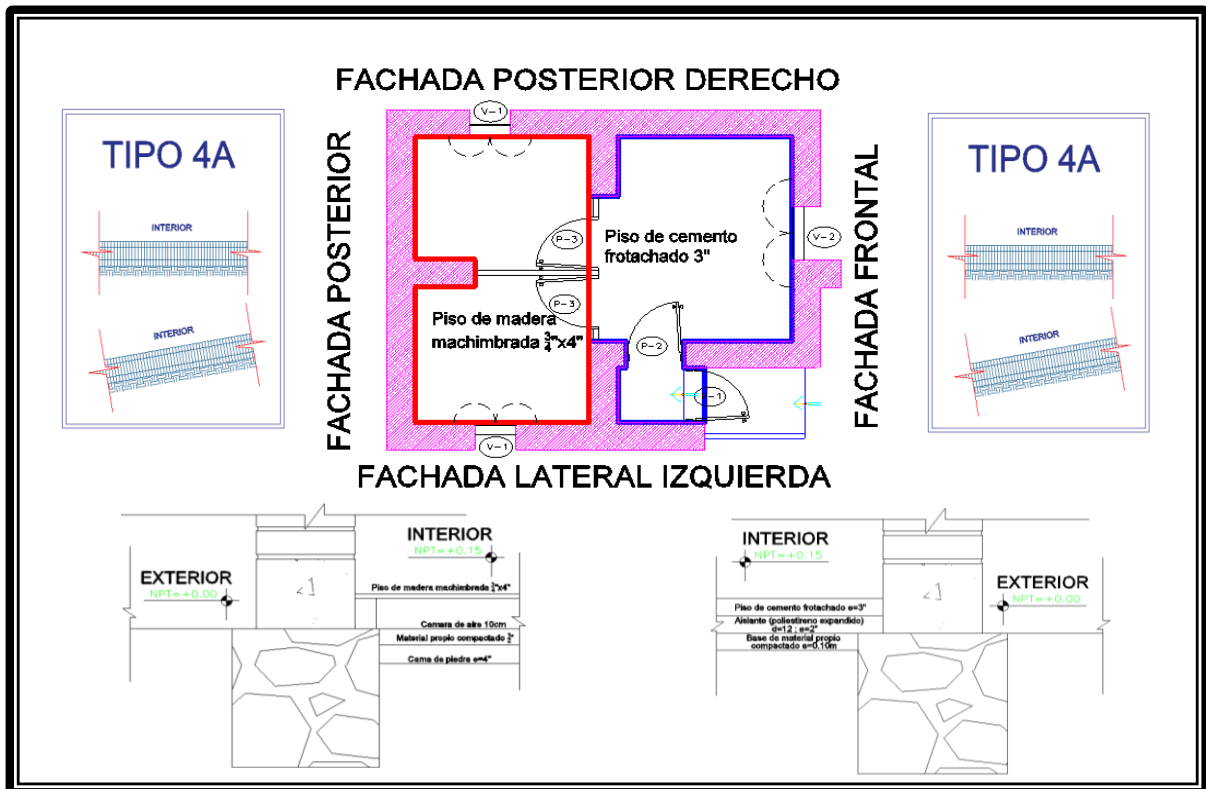
Tipo	Componentes	Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1	
Envolventes Tipo 3A	Vanos: Ventanas, lucernarios, claraboyas y otros vanos translucidos o transparentes sobre techo	Vanos									
		Tipo de vidrio/policarbonato: Vidrio laminado	0.006					1.67	5.40	9.02	
	Techos tipo 3A inclinados menos de 60° con la horizontal	Tipo de carpintería del marco									
		Marco de madera tornillo	0.025		8.05				0.20	2.00	0.40
		Resistencias superficiales									
		Resistencia superficial externa (Rse)					0.05				
	Resistencia superficial interna (Rsi)					0.09					
	Techo sin cámara de aire N° 1										
	composición:										
	Calamina plancha corrugada	0.0003						237			
	Fibrocemento	0.038						0.22			
								59.51	0.64	38.08	

Lana de fibra	0.05	0.04			
Puente térmico: Viga N° 1					
Composición :					
Madera machimbrada exterior tornillo	0.076	0.13	4.19	1.71	7.17
TRANSMITANCIA (U_{max t}) = $\sum S_x U / \sum S$					0.83

Fuente: Elaboración propia.

Figura 19

Envoltorio tipo 4A (piso) – vivienda de adobe según el expediente técnico de Sumaq Wasi



Fuente: Elaboración propia.

Piso sin cámara de aire N° 1: Compuesto por piedra canto rodado, poliestireno expandido y finalmente piso de cemento frotachado.

Tabla 29

Lista de composición de piso sin cámara de aire tipo 4A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.09				
Resistencia superficial interna (Rsi)				0.09				
Piso sin cámara de aire composición:								
Piedra canto rodado	0.1				3.5	10.28	0.66	10.94

Poliestireno expandido (EPS)	0.05	0.0425
Piso de cemento frotachado	0.07	0.53

Fuente: Elaboración propia

Piso sin cámara de aire N° 1, según plano

[S1] Área: 10.28m²

$$[U_{4-piso\ sin\ camara}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

$$[U_{4-piso\ sin\ camara}] = \frac{1}{\left(\frac{0.1}{3.5} + \frac{0.05}{0.0425} + \frac{0.07}{0.53} + 0.09 + 0.09\right)}$$

$$[U_{4-piso\ sin\ camara}] = 0.66\ W/m^2K$$

Piso con cámara de aire N° 1: Compuesto por piedra canto rodado, tierra y finalmente piso de madera machimbrado tornillo.

Nota: Según el paso N° 4 para el tipo 4A, numeral b.1 en la Tabla N°14 de la Norma EM. 110 Resistencia térmica de cámara.

En la celda RST/RSA, en la Resistencia superficial de la cámara de aire (Rca) se coloca 0.16 W/m²K, por la zona bioclimáticas 5 con un espesor de 100mm.

Tabla 30

Lista de composición de piso con cámara de aire tipo 4A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Piso con cámara de aire								
Resistencia de la cámara de aire (Rca)				0.16				
composición:								
Piedra canto rodado	0.1				3.5	10.75	1.83	19.94
Tierra	0.1				0.52			
Piso de madera machimbrado tornillo	0.019				0.12			

Fuente: Elaboración propia

Piso con cámara de aire N° 1, según plano

[S1] Área: 10.75m²

$$[U_{4-piso\ con\ camara}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{ca}\right)}$$

$$[U_{4-piso\ con\ camara}] = \frac{1}{\left(\frac{0.1}{3.5} + \frac{0.1}{0.52} + \frac{0.019}{0.12} + 0.16\right)}$$

$$[U_{4-piso\ con\ camara}] = 1.85\ W/m^2K$$

Se presenta la evaluación de la transmitancia final del envolvente 4A de la vivienda Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico, que se presenta en el Formato N° 02 – 1.

Tabla 31

Transmitancia térmica del Envoltentes Tipo 4A de Sumaq Wasi de adobe según el expediente técnico, Norma EM. 110.

Tipo	Componentes	Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1		
Resistencias superficiales												
						0.09						
						0.09						
Piso sin cámara de aire												
composición:												
Envoltentes Tipo 4A	Pisos tipo 4A horizontales o ligeramente inclinados de separación entre el interior de la edificación con el terreno natural	Piedra canto rodado	0.1			3.5	10.28	0.66	10.94			
		Poliestireno expandido (EPS)	0.05			0.0425						
		Piso de cemento frotachado	0.07			0.53						
		Piso con cámara de aire										
								0.16				
		composición:										
		Piedra canto rodado	0.1			3.5	10.75	1.85	19.94			
		Tierra	0.1			0.52						
		Piso de madera machimbrado tornillo	0.019			0.12						
TRANSMITANCIA (U_{max t}) = Σ S x U/Σ S								1.47				

Fuente: Elaboración propia

Los resultados para la vivienda de adobe, según el expediente técnico:

Tabla 32

Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m²k

Zona bioclimática	Transmitancia térmica máxima del muro (U _{muro})	Transmitancia térmica máxima del techo (U _{techo})	Transmitancia térmica máxima del piso (U _{piso})
1. Desértico costero	2,36	2,21	2,63
2. Desértico	3,20	2,20	2,63
3. Interandino bajo	2,36	2,21	2,63
4. Mesoandino	2,36	2,21	2,63
5. Altoandino	1,00	0,83	3,26
6. Nevado	0,99	0,80	3,26
7. Ceja de montaña	2,36	2,20	2,63
8. Subtropical húmedo	3,60	2,20	2,63
9. Tropical húmedo	3,60	2,20	2,63

Fuente: Norma (EM. 110, 2014).

- En el envoltente Tipo 1A (muros exteriores) sale 1.94, se observa en la tabla de valores límites máximos de la transmitancia térmica en envoltente tipo 1A = **1.94 > 1.00 NO CUMPLE** con la transmitancia térmica necesaria para esta zona bioclimática.
- En el envoltente Tipo 3A (techos inclinados) sale 0.83, se observa en la tabla de valores límites máximos de la transmitancia térmica en envoltente tipo 3A = **0.83 = 0.83 CUMPLE** con la transmitancia térmica necesaria para esta zona bioclimática.
- En el envoltente Tipo 4A (pisos) sale 1.47, se observa en la tabla de valores límites máximos de la transmitancia térmica en envoltente tipo 4A = **1.47 > 3.26 CUMPLE** con la transmitancia térmica necesaria para esta zona bioclimática.

ii. Transmitancia térmica de los muros exteriores según lo ejecutan de Sumaq Wasi

Lo que cambia son las ventanas que no lo describe en el expediente técnico

Ventanas (V-01) y (V-02): Doble vidrio transparente crudo y contraventana compuesto de triplay con un relleno de poliestireno expandido (EPC) de densidad 10 kg/cm³.

Dimensiones V-01: Presenta 2 (V-01) en la vivienda Sumaq Wasi

Largo: 1.00m

Ancho: 0.6m

Dimensiones V-02: Presenta 1 (V-02) en la vivienda Sumaq Wasi

Largo: 1.16m

Ancho: 0.835m

Tabla 33

Lista de composición de ventanas tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según lo ejecutan – características higrométricas de los materiales de construcción y transmitancia térmica de los tipos de carpintería según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Ventanas 1 (V-01)								
Tipo de vidrio:								
Vidrio transparentes crudo	0.006	2			0.0342	0.60	1.22	1.47
Aire	0.012				0.026			
Vidrio transparentes crudo	0.006				0.6			
Tipo de carpintería del marco								
Carpintería de madera tornillo	0.05	2	4.2			0.21	2.00	0.84
Ventanas 1 (V-02)								
Tipo de vidrio:								
Vidrio transparentes crudo	0.006				0.0342	0.97	1.22	1.19
Aire	0.012				0.026			
Vidrio transparentes crudo	0.006				0.6			
Tipo de carpintería del marco								
Carpintería de madera tornillo	0.05		5.46			0.27	2.00	0.55

Fuente: Elaboración propia.

Ventana V-01

[Coeficiente de transmisión térmica k] Según el Anexo N° 3: características higrométricas de los materiales de construcción de la Norma EM.110. Columna Coeficiente de transmisión térmica o de conductividad térmica k (W/mk).

[S1] Área V-01: (1.00m x 0.60m) = 0.60m²

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

Nota: Según el paso N° 4 para el tipo 1A, numeral 3.1 de la Norma EM. 110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la celda RST/RSA, en la Resistencia superficial externa (R_{se}) se coloca $0.11 \text{ W/m}^2\text{K}$ y en la Resistencia superficial interna (R_{si}) se coloca $0.06 \text{ W/m}^2\text{K}$.

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{0.006}{0.0342} + \frac{0.012}{0.026} + \frac{0.006}{0.6} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_1] = 1.22 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

Carpintería de madera tornillo V-01

$$\text{Perímetro: } (1.00\text{m} + 0.55\text{m}) \times 2 + (0.55\text{m} \times 2) = \underline{4.2\text{m}}$$

[S1] Área V-01: Perímetro x espesor

$$[S1] \text{ Área V-01: } 4.2\text{m} \times 0.05\text{m} = \underline{0.21\text{m}^2}$$

[U1] Según la Tabla N° 7: Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco de ventanas en muros 1A de la Norma EM.110.

Ventana V-02

[Coeficiente de transmisión térmica k] Según el Anexo N° 3: características higrométricas de los materiales de construcción de la Norma EM.110. Columna Coeficiente de transmisión térmica o de conductividad térmica k (W/mk).

$$[S1] \text{ Área V-02: } (1.16\text{m} \times 0.835\text{m}) = \underline{0.97\text{m}^2}$$

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

Nota: Según el paso N° 4 para el tipo 1A, numeral 3.1 de la Norma EM. 110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la celda RST/RSA, en la Resistencia superficial externa (Rse) se coloca 0.11 W/m²K y en la Resistencia superficial interna (Rsi) se coloca 0.06 W/m²K.

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{0.006}{0.0342} + \frac{0.012}{0.026} + \frac{0.006}{0.6} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_1] = 1.22 \text{ W/m}^2\text{K.}$$

Carpintería de madera tornillo V-02

$$\text{Perímetro: } (1.16\text{m} + 0.785\text{m}) \times 2 + (0.785\text{m} \times 2) = \underline{5.46\text{m}}$$

[S1] Área V-01: Perímetro x espesor

$$[S1] \text{ Área V-01: } 5.46\text{m} \times 0.05\text{m} = \underline{0.27\text{m}^2}$$

[U1] Según la Tabla N° 7: Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco de ventanas en muros 1A de la Norma EM.110.

Se presenta la evaluación de la transmitancia final del envolvente 1A de la vivienda Sumaq Wasi de adobe según lo ejecutan, que se presenta en el Formato N° 02 – 2.

- Solo cambia las composición de las ventas, de ahí todo es igual de las viviendas de adobe según el expediente técnico.

Tabla 34

Transmitancia térmica del Envolventes Tipo 1A de Sumaq Wasi de adobe según lo ejecutan, Norma EM. 110.

Tipo	Componentes	Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1	
Envolventes Tipo 1A	Ventanas, mamparas o superficie vidriadas transparentes o translucidas y puertas (verticales o inclinadas más de 60° con la horizontal)	Ventanas 1 (V-01)									
		Tipo de vidrio:									
		Vidrio transparentes crudo	0.006	2	4.2	0.0342	0.60	1.22	1.47		
		Aire	0.012							0.026	
		Vidrio transparentes crudo	0.006							0.6	
		Tipo de carpintería del marco									
		Carpintería de madera tornillo	0.05	2	4.2			0.21	2.00	0.84	
		Ventanas 1 (V-02)									
		Tipo de vidrio:									
		Vidrio transparentes crudo	0.006	2	5.46	0.0342	0.97	1.22	1.19		
		Aire	0.012							0.026	
		Vidrio transparentes crudo	0.006							0.6	
Tipo de carpintería del marco											
Carpintería de madera tornillo	0.05	2	5.46			0.27	2.00	0.55			
Contraventana (V-01)											
composición:											
Triplay	0.004	2		0.14		0.6	0.14	0.17			

Mejora de las variables bioclimáticas y reducción del tiempo constructivo de los muros, aplicando el sistema Blockhouse con madera plástica en las viviendas de zonas rurales altoandinas del proyecto Sumaq Wasi, Perú, 2021.

	Poliestireno expandido (EPS)	0.0254	0.0425			
	Triplay	0.004	0.14			
	Aire	0.16	0.026			
	Contraventa (V-02)					
	composición:					
	Triplay	0.004	0.14			
	Poliestireno expandido (EPS)	0.0254	0.0425	0.97	0.14	0.14
	Triplay	0.004	0.14			
	Aire	0.16	0.026			
	Puerta (P-1)					
	Madera machimbrada exterior tornillo	0.0127	0.12			
	Poliestireno expandido (EPS)	0.0254	0.0384	1.76	0.82	1.44
	Triplay	0.04	0.14			
	Resistencias superficiales					
	Resistencia superficial externa (Rse)		0.11			
	Resistencia superficial interna (Rsi)		0.06			
	Muro sin cámara de aire N° 1					
	composición del muro					
	Adobe	0.4	0.9	12.63	1.51	19.01
	Enlucido de yeso (exterior)	0.01	0.4			
	Enlucido de yeso (interior)	0.01	0.4			
	Muro sin cámara de aire N° 2					
	composición del muro					
	Adobe	0.4	0.9	8.59	1.51	12.92
	Enlucido de yeso (exterior)	0.01	0.4			
	Enlucido de yeso (interior)	0.01	0.4			
	Muro sin cámara de aire N° 3					
	composición del muro					
	Adobe	0.4	0.9	3.53	1.51	5.31
	Enlucido de yeso (exterior)	0.01	0.4			
	Enlucido de yeso (interior)	0.01	0.4			
	Muro sin cámara de aire N° 4					
	composición del muro					
	Adobe	0.4	0.9	0.37	1.51	0.55
	Enlucido de yeso (exterior)	0.01	0.4			
	Enlucido de yeso (interior)	0.01	0.4			
	Muro sin cámara de aire N° 5					
	composición del muro					
	Adobe	0.4	0.9	9.10	1.51	13.70
	Enlucido de yeso (exterior)	0.01	0.4			
	Enlucido de yeso (interior)	0.01	0.4			
	Muro sin cámara de aire N° 6					
	composición del muro					
	Adobe	0.4	0.9	11.57	1.51	17.41
	Enlucido de yeso (exterior)	0.01	0.4			
	Enlucido de yeso (interior)	0.01	0.4			
	Puente térmico: sobrecimiento N° 1					
	composición:					
	Concreto simple	0.4	1.51	1.89	3.41	6.44
	Mortero cemento-arena (interno)	0.02	1.4			
	Mortero cemento-arena (externo)	0.02	1.4			
	Puente térmico: sobrecimiento N° 2					
	composición:					
	Concreto simple	0.4	1.51	1.07	3.41	3.65
	Mortero cemento-arena (interno)	0.02	1.4			
	Mortero cemento-arena (externo)	0.02	1.4			
	Puente térmico: sobrecimiento N° 3					
	composición:					
	Concreto simple	0.4	1.51	0.47	3.41	1.60
	Mortero cemento-arena (interno)	0.02	1.4			
	Mortero cemento-arena (externo)	0.02	1.4			
	Puente térmico: sobrecimiento N° 4					
	composición:					
	Concreto simple	0.4	1.51	0.13	3.41	0.43
	Mortero cemento-arena (interno)	0.02	1.4			
	Mortero cemento-arena (externo)	0.02	1.4			
	Puente térmico: sobrecimiento N° 5					
	composición:					
	Concreto simple	0.4	1.51	1.39	3.41	4.72

Mortero cemento-arena (interno)	0.02			1.4		
Mortero cemento-arena (externo)	0.02			1.4		
Puente térmico: sobrecimiento N° 6						
composición:						
Concreto simple	0.4			1.51	1.32	3.41 4.51
Mortero cemento-arena (interno)	0.02			1.4		
Mortero cemento-arena (externo)	0.02			1.4		
Puente térmico: Vestidura de derrame N° 1						
Ventanas (V-01)						
composición:						
Enlucido de yeso	0.01	2	3.2	0.4	0.03	40.00 2.56
Puente térmico: Vestidura de derrame N° 2						
Ventanas (V-02)						
composición:						
Enlucido de yeso	0.01		3.99	0.4	0.04	40.00 1.60
Puente térmico: Vestidura de derrame N° 3						
Puerta (P-1)						
composición:						
Enlucido de yeso	0.01		5.88	0.4	0.06	40.00 2.35
				TRANSMITANCIA ($U_{max t} = \sum S x U / \sum S$)		1.78

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados para la vivienda de adobe, según lo ejecutan:

Tabla 35

Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m²k

Zona bioclimática	Transmitancia térmica máxima del muro (U_{muro})	Transmitancia térmica máxima del techo (U_{techo})	Transmitancia térmica máxima del piso (U_{piso})
1. Desértico costero	2,36	2,21	2,63
2. Desértico	3,20	2,20	2,63
3. Interandino bajo	2,36	2,21	2,63
4. Mesoandino	2,36	2,21	2,63
5. Altoandino	1,00	0,83	3,26
6. Nevado	0,99	0,80	3,26
7. Ceja de montaña	2,36	2,20	2,63
8. Subtropical húmedo	3,60	2,20	2,63
9. Tropical húmedo	3,60	2,20	2,63

Fuente: Norma (EM. 110, 2014)

- En el envolvente Tipo 1A (muros exteriores) sale 1.78, se observa en la tabla de valores límites máximos de la transmitancia térmica en envolvente tipo 1A = **1.78 > 1.00 NO CUMPLE** con la transmitancia térmica necesaria para esta zona bioclimática.

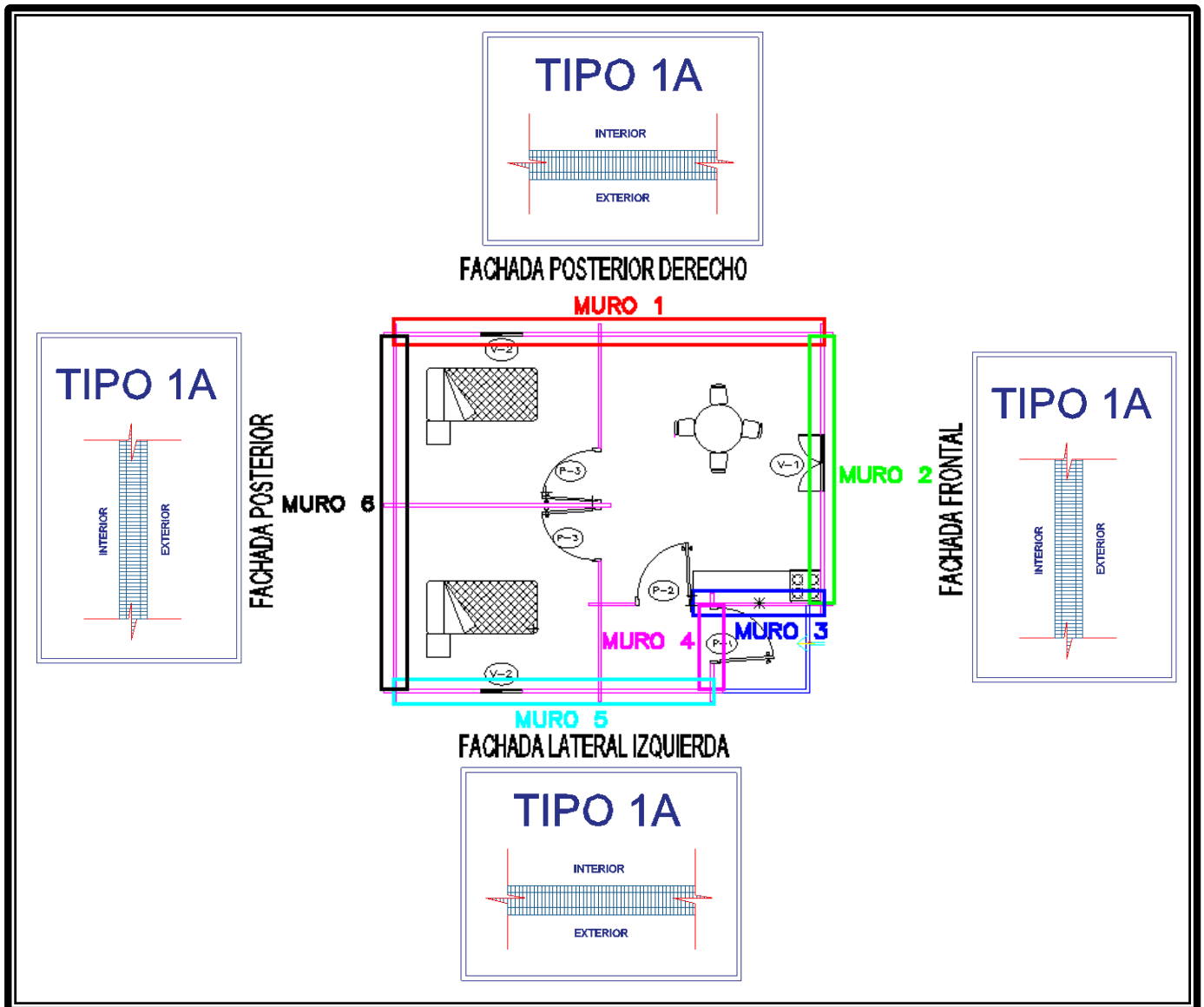
- En el envoltente Tipo 3A (techos inclinados) sale 0.83, se observa en la tabla de valores límites máximos de la transmitancia térmica en envoltente tipo 3A = **0.83 = 0.83 CUMPLE** con la transmitancia térmica necesaria para esta zona bioclimática.
- En el envoltente Tipo 4A (pisos) sale 1.47, se observa en la tabla de valores límites máximos de la transmitancia térmica en envoltente tipo 4A = **1.47 > 3.26 CUMPLE** con la transmitancia térmica necesaria para esta zona bioclimática.

iii. Transmitancia térmica de los muros exteriores de la vivienda de madera plástica

- Debe verificar el tipo de envoltente que posee el proyecto.

Figura 20

Envoltente tipo 1A – vivienda de madera plástica.



Fuente: Elaboración propia

- Se empieza a calcular la transmitancia térmica máxima de la envoltente, mediante la ficha de cálculo expresado en la norma EM.110.

Ventanas (V-01) y (V-02): Doble vidrio transparente crudo y contraventana compuesto e triplay con un relleno de poliestireno expandido (EPC) de densidad

10 kg/cm³.

Dimensiones V-01: Presenta 2 (V-01) en la vivienda Sumaq Wasi

Largo: 1.00m

Ancho: 0.6m

Dimensiones V-02: Presenta 1 (V-02) en la vivienda Sumaq Wasi

Largo: 1.16m

Ancho: 0.835m

Tabla 36

Lista de composición de ventanas tipo 1A de madera plástica – características higrométricas de los materiales de construcción y transmitancia térmica de los tipos de carpintería según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Ventanas 1 (V-01)								
Tipo de vidrio:								
Vidrio transparentes crudo	0.006	2			0.0342	0.60	1.22	1.47
Aire	0.012				0.026			
Vidrio transparentes crudo	0.006				0.6			
Tipo de carpintería del marco								
Carpintería de madera tornillo	0.05	2	4.2			0.21	2.00	0.84
Ventanas 1 (V-02)								
Tipo de vidrio:								
Vidrio transparentes crudo	0.006				0.0342	0.97	1.22	1.19
Aire	0.012				0.026			
Vidrio transparentes crudo	0.006				0.6			
Tipo de carpintería del marco								
Carpintería de madera tornillo	0.05		5.46			0.27	2.00	0.55

Fuente: Elaboración propia.

Ventana V-01

[Coeficiente de transmisión térmica k] Según el Anexo N° 3: características

higrométricas de los materiales de construcción de la Norma EM.110. Columna

Coeficiente de transmisión térmica o de conductividad térmica k (W/mk).

[S1] Área V-01: (1.00m x 0.60m) = 0.60m²

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

Nota: Según el paso N° 4 para el tipo 1A, numeral 3.1 de la Norma EM. 110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la celda RST/RSA, en la Resistencia superficial externa (Rse) se coloca 0.11 W/m²K y en la Resistencia superficial interna (Rsi) se coloca 0.06 W/m²K.

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{0.006}{0.0342} + \frac{0.012}{0.026} + \frac{0.006}{0.6} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_1] = 1.22 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

Carpintería de madera tornillo V-01

$$\text{Perímetro: } (1.00\text{m} + 0.55\text{m}) \times 2 + (0.55\text{m} \times 2) = \underline{4.2\text{m}}$$

[S1] Área V-01: Perímetro x espesor

$$[S1] \text{ Área V-01: } 4.2\text{m} \times 0.05\text{m} = \underline{0.21\text{m}^2}$$

[U1] Según la Tabla N° 7: Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco de ventanas en muros 1A de la Norma EM.110.

Contraventana (V-01), según plano

[Coeficiente de transmisión térmica k] Según el Anexo N° 3: características higrométricas de los materiales de construcción de la Norma EM.110. Columna

Coeficiente de transmisión térmica o de conductividad térmica k (W/mk).

$$[S1] \text{ Área V-01: } (1.00\text{m} \times 0.60\text{m}) = \underline{0.60\text{m}^2}$$

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

Nota: Según el paso N° 4 para el tipo 1A, numeral 3.1 de la Norma EM. 110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la celda RST/RSA, en la Resistencia superficial externa (Rse) se coloca 0.11 W/m²K y en la Resistencia superficial interna (Rsi) se coloca 0.06 W/m²K.

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{0.004}{0.14} + \frac{0.0254}{0.0425} + \frac{0.004}{0.14} + \frac{0.16}{0.026} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_1] = 0.14 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

Ventana V-02

[Coeficiente de transmisión térmica k] Según el Anexo N° 3: características higrométricas de los materiales de construcción de la Norma EM.110. Columna

Coeficiente de transmisión térmica o de conductividad térmica k (W/mk).

$$[S1] \text{ Área V-02: } (1.16\text{m} \times 0.835\text{m}) = \underline{0.97\text{m}^2}$$

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

Nota: Según el paso N° 4 para el tipo 1A, numeral 3.1 de la Norma EM. 110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la celda RST/RSA, en la Resistencia superficial externa (Rse) se coloca 0.11 W/m²K y en la Resistencia superficial interna (Rsi) se coloca 0.06 W/m²K.

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{0.006}{0.0342} + \frac{0.012}{0.026} + \frac{0.006}{0.6} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_1] = 1.22 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

Carpintería de madera tornillo V-02

$$\text{Perímetro: } (1.16\text{m} + 0.785\text{m}) \times 2 + (0.785\text{m} \times 2) = \underline{5.46\text{m}}$$

$$[S1] \text{ Área V-01: Perímetro} \times \text{espesor}$$

$$[S1] \text{ Área V-01: } 5.46\text{m} \times 0.05\text{m} = \underline{0.27\text{m}^2}$$

[U1] Según la Tabla N° 7: Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco de ventanas en muros 1A de la Norma EM.110.

Contraventana (V-02,) según plano

[Coeficiente de transmisión térmica k] Según el Anexo N° 3: características higrométricas de los materiales de construcción de la Norma EM.110. Columna

Coeficiente de transmisión térmica o de conductividad térmica k (W/mk).

$$[S1] \text{ Área V-02: } (1.16\text{m} \times 0.835\text{m}) = \underline{0.97\text{m}^2}$$

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

Nota: Según el paso N° 4 para el tipo 1A, numeral 3.1 de la Norma EM. 110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la celda RST/RSA, en la Resistencia superficial externa (Rse) se coloca 0.11 W/m²K y en la Resistencia superficial interna (Rsi) se coloca 0.06 W/m²K.

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{0.004}{0.14} + \frac{0.0254}{0.0425} + \frac{0.004}{0.14} + \frac{0.16}{0.026} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_1] = 0.14 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

Puerta (P-01): Puerta de entrada exterior compuesto por marco de madera liviana tornillo, cerrado con madera tornillo y triplay con relleno de poliestireno expandido (EPC) de densidad 20 kg/cm³.

Dimensiones P-01:

Largo: 2.10m

Ancho: 0.84m

Tabla 37

Lista de composición de puerta exterior tipo 1A de madera plástica – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Puerta (P-1)								
Madera 0-machimbrada exterior tornillo	0.0127				0.12	1.76	0.82	1.44
Poliestireno expandido (EPS)	0.0254				0.0384			
Triplay	0.04				0.14			

Fuente: Elaboración propia

Puerta P-01, según plano

$$[S1] \text{ Área P-01: } (2.1\text{m} \times 0.84\text{m}) = \underline{1.76\text{m}^2}$$

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

Nota: Según el paso N° 4 para el tipo 1A, numeral 3.1 de la Norma EM. 110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la celda RST/RSA, en la Resistencia superficial externa (Rse) se coloca 0.11 W/m²K y en la Resistencia superficial interna (Rsi) se coloca 0.06 W/m²K.

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{0.0127}{0.12} + \frac{0.0254}{0.0384} + \frac{0.04}{0.14} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_1] = 0.82 \text{ W/m}^2\text{K.}$$

Muro N° 1: Compuesto por madera plástica con una altura de 2.37m y ventana V-01, con un sobrecimiento de 0.20m.

Dimensiones M-1:

Largo: 6.3m

Alto: 2.37m

Nota: Según el paso N° 4 para el tipo 1A – muros, numeral 3.1 de la Norma EM. 110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la celda RST/RSA, en la Resistencia superficial externa (Rse) se coloca 0.11 W/m²K y en la Resistencia superficial interna (Rsi) se coloca 0.06 W/m²K.

Tabla 38

Lista de composición de muro N°1 tipo 1A de madera plástica – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	Resistencia térmica (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11				
Resistencia superficial interna (Rsi)				0.06				
Muro sin cámara de aire N° 1								
composición del muro						13.07	2.52	32.90
Madera Plástica	0.05				0.22			

Fuente: Elaboración propia

Muro N° 1, según plano

[S1] Área: (Largo x (Alto - Altura Sobrecimiento)) – (A. Ventana)

$$[S1] \text{ Área: } (6.3\text{m} \times 2.17\text{m}) - (0.6\text{m} \times 1.00\text{m}) = \underline{13.07\text{m}^2}$$

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material1}}}{k_{\text{material1}}} + \frac{e_{\text{material2}}}{k_{\text{material2}}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{0.05}{0.22} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = 2.52 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Muro N° 2: Compuesto por madera plástica con una altura de 3.27m (Techo doble agua) y ventana V-02, con un sobrecimiento de 0.20m

Dimensiones M-2:

Largo: 3.89m

Alto: 3.27m

Tabla 39

Lista de composición de muro N°2 tipo 1A de madera plástica – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	Resistencia térmica (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11				
Resistencia superficial interna (Rsi)				0.06				
Muro sin cámara de aire N° 1								
composición del muro						9.51	2.52	23.93
Madera Plástica	0.05				0.22			

Fuente: Elaboración propia

Muro N° 2, según plano

$$[S1] \text{ Área: } (\text{Largo} \times (\text{Alto} - \text{Altura Sobrecimiento})) - (\text{A. Ventana})$$

$$[S1] \text{ Área: } 10.4758\text{m}^2 - (1.16\text{m} \times 0.835\text{m}) = \underline{9.51\text{m}^2}$$

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material1}}}{k_{\text{material1}}} + \frac{e_{\text{material2}}}{k_{\text{material2}}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{0.05}{0.22} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = 2.52 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Muro N° 3: Compuesto por madera plástica con una altura de 2.80m (Techo doble agua) y ventana V-02, con un sobrecimiento de 0.20m.

Dimensiones M-3:

Largo: 1.92m

Alto: 2.80m

Tabla 40

Lista de composición de muro N°3 tipo 1A de madera plástica – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	Resistencia térmica (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11				
Resistencia superficial interna (Rsi)				0.06				
Muro sin cámara de aire N° 1								
composición del muro						5.00	2.52	12.58
Madera Plástica	0.05				0.22			

Fuente: Elaboración propia

Muro N° 3, según plano

[S1] Área: (Largo x (Alto - Altura Sobrecimiento))

[S1] Área: (1.92m x 2.60m) = 5.00m²

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material1}}}{k_{\text{material1}}} + \frac{e_{\text{material2}}}{k_{\text{material2}}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{0.05}{0.22} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = 2.52 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Muro N° 4: Compuesto por madera plástica con una altura de 2.80m (Techo doble agua) y puerta P-01, con un sobrecimiento de 0.20m

Dimensiones M-4:

Largo: 1.21m

Alto: 2.80m

Tabla 41

Lista de composición de muro N°4 tipo 1A de madera plástica – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	Resistencia térmica (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11				
Resistencia superficial interna (Rsi)				0.06				
Muro sin cámara de aire N° 1								
composición del muro						1.13	2.52	2.58
Madera Plástica	0.05				0.22			

Fuente: Elaboración propia

Muro N° 4, según plano

[S1] Área: (Largo x (Alto - Altura Sobrecimiento)) – (A. Puerta)

[S1] Área: 2.90m² – (2.1m x 0.84m) = 1.13m²

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material1}}}{k_{\text{material1}}} + \frac{e_{\text{material2}}}{k_{\text{material2}}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{0.05}{0.22} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = 2.52 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Muro N° 5: Compuesto por madera plástica con una altura de 2.37m y y ventana V-01, con un sobrecimiento de 0.20m

Dimensiones M-5:

Largo: 4.69m

Alto: 2.17m

Tabla 42

Lista de composición de muro N°5 tipo 1A de madera plástica – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	Resistencia térmica (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11				
Resistencia superficial interna (Rsi)				0.06				
Muro sin cámara de aire N° 1								
composición del muro						9.58	2.52	24.11
Madera Plástica	0.05				0.22			

Fuente: Elaboración propia

Muro N° 5, según plano

[S1] Área: (Largo x (Alto - Altura Sobrecimiento)) – (A. Ventana)

S1] Área: (4.69m x 2.17m) - (1m x 0.6m) = 9.58m²

$$[U_{1muro\ sin\ camara}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

$$[U_{1muro\ sin\ camara}] = \frac{1}{\left(\frac{0.05}{0.22} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_{1muro\ sin\ camara}] = 2.52\ W/m^2K$$

Muro N° 6: Compuesto por madera plástica con una altura de 3.27m (techo inclinado)

con un sobrecimiento de 0.20m.

Dimensiones M-6:

Largo: 4.41m

Alto: 5.15m

Tabla 43

Lista de composición de muro N°6 tipo 1A de madera plástica – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	Resistencia térmica (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11				
Resistencia superficial interna (Rsi)				0.06				
Muro sin cámara de aire N° 1								
composición del muro						13.49	2.52	33.96
Madera Plástica	0.05				0.22			

Fuente: Elaboración propia

Muro N° 6, según plano

[S1] Área: Largo x (Alto - Altura Sobrecimiento)

S1] Área: 13.493m²

$$[U_{1muro\ sin\ camara}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

$$[U_{1muro\ sin\ camara}] = \frac{1}{\left(\frac{0.05}{0.22} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_{1muro\ sin\ camara}] = 2.52\ W/m^2K$$

Sobrecimiento N° 1: Está compuesta por concreto simple y mortero cemento-arena.

Según la Norma EM. 110 se toma como un puente térmico.

Dimensiones S-1:

Largo: 6.30m

Alto: 0.20m

Tabla 44

Lista de composición de sobrecimiento N°1 tipo 1A de madera plástica – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Puente térmico: sobrecimiento N° 1								
Composición:								
Concreto simple	0.1				1.51	1.26	10.55	13.29
Mortero cemento-arena (interno)	0.02				1.4			
Mortero cemento-arena (externo)	0.02				1.4			

Fuente: Elaboración propia

Sobrecimiento N° 1, según plano

[S1] Área: Largo x Alto

[S1] Área: (6.30m x 0.20m) = 1.26m²

$$[U_{1-sobrecim}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \frac{e_{material3}}{k_{material3}} + \dots\right)}$$

$$[U_{1-sobrecim}] = \frac{1}{\left(\frac{0.1}{1.51} + \frac{0.02}{1.4} + \frac{0.02}{1.4}\right)}$$

$$[U_{1-sobrecim}] = 10.55\ W/m^2K$$

Sobrecimiento N° 2: Está compuesta por concreto simple y mortero cemento-arena.

Según la Norma EM. 110 se toma como un puente térmico.

Dimensiones S-2:

Largo: 3.89m

Alto: 0.20m

Tabla 45

Lista de composición de sobrecimiento N°2 tipo 1A de madera plástica – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Puente térmico: sobrecimiento N° 2								
Composición:								
Concreto simple	0.1				1.51	0.78	10.55	8.21
Mortero cemento-arena (interno)	0.02				1.4			
Mortero cemento-arena (externo)	0.02				1.4			

Fuente: Elaboración propia

Sobrecimiento N° 2, según plano

[S1] Área: Largo x Alto

[S1] Área: (3.89m x 0.20m) = 0.78m²

$$[U_{1-sobrecim}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \frac{e_{material3}}{k_{material3}} + \dots\right)}$$

$$[U_{1-sobrecim}] = \frac{1}{\left(\frac{0.1}{1.51} + \frac{0.02}{1.4} + \frac{0.02}{1.4}\right)}$$

$$[U_{1-sobrecim}] = 10.55 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Sobrecimiento N° 3: Está compuesta por concreto simple y mortero cemento-arena.

Según la Norma EM. 110 se toma como un puente térmico.

Dimensiones S-3:

Largo: 1.92m

Alto: 0.20m

Tabla 46

Lista de composición de sobrecimiento N°3 tipo 1A de madera plástica – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Puente térmico: sobrecimiento N° 3								
Composición:						0.38	10.55	4.05

Concreto simple	0.1	1.51
Mortero cemento-arena (interno)	0.02	1.4
Mortero cemento-arena (externo)	0.02	1.4

Fuente: Elaboración propia

Sobrecimiento N° 3, según plano

[S1] Área: Largo x Alto

[S1] Área: (1.92m x 0.20m) = 0.38m²

$$[U_{1-sobrecim}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \frac{e_{material3}}{k_{material3}} + \dots\right)}$$

$$[U_{1-sobrecim}] = \frac{1}{\left(\frac{0.1}{1.51} + \frac{0.02}{1.4} + \frac{0.02}{1.4}\right)}$$

[U_{1-sobrecim}] = 10.55 W/m²K

Sobrecimiento N° 4: Está compuesta por concreto simple y mortero cemento-arena.

Según la Norma EM. 110 se toma como un puente térmico.

Dimensiones S-4:

Largo: 1.21m

Alto: 0.20m

Tabla 47

Lista de composición de sobrecimiento N°4 tipo 1A de madera plástica – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Puente térmico: sobrecimiento N° 4								
Composición:								
Concreto simple	0.1				1.51	0.24	10.55	2.55
Mortero cemento-arena (interno)	0.02				1.4			
Mortero cemento-arena (externo)	0.02				1.4			

Fuente: Elaboración propia

Sobrecimiento N° 4, según plano

[S1] Área: Largo x Alto

[S1] Área: (1.21m x 0.20m) = 0.24m²

$$[U_{1-sobrecim}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \frac{e_{material3}}{k_{material3}} + \dots\right)}$$

$$[U_{1-sobrecim}] = \frac{1}{\left(\frac{0.1}{1.51} + \frac{0.02}{1.4} + \frac{0.02}{1.4}\right)}$$

$$[U_{1-sobrecim}] = 10.55 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Sobrecimiento N° 5: Está compuesta por concreto simple y mortero cemento-arena.

Según la Norma EM. 110 se toma como un puente térmico.

Dimensiones S-5:

Largo: 4.69m

Alto: 0.20m

Tabla 48

Lista de composición de sobrecimiento N°5 tipo 1A de madera plástica – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Puente térmico: sobrecimiento N° 5								
Composición:								
Concreto simple	0.1				1.51	0.94	10.55	9.89
Mortero cemento-arena (interno)	0.02				1.4			
Mortero cemento-arena (externo)	0.02				1.4			

Fuente: Elaboración propia

Sobrecimiento N° 5, según plano

[S1] Área: Largo x Alto

[S1] Área: (4.69m x 0.20m) = 0.94m²

$$[U_{1-sobrecim}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \frac{e_{material3}}{k_{material3}} + \dots\right)}$$

$$[U_{1-sobrecim}] = \frac{1}{\left(\frac{0.1}{1.51} + \frac{0.02}{1.4} + \frac{0.02}{1.4}\right)}$$

$$[U_{1-sobrecim}] = 10.55 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Sobrecimiento N° 6: Está compuesta por concreto simple y mortero cemento-arena.

Según la Norma EM. 110 se toma como un puente térmico.

Dimensiones S-6:

Largo: 5.15m

Alto: 0.20m

Tabla 49

Lista de composición de sobrecimiento N°6 tipo 1A de madera plástica – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Puente térmico: sobrecimiento N° 6								
Composición:								
Concreto simple	0.1				1.51	1.03	10.55	10.87
Mortero cemento-arena (interno)	0.02				1.4			
Mortero cemento-arena (externo)	0.02				1.4			

Fuente: Elaboración propia

Sobrecimiento N° 6, según plano

[S1] Área: Largo x Alto

[S1] Área: (5.15m x 0.20m) = 1.03m²

$$[U_{1-sobrecim}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \frac{e_{material3}}{k_{material3}} + \dots\right)}$$

$$[U_{1-sobrecim}] = \frac{1}{\left(\frac{0.1}{1.51} + \frac{0.02}{1.4} + \frac{0.02}{1.4}\right)}$$

$$[U_{1-sobrecim}] = 10.55 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Se presenta la evaluación de la transmitancia final del envolvente 1A de la vivienda de madera plástica, que se presenta en el Formato N° 02 – 3.

Tabla 50

Transmitancia térmica del Envolventes Tipo 1A de madera plástica, Norma EM. 110.

Tipo	Componentes	Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	Resistencia térmica (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Envolventes Tipo 1A	Ventanas, mamparas o	Ventanas 1 (V-01) Tipo de vidrio:						0.60	1.22	1.47

Mejora de las variables bioclimáticas y reducción del tiempo constructivo de los muros, aplicando el sistema Blockhouse con madera plástica en las viviendas de zonas rurales altoandinas del proyecto Sumaq Wasi, Perú, 2021.

superficie vidriadas transparentes o translucidas y puertas (verticales o inclinadas más de 60° con la horizontal)	Vidrio transparentes crudo	0.006	2	_____	0.0342			
	Aire	0.012			0.026			
	Vidrio transparentes crudo	0.006			0.6			
	Tipo de carpintería del marco							
	Carpintería de madera tornillo	0.05	2	4.2		0.21	2.00	0.84
	Ventanas 1 (V-02)							
	Tipo de vidrio:							
	Vidrio transparentes crudo	0.006			0.0342	0.97	1.22	1.19
	Aire	0.012			0.026			
	Vidrio transparentes crudo	0.006			0.6			
	Tipo de carpintería del marco							
	Carpintería de madera tornillo	0.05		5.46		0.27	2.00	0.55
	Contraventana (V-01)							
	composición:							
	Triplay	0.004	2	_____	0.14	0.6	0.14	0.17
	Poliestireno expandido (EPS)	0.0254			0.0425			
	Triplay	0.004			0.14			
	Aire	0.16			0.026			
	Contraventa (V-02)							
	composición:							
	Triplay	0.004			0.14	0.97	0.14	0.14
	Poliestireno expandido (EPS)	0.0254			0.0425			
	Triplay	0.004			0.14			
	Aire	0.16			0.026			
	Puerta (P-1)							
	Madera machimbrada exterior tornillo	0.0127			0.12	1.76	0.82	1.44
	Poliestireno expandido (EPS)	0.0254			0.0384			
	Triplay	0.04			0.14			
	Resistencias superficiales							
	Resistencia superficial externa (Rse)				0.11			
	Resistencia superficial interna (Rsi)				0.06			
	Muro sin cámara de aire N° 1							
	composición del muro							
	Madera Plástica	0.05			0.22	13.07	2.52	32.90
	Muro sin cámara de aire N° 2							
	composición del muro							
	Madera Plástica	0.05			0.22	9.51	2.52	23.93
	Muro sin cámara de aire N° 3							
	composición del muro							
	Madera Plástica	0.05			0.22	5.00	2.52	12.58
	Muro sin cámara de aire N° 4							
	composición del muro							
	Madera Plástica	0.05			0.22	1.13	2.52	2.85
	Muro sin cámara de aire N° 5							
	composición del muro							
	Madera Plástica	0.05			0.22	9.58	2.52	24.11
	Muro sin cámara de aire N° 6							
	composición del muro							
	Madera Plástica	0.05			0.22	13.49	2.52	33.96
	Puente térmico: sobrecimiento N° 1							
	composición:							
	Concreto simple	0.1			1.51	1.26	10.55	13.29
	Mortero cemento-arena (interno)	0.02			1.4			
	Mortero cemento-arena (externo)	0.02			1.4			
	Puente térmico: sobrecimiento N° 2							
	composición:							
	Concreto simple	0.1			1.51	0.78	10.55	8.21
	Mortero cemento-arena (interno)	0.02			1.4			
	Mortero cemento-arena (externo)	0.02			1.4			
	Puente térmico: sobrecimiento N° 3							
	composición:							
						0.38	10.55	4.05

Mejora de las variables bioclimáticas y reducción del tiempo constructivo de los muros, aplicando el sistema Blockhouse con madera plástica en las viviendas de zonas rurales altoandinas del proyecto Sumaq Wasi, Perú, 2021.

Concreto simple	0.1	1.51			
Mortero cemento-arena (interno)	0.02	1.4			
Mortero cemento-arena (externo)	0.02	1.4			
Puente térmico: sobrecimiento					
N° 4					
composición:					
Concreto simple	0.1	1.51	0.24	10.55	2.55
Mortero cemento-arena (interno)	0.02	1.4			
Mortero cemento-arena (externo)	0.02	1.4			
Puente térmico: sobrecimiento					
N° 5					
composición:					
Concreto simple	0.1	1.51	0.94	10.55	9.89
Mortero cemento-arena (interno)	0.02	1.4			
Mortero cemento-arena (externo)	0.02	1.4			
Puente térmico: sobrecimiento					
N° 6					
composición:					
Concreto simple	0.1	1.51	1.03	10.55	10.87
Mortero cemento-arena (interno)	0.02	1.4			
Mortero cemento-arena (externo)	0.02	1.4			

TRANSMITANCIA ($U_{\max t} = \sum S x U / \sum S$) **2.99**

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados para la vivienda de madera plástica:

Tabla 51

Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m²k

Zona bioclimática	Transmitancia térmica máxima del muro (U_{muro})	Transmitancia térmica máxima del techo (U_{techo})	Transmitancia térmica máxima del piso (U_{piso})
1. Desértico costero	2,36	2,21	2,63
2. Desértico	3,20	2,20	2,63
3. Interandino bajo	2,36	2,21	2,63
4. Mesoandino	2,36	2,21	2,63
5. Altoandino	1,00	0,83	3,26
6. Nevado	0,99	0,80	3,26
7. Ceja de montaña	2,36	2,20	2,63
8. Subtropical húmedo	3,60	2,20	2,63
9. Tropical húmedo	3,60	2,20	2,63

Fuente: Norma (EM. 110, 2014)

- En el envoltente Tipo 1A (muros exteriores) sale 2.99, se observa en la tabla de valores límites máximos de la transmitancia térmica en envoltente tipo 1A = **2.99** >

1.00 NO CUMPLE con la transmitancia térmica necesaria para esta zona bioclimática.

- En el envolvente Tipo 3A (techos inclinados) sale 0.83, se observa en la tabla de valores límites máximos de la transmitancia térmica en envolvente tipo 3A = **0.83** =

0.83 CUMPLE con la transmitancia térmica necesaria para esta zona bioclimática.

- En el envolvente Tipo 4A (pisos) sale 1.47, se observa en la tabla de valores límites máximos de la transmitancia térmica en envolvente tipo 4A = **1.47 > 3.26**

CUMPLE con la transmitancia térmica necesaria para esta zona bioclimática.

-

iv. Transmitancia térmica de los muros exteriores de la vivienda de madera plástica con aislante térmico (poliestireno expandido) de 1”

Ventanas (V-01) y (V-02): Doble vidrio transparente crudo y contraventana compuesto de triplay con un relleno de poliestireno expandido (EPS) de densidad 10 kg/cm³.

Dimensiones V-01: Presenta 2 (V-01) en la vivienda Sumaq Wasi

Largo: 1.00m

Ancho: 0.6m

Dimensiones V-02: Presenta 1 (V-02) en la vivienda Sumaq Wasi

Largo: 1.16m

Ancho: 0.835m

Tabla 52

Lista de composición de ventanas tipo 1A de madera plástica con aislante 1” – características higrométricas de los materiales de construcción y transmitancia térmica de los tipos de carpintería según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Ventanas 1 (V-01)						0.60	1.22	1.47
Tipo de vidrio:								

Vidrio transparentes crudo	0.006	2		0.0342			
Aire	0.012			0.026			
Vidrio transparentes crudo	0.006			0.6			
Tipo de carpintería del marco							
Carpintería de madera tornillo	0.05	2	4.2		0.21	2.00	0.84
Ventanas 1 (V-02)							
Tipo de vidrio:							
Vidrio transparentes crudo	0.006			0.0342	0.97	1.22	1.19
Aire	0.012			0.026			
Vidrio transparentes crudo	0.006			0.6			
Tipo de carpintería del marco							
Carpintería de madera tornillo	0.05		5.46		0.27	2.00	0.55

Fuente: Elaboración propia.

Ventana V-01

[Coeficiente de transmisión térmica k] Según el Anexo N° 3: características higrométricas de los materiales de construcción de la Norma EM.110. Columna Coeficiente de transmisión térmica o de conductividad térmica k (W/mk).

[S1] Área V-01: (1.00m x 0.60m) = 0.60m²

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

Nota: Según el paso N° 4 para el tipo 1A, numeral 3.1 de la Norma EM. 110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la celda RST/RSA, en la Resistencia superficial externa (Rse) se coloca 0.11 W/m²K y en la Resistencia superficial interna (Rsi) se coloca 0.06 W/m²K.

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{0.006}{0.0342} + \frac{0.012}{0.026} + \frac{0.006}{0.6} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_1] = 1.22 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

Carpintería de madera tornillo V-01

Perímetro: (1.00m + 0.55m) x 2 + (0.55m x 2) = 4.2m

[S1] Área V-01: Perímetro x espesor

[S1] Área V-01: 4.2m x 0.05m = 0.21m²

[U1] Según la Tabla N° 7: Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco de ventanas en muros 1A de la Norma EM.110.

Contraventana (V-01), según plano

[Coeficiente de transmisión térmica k] Según el Anexo N° 3: características higrométricas de los materiales de construcción de la Norma EM.110. Columna

Coeficiente de transmisión térmica o de conductividad térmica k (W/mk).

[S1] Área V-01: (1.00m x 0.60m) = 0.60m²

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

Nota: Según el paso N° 4 para el tipo 1A, numeral 3.1 de la Norma EM. 110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la celda RST/RSA, en la Resistencia superficial externa (Rse) se coloca 0.11 W/m²K y en la Resistencia superficial interna (Rsi) se coloca 0.06 W/m²K.

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{0.004}{0.14} + \frac{0.0254}{0.0425} + \frac{0.004}{0.14} + \frac{0.16}{0.026} + 0.06 + 0.11\right)}$$

[U1] = 0.14 W/m²K.

Ventana V-02

[Coeficiente de transmisión térmica k] Según el Anexo N° 3: características higrométricas de los materiales de construcción de la Norma EM.110. Columna

Coeficiente de transmisión térmica o de conductividad térmica k (W/mk).

[S1] Área V-02: (1.16m x 0.835m) = 0.97m²

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

Nota: Según el paso N° 4 para el tipo 1A, numeral 3.1 de la Norma EM. 110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la celda RST/RSA, en la Resistencia superficial externa (Rse) se coloca 0.11 W/m²K y en la Resistencia superficial interna (Rsi) se coloca 0.06 W/m²K.

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{0.006}{0.0342} + \frac{0.012}{0.026} + \frac{0.006}{0.6} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_1] = 1.22 \text{ W/m}^2\text{K.}$$

Carpintería de madera tornillo V-02

$$\text{Perímetro: } (1.16\text{m} + 0.785\text{m}) \times 2 + (0.785\text{m} \times 2) = \underline{5.46\text{m}}$$

[S1] Área V-01: Perímetro x espesor

$$[S1] \text{ Área V-01: } 5.46\text{m} \times 0.05\text{m} = \underline{0.27\text{m}^2}$$

[U1] Según la Tabla N° 7: Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco de ventanas en muros 1A de la Norma EM.110.

Contraventana (V-02)

[Coeficiente de transmisión térmica k] Según el Anexo N° 3: características higrométricas de los materiales de construcción de la Norma EM.110. Columna Coeficiente de transmisión térmica o de conductividad térmica k (W/mk).

$$[S1] \text{ Área V-02: } (1.16\text{m} \times 0.835\text{m}) = \underline{0.97\text{m}^2}$$

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

Nota: Según el paso N° 4 para el tipo 1A, numeral 3.1 de la Norma EM. 110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la celda RST/RSA, en la Resistencia superficial externa (Rse) se coloca 0.11 W/m²K y en la Resistencia superficial interna (Rsi) se coloca 0.06 W/m²K.

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{0.004}{0.14} + \frac{0.0254}{0.0425} + \frac{0.004}{0.14} + \frac{0.16}{0.026} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_1] = 0.14 \text{ W/m}^2\text{K.}$$

Puerta (P-01): Puerta de entrada exterior compuesto por marco de madera liviana tornillo, cerrado con madera tornillo y triplay con relleno de poliestireno expandido (EPS) de densidad 20 kg/cm³.

Dimensiones P-01:

Largo: 2.10m

Ancho: 0.84m

Tabla 53

Lista de composición de puerta exterior tipo 1A de madera plástica con aislante 1” – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Puerta (P-1)								
Madera 0-machimbrada exterior tornillo	0.0127				0.12	1.76	0.82	1.44
Poliestireno expandido (EPS)	0.0254				0.0384			
Triplay	0.04				0.14			

Fuente: Elaboración propia

Puerta P-01

[S1] Área P-01: (2.1m x 0.84m) = 1.76m²

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

Nota: Según el paso N° 4 para el tipo 1A, numeral 3.1 de la Norma EM. 110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la celda RST/RSA, en la Resistencia superficial externa (Rse) se coloca 0.11 W/m²K y en la Resistencia superficial interna (Rsi) se coloca 0.06 W/m²K.

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{0.0127}{0.12} + \frac{0.0254}{0.0384} + \frac{0.04}{0.14} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_1] = 0.82 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

Muro N° 1: Compuesto por madera plástica, poliestireno expandido 1”, placa de yeso de 3/8” con una altura de 2.37m y ventana V-01, con un sobrecimiento de 0.20m.

Dimensiones M-1:

Largo: 6.3m

Alto: 2.37m

Nota: Según el paso N° 4 para el tipo 1A – muros, numeral 3.1 de la Norma EM. 110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la celda RST/RSA, en la Resistencia superficial externa (Rse) se coloca 0.11 W/m²K y en la Resistencia superficial interna (Rsi) se coloca 0.06 W/m²K.

Tabla 54

Lista de composición de muro N°1 tipo 1A de madera plástica con aislante 1” – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	Resistencia térmica (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11				
Resistencia superficial interna (Rsi)				0.06				
Muro sin cámara de aire N° 1								
Composición del muro								
Madera Plástica	0.05				0.22	13.07	0.91	11.92
Poliestireno expandido (EPS)	0.0254				0.0384			
Placa de yeso 3/8"	0.010				0.25			

Fuente: Elaboración propia

Muro N° 1

[S1] Área: (Largo x (Alto - Altura Sobrecimiento)) – (A. Ventana)

[S1] Área: (6.3m x 2.17m) - (0.6m x 1.00m) = 13.07m²

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material1}}}{k_{\text{material1}}} + \frac{e_{\text{material2}}}{k_{\text{material2}}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{0.05}{0.22} + \frac{0.0254}{0.0384} + \frac{0.01}{0.25} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = 0.91 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Muro N° 2: Compuesto por madera plástica, poliestireno expandido 1”, placa de yeso de 3/8” con una altura de 3.27m (Techo doble agua) y ventana V-02, con un sobrecimiento de 0.20m Dimensiones M-2:

Largo: 3.89m

Alto: 3.27m

Tabla 55

Lista de composición de muro N°2 tipo 1A de madera plástica con aislante 1” – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	Resistencia térmica (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11				
Resistencia superficial interna (Rsi)				0.06				
Muro sin cámara de aire N° 1								
Composición del muro								
Madera Plástica	0.05				0.22	9.51	0.91	8.67
Poliestireno expandido (EPS)	0.0254				0.0384			
Placa de yeso 3/8"	0.010				0.25			

Fuente: Elaboración propia

Muro N° 2

[S1] Área: (Largo x (Alto - Altura Sobrecimiento)) – (A. Ventana)

[S1] Área: 10.4758m² - (1.16m x 0.835m) = 9.51m²

$$[U_{1muro\ sin\ camara}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

$$[U_{1muro\ sin\ camara}] = \frac{1}{\left(\frac{0.05}{0.22} + \frac{0.0254}{0.0384} + \frac{0.01}{0.25} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_{1muro\ sin\ camara}] = 0.91\ W/m^2K$$

Muro N° 3: Compuesto por madera plástica, poliestireno expandido 1”, placa de yeso de 3/8” con una altura de 2.80m (Techo doble agua) y ventana V-02, con un sobrecimiento de 0.20m.

Dimensiones M-3:

Largo: 1.92m

Alto: 2.80m

Tabla 56

Lista de composición de muro N°3 tipo 1A de madera plástica con aislante 1” – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	Resistencia térmica (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11				
Resistencia superficial interna (Rsi)				0.06				
Muro sin cámara de aire N° 1								
Composición del muro								
Madera Plástica	0.05				0.22	5.00	0.91	4.55
Poliestireno expandido (EPS)	0.0254				0.0384			
Placa de yeso 3/8"	0.010				0.25			

Fuente: Elaboración propia

Muro N° 3

[S1] Área: (Largo x (Alto - Altura Sobrecimiento))

[S1] Área: (1.92m x 2.60m) = 5.00m²

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material1}}}{k_{\text{material1}}} + \frac{e_{\text{material2}}}{k_{\text{material2}}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{0.05}{0.22} + \frac{0.0254}{0.0384} + \frac{0.01}{0.25} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = 0.91 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Muro N° 4: Compuesto por madera plástica, poliestireno expandido 1", placa de yeso de 3/8" con una altura de 2.80m (Techo doble agua) y puerta P-01, con un sobrecimiento de 0.20m

Dimensiones M-4:

Largo: 1.21m

Alto: 2.80m

Tabla 57

Lista de composición de muro N°4 tipo 1A de madera plástica con aislante 1" – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	Resistencia térmica (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11				
Resistencia superficial interna (Rsi)				0.06				
Muro sin cámara de aire N° 1								
Composición del muro								
Madera Plástica	0.05				0.22	1.13	0.91	1.03
Poliestireno expandido (EPS)	0.0254				0.0384			

Placa de yeso 3/8"	0.010	0.25
--------------------	-------	------

Fuente: Elaboración propia

Muro N° 4

[S1] Área: (Largo x (Alto - Altura Sobrecimiento)) – (A. Puerta)

[S1] Área: 2.90m² – (2.1m x 0.84m) = 1.13m²

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material1}}}{k_{\text{material1}}} + \frac{e_{\text{material2}}}{k_{\text{material2}}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{0.05}{0.22} + \frac{0.0254}{0.0384} + \frac{0.01}{0.25} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = 0.91 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Muro N° 5: Compuesto por madera plástica, poliestireno expandido 1", placa de yeso de 3/8" con una altura de 2.37m y ventana V-01, con un sobrecimiento de 0.20m

Dimensiones M-5:

Largo: 4.69m

Alto: 2.17m

Tabla 58

Lista de composición de muro N°5 tipo 1A de madera plástica con aislante 1" – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	Resistencia térmica (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11				
Resistencia superficial interna (Rsi)				0.06				
Muro sin cámara de aire N° 1								
Composición del muro								
Madera Plástica	0.05				0.22	9.58	0.91	8.73
Poliestireno expandido (EPS)	0.0254				0.0384			
Placa de yeso 3/8"	0.010				0.25			

Fuente: Elaboración propia

Muro N° 5

[S1] Área: (Largo x (Alto - Altura Sobrecimiento)) – (A. Ventana)

S1] Área: (4.69m x 2.17m) - (1m x 0.6m) = 9.58m²

$$[U_{1muro \text{ sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

$$[U_{1muro \text{ sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{0.05}{0.22} + \frac{0.0254}{0.0384} + \frac{0.01}{0.25} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_{1muro \text{ sin camara}}] = 0.91 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Muro N° 6: Compuesto por madera plástica, poliestireno expandido 1”, placa de yeso de 3/8” con una altura de 3.27m (techo inclinado) con un sobrecimiento de 0.20m.

Dimensiones M-6:

Largo: 4.41m

Alto: 5.15m

Tabla 59

Lista de composición de muro N°6 tipo 1A de madera plástica con aislante 1” – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	Resistencia térmica (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11				
Resistencia superficial interna (Rsi)				0.06				
Muro sin cámara de aire N° 1								
Composición del muro								
Madera Plástica	0.05				0.22	13.49	0.91	12.30
Poliestireno expandido (EPS)	0.0254				0.0384			
Placa de yeso 3/8"	0.010				0.25			

Fuente: Elaboración propia

Muro N° 6

[S1] Área: Largo x (Alto - Altura Sobrecimiento)

S1] Área: 13.493m²

$$[U_{1muro \text{ sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

$$[U_{1muro \text{ sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{0.05}{0.22} + \frac{0.0254}{0.0384} + \frac{0.01}{0.25} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_{1muro \text{ sin camara}}] = 0.91 \text{ W/m}^2\text{K}$$

NOTA: El Sobrecimiento se considera el mismo dato como para madera plástica, solo que se reduce el espesor a 0.10m.

Se presenta la evaluación de la transmitancia final del envolvente 1A de la vivienda de madera plástica con aislante de 1", que se presenta en el Formato N° 02 – 4.

Tabla 60

Transmitancia térmica del Envolventes Tipo 1A de madera plástica con aislante de 1", Norma EM. 110.

Tipo	Componentes	Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	Resistencia térmica (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1		
Envolventes Tipo 1A	Ventanas, mamparas o superficie vidriadas transparentes o translucidas y puertas (verticales o inclinadas más de 60° con la horizontal)	Ventanas 1 (V-01)										
		Tipo de vidrio:										
			Vidrio transparentes crudo	0.006	2				0.0342	0.60	1.22	1.47
			Aire	0.012					0.026			
			Vidrio transparentes crudo	0.006					0.6			
			Tipo de carpintería del marco									
			Carpintería de madera tornillo	0.05	2	4.2				0.21	2.00	0.84
			Ventanas 1 (V-02)									
			Tipo de vidrio:									
			Vidrio transparentes crudo	0.006					0.0342	0.97	1.22	1.19
			Aire	0.012					0.026			
			Vidrio transparentes crudo	0.006					0.6			
			Tipo de carpintería del marco									
			Carpintería de madera tornillo	0.05		5.46				0.27	2.00	0.55
			Contraventana (V-01)									
			Composición:									
			Triplay	0.004	2				0.14	0.6	0.14	0.17
			Poliestireno expandido (EPS)	0.0254					0.0425			
			Triplay	0.004					0.14			
			Aire	0.16					0.026			
			Contraventana (V-02)									
			Composición:									
			Triplay	0.004					0.14	0.97	0.14	0.14
			Poliestireno expandido (EPS)	0.0254					0.0425			
			Triplay	0.004					0.14			
			Aire	0.16					0.026			
			Puerta (P-1)									
	Madera machimbrada exterior tornillo	0.0127					0.12	1.76	0.82	1.44		
	Poliestireno expandido (EPS)	0.0254					0.0384					
	Triplay	0.04					0.14					
	Resistencias superficiales											
	Resistencia superficial externa (Rse)											
							0.11					
	Resistencia superficial interna (Rsi)											
							0.06					
	Muro sin cámara de aire N° 1											
	Composición del muro											
	Madera Plástica	0.05					0.22	13.07	0.91	11.92		
	Poliestireno expandido (EPS)	0.0254					0.0384					
	Placa de yeso 3/8"	0.010					0.25					
	Muro sin cámara de aire N° 2											
	Composición del muro											
	Madera Plástica	0.05					0.22	9.51	0.91	8.67		
	Poliestireno expandido (EPS)	0.0254					0.0384					
	Placa de yeso 3/8"	0.010					0.25					
	Muro sin cámara de aire N° 3											
	Composición del muro											
	Madera Plástica	0.05					0.22	5.00	0.91	4.55		
	Poliestireno expandido (EPS)	0.0254					0.0384					

Mejora de las variables bioclimáticas y reducción del tiempo constructivo de los muros, aplicando el sistema Blockhouse con madera plástica en las viviendas de zonas rurales altoandinas del proyecto Sumaq Wasi, Perú, 2021.

Placa de yeso 3/8"	0.010	0.25			
Muro sin cámara de aire N° 4					
Composición del muro					
Madera Plástica	0.05	0.22	1.13	0.91	1.03
Poliestireno expandido (EPS)	0.0254	0.0384			
Placa de yeso 3/8"	0.010	0.25			
Muro sin cámara de aire N° 5					
Composición del muro					
Madera Plástica	0.05	0.22	9.58	0.91	8.73
Poliestireno expandido (EPS)	0.0254	0.0384			
Placa de yeso 3/8"	0.010	0.25			
Muro sin cámara de aire N° 6					
Composición del muro					
Madera Plástica	0.05	0.22	13.49	0.91	12.30
Poliestireno expandido (EPS)	0.0254	0.0384			
Placa de yeso 3/8"	0.010	0.25			
Puente térmico: sobrecimiento N° 1					
Composición:					
Concreto simple	0.1	1.51	1.26	10.55	13.29
Mortero cemento-arena (interno)	0.02	1.4			
Mortero cemento-arena (externo)	0.02	1.4			
Puente térmico: sobrecimiento N° 2					
composición:					
Concreto simple	0.1	1.51	0.78	10.55	8.21
Mortero cemento-arena (interno)	0.02	1.4			
Mortero cemento-arena (externo)	0.02	1.4			
Puente térmico: sobrecimiento N° 3					
Composición:					
Concreto simple	0.1	1.51	0.38	10.55	4.05
Mortero cemento-arena (interno)	0.02	1.4			
Mortero cemento-arena (externo)	0.02	1.4			
Puente térmico: sobrecimiento N° 4					
composición:					
Concreto simple	0.1	1.51	0.24	10.55	2.55
Mortero cemento-arena (interno)	0.02	1.4			
Mortero cemento-arena (externo)	0.02	1.4			
Puente térmico: sobrecimiento N° 5					
Composición:					
Concreto simple	0.1	1.51	0.94	10.55	9.89
Mortero cemento-arena (interno)	0.02	1.4			
Mortero cemento-arena (externo)	0.02	1.4			
Puente térmico: sobrecimiento N° 6					
Composición:					
Concreto simple	0.1	1.51	1.03	10.55	10.87
Mortero cemento-arena (interno)	0.02	1.4			
Mortero cemento-arena (externo)	0.02	1.4			
			TRANSMITANCIA (U_{max t}) = $\sum S x U / \sum S$		
			1.65		

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados para la vivienda de madera plástica con aislante de 1”:

Tabla 61

Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m²k

Zona bioclimática	Transmitancia térmica máxima del muro (U _{muro})	Transmitancia térmica máxima del techo (U _{techo})	Transmitancia térmica máxima del piso (U _{piso})
1. Desértico costero	2,36	2,21	2,63
2. Desértico	3,20	2,20	2,63
3. Interandino bajo	2,36	2,21	2,63
4. Mesoandino	2,36	2,21	2,63
5. Altoandino	1,00	0,83	3,26
6. Nevado	0,99	0,80	3,26
7. Ceja de montaña	2,36	2,20	2,63
8. Subtropical húmedo	3,60	2,20	2,63
9. Tropical húmedo	3,60	2,20	2,63

Fuente: Norma (EM. 110, 2014)

- En el envoltente Tipo 1A (muros exteriores) sale 1.65, se observa en la tabla de valores límites máximos de la transmitancia térmica en envoltente tipo 1A = **1.65** > **1.00 NO CUMPLE** con la transmitancia térmica necesaria para esta zona bioclimática.

- En el envoltente Tipo 3A (techos inclinados) sale 0.83, se observa en la tabla de valores límites máximos de la transmitancia térmica en envoltente tipo 3A = **0.83** = **0.83 CUMPLE** con la transmitancia térmica necesaria para esta zona bioclimática.

- En el envoltente Tipo 4A (pisos) sale 1.47, se observa en la tabla de valores límites máximos de la transmitancia térmica en envoltente tipo 4A = **1.47** > **3.26 CUMPLE** con la transmitancia térmica necesaria para esta zona bioclimática.

v. Transmitancia térmica de los muros exteriores de la vivienda de madera plástica con aislante térmico (Poliestireno expandido) de 2”

Ventanas (V-01) y (V-02): Doble vidrio transparente crudo y contraventana compuesto de triplay con un relleno de poliestireno expandido (EPS) de densidad 10 kg/cm³.

Dimensiones V-01: Presenta 2 (V-01) en la vivienda Sumaq Wasi

Largo: 1.00m

Ancho: 0.6m

Dimensiones V-02: Presenta 1 (V-02) en la vivienda Sumaq Wasi

Largo: 1.16m

Ancho: 0.835m

Tabla 62

Lista de composición de ventanas tipo 1A de madera plástica con aislante 2” – características higrométricas de los materiales de construcción y transmitancia térmica de los tipos de carpintería según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Ventanas 1 (V-01)								
Tipo de vidrio:								
Vidrio transparentes crudo	0.006	2			0.0342	0.60	1.22	1.47
Aire	0.012				0.026			
Vidrio transparentes crudo	0.006				0.6			
Tipo de carpintería del marco								
Carpintería de madera tornillo	0.05	2	4.2			0.21	2.00	0.84
Ventanas 1 (V-02)								
Tipo de vidrio:								
Vidrio transparentes crudo	0.006				0.0342	0.97	1.22	1.19
Aire	0.012				0.026			
Vidrio transparentes crudo	0.006				0.6			
Tipo de carpintería del marco								
Carpintería de madera tornillo	0.05		5.46			0.27	2.00	0.55

Fuente: Elaboración propia.

Ventana V-01

[Coeficiente de transmisión térmica k] Según el Anexo N° 3: características

higrométricas de los materiales de construcción de la Norma EM.110. Columna

Coeficiente de transmisión térmica o de conductividad térmica k (W/mk).

[S1] Área V-01: (1.00m x 0.60m) = 0.60m²

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

Nota: Según el paso N° 4 para el tipo 1A, numeral 3.1 de la Norma EM. 110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la celda RST/RSA, en la Resistencia superficial externa (Rse) se coloca 0.11 W/m²K y en la Resistencia superficial interna (Rsi) se coloca 0.06 W/m²K.

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{0.006}{0.0342} + \frac{0.012}{0.026} + \frac{0.006}{0.6} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_1] = 1.22 \text{ W/m}^2\text{K.}$$

Carpintería de madera tornillo V-01

$$\text{Perímetro: } (1.00\text{m} + 0.55\text{m}) \times 2 + (0.55\text{m} \times 2) = \underline{4.2\text{m}}$$

[S1] Área V-01: Perímetro x espesor

$$[S1] \text{ Área V-01: } 4.2\text{m} \times 0.05\text{m} = \underline{0.21\text{m}^2}$$

[U1] Según la Tabla N° 7: Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco de ventanas en muros 1A de la Norma EM.110.

Contraventana (V-01),

[Coeficiente de transmisión térmica k] Según el Anexo N° 3: características higrométricas de los materiales de construcción de la Norma EM.110. Columna Coeficiente de transmisión térmica o de conductividad térmica k (W/mk).

$$[S1] \text{ Área V-01: } (1.00\text{m} \times 0.60\text{m}) = \underline{0.60\text{m}^2}$$

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

Nota: Según el paso N° 4 para el tipo 1A, numeral 3.1 de la Norma EM. 110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la celda RST/RSA, en la Resistencia superficial externa (R_{se}) se coloca $0.11 \text{ W/m}^2\text{K}$ y en la Resistencia superficial interna (R_{si}) se coloca $0.06 \text{ W/m}^2\text{K}$.

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{0.004}{0.14} + \frac{0.0254}{0.0425} + \frac{0.004}{0.14} + \frac{0.16}{0.026} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_1] = 0.14 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

Ventana V-02

[Coeficiente de transmisión térmica k] Según el Anexo N° 3: características higrométricas de los materiales de construcción de la Norma EM.110. Columna Coeficiente de transmisión térmica o de conductividad térmica k (W/mk).

$$[S_1] \text{ Área V-02: } (1.16\text{m} \times 0.835\text{m}) = \underline{0.97\text{m}^2}$$

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

Nota: Según el paso N° 4 para el tipo 1A, numeral 3.1 de la Norma EM. 110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la celda RST/RSA, en la Resistencia superficial externa (R_{se}) se coloca $0.11 \text{ W/m}^2\text{K}$ y en la Resistencia superficial interna (R_{si}) se coloca $0.06 \text{ W/m}^2\text{K}$.

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{0.006}{0.0342} + \frac{0.012}{0.026} + \frac{0.006}{0.6} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_1] = 1.22 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

Carpintería de madera tornillo V-02

$$\text{Perímetro: } (1.16\text{m} + 0.785\text{m}) \times 2 + (0.785\text{m} \times 2) = \underline{5.46\text{m}}$$

[S1] Área V-01: Perímetro x espesor

$$[S_1] \text{ Área V-01: } 5.46\text{m} \times 0.05\text{m} = \underline{0.27\text{m}^2}$$

[U1] Según la Tabla N° 7: Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco de ventanas en muros 1A de la Norma EM.110.

Contraventana (V-02)

[Coeficiente de transmisión térmica k] Según el Anexo N° 3: características higrométricas de los materiales de construcción de la Norma EM.110. Columna Coeficiente de transmisión térmica o de conductividad térmica k (W/mk).

[S1] Área V-02: (1.16m x 0.835m) = 0.97m²

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

Nota: Según el paso N° 4 para el tipo 1A, numeral 3.1 de la Norma EM. 110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la celda RST/RSA, en la Resistencia superficial externa (Rse) se coloca 0.11 W/m²K y en la Resistencia superficial interna (Rsi) se coloca 0.06 W/m²K.

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{0.004}{0.14} + \frac{0.0254}{0.0425} + \frac{0.004}{0.14} + \frac{0.16}{0.026} + 0.06 + 0.11\right)}$$

[U1] = 0.14 W/m²K.

Puerta (P-01): Puerta de entrada exterior compuesto por marco de madera liviana tornillo, cerrado con madera tornillo y triplay con relleno de poliestireno expandido (EPS) de densidad 20 kg/cm³.

Dimensiones P-01:

Largo: 2.10m

Ancho: 0.84m

Tabla 63

Lista de composición de puerta exterior tipo 1A de madera plástica con aislante 2" – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coeficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Puerta (P-1)								
Madera 0-machimbrada exterior tornillo	0.0127				0.12	1.76	0.82	1.44
Poliestireno expandido (EPS)	0.0254				0.0384			

Triplay	0.04	0.14
---------	------	------

Fuente: Elaboración propia

Puerta P-01

[S1] Área P-01: (2.1m x 0.84m) = 1.76m²

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

Nota: Según el paso N° 4 para el tipo 1A, numeral 3.1 de la Norma EM. 110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la celda RST/RSA, en la Resistencia superficial externa (Rse) se coloca 0.11 W/m²K y en la Resistencia superficial interna (Rsi) se coloca 0.06 W/m²K.

$$[U_1] = \frac{1}{\left(\frac{0.0127}{0.12} + \frac{0.0254}{0.0384} + \frac{0.04}{0.14} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_1] = 0.82 \text{ W/m}^2\text{K.}$$

Muro N° 1: Compuesto por madera plástica, poliestireno expandido 2", placa de yeso de 3/8" con una altura de 2.37m y ventana V-01, con un sobrecimiento de 0.20m.

Dimensiones M-1:

Largo: 6.3m

Alto: 2.37m

Nota: Según el paso N° 4 para el tipo 1A – muros, numeral 3.1 de la Norma EM. 110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la celda RST/RSA, en la Resistencia superficial externa (Rse) se coloca 0.11 W/m²K y en la Resistencia superficial interna (Rsi) se coloca 0.06 W/m²K.

Tabla 64

Lista de composición de muro N°1 tipo 1A de madera plástica con aislante 2" – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	Resistencia térmica (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
----------	-------------	----------	---------------	---	---	----------------------	----	-------

Resistencias superficiales

Resistencia superficial externa (Rse)		0.11			
Resistencia superficial interna (Rsi)		0.06			
Muro sin cámara de aire N° 1					
Composición del muro					
Madera Plástica	0.05	0.22	13.07	0.58	7.52
Poliestireno expandido (EPS)	0.05	0.0384			
Placa de yeso 3/8"	0.010	0.25			

Fuente: Elaboración propia

Muro N° 1

[S1] Área: (Largo x (Alto - Altura Sobrecimiento)) – (A. Ventana)

[S1] Área: (6.3m x 2.17m) - (0.6m x 1.00m) = 13.07m²

$$[U_{1muro\ sin\ camara}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

$$[U_{1muro\ sin\ camara}] = \frac{1}{\left(\frac{0.05}{0.22} + \frac{0.05}{0.0384} + \frac{0.01}{0.25} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_{1muro\ sin\ camara}] = 0.58\ W/m^2K$$

Muro N° 2: Compuesto por madera plástica, poliestireno expandido 2", placa de yeso de 3/8" con una altura de 3.27m (Techo doble agua) y ventana V-02, con un sobrecimiento de 0.20m

Dimensiones M-2:

Largo: 3.89m

Alto: 3.27m

Tabla 65

Lista de composición de muro N°2 tipo 1A de madera plástica con aislante 2" – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	Resistencia térmica (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11				
Resistencia superficial interna (Rsi)				0.06				
Muro sin cámara de aire N° 1								
Composición del muro								
Madera Plástica	0.05			0.22	9.51	0.58	5.47	
Poliestireno expandido (EPS)	0.05			0.0384				
Placa de yeso 3/8"	0.010			0.25				

Fuente: Elaboración propia

Muro N° 2

[S1] Área: (Largo x (Alto - Altura Sobrecimiento)) – (A. Ventana)

[S1] Área: $10.4758\text{m}^2 - (1.16\text{m} \times 0.835\text{m}) = \underline{9.51\text{m}^2}$

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material1}}}{k_{\text{material1}}} + \frac{e_{\text{material2}}}{k_{\text{material2}}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{0.05}{0.22} + \frac{0.05}{0.0384} + \frac{0.01}{0.25} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = 0.58 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Muro N° 3: Compuesto por madera plástica, poliestireno expandido 2”, placa de yeso de 3/8” con una altura de 2.80m (Techo doble agua) y ventana V-02, con un sobrecimiento de 0.20m.

Dimensiones M-3:

Largo: 1.92m

Alto: 2.80m

Tabla 66

Lista de composición de muro N°3 tipo 1A de madera plástica con aislante 2” – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	Resistencia térmica (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11				
Resistencia superficial interna (Rsi)				0.06				
Muro sin cámara de aire N° 1								
Composición del muro								
Madera Plástica	0.05				0.22	5.00	0.58	2.88
Poliestireno expandido (EPS)	0.05				0.0384			
Placa de yeso 3/8"	0.010				0.25			

Fuente: Elaboración propia

Muro N° 3

[S1] Área: (Largo x (Alto - Altura Sobrecimiento))

[S1] Área: $(1.92\text{m} \times 2.60\text{m}) = \underline{5.00\text{m}^2}$

$$[U_{1\text{muro sin camara}}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material1}}}{k_{\text{material1}}} + \frac{e_{\text{material2}}}{k_{\text{material2}}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

$$[U_{1muro\ sin\ camara}] = \frac{1}{\left(\frac{0.05}{0.22} + \frac{0.05}{0.0384} + \frac{0.01}{0.25} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_{1muro\ sin\ camara}] = 0.58\ W/m^2K$$

Muro N° 4: Compuesto por madera plástica, poliestireno expandido 2”, placa de yeso de 3/8” con una altura de 2.80m (Techo doble agua) y puerta P-01, con un sobrecimiento de 0.20m

Dimensiones M-4:

Largo: 1.21m

Alto: 2.80m

Tabla 67

Lista de composición de muro N°4 tipo 1A de madera plástica con aislante 2” – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	Resistencia térmica (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11				
Resistencia superficial interna (Rsi)				0.06				
Muro sin cámara de aire N° 1								
Composición del muro								
Madera Plástica	0.05				0.22	1.13	0.58	0.65
Poliestireno expandido (EPS)	0.05				0.0384			
Placa de yeso 3/8"	0.010				0.25			

Fuente: Elaboración propia

Muro N° 4

[S1] Área: (Largo x (Alto - Altura Sobrecimiento)) – (A. Puerta)

$$[S1] \text{ Área: } 2.90\ m^2 - (2.1\ m \times 0.84\ m) = 1.13\ m^2$$

$$[U_{1muro\ sin\ camara}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

$$[U_{1muro\ sin\ camara}] = \frac{1}{\left(\frac{0.05}{0.22} + \frac{0.05}{0.0384} + \frac{0.01}{0.25} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_{1muro\ sin\ camara}] = 0.58\ W/m^2K$$

Muro N° 5: Compuesto por madera plástica, poliestireno expandido 2”, placa de yeso de 3/8” con una altura de 2.37 m y ventana V-01, con un sobrecimiento de 0.20 m

Dimensiones M-5:

Largo: 4.69m

Alto: 2.17m

Tabla 68

Lista de composición de muro N°5 tipo 1A de madera plástica con aislante 2” – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	Resistencia térmica (m ² °C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² °C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11				
Resistencia superficial interna (Rsi)				0.06				
Muro sin cámara de aire N° 1								
Composición del muro								
Madera Plástica	0.05				0.22	9.58	0.58	5.51
Poliestireno expandido (EPS)	0.05				0.0384			
Placa de yeso 3/8"	0.010				0.25			

Fuente: Elaboración propia

Muro N° 5

[S1] Área: (Largo x (Alto - Altura Sobrecimiento)) – (A. Ventana)

S1] Área: (4.69 m x 2.17 m) - (1 m x 0.6 m) = 9.58m²

$$[U_{1muro\ sin\ camara}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

$$[U_{1muro\ sin\ camara}] = \frac{1}{\left(\frac{0.05}{0.22} + \frac{0.05}{0.0384} + \frac{0.01}{0.25} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_{1muro\ sin\ camara}] = 0.58\ W/m^2K$$

Muro N° 6: Compuesto por madera plástica, poliestireno expandido 2”, placa de yeso de 3/8” con una altura de 3.27m (techo inclinado) con un sobrecimiento de 0.20 m.

Dimensiones M-6:

Largo: 4.41 m

Alto: 5.15 m

Tabla 69

Lista de composición de muro N°6 tipo 1A de madera plástica con aislante 2” – características higrométricas de los materiales de construcción según la Norma EM.110.

Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	Resistencia térmica (m ² C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11				
Resistencia superficial interna (Rsi)				0.06				
Muro sin cámara de aire N° 1								
Composición del muro								
Madera Plástica	0.05				0.22	13.49	0.58	7.77
Poliestireno expandido (EPS)	0.05				0.0384			
Placa de yeso 3/8"	0.010				0.25			

Fuente: Elaboración propia

Muro N° 6

[S1] Área: Largo x (Alto - Altura Sobrecimiento)

S1] Área: 13.493m²

$$[U_{1muro\ sin\ camara}] = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \dots + R_{si} + R_{se}\right)}$$

$$[U_{1muro\ sin\ camara}] = \frac{1}{\left(\frac{0.05}{0.22} + \frac{0.05}{0.0384} + \frac{0.01}{0.25} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$[U_{1muro\ sin\ camara}] = 0.58\ W/m^2K$$

NOTA: El Sobrecimiento se considera el mismo dato como para madera plástica, solo que se considera 0.10m de espesor.

Se presenta la evaluación de la transmitancia final del envolvente 1A de la vivienda de madera plástica con aislante de 2”, que se presenta en el Formato N° 02 – 5.

Tabla 70

Transmitancia térmica del Envolventes Tipo 1A de madera plástica con aislante de 2”, Norma EM. 110.

Tipo	Componentes	Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	Resistencia térmica (m ² C/W)	Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Envolventes Tipo 1A	Ventanas, mamparas o superficie vidriadas transparentes	Ventanas 1 (V-01)								
		Tipo de vidrio:								
		Vidrio transparentes crudo	0.006	2			0.0342	0.60	1.22	1.47
	Aire	0.012	0.026							
		Vidrio transparentes o translucidas y puertas (verticales o	Vidrio transparentes crudo	0.006			0.6			
		Tipo de carpintería del marco								
	Carpintería de madera tornillo	0.05	2	4.2			0.21	2.00	0.84	
		Ventanas 1 (V-02)								

Mejora de las variables bioclimáticas y reducción del tiempo constructivo de los muros, aplicando el sistema Blockhouse con madera plástica en las viviendas de zonas rurales altoandinas del proyecto Sumaq Wasi, Perú, 2021.

inclinadas más de 60° con la horizontal)	Tipo de vidrio:						
	Vidrio transparentes crudo	0.006		0.0342	0.97	1.22	1.19
	Aire	0.012		0.026			
	Vidrio transparentes crudo	0.006		0.6			
	Tipo de carpintería del marco						
	Carpintería de madera tornillo	0.05	5.46		0.27	2.00	0.55
	Contraventana (V-01)						
	Composición:						
	Triplay	0.004		0.14	0.6	0.14	0.17
	Poliestireno expandido (EPS)	0.0254	2	0.0425			
Triplay	0.004		0.14				
Aire	0.16		0.026				
Contraventa (V-02)							
Composición:							
Triplay	0.004		0.14	0.97	0.14	0.14	
Poliestireno expandido (EPS)	0.0254		0.0425				
Triplay	0.004		0.14				
Aire	0.16		0.026				
Puerta (P-1)							
Madera machimbrada exterior tornillo	0.0127		0.12	1.76	0.82	1.44	
Poliestireno expandido (EPS)	0.0254		0.0384				
Triplay	0.04		0.14				
Resistencias superficiales							
Resistencia superficial externa (Rse)			0.11				
Resistencia superficial interna (Rsi)			0.06				
Muro sin cámara de aire N° 1							
Composición del muro							
Madera Plástica	0.05		0.22	13.07	0.58	7.52	
Poliestireno expandido (EPS)	0.05		0.0384				
Placa de yeso 3/8"	0.010		0.25				
Muro sin cámara de aire N° 2							
Composición del muro							
Madera Plástica	0.05		0.22	9.51	0.58	5.47	
Poliestireno expandido (EPS)	0.05		0.0384				
Placa de yeso 3/8"	0.010		0.25				
Muro sin cámara de aire N° 3							
Composición del muro							
Madera Plástica	0.05		0.22	5.00	0.58	2.88	
Poliestireno expandido (EPS)	0.05		0.0384				
Placa de yeso 3/8"	0.010		0.25				
Muro sin cámara de aire N° 4							
Composición del muro							
Madera Plástica	0.05		0.22	1.13	0.58	0.65	
Poliestireno expandido (EPS)	0.05		0.0384				
Placa de yeso 3/8"	0.010		0.25				
Muro sin cámara de aire N° 5							
Composición del muro							
Madera Plástica	0.05		0.22	9.58	0.58	5.51	
Poliestireno expandido (EPS)	0.05		0.0384				
Placa de yeso 3/8"	0.010		0.25				
Muro sin cámara de aire N° 6							
Composición del muro							
Madera Plástica	0.05		0.22	13.49	0.58	7.77	
Poliestireno expandido (EPS)	0.05		0.0384				
Placa de yeso 3/8"	0.010		0.25				
Puente térmico: sobrecimiento N° 1							
Composición:							
Concreto simple	0.1		1.51	1.26	10.55	4.29	
Mortero cemento-arena (interno)	0.02		1.4				
Mortero cemento-arena (externo)	0.02		1.4				
Puente térmico: sobrecimiento N° 2							
Composición:				0.78	10.55	8.21	
Concreto simple	0.1		1.51				

Mejora de las variables bioclimáticas y reducción del tiempo constructivo de los muros, aplicando el sistema Blockhouse con madera plástica en las viviendas de zonas rurales altoandinas del proyecto Sumaq Wasi, Perú, 2021.

Mortero cemento-arena (interno)	0.02	1.4			
Mortero cemento-arena (externo)	0.02	1.4			
Puente térmico: sobrecimiento N° 3					
Composición:					
Concreto simple	0.1	1.51	0.38	10.55	4.05
Mortero cemento-arena (interno)	0.02	1.4			
Mortero cemento-arena (externo)	0.02	1.4			
Puente térmico: sobrecimiento N° 4					
Composición:					
Concreto simple	0.1	1.51	0.24	10.55	2.55
Mortero cemento-arena (interno)	0.02	1.4			
Mortero cemento-arena (externo)	0.02	1.4			
Puente térmico: sobrecimiento N° 5					
Composición:					
Concreto simple	0.1	1.51	0.94	10.55	9.89
Mortero cemento-arena (interno)	0.02	1.4			
Mortero cemento-arena (externo)	0.02	1.4			
Puente térmico: sobrecimiento N° 6					
Composición:					
Concreto simple	0.1	1.51	1.03	10.55	10.87
Mortero cemento-arena (interno)	0.02	1.4			
Mortero cemento-arena (externo)	0.02	1.4			
			TRANSMITANCIA ($U_{max t} = \sum S x U / \sum S$)		
			1.37		

Fuente: Elaboración propia.

Mejora de las variables bioclimáticas y reducción del tiempo constructivo de los muros, aplicando el sistema Blockhouse con madera plástica en las viviendas de zonas rurales altoandinas del proyecto Sumaq Wasi, Perú, 2021. Los resultados para la vivienda de madera plástica con aislante de 2”:

Tabla 71

Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m²k

Zona bioclimática	Transmitancia térmica máxima del muro (U _{muro})	Transmitancia térmica máxima del techo (U _{techo})	Transmitancia térmica máxima del piso (U _{piso})
1. Desértico costero	2,36	2,21	2,63
2. Desértico	3,20	2,20	2,63
3. Interandino bajo	2,36	2,21	2,63
4. Mesoandino	2,36	2,21	2,63
5. Altoandino	1,00	0,83	3,26
6. Nevado	0,99	0,80	3,26
7. Ceja de montaña	2,36	2,20	2,63
8. Subtropical húmedo	3,60	2,20	2,63
9. Tropical húmedo	3,60	2,20	2,63

Fuente: Norma (EM. 110, 2014)

- En el envolvente Tipo 1A (muros exteriores) sale 1.37, se observa en la tabla de valores límites máximos de la transmitancia térmica en envolvente tipo 1A = **1.37 > 1.00 NO CUMPLE** con la transmitancia térmica necesaria para esta zona bioclimática.
- En el envolvente Tipo 3A (techos inclinados) sale 0.83, se observa en la tabla de valores límites máximos de la transmitancia térmica en envolvente tipo 3A = **0.83 = 0.83 CUMPLE** con la transmitancia térmica necesaria para esta zona bioclimática.
- En el envolvente Tipo 4A (pisos) sale 1.47, se observa en la tabla de valores límites máximos de la transmitancia térmica en envolvente tipo 4A = **1.47 > 3.26 CUMPLE** con la transmitancia térmica necesaria para esta zona bioclimática.

3.1.2 RESULTADOS:

Evaluación de los resultados obtenido a partir de los cálculos de las envolventes de los muros de adobe y muros de madera plastica (Sumaq Wasi).

En la tabla 72, se muestra el cuadro comparativo las vivienda de adobe, que se calcularon según expediente y según lo ejecutan. Analizamos lo primordial que presenta la tesis, la transmitancia de los muros de la vivienda que es del Tipo 1A, la norma EM. 110 indica que la transmitancia térmica se calcula por separado lo que es Muro, Piso y techo. Se hizo un analisis extra de piso y techo de la vivienda Sumaq Wasi

La norma EM. 110 tiene valores máximos como indica en la tabla, y se puede observar que al calcular la transmitancia térmica, según las indicaciones que exige la norma, los muros (Tipo 1A), no cumple con la norma establecida

El techo (Tipo 3A), compuesto, según indica el expediente técnico brindado, si cumple con los valores establecidos de la norma.

El piso (Tipo 4A), compuesta, según indica el expediente tecnic brindado, si cumple con los valores establecidos de la norma.

Tabla 72

Cuadro comparativo de resultados de vivienda de adobe (Sumaq Wasi).

<u>Valores de transmitancia térmica (U) en W/m2k</u>					
Tipo de envolvente	Vivienda de adobe según el expediente técnico	Vivienda de adobe según lo ejecutan	Valores limites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m2k - Altoandino	CUMPLIMIENTO DE LA NORMA	OBSERVACIONES
Tipo 1A	1.94	1.78	1.00	NO CUMPLE	No tendra que sobrepasar a 1.00
Tipo 3A	0.83	0.83	0.83	CUMPLE	No tendra que sobrepasar a 0.83
Tipo 4A	1.47	1.47	3.26	CUMPLE	No tendra que sobrepasar a 3.26

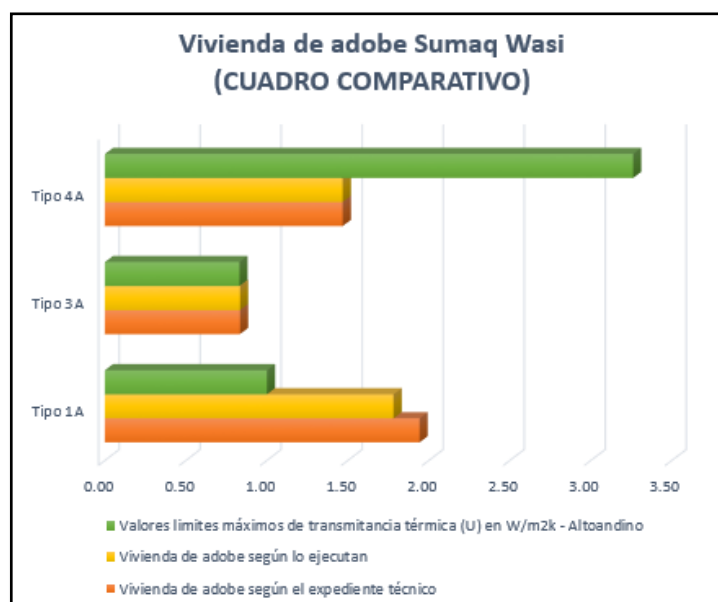
Fuente: Elaboración propia

En la figura 21, se muestra el cuadro comparativo de transmitancia térmica máximas Vs resultados obtenidos de los muros de adobe, se puede observar que los valores límites máximos de transmitancia térmica (color verde), debe estar por debajo o igual a los valores hallados, para que **CUMPLA** con los parámetros máximos establecidos conforme a la Norma EM. 110.

Nos muestra que los muros Tipo 1A de las viviendas de adobes, no cumplen con la transmitancia térmica establecida por la norma.

Figura 21

Cuadro comparativo de transmitancia térmicas máximas Vs resultados – Muros de adobe



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 73, se muestra el cuadro comparativo las vivienda de madera plastica, que se calcularon solo madera plástica y madera plástica con un aislante térmico, en este caso se considero el poliestireno expandido de densidad 20 kg/cm³. Analizamos lo primordial que presenta la tesis, la transmitancia de los muros de la vivienda que es del Tipo 1A. En la presente tesis se considera la transmitancia térmica de piso y

techo como en las viviendas de adobe, ya que no se cambiaría sus componentes de ellos.

La norma EM. 110 tiene valores máximos como indica en la tabla, y se puede observar que al calcular la transmitancia térmica, de los muros de madera plástica, madera plástica con poliestireno expandido de 1" y madera plástica con poliestireno expandido de 2", no cumple con la norma establecida.

Tabla 73

Cuadro comparativo de resultados de vivienda de madera plástica (Sumaq Wasi).

Tipo de envolvente	Valores de transmitancia térmica (U) en W/m ² k				Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m ² k - Altoandino	CUMPLIMIENTO DE LA NORMA	OBSERVACIONES
	Vivienda de madera plástica con el sistema Blockhouse	Vivienda de madera plástica con Poliestireno expandido de 1" con el sistema Blockhouse	Vivienda de madera plástica con Poliestireno expandido de 2" con el sistema Blockhouse				
Tipo 1A	2.99	1.65	1.37	1.00	NO CUMPLE	No tendrá que sobrepasar a 1.00	
Tipo 3A	0.83	0.83	0.83	0.83	CUMPLE	No tendrá que sobrepasar a 0.83	
Tipo 4A	1.47	1.47	1.47	3.26	CUMPLE	No tendrá que sobrepasar a 3.26	

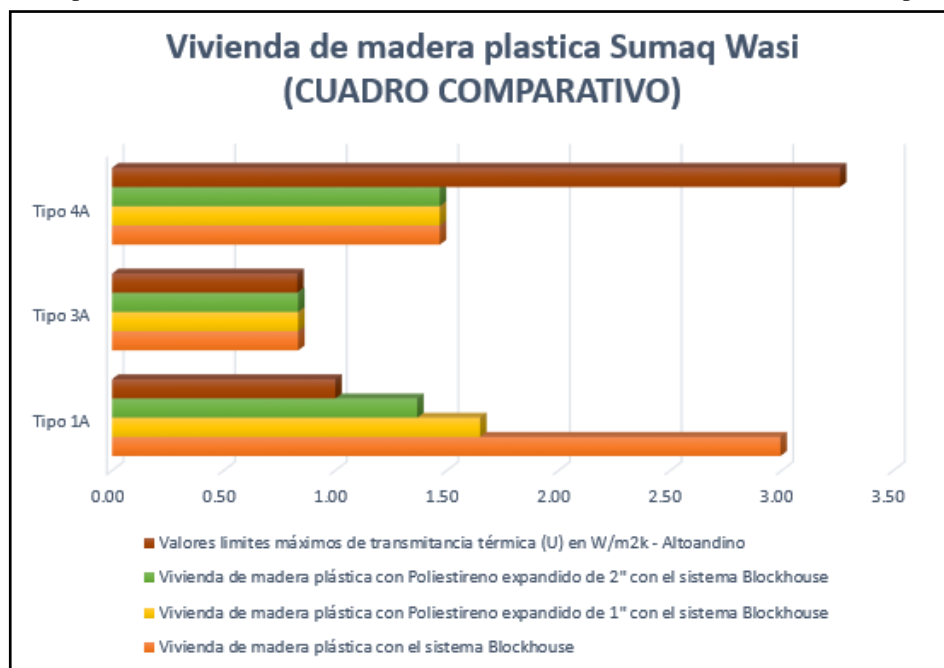
Fuente: Elaboración propia

En la figura 22, se muestra el cuadro comparativo de transmitancia térmica máximas Vs resultados obtenidos de madera plástica, se puede observar que los valores límites máximos de transmitancia térmica (color guinda), debe estar por debajo o igual a los valores hallados, para que **CUMPLA** con los parámetros máximos establecidos conforme a la Norma EM. 110.

Nos muestra que los muros Tipo 1A de las viviendas de madera plástica e incluyendo un aislante térmico, no cumplen con la transmitancia térmica establecida por la norma.

Figura 22

Cuadro comparativo de transmitancia térmicas máximas Vs resultados – Muro de madera plástica



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 74, se muestra el cuadro comparativo de todas las viviendas calculadas, que son muros de adobe según expediente técnico; muro de adobe según lo ejecutan; muro de madera plástica solo; muro de madera plástica con poliestireno expandido de densidad 20 kg/cm^3 con espesor de 1" y de 2" (tipo 1A). Se observa que ninguno de los muros estudiados cumplen con la norma EM. 110.

Tabla 74

Cuadro comparativo de resultados de todas las viviendas estudiadas (Sumaq Wasi).

Tipo de envolvente	Valores de transmitancia termica (U) en W/m2k					
	Vivienda de adobe según el expediente tecnico	Vivienda de adobe según lo construyen	Vivienda de madera plastica con el sistema Blockhouse	Vivienda de madera plastica con Poliestireno expandido de 1" con el sistema Blockhouse	Vivienda de madera plastica con Poliestireno expandido de 2" con el sistema Blockhouse	Valores limites maximos de transmitancia termica (U) en W/m2k - Altoandino
Tipo 1A	1.94	1.78	2.99	1.65	1.37	1.00
Tipo 3A	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
Tipo 4A	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	3.26

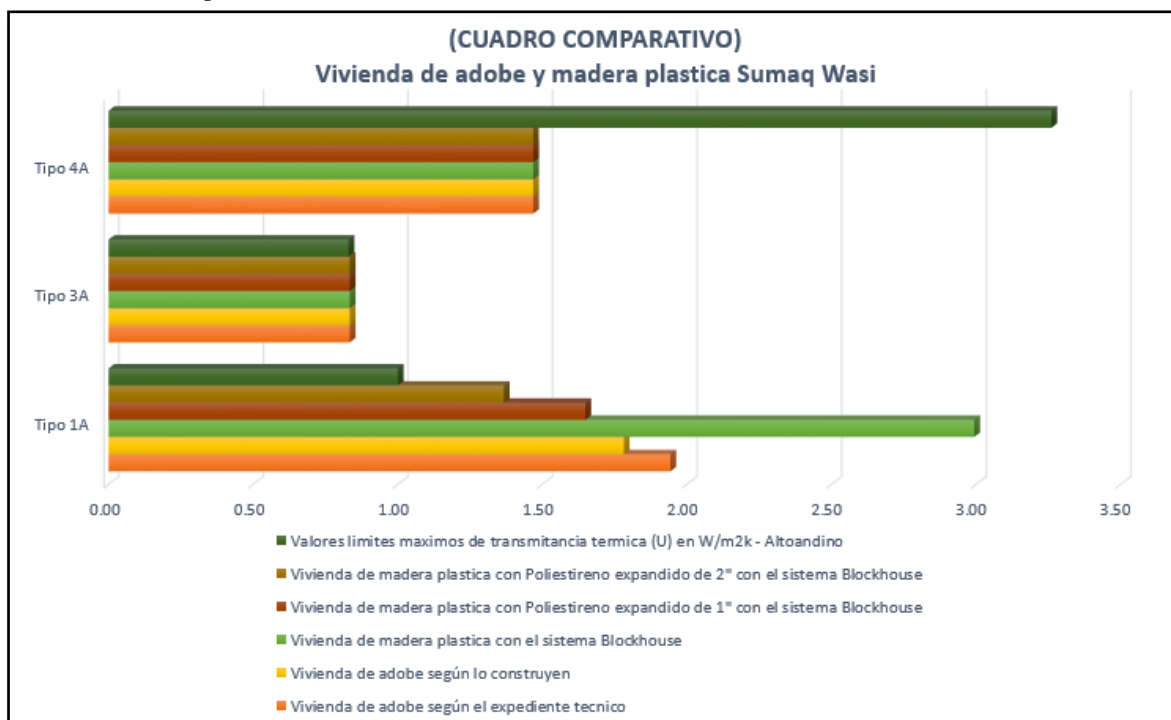
Fuente: Elaboración propia

En la figura 23, se muestra el cuadro comparativo de transmitancia térmica máximas Vs resultados obtenidos de todas las viviendas estudiadas, se puede observar que los valores límites máximos de transmitancia térmica (color verde oscuro), debe estar por debajo o igual a los valores hallados, para que **CUMPLA** con los parámetros máximos establecidos conforme a la Norma EM. 110.

Nos muestra que los muros Tipo 1A de todas las viviendas estudiadas no cumplen con la transmitancia térmica establecida por la norma.

Figura 23

Cuadro comparativo de transmitancia térmicas máximas Vs resultados – Viviendas en total



Fuente: Elaboración propia

3.2 PARA EL OBJETIVO N° 2

3.2.1 CALCULO

Prueba de absorción (Anexo N°6: prueba de absorción del adobe y madera plástica Formato N°3)

a. Prueba de absorción del adobe y madera plastica

Como se sabe la absorción es la cantidad de agua, que absorbe un cuerpo, que está en contacto con el fluido, la forma de medirla es a través de la comparación de las masas del cuerpo, antes y después de ser sumergido. Para llevarlo a cabo en la presente tesis hizo uso de las indicaciones y requerimiento de la norma técnica peruana 339.613.

De acuerdo con esta norma, se seleccionaron tres unidades enteras correspondientes a cada material a ser estudiado.

El experimento se realizó primero en pesarlo las 3 muestras de adobe y madera plástica, y luego de ello se sumergen al agua con una temperatura entre 15.5°C a 30°C, por un periodo de 24 horas.

Figura 24

Adobes seleccionados, sometido a la prueba de absorción y finalmente pesados



Fuente: Elaboración propia.

Se pesa la madera plástica seca y se sumerge al agua por 24 horas, como se muestra en la figura 25.

Figura 25

Maderas plásticas seleccionadas, sometido a la prueba de absorción y finalmente pesados



Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 RESULTADOS:

Prueba de absorción de adobes

Se etiquetaron las muestras de la siguiente forma:

M1	Adobe 1
M2	Adobe 2
M3	Adobe 3

Como se muestra en la figura 26, se sumerge los adobes al agua, pasando las 24 horas se observa que terminaron por desintegrarse en su totalidad haciendo imposible su extracción para la medición de sus pesos en estado saturado.

Figura 26

Estado final de los adobes tras concluida la prueba de absorción.



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 75, se describe el peso de las unidades seca y el peso de las unidades de adobe pasando la prueba de absorción de 24 horas, en lo cual se muestra la

desintegración total, no teniendo porcentaje de absorción para los adobes. Las unidades de adobe tenían las siguientes dimensiones: Largo = 40 cm, Ancho = 20 cm y Altura = 10cm.

Tabla 75

Resumen de Porcentajes de Absorción de adobe

	Peso seco Wd (gr.)	Peso saturado Ws (gr.)	% Absorción	% Absorción Promedio
M1	13759.9			
M2	13147.6			
M3	13656.7			
Desintegración total				

Fuente: Elaboración propia

Prueba de absorción de madera plástica

Se etiquetaron las muestras de la siguiente forma:

M1	Madera plástica 1
M2	Madera plástica 2
M3	Madera plástica 3

Como se muestra en la figura 27 se hizo la prueba de absorción de agua para las maderas plásticas, y se obtuvieron los siguientes resultados.

Figura 27

Estado final de madera plástica tras concluida la prueba de absorción



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 76, se describe el peso de las unidades seca y el peso de las unidades de madera plástica, pasando el ensayo de absorción de 24 horas, obteniendo un promedio de 0.18% de absorción.

Tabla 76

Resumen de Porcentajes de Absorción de agua de Madera Plástica.

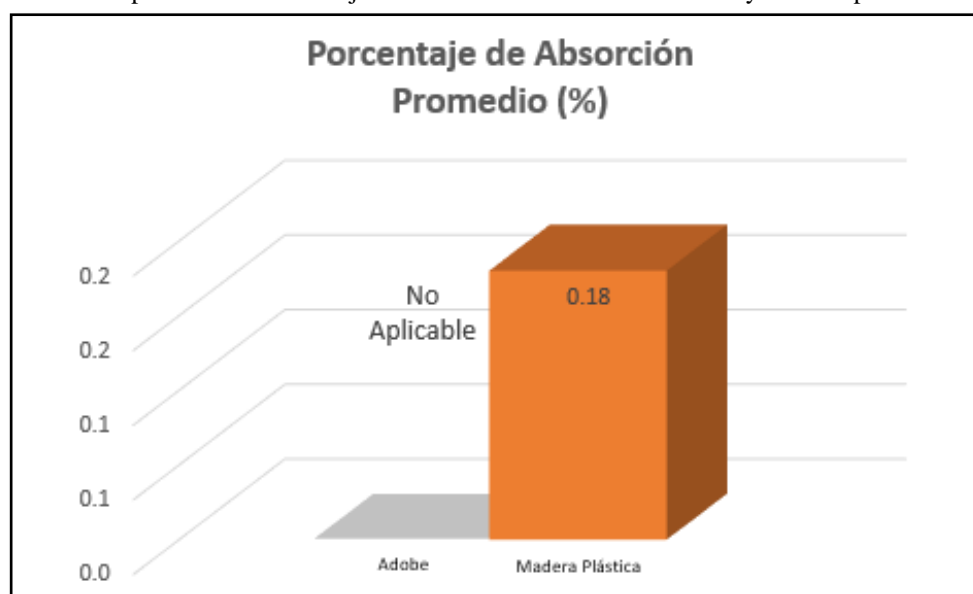
	Peso seco Wd (gr.)	Peso saturado Ws (gr.)	% Absorción	% Absorción Promedio
M1	185.0	186.0	0.54	
M2	186.0	186.0	0.00	0.18
M3	186.0	186.0	0.00	

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 28, se muestra el cuadro comparativo de Porcentaje de Absorción Promedio de agua que tiene el adobe y la madera plástica en estudio, como se muestra el adobe no se aplica ya que se desintegro al sumergirlo por 24 horas y la madera plástica tiene un 0.18% de absorción.

Figura 28

Cuadro comparativo de Porcentaje de Absorción Promedio de Adobe y Madera plástica.



Fuente: Elaboración propia.

Evaluación de penetrabilidad de los muros

En la Figura 29, en los muros estudiados, que es de adobe con un zocalo de cemento pulido de 2 cm, se observo que al llenarlo de liquido (agua), durante 3 dias, no hubo ninguna consecuencia, durante el ensayo no paso el agua a la otra habitación. Se pudo observar que la resistencia del muro es gracias al tarrajeo .

Figura 29

Observación de inundación de muro de adobe con tarrajeo



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 30, en los muros estudiados, que es de madera plástica con el sistema Blockhouse + SIKAFLEX®-11 FC+ en las ranuras, se analizó que al momento de llenarlo de líquido (agua), durante 3 días, igual que el muro de adobe, no pasó el agua a la otra habitación ya que está sellado, y muy resistente ante una inundación.

Figura 30

Muro de madera plástica con el sistema Blockhouse + SIKAFLEX®-11 FC+, en observación ante una inundación.



Fuente: Elaboración propia.

3.3 PARA EL OBJETIVO N° 3

3.3.1 CALCULO

Determinación de los tiempos totales de la construcción de los muros

Se considera las actividades, para la construcción de los muros de adobe, orientado con el expediente técnico brindado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Se determinara los rendimientos de cada persona, considerando solo 2 personas que trabajan con el mismo rendimiento, para hallar el tiempo de cada actividad que demorara en ejecutarlo de la misma. Se hizo un muro de adobe (1.00 m x 1.50 m) de 1.50m² con un rendimiento de 6 m²/día por persona.

Tabla 77

Rendimiento y duración de cada actividad – Muro de adobe

ID	ACTIVIDADES	PREDE CESORA	UND	METRADOS	RENDIMIENTOS (POR DÍA - 8 HRS) según E.T.	frente de trabajo según E.T	RENDIMIENTO PROMEDIO DE CADA PERSONA POR DÍA	Frente de trabajo	DURACION (DIAS)		
									CALCULO	REDONDEO	
EXCAVACIONES											
A	Trazo niveles y replanteo preliminar (Dimensiones; 6.8m x 7.85m)	-	m2	53.43	250.00	3.00	83.33	2.00	0.32	1 días	
B	Corte y explanacion de terreno normal manual (Dimensiones; 6.8m x 7.85m x 0.70m)	A	m3	37.37	3.00	1.00	3.00	2.00	6.23	7 días	
C	Excavaciones de zanjas para muro (Dimensiones; 0.6m de Ancho x 0.60m de Alto)	B	m3	8.67	3.00	1.00	3.00	2.00	1.45	2 días	
CIMIENOTOS											
D	Cimiento corrido mamposteria de piedra, mezcla 1:10 + 70%PG (Dimensiones; 0.60m de Ancho x 0.60m de Alto)	C	m3	8.67	18.00	11.00	1.64	2.00	2.65	3 días	
SOBRECIMIENOTOS											
E	Encofrado y desencofrado de sobrecimiento h=0.30m	D	m2	14.35	14.40	2.00	7.20	2.00	1.00	1 días	
F	Sobrecimiento mezcla 1:8 + 30%PM (Dimensiones; 0.40m de Ancho x 0.30m de Alto)	E	m3	2.93	15.00	10.00	1.50	2.00	0.98	1 días	
MUROS											
G	Muros de adobe e=0.40 reforzado con caña	E,F	m2	54.39	18.00	3.00	6.00	2.00	4.53	5 días	
ENLUCIDO DE YESO Y TARRAJEO											
H	Zocalo de cemento sobre muro de adobe H=70	G	m2	13.23	10.00	2.00	5.00	2.00	1.32	2 días	
I	Enlucido con yeso sobre muro de adobe exterior	H	m2	45.49	14.00	2.00	7.00	2.00	3.25	4 días	
J	Enlucido con yeso sobre muro de adobe interior	H	m2	62.49	11.00	2.00	5.50	2.00	5.68	6 días	
K	Derrames de vanos con yeso	H	m	15.68	18.00	2.00	9.00	2.00	0.87	1 días	
									Tiempo total que se considera para los muros		33 días

Fuente: Elaboración propia.

Como parte de la aplicación de un sistema de planeamiento más sistemático como el método del PERT-CPM, se consideró aplicar el concepto de estructura de trabajo, a la

construcción netamente de los muros de adobe, la cual consistió en separar, o desagregar jerárquicamente, las actividades que conforman.

El tiempo que se halló para la construcción de los muros de adobe como se muestra en la tabla 77 es de 33 días.

Se aplicará la Red CPM a la construcción de muros de Adobe.

Analizando las precedencias de los componentes y sus actividades o tareas correspondientes, para la construcción de los muros de adobe. Se determinó el orden de la secuencia de los componentes de la siguiente manera, tabla 78.

- CPM – Muro de Adobe

Tabla 78

CPM – Muro de Adobe.

ID	ACTIVIDADES	DIAS	PREDE CESORA	TIEMPO INICIAL MAS TEMPRANO ES	TIEMPO FINAL MAS TEMPRANO EF	TIEMPO INICIAL MAS TARDIO LS	TIEMPO FINAL MAS TARDIO LF	HOLGURA
EXCAVACIONES								
A	Trazo niveles y replanteo preliminar (Dimensiones; 6.8m x 7.85m)	1.00	-	0.00	1.00	1.00	2.00	1.00
B	Corte y explanación de terreno normal manual (Dimensiones; 6.8m x 7.85m x 0.70m)	7.00	A	1.00	8.00	2.00	9.00	1.00
C	Excavaciones de zanjas para muro (Dimensiones; 0.6m de Ancho x 0.60m de Alto)	2.00	B	8.00	10.00	9.00	11.00	1.00
CIMIENTOS								
D	Cimiento corrido mampostería de piedra, mezcla 1:10 + 70%PG (Dimensiones; 0.60m de Ancho x 0.60m de Alto)	3.00	C	10.00	13.00	11.00	14.00	1.00
SOBRECIMENTOS								
E	Encofrado y desencofrado de sobrecimiento h=0.30m	1.00	D	13.00	14.00	14.00	15.00	1.00
F	Sobrecimiento mezcla 1:8 + 30%PM (Dimensiones; 0.40m de Ancho x 0.30m de Alto)	1.00	E	14.00	15.00	15.00	16.00	1.00
MUROS								
G	Muros de adobe e=0.40 reforzado con caña	5.00	E,F	15.00	20.00	16.00	21.00	1.00
ENLUCIDO DE YESO Y TARRAJEO								
H	Zocalo de cemento sobre muro de adobe H=70	2.00	G	20.00	22.00	21.00	22.00	0.00
I	Enlucido con yeso sobre muro de adobe exterior	4.00	H	22.00	26.00	24.00	28.00	2.00
J	Enlucido con yeso sobre muro de adobe interior	6.00	H	22.00	28.00	22.00	28.00	0.00
K	Derrames de vanos con yeso	1.00	H	22.00	23.00	27.00	28.00	5.00
Tiempo Ruta Crítica del muro		28.00						

Fuente: Elaboración propia.

Al aplicar la herramienta CPM para diagramar la secuencia de actividades establecidas, indicadas en el punto anterior, notándose que las actividades resaltadas,

son actividades críticas del proyecto, cuyo tiempo de cada actividad no puede ser demorado o retrasado porque esto atrasaría o demoraría la construcción.

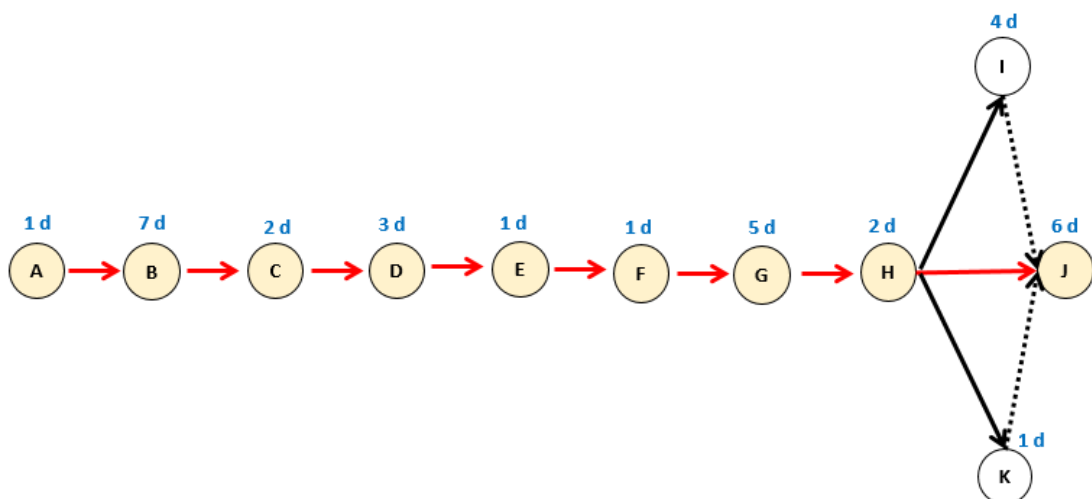
El conocimiento de estas actividades críticas y su secuencia, permite que la gestión de la construcción de muros de adobe, se concentre en asegurar el control de la dotación de los recursos, del personal y de la ejecución misma de dichas actividades, y que se realice sin demora, puesto que la ejecución de dichas actividades no tiene tolerancia de tiempo.

Las actividades de la ruta crítica son las actividades A, B, C, D, E, F, G, H y J respectivamente, esto permite tener cierta holgura y avance en la construcción de los muros, puesto que existen tolerancias de tiempo.

Como se representa, aplicando la herramienta CPM indica que se ejecuta la construcción en muros es de 28 días

Figura 31

Determinación de la ruta crítica – Muro de Adobe



Fuente: Elaboración propia

Comparando la tabla 77 a la tabla 78 se redujo un tiempo de 5 días, aplicando la herramienta CPM ruta crítica.

Se aplicará la herramienta PERT

- PERT – Muro de Adobe

Tabla 79

PERT – Muro de Adobe.

ID	ACTIVIDADES	To	TM	Tp	TE	σ^2
EXCAVACIONES						
A	Trazo niveles y replanteo preliminar (Dimensiones; 6.8m x 7.85m)	1.00	1.00	3.00	1.00	0.11
B	Corte y explanacion de terreno normal manual (Dimensiones; 6.8m x 7.85m x 0.70m)	5.00	7.00	9.00	7.00	0.44
C	Excavaciones de zanjas para muro (Dimensiones; 0.6m de Ancho x 0.60m de Alto)	1.00	2.00	4.00	2.00	0.25
CIMIENOS						
D	Cimiento corrido mamposteria de piedra, mezcla 1:10 + 70%PG (Dimensiones; 0.60m de Ancho x 0.60m de Alto)	1.00	3.00	5.00	3.00	0.44
SOBRECIMIENOS						
E	Encofrado y desencofrado de sobrecimiento h=0.30m	1.00	1.00	3.00	1.00	0.11
F	Sobrecimiento mezcla 1:8 + 30%PM (Dimensiones; 0.40m de Ancho x 0.30m de Alto)	1.00	1.00	3.00	1.00	0.11
MUROS						
G	Muros de adobe e=0.40 reforzado con caña	3.00	5.00	7.00	5.00	0.44
ENLUCIDO DE YESO Y TARRAJEO						
H	Zocalo de cemento sobre muro de adobe H=70	1.00	2.00	4.00	2.00	0.25
I	Enlucido con yeso sobre muro de adobe exterior	2.00	4.00	6.00	4.00	0.44
J	Enlucido con yeso sobre muro de adobe interior	4.00	6.00	8.00	6.00	0.44
K	Derrames de vanos con yeso	1.00	1.00	3.00	1.00	0.11
Tiempo Ruta Crítica del muro			28.00		28.00	2.61
Varianza						2.61
Desviación estándar						1.61589

Fuente: Elaboración propia.

Como observamos en la tabla 79 correspondiente al PERT para la construcción de muros de adobe, se han aplicado los conceptos del PERT, considerándose al tiempo estimado durante el CPM 28 días, y los tiempos de cada actividad, los tiempos normales o más probables (TM) que se estimó. Se calcula la varianza y la desviación estándar de la ruta crítica.

Al aplicar el método PERT podemos calcular cual es la probabilidad de que la construcción de los muros pueda ser terminado en 27 días y cuál es la probabilidad de terminarlo en 29 días (queremos ver si se puede terminar un día antes y un día después).

Para ello, debemos aplicar la formula siguiente:

Figura 32

Probabilidad de ocurrencia de un evento o suceso con el parámetro Z

$$Z = \frac{TC - TE}{\sqrt{\sum \sigma^2}}$$

TC = Tiempo de contrato
TE = Tiempo esperado
 $\sigma^2 = \sum$ Varianzas de actividades Críticas (deviación estandar)

Fuente: J. Carbonel. Pg. 71. 1989. Tomado de “Programacion y control de Proyectos, una guía para la gerencia”, Auspiciado por CONCYTEC.

- Realizando la estimación para 27 días (1 día antes), se aplica la formula de la siguiente manera.

$$Z = \frac{(27 - 28)}{\sqrt{2.61}}$$

$$Z = -0.61885$$

- Realizando la estimación para 29 días (1 día después), se aplica la formula de la siguiente manera.

$$Z = \frac{(29 - 28)}{\sqrt{2.61}}$$

$$Z = 0.61885$$

Observando en la tabla de Distribución Normal de la figura 33, para hallar la probabilidad de terminar la construcción de los muros, estimando 1 día menos y 1 día mas, es la siguiente:

Figura 33

Distribucion normal (tabla estadísticas)

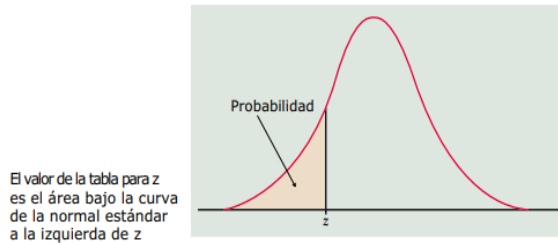


TABLA A: Probabilidades de la normal estándar

z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
-3.4	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0002
-3.3	.0005	.0005	.0005	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0003
-3.2	.0007	.0007	.0006	.0006	.0006	.0006	.0006	.0005	.0005	.0005
-3.1	.0010	.0009	.0009	.0009	.0008	.0008	.0008	.0008	.0007	.0007
-3.0	.0013	.0013	.0013	.0012	.0012	.0011	.0011	.0011	.0010	.0010
-2.9	.0019	.0018	.0018	.0017	.0016	.0016	.0015	.0015	.0014	.0014
-2.8	.0026	.0025	.0024	.0023	.0023	.0022	.0021	.0021	.0020	.0019
-2.7	.0035	.0034	.0033	.0032	.0031	.0030	.0029	.0028	.0027	.0026
-2.6	.0047	.0045	.0044	.0043	.0041	.0040	.0039	.0038	.0037	.0036
-2.5	.0062	.0060	.0059	.0057	.0055	.0054	.0052	.0051	.0049	.0048
-2.4	.0082	.0080	.0078	.0075	.0073	.0071	.0069	.0068	.0066	.0064
-2.3	.0107	.0104	.0102	.0099	.0096	.0094	.0091	.0089	.0087	.0084
-2.2	.0139	.0136	.0132	.0129	.0125	.0122	.0119	.0116	.0113	.0110
-2.1	.0179	.0174	.0170	.0166	.0162	.0158	.0154	.0150	.0146	.0143
-2.0	.0228	.0222	.0217	.0212	.0207	.0202	.0197	.0192	.0188	.0183
-1.9	.0287	.0281	.0274	.0268	.0262	.0256	.0250	.0244	.0239	.0233
-1.8	.0359	.0351	.0344	.0336	.0329	.0322	.0314	.0307	.0301	.0294
-1.7	.0446	.0436	.0427	.0418	.0409	.0401	.0392	.0384	.0375	.0367
-1.6	.0548	.0537	.0526	.0516	.0505	.0495	.0485	.0475	.0465	.0455
-1.5	.0668	.0655	.0643	.0630	.0618	.0606	.0594	.0582	.0571	.0559
-1.4	.0808	.0793	.0778	.0764	.0749	.0735	.0721	.0708	.0694	.0681
-1.3	.0968	.0951	.0934	.0918	.0901	.0885	.0869	.0853	.0838	.0823
-1.2	.1151	.1131	.1112	.1093	.1075	.1056	.1038	.1020	.1003	.0985
-1.1	.1357	.1335	.1314	.1292	.1271	.1251	.1230	.1210	.1190	.1170
-1.0	.1587	.1562	.1539	.1515	.1492	.1469	.1446	.1423	.1401	.1379
-0.9	.1841	.1814	.1788	.1762	.1736	.1711	.1685	.1660	.1635	.1611
-0.8	.2119	.2090	.2061	.2033	.2005	.1977	.1949	.1922	.1894	.1867
-0.7	.2420	.2389	.2358	.2327	.2296	.2266	.2236	.2206	.2177	.2148
-0.6	.2743	.2709	.2676	.2643	.2611	.2578	.2546	.2514	.2483	.2451
-0.5	.3085	.3050	.3015	.2981	.2946	.2912	.2877	.2843	.2810	.2776
-0.4	.3446	.3409	.3372	.3336	.3300	.3264	.3228	.3192	.3156	.3121
-0.3	.3821	.3783	.3745	.3707	.3669	.3632	.3594	.3557	.3520	.3483
-0.2	.4207	.4168	.4129	.4090	.4052	.4013	.3974	.3936	.3897	.3859
-0.1	.4602	.4562	.4522	.4483	.4443	.4404	.4364	.4325	.4286	.4247
-0.0	.5000	.4960	.4920	.4880	.4840	.4801	.4761	.4721	.4681	.4641

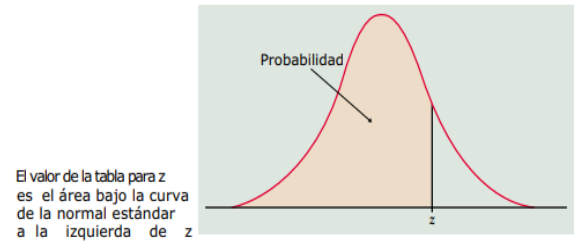


TABLA A: Probabilidades de la normal estándar (cont.)

z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
0.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
0.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
0.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
0.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
0.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
0.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
0.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7704	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
0.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133
0.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9279	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	.9505	.9515	.9525	.9535	.9545
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633
1.8	.9641	.9649	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9699	.9706
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9761	.9767
2.0	.9772	.9778	.9783	.9788	.9793	.9798	.9803	.9808	.9812	.9817
2.1	.9821	.9826	.9830	.9834	.9838	.9842	.9846	.9850	.9854	.9857
2.2	.9861	.9864	.9868	.9871	.9875	.9878	.9881	.9884	.9887	.9890
2.3	.9893	.9896	.9898	.9901	.9904	.9906	.9909	.9911	.9913	.9916
2.4	.9918	.9920	.9922	.9925	.9927	.9929	.9931	.9932	.9934	.9936
2.5	.9938	.9940	.9941	.9943	.9945	.9946	.9948	.9949	.9951	.9952
2.6	.9953	.9955	.9956	.9957	.9959	.9960	.9961	.9962	.9963	.9964
2.7	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972	.9973	.9974
2.8	.9974	.9975	.9976	.9977	.9977	.9978	.9979	.9979	.9980	.9981
2.9	.9981	.9982	.9982	.9983	.9984	.9984	.9985	.9985	.9986	.9986
3.0	.9987	.9987	.9987	.9988	.9988	.9989	.9989	.9989	.9990	.9990
3.1	.9990	.9991	.9991	.9991	.9992	.9992	.9992	.9992	.9993	.9993
3.2	.9993	.9993	.9994	.9994	.9994	.9994	.9994	.9994	.9995	.9995
3.3	.9995	.9995	.9995	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9997
3.4	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9998

Fuente: Departamento de estadísticos. Universidad Carlos III de Madrid.

- ✓ La probabilidad de terminar la construcción en 27 días (1 día menos) es de: 26.76%. (cuadro en rojo).
- ✓ La probabilidad de terminar la construcción en 29 días (1 día mas) es de 73.24%. (cuadro en verde).

Se considera las actividades, para la construcción de los muros de madera plástica con el sistema constructivo Blockhouse, considerando los datos del expediente técnico brindado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Se determinara los rendimientos de cada persona, considerando solo 2 personas que trabajan con el

mismo rendimiento, para hallar el tiempo de cada actividad que demora en ejecutarlo de la misma. Se hizo un muro de madera plástica con el sistema Blockhouse + anclaje + sellante (1.00 m x 1.50 m) de 1.50 m², al construir el muro se hace 3.00 m² el doble ya que son encajamientos de piezas precortadas que al asentarlos se hace la intersección de ambos muros, se obtuvo un rendimiento de 16.00 m²/día con 2 personas, por ende el rendimiento de cada persona es 8.00 m²/día.

Tabla 80

Rendimiento y duración de cada actividad – Muro de madera plástica con el sistema Blockhouse.

ID	ACTIVIDADES	PREDE CESORA	UND	METRADOS	RENDIMIENTOS (POR DÍA - 8 HRS) según E.T	frente de trabajo según E.T	RENDIMIENTO PROMEDIO DE CADA PERSONA POR DÍA	Frente de trabajo	DURACION (DIAS)		
									CALCULO	REDONDEO	
EXCAVACIONES											
A	Trazo niveles y replanteo preliminar (Dimensiones; 6.8m x 7.85m)	-	m2	53.43	250.00	3.00	83.33	2.00	0.32	1 días	
B	Corte y explanación de terreno normal manual (Dimensiones; 6.8m x 7.85m x 0.70m)	A	m3	37.37	3.00	1.00	3.00	2.00	6.23	7 días	
C	Excavaciones de zanjas para muro (Dimensiones; 0.4m de Ancho x 0.60m de Alto)	B	m3	7.27	3.00	1.00	3.00	2.00	1.21	2 días	
CIMENTOS											
D	Cimiento corrido mampostería de piedra, mezcla 1:10 + 70%PG (Dimensiones; 0.40m de Ancho x 0.60m de Alto)	C	m3	7.27	18.00	11.00	1.64	2.00	2.22	3 días	
SOBRECIMENTOS											
E	Encofrado y desencofrado de sobrecimiento h=0.20m	D	m2	11.65	14.40	2.00	7.20	2.00	0.81	1 días	
F	Sobrecimiento mezcla 1:8 + 30%PM (Dimensiones; 0.10m de Ancho x 0.20m de Alto)	E	m3	0.58	15.00	10.00	1.50	2.00	0.19	1 días	
MUROS											
G	Muro de madera plástica (Dimensiones; 0.14m de Ancho x 0.05m de espesor) + anclaje de muros + sellante	E, F	m2	73.84	Rendimiento en campo		8.00	2.00	4.62	5 días	
									Tiempo total que se considera para los muros		20 días

Fuente: Elaboración propia.

Como parte de la aplicación de un sistema de planeamiento más sistemático como el método del PERT-CPM, se consideró aplicar el concepto de estructura de trabajo, a la construcción netamente de los muros de madera plástica con el sistema Blockhouse, la cual consistió en separar o desagregar jerárquicamente las actividades que conforman.

El tiempo que se halló para la construcción de los muros de adobe como se muestra en la tabla 80 es de 20 días.

Se aplicará la Red CPM a la construcción de muros de Madera plástica con el sistema Blockhouse.

Analizando las precedencias de los componentes y sus actividades o tareas correspondientes para la construcción de los muros de madera plástica con el sistema Blockhouse. Se determinó el orden de la secuencia de los componentes de la siguiente manera, tabla 81

- CPM – Muro de Madera plástica con el sistema Blockhouse.

Tabla 81

CPM – Muro de madera plástica con el sistema Blockhouse.

ID	ACTIVIDADES	DIAS	PREDE CESORA	TIEMPO INICIAL MAS TEMPRANO ES	TIEMPO FINAL MAS TEMPRANO EF	TIEMPO INICIAL MAS TARDIO LS	TIEMPO FINAL MAS TARDIO LF	HOLGURA
EXCAVACIONES								
A	Trazo niveles y replanteo preliminar (Dimensiones; 6.8m x 7.85m)	1.00	-	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
B	Corte y explanación de terreno normal manual (Dimensiones; 6.8m x 7.85m x 0.70m)	7.00	A	1.00	8.00	1.00	8.00	0.00
C	Excavaciones de zanjas para muro (Dimensiones; 0.4m de Ancho x 0.60m de Alto)	2.00	B	8.00	10.00	8.00	10.00	0.00
CIMENTOS								
D	Cimiento corrido mampostería de piedra, mezcla 1:10 + 70%PG (Dimensiones; 0.40m de Ancho x 0.60m de Alto)	3.00	C	10.00	13.00	10.00	13.00	0.00
SOBRECIMENTOS								
E	Encofrado y desencofrado de sobrecimiento h=0.20m	1.00	D	13.00	14.00	13.00	14.00	0.00
F	Sobrecimiento mezcla 1:8 + 30%PM (Dimensiones; 0.10m de Ancho x 0.20m de Alto)	1.00	E	14.00	15.00	14.00	15.00	0.00
MUROS								
G	Muro de madera plástica (Dimensiones; 0.14m de Ancho x 0.05m de espesor) + anclaje de muros + sellante	5.00	E, F	15.00	20.00	15.00	20.00	0.00
Tiempo Ruta Crítica del muro		20.00						

Fuente: Elaboración propia.

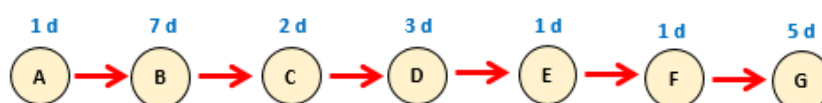
Al aplicar la herramienta CPM para diagramar la secuencia de actividades establecidas, indicadas en el punto anterior, notándose que las actividades resaltadas, son actividades críticas del proyecto, cuyo tiempo de cada actividad no puede ser demorado o retrasado porque esto atrasaría o demoraría la construcción.

En este caso, las actividades de la ruta crítica propuesto para la construcción de muro de madera plástica con el sistema Blockhouse, son todos, A, B, C, D, E, F y G.

Esto permite ver que el tiempo de construcción es de 20 días.

Figura 34

Determinación de la ruta crítica – Muro de Madera plástica con el sistema Blockhouse



Fuente: Elaboración propia

Se aplica la herramienta PERT para la construcción de los muros de madera plástica con el sistema Blockhouse.

- PERT – Muro de Madera plástica con el sistema Blockhouse

Tabla 82

PERT – Muro de Madera plástica con el sistema Blockhouse

ID	ACTIVIDADES	To	TM	Tp	TE	σ
EXCAVACIONES						
A	Trazo niveles y replanteo preliminar (Dimensiones; 6.8m x 7.85m)	1.00	1.00	3.00	1.00	0.11
B	Corte y explanación de terreno normal manual (Dimensiones; 6.8m x 7.85m x 0.70m)	5.00	7.00	9.00	7.00	0.44
C	Excavaciones de zanjas para muro (Dimensiones; 0.4m de Ancho x 0.60m de Alto)	1.00	2.00	4.00	2.00	0.25
CIMIENOTOS						
D	Cimiento corrido mampostería de piedra, mezcla 1:10 + 70%PG (Dimensiones; 0.40m de Ancho x 0.60m de Alto)	1.00	3.00	5.00	3.00	0.44
SOBRECIMIENOTOS						
E	Encofrado y desencofrado de sobrecimiento h=0.20m	1.00	1.00	3.00	1.00	0.11
F	Sobrecimiento mezcla 1:8 + 30%PM (Dimensiones; 0.10m de Ancho x 0.20m de Alto)	1.00	1.00	3.00	1.00	0.11
MUROS						
G	Muro de madera plástica (Dimensiones; 0.14m de Ancho x 0.05m de espesor) + anclaje de muros + sellante	3.00	5.00	7.00	5.00	0.44
Tiempo Ruta Crítica del Proyecto			20.00		20.00	1.92
Varianza						1.92
Desviación estándar						1.38444

Fuente: Elaboración propia

Como observamos en la tabla 82 correspondiente al PERT para la construcción de muros de madera plástica con el sistema Blockhouse, se han aplicado los conceptos de

PERT, considerándose al tiempo estimado durante el CPM, 20 días, y los tiempos de cada actividad, los tiempos normales o más probables (TM) que se estimó. Se calcula la varianza y la desviación estándar de la ruta crítica.

Al aplicar el método PERT podemos calcular cual es la probabilidad de que la construcción de los muros pueda ser terminado en 19 días y la probabilidad de terminarlo en 21 días (queremos ver si se puede terminar un día antes y un día después).

Para ello, se aplica la fórmula siguiente:

Figura 35

Probabilidad de ocurrencia de un evento o suceso con el parámetro Z

$$Z = \frac{TC - TE}{\sqrt{\sum \sigma^2}}$$

TC = Tiempo de contrato
TE = Tiempo esperado
 $\sigma^2 = \sum$ Varianzas de actividades Críticas (desviación estándar)

Fuente: J. Carbonel. Pg. 71. 1989. Tomado de "Programacion y control de Proyectos, una guía para la gerencia", Auspiciado por CONCYTEC.

Realizando la estimación para 19 días (un día antes), se aplica la fórmula de la siguiente manera:

$$Z = \frac{(19 - 20)}{\sqrt{1.92}}$$

$$Z = -0.72231$$

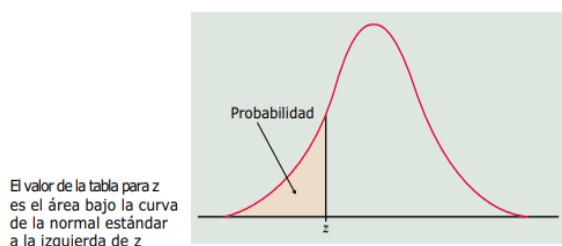
Realizando la estimación para 21 días (un día después), se aplica la formula de la siguiente manera.

$$Z = \frac{(21 - 20)}{\sqrt{1.92}}$$

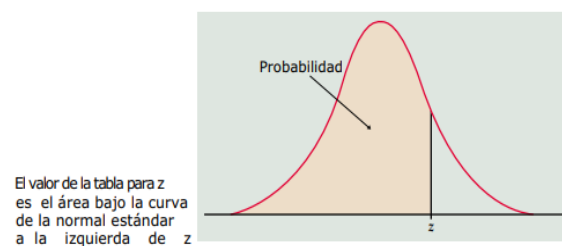
$$Z = 0.72231$$

Observando en la tabla de Distribución Normal de la figura 36 para hallar la probabilidad de terminar la construcción de los muros, estimando 1 día menos y 1 día más.

Figura 36
Distribucion normal (tabla estadísticas)



z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
-3.4	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0002
-3.3	.0005	.0005	.0005	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0003
-3.2	.0007	.0007	.0006	.0006	.0006	.0006	.0006	.0005	.0005	.0005
-3.1	.0010	.0009	.0009	.0009	.0008	.0008	.0008	.0008	.0007	.0007
-3.0	.0013	.0013	.0013	.0012	.0012	.0011	.0011	.0011	.0010	.0010
-2.9	.0019	.0018	.0018	.0017	.0016	.0016	.0015	.0015	.0014	.0014
-2.8	.0026	.0025	.0024	.0023	.0023	.0022	.0021	.0021	.0020	.0019
-2.7	.0035	.0034	.0033	.0032	.0031	.0030	.0029	.0028	.0027	.0026
-2.6	.0047	.0045	.0044	.0043	.0041	.0040	.0039	.0038	.0037	.0036
-2.5	.0062	.0060	.0059	.0057	.0055	.0054	.0052	.0051	.0049	.0048
-2.4	.0082	.0080	.0078	.0075	.0073	.0071	.0069	.0068	.0066	.0064
-2.3	.0107	.0104	.0102	.0099	.0096	.0094	.0091	.0089	.0087	.0084
-2.2	.0139	.0136	.0132	.0129	.0125	.0122	.0119	.0116	.0113	.0110
-2.1	.0179	.0174	.0170	.0166	.0162	.0158	.0154	.0150	.0146	.0143
-2.0	.0228	.0222	.0217	.0212	.0207	.0202	.0197	.0192	.0188	.0183
-1.9	.0287	.0281	.0274	.0268	.0262	.0256	.0250	.0244	.0239	.0233
-1.8	.0359	.0351	.0344	.0336	.0329	.0322	.0314	.0307	.0301	.0294
-1.7	.0446	.0436	.0427	.0418	.0409	.0401	.0392	.0384	.0375	.0367
-1.6	.0548	.0537	.0526	.0516	.0505	.0495	.0485	.0475	.0465	.0455
-1.5	.0668	.0655	.0643	.0630	.0618	.0606	.0594	.0582	.0571	.0559
-1.4	.0808	.0793	.0778	.0764	.0749	.0735	.0721	.0708	.0694	.0681
-1.3	.0968	.0951	.0934	.0918	.0901	.0885	.0869	.0853	.0838	.0823
-1.2	.1151	.1131	.1112	.1093	.1075	.1056	.1038	.1020	.1003	.0985
-1.1	.1357	.1335	.1314	.1292	.1271	.1251	.1230	.1210	.1190	.1170
-1.0	.1587	.1562	.1539	.1515	.1492	.1469	.1446	.1423	.1401	.1379
-0.9	.1841	.1814	.1788	.1762	.1736	.1711	.1685	.1660	.1635	.1611
-0.8	.2119	.2090	.2061	.2033	.2005	.1977	.1949	.1922	.1894	.1867
-0.7	.2420	.2389	.2358	.2327	.2296	.2266	.2236	.2206	.2177	.2148
-0.6	.2743	.2709	.2676	.2643	.2611	.2578	.2546	.2514	.2483	.2451
-0.5	.3085	.3050	.3015	.2981	.2946	.2912	.2877	.2843	.2810	.2776
-0.4	.3446	.3409	.3372	.3336	.3300	.3264	.3228	.3192	.3156	.3121
-0.3	.3821	.3783	.3745	.3707	.3669	.3632	.3594	.3557	.3520	.3483
-0.2	.4207	.4168	.4129	.4090	.4052	.4013	.3974	.3936	.3897	.3859
-0.1	.4602	.4562	.4522	.4483	.4443	.4404	.4364	.4325	.4286	.4247
-0.0	.5000	.4960	.4920	.4880	.4840	.4801	.4761	.4721	.4681	.4641



z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
0.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
0.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
0.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
0.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
0.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
0.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
0.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7704	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
0.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133
0.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9279	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	.9505	.9515	.9525	.9535	.9545
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633
1.8	.9641	.9649	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9699	.9706
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9761	.9767
2.0	.9772	.9778	.9783	.9788	.9793	.9798	.9803	.9808	.9812	.9817
2.1	.9821	.9826	.9830	.9834	.9838	.9842	.9846	.9850	.9854	.9857
2.2	.9861	.9864	.9868	.9871	.9875	.9878	.9881	.9884	.9887	.9890
2.3	.9893	.9896	.9898	.9901	.9904	.9906	.9909	.9911	.9913	.9916
2.4	.9918	.9920	.9922	.9925	.9927	.9929	.9931	.9932	.9934	.9936
2.5	.9938	.9940	.9941	.9943	.9945	.9946	.9948	.9949	.9951	.9952
2.6	.9953	.9955	.9956	.9957	.9959	.9960	.9961	.9962	.9963	.9964
2.7	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972	.9973	.9974
2.8	.9974	.9975	.9976	.9977	.9977	.9978	.9979	.9979	.9980	.9981
2.9	.9981	.9982	.9982	.9983	.9984	.9984	.9985	.9985	.9986	.9986
3.0	.9987	.9987	.9987	.9988	.9988	.9989	.9989	.9989	.9990	.9990
3.1	.9990	.9991	.9991	.9991	.9992	.9992	.9992	.9992	.9993	.9993
3.2	.9993	.9993	.9994	.9994	.9994	.9994	.9994	.9995	.9995	.9995
3.3	.9995	.9995	.9995	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9997
3.4	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9998

Fuente: Departamento de estadísticos. Universidad Carlos III de Madrid.

- ✓ Por lo tanto, la probabilidad de terminar la construcción en 19 días (1 día menos) es de: 23.58%. (cuadro en rojo).
- ✓ Por lo tanto, la probabilidad de terminar de proyecto en 21 días (1 día mas) es de 76.42%. (cuadro en verde).

Se considera las actividades, para la construcción de los muros de madera plástica con poliestireno expandido como aislante térmico con el sistema constructivo Blockhouse, considerando los datos del expediente técnico brindado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Se determinó los rendimientos de cada persona, considerando solo 2 personas que trabajan con mismo rendimiento, para hallar el tiempo de cada actividad que demora en ejecutarlo de la misma. Se hizo un muro de madera plástica con el sistema Blockhouse + anclaje + sellante (1.00 m x 1.50 m) de 1.50 m², al construir el muro se hace 3.00 m² el doble ya que son encajamientos de piezas precortadas que al asentarlos se hace la intersección de ambos muros, se obtuvo un rendimiento de 16.00 m²/día con 2 personas, por ende el rendimiento de cada persona es 8.00 m²/día, el rendimiento de rastrel de madera plástica o madera es de 128.00 und/día, la instalación de poliestireno expandido es de 48m²/día, la instalación de drywall es de 18 m²/día, por persona.

Tabla 83

Rendimiento y duración de cada actividad – Muro de madera plástica con poliestireno expandido como aislante térmico y con el sistema Blockhouse.

ID	ACTIVIDADES	PREDE CESORA	UND	METRADOS	RENDIMIENTOS (POR DÍA - 8 HRS) según CAPECO	frente de trabajo según E.T	RENDIMIENTO PROMEDIO DE CADA PERSONA POR DÍA	Frente de trabajo	DURACION (DIAS)	
									CALCULO	REDONDEO
EXCAVACIONES										
A	Trazo niveles y replanteo preliminar (Dimensiones; 6.8m x 7.85m)	-	m2	53.43	250.00	3.00	83.33	2.00	0.32	1 días
B	Corte y explanación de terreno normal manual (Dimensiones; 6.8m x 7.85m x 0.70m)	A	m3	37.37	3.00	1.00	3.00	2.00	6.23	7 días
C	Excavaciones de zanjas para muro (Dimensiones; 0.4m de Ancho x 0.60m de Alto)	B	m3	7.27	3.00	1.00	3.00	2.00	1.21	2 días
CIMENTOS										
D	Cimiento corrido mampostería de piedra, mezcla 1:10 + 70%PG (Dimensiones; 0.40m de Ancho x 0.60m de Alto)	C	m3	7.27	18.00	11.00	1.64	2.00	2.22	3 días
SOBRECIMENTOS										
E	Encofrado y desencofrado de sobrecimiento h=0.20m	D	m2	11.65	14.40	2.00	7.20	2.00	0.81	1 días
F	Sobrecimiento mezcla 1:8 + 30%PM (Dimensiones; 0.10m de Ancho x 0.20m de Alto)	E	m3	0.58	15.00	10.00	1.50	2.00	0.19	1 días
MUROS										
G	Muro de madera plástica (Dimensiones; 0.14m de Ancho x 0.05m de espesor) + anclaje de muros + sellante	E, F	m2	73.84	Rendimiento en campo		8.00	2.00	4.62	5 días
H	Rastrel de madera plástica o madera (Dimensiones; 5cm de ancho x 5cm de espesor)	G	und	72	Rendimiento en campo		128.00	2.00	0.28	1 días
I	Instalación de tecnopor de 2" de espesor	H	m2	73.84	Rendimiento en campo		48.00	2.00	0.77	1 días
J	Instalación del drywall	I	m2	73.84	Rendimiento en campo		18.00	2.00	2.05	3 días

Fuente: Elaboración propia

Como parte de la aplicación de un sistema de planeamiento más sistemático como el método del PERT-CPM, se consideró aplicar el concepto de estructura de trabajo, a la construcción netamente de los muros de madera plástica con poliestireno expandido como aislante térmico con el sistema constructivo Blockhouse, la cual consistió en separar o desagregar jerárquicamente las actividades que conforman.

El tiempo que se halló para la construcción de los muros de madera plástica con poliestireno como se muestra en la tabla 83 es de 25 días.

Se aplicó de la Red CPM a la construcción de muros de madera plástica con poliestireno expandido como aislante térmico con el sistema constructivo Blockhouse. Analizando las precedencias de los componentes y sus actividades o tareas correspondientes para la construcción de los muros. Se determinó el orden de la secuencia de los componentes de la siguiente manera, tabla 84.

- CPM – Muro de de madera plástica con poliestireno expandido como aislante térmico con el sistema Blockhouse.

Tabla 84

CPM – Muro de madera plástica con poliestireno expandido como aislante térmico y con el sistema Blockhouse.

ID	ACTIVIDADES	DIAS	PREDE CESORA	TIEMPO INICIAL MAS TEMPRANO ES	TIEMPO FINAL MAS TEMPRANO EF	TIEMPO INICIAL MAS TARDIO LS	TIEMPO FINAL MAS TARDIO LF	HOLGURA
EXCAVACIONES								
A	Trazo niveles y replanteo preliminar (Dimensiones; 6.8m x 7.85m)	1.00	-	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
B	Corte y explanación de terreno normal manual (Dimensiones; 6.8m x 7.85m x 0.70m)	7.00	A	1.00	8.00	1.00	8.00	0.00
C	Excavaciones de zanjas para muro (Dimensiones; 0.4m de Ancho x 0.60m de Alto)	2.00	B	8.00	10.00	8.00	10.00	0.00
CIMIENOS								
D	Cimiento corrido mampostería de piedra, mezcla 1:10 + 70%PG (Dimensiones; 0.40m de Ancho x 0.60m de Alto)	3.00	C	10.00	13.00	10.00	13.00	0.00
SOBRECIMIENOS								
E	Encofrado y desencofrado de sobrecimiento h=0.20m	1.00	D	13.00	14.00	13.00	14.00	0.00

F	Sobrecimiento mezcla 1:8 + 30%PM (Dimensiones; 0.10m de Ancho x 0.20m de Alto)	1.00	E	14.00	15.00	14.00	15.00	0.00
MUROS								
G	Muro de madera plastica (Dimensiones; 0.14m de Ancho x 0.05m de espesor) + anclaje de muros + sellante	5.00	E, F	15.00	20.00	15.00	20.00	0.00
H	Rastrel de madera plastica o madera (Dimensiones; 5cm de ancho x 5cm de espesor)	1.00	G	20.00	21.00	20.00	21.00	0.00
I	Instalacion de tecnopor de 2" de espesor	1.00	H	21.00	22.00	21.00	22.00	0.00
J	Instalacion del drywall	3.00	I	22.00	25.00	22.00	25.00	0.00
Tiempo Ruta Crítica del Proyecto				25.00				

Fuente: Elaboración propia.

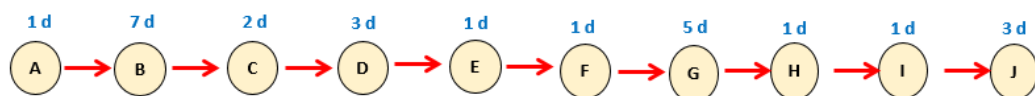
Al aplicar la herramienta CPM para diagramar la secuencia de actividades establecidas, notándose que las actividades resaltadas, son actividades críticas del proyecto, cuyo tiempo de cada actividad no puede ser demorado o retrasado porque esto atrasaría o demoraría la construcción.

En este caso, las actividades de la ruta crítica propuesto para la construcción de muro de madera plástica con poliestireno expandido como aislante térmico con el sistema Blockhouse, son todos, A, B, C, D, E, F, G, H, I y J.

Esto permite ver que el tiempo de construcción es de 25 días.

Figura 37

Determinación de la ruta crítica – Muro de madera plástica con poliestireno expandido como aislante térmico y con el sistema Blockhouse.



Fuente: Elaboración propia

Se aplica la herramienta PERT para la construcción de los muros de madera plástica con poliestireno expandido.

PERT – Muro de Madera plástica con poliestireno expandido como aislante térmico, con el sistema Blockhouse Blockhouse.

Tabla 85

PERT – Muro de madera plástica con poliestireno expandido como aislante térmico y con el sistema Blockhouse.

ID	ACTIVIDADES	To	TM	Tp	TE	σ^2
EXCAVACIONES						
A	Trazo niveles y replanteo preliminar (Dimensiones; 6.8m x 7.85m)	1.00	1.00	3.00	1.00	0.11
B	Corte y explanacion de terreno normal manual (Dimensiones; 6.8m x 7.85m x 0.70m)	5.00	7.00	9.00	7.00	0.44
C	Excavaciones de zanjas para muro (Dimensiones; 0.4m de Ancho x 0.60m de Alto)	1.00	2.00	4.00	2.00	0.25
CIMENTOS						
D	Cimiento corrido mamposteria de piedra, mezcla 1:10 + 70%PG (Dimensiones; 0.40m de Ancho x 0.60m de Alto)	1.00	3.00	5.00	3.00	0.44
SOBRECIMENTOS						
E	Encofrado y desencofrado de sobrecimiento h=0.20m	1.00	1.00	3.00	1.00	0.11
F	Sobrecimiento mezcla 1:8 + 30%PM (Dimensiones; 0.10m de Ancho x 0.20m de Alto)	1.00	1.00	3.00	1.00	0.11
MUROS						
G	Muro de madera plastica (Dimensiones; 0.14m de Ancho x 0.05m de espesor) + anclaje de muros + sellante	3.00	5.00	7.00	5.00	0.44
H	Rastrel de madera plastica o madera (Dimensiones; 5cm de ancho x 5cm de espesor)	1.00	1.00	3.00	1.00	0.11
I	Instalacion de tecnopor de 2" de espesor	1.00	1.00	3.00	1.00	0.11
J	Instalacion del drywall	1.00	3.00	5.00	3.00	0.44
Tiempo Ruta Crítica del Proyecto			25.00		25.00	2.58
Varianza						2.58
Desviación estandar						1.60728

Fuente: Elaboración propia

Como observamos en la tabla 85 correspondiente al PERT para la construcción de muros de madera plástica con el poliestireno expandido, se han aplicado los conceptos de PERT, considerándose al tiempo estimado durante el CPM, 25 día, y los tiempos de cada actividad, los tiempos normales o más probables (TM) que se estimó. e calcula la varianza y la desviación estándar de la ruta crítica.

Al aplicar el método PERT podemos calcular cual es la probabilidad de que la construcción de los muros pueda ser terminado en 24 días y la probabilidad de terminarlo en 26 días (queremos ver si se puede terminar un día antes y un día después).

Para ello, se aplica la fórmula siguiente:

Figura 38

Probabilidad de ocurrencia de un evento o suceso con el parámetro Z

$$Z = \frac{TC - TE}{\sqrt{\sum \sigma^2}}$$

TC = Tiempo de contrato
TE = Tiempo esperado
 $\sigma^2 = \sum$ Varianzas de actividades Críticas (deviación estandar)

Fuente: J. Carbonel. Pg. 71. 1989. Tomado de “Programacion y control de Proyectos, una guía para la gerencia”, Auspiciado por CONCYTEC.

Realizando la estimación para 24 días (1 día antes), se completa la fórmula de la siguiente manera:

$$Z = \frac{(24 - 25)}{\sqrt{2.58}}$$

$$Z = -0.62217$$

Realizando la estimación para 26 días (1 día después), se aplica la fórmula de la siguiente manera.

$$Z = \frac{(26 - 25)}{\sqrt{2.58}}$$

$$Z = 0.62217$$

Observando en la tabla de Distribución Normal de la figura 39 para hallar la probabilidad de terminar la construcción de los muros, estimando 1 día menos y 1 día más.

Figura 39
Distribucion normal (tabla estadísticas)

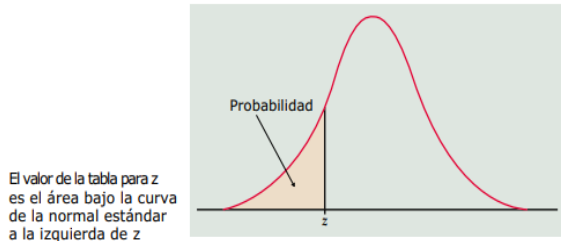


TABLA A: Probabilidades de la normal estándar

z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
-3.4	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0002
-3.3	.0005	.0005	.0005	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0003
-3.2	.0007	.0007	.0006	.0006	.0006	.0006	.0006	.0005	.0005	.0005
-3.1	.0010	.0009	.0009	.0009	.0008	.0008	.0008	.0008	.0007	.0007
-3.0	.0013	.0013	.0013	.0012	.0012	.0011	.0011	.0011	.0010	.0010
-2.9	.0019	.0018	.0018	.0017	.0016	.0016	.0015	.0015	.0014	.0014
-2.8	.0026	.0025	.0024	.0023	.0023	.0022	.0021	.0021	.0020	.0019
-2.7	.0035	.0034	.0033	.0032	.0031	.0030	.0029	.0028	.0027	.0026
-2.6	.0047	.0045	.0044	.0043	.0041	.0040	.0039	.0038	.0037	.0036
-2.5	.0062	.0060	.0059	.0057	.0055	.0054	.0052	.0051	.0049	.0048
-2.4	.0082	.0080	.0078	.0075	.0073	.0071	.0069	.0068	.0066	.0064
-2.3	.0107	.0104	.0102	.0099	.0096	.0094	.0091	.0089	.0087	.0084
-2.2	.0139	.0136	.0132	.0129	.0125	.0122	.0119	.0116	.0113	.0110
-2.1	.0179	.0174	.0170	.0166	.0162	.0158	.0154	.0150	.0146	.0143
-2.0	.0228	.0222	.0217	.0212	.0207	.0202	.0197	.0192	.0188	.0183
-1.9	.0287	.0281	.0274	.0268	.0262	.0256	.0250	.0244	.0239	.0233
-1.8	.0359	.0351	.0344	.0336	.0329	.0322	.0314	.0307	.0301	.0294
-1.7	.0446	.0436	.0427	.0418	.0409	.0401	.0392	.0384	.0375	.0367
-1.6	.0548	.0537	.0526	.0516	.0505	.0495	.0485	.0475	.0465	.0455
-1.5	.0668	.0655	.0643	.0630	.0618	.0606	.0594	.0582	.0571	.0559
-1.4	.0808	.0793	.0778	.0764	.0749	.0735	.0721	.0708	.0694	.0681
-1.3	.0968	.0951	.0934	.0918	.0901	.0885	.0869	.0853	.0838	.0823
-1.2	.1151	.1131	.1112	.1093	.1075	.1056	.1038	.1020	.1003	.0985
-1.1	.1357	.1335	.1314	.1292	.1271	.1251	.1230	.1210	.1190	.1170
-1.0	.1587	.1562	.1539	.1515	.1492	.1469	.1446	.1423	.1401	.1379
-0.9	.1841	.1814	.1788	.1762	.1736	.1711	.1685	.1660	.1635	.1611
-0.8	.2119	.2090	.2061	.2033	.2005	.1977	.1949	.1922	.1894	.1867
-0.7	.2420	.2389	.2358	.2327	.2296	.2266	.2236	.2206	.2177	.2148
-0.6	.2743	.2709	.2676	.2643	.2611	.2578	.2546	.2514	.2483	.2451
-0.5	.3085	.3050	.3015	.2981	.2946	.2912	.2877	.2843	.2810	.2776
-0.4	.3446	.3409	.3372	.3336	.3300	.3264	.3228	.3192	.3156	.3121
-0.3	.3821	.3783	.3745	.3707	.3669	.3632	.3594	.3557	.3520	.3483
-0.2	.4207	.4168	.4129	.4090	.4052	.4013	.3974	.3936	.3897	.3859
-0.1	.4602	.4562	.4522	.4483	.4443	.4404	.4364	.4325	.4286	.4247
-0.0	.5000	.4960	.4920	.4880	.4840	.4801	.4761	.4721	.4681	.4641

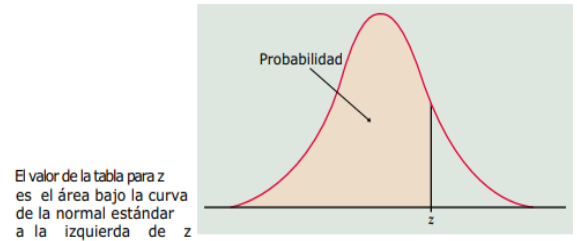


TABLA A: Probabilidades de la normal estándar (cont.)

z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
0.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
0.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
0.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
0.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
0.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
0.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
0.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7704	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
0.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133
0.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9279	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	.9505	.9515	.9525	.9535	.9545
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633
1.8	.9641	.9649	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9699	.9706
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9761	.9767
2.0	.9772	.9778	.9783	.9788	.9793	.9798	.9803	.9808	.9812	.9817
2.1	.9821	.9826	.9830	.9834	.9838	.9842	.9846	.9850	.9854	.9857
2.2	.9861	.9864	.9868	.9871	.9875	.9878	.9881	.9884	.9887	.9890
2.3	.9893	.9896	.9898	.9901	.9904	.9906	.9909	.9911	.9913	.9916
2.4	.9918	.9920	.9922	.9925	.9927	.9929	.9931	.9932	.9934	.9936
2.5	.9938	.9940	.9941	.9943	.9945	.9946	.9948	.9949	.9951	.9952
2.6	.9953	.9955	.9956	.9957	.9959	.9960	.9961	.9962	.9963	.9964
2.7	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972	.9973	.9974
2.8	.9974	.9975	.9976	.9977	.9977	.9978	.9979	.9979	.9980	.9981
2.9	.9981	.9982	.9982	.9983	.9984	.9984	.9985	.9985	.9986	.9986
3.0	.9987	.9987	.9987	.9988	.9988	.9989	.9989	.9989	.9990	.9990
3.1	.9990	.9991	.9991	.9991	.9992	.9992	.9992	.9992	.9993	.9993
3.2	.9993	.9993	.9994	.9994	.9994	.9994	.9994	.9995	.9995	.9995
3.3	.9995	.9995	.9995	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9997
3.4	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9998

Fuente: Departamento de estadísticos. Universidad Carlos III de Madrid.

- ✓ Por lo tanto, la probabilidad de terminar la construcción en 24 días (1 día menos) es de 26.75%. (cuadro en rojo).
- ✓ Por lo tanto, la probabilidad de terminar la construcción en 26 días (1 día más) es de 73.24%. (cuadro en verde).

3.3.2 RESULTADOS:

Determinación de los tiempos totales de la construcción de los muros

Tabla 86

Cuadro de resultados de cada construcción de muro estudiado

	<i>Tiempo total sin PERT-CPM</i>	<i>Tiempo total con PERT-CPM</i>	<i>Probabilidades</i>	
			<i>1 día menos</i>	<i>1 día mas</i>
Vivienda de adobe	33	28	26.76%	73.24%
Vivienda de madera plastica con el sistema Blockhouse	20	20	23.58%	76.42%
Vivienda de madera plastica con poliestireno expandido, con el sistema Blockhouse	25	25	26.75%	73.24%

Fuente: Elaboracion propia.

- La aplicación PERT-CPM evalúa cuánto tiempo demora en construir los muros estudiados. Como se muestra en la tabla 86, se puede ver que la construcción de muro de adobe demora 33 días. Aplicando PERT-CPM se halló que se demoraría 28 días, con una probabilidad de 26.76% de terminarlo 1 día antes y con 73.24% de concluirlo 1 día después. Esto es debido a que influye de manera decisiva que los materiales usados en el muro sean adobe y refuerzos de caña.
- Por otro lado, se puede apreciar que el muro de madera plástica con el sistema Blockhouse demora 20 días en construirse. Mientras que, aplicando PERT-CPM se consideró que demoraría en 20 días, se puede observar que no influye nada, ya que se respetas las predecesoras y las ruta critica son todas las actividades consideradas para la construcción del muro de madera plástica con el sistema Blockhouse. La probabilidad de construirse 1 día antes es de 23.58% y construirlo un día despues es de 76.42%. Este acortamiento del tiempo es debido a que en la construcción del muro se utilizan piezas precortadas y el proceso se realiza por encajamiento.

- La vivienda de madera plástica con poliestireno expandido como aislante térmico y aplicando el sistema Blockhouse demora en construirse 25 días. Aplicando PERT-CPM se consideró que demoraría en 25 días, se puede observar que no influye nada, ya que se respetas las predecesoras y las ruta critica son todas las actividades consideradas para la construcción del muro de madera plástica con poliestireno expandido como aislante térmico y con el sistema Blockhouse. La probabilidad de construirse 1 día antes es de 26.75% y construirlo un día despues es de 73.24%. En este caso, también se puede atribuir al hecho de que la instalación de piezas precortadas de tecnopor y drywall se pueden instalar fácilmente por encajamiento.

Figura 40

Muros construidos.



Fuente: Elaboracion propia.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Todos los resultados que se presentan en esta tesis fueron analizados con respecto a los datos del expediente técnico proporcionado por el ministerio de vivienda, y se han contrastado, además, con los trabajos de investigación realizados en otras universidades.

- En la primera hipótesis se afirma lo siguiente: Los muros construidos con madera plástica aplicando el sistema Blockhouse tienen una mejor transmitancia térmica que los muros fabricados con adobe en las viviendas para zonas rurales altoandinas del proyecto *Sumaq Wasi*, Perú, 2021.

En la norma EM. 110 se establece que para zonas altoandinas el valor límite máximo de la transmitancia térmica de los muros debe ser 1.00, por otro lado, la norma EM. 110 establece que la conductividad térmica del adobe es 0.90W/mK. Con este dato se hizo el cálculo de la transmitancia térmica de los muros del proyecto, el cual resultó 1.94 W/m²K. La diferencia en los resultados entre el cálculo que se realizó y el valor límite exigido por la norma es significativa. Este hecho es corroborado en una tesis desarrollado en la PUC, en donde se señala que las viviendas de adobe no cumplen con el estándar de la norma.

Un hecho que he observado a partir de la evidencia de imagen en las viviendas de Sumaq Wasi es que en la ejecución in situ del proyecto se realizaron modificaciones al diseño original de los muros, reemplazándose marcos de metal por madera, y ventanas de vidrio simple por ventanas de vidrio doble. El cálculo de la transmitancia para ese tipo de muros es de 1.78 W/m²K.

En otro orden de cosas, el experimento realizado para hallar el valor experimental de la conductividad térmica de la madera plástica arrojó como resultado 0.22 W/mK, el cual da como transmitancia térmica para la pared simple del proyecto 2.99 W/m²K, este valor es el resultado de que las paredes tienen un espesor pequeño.

Por tal motivo, se utilizó además el aislante térmico que considerado en el proyecto Sumaq Wasi: Poliestireno expandido (EPS) de densidad 20 kg/m³. Al hacerlo, considerando espesores de 1" y 2" respectivamente, dieron como resultados transmitancias de 1.65 W/m²K para tecnopor de 1", y 1.37 W/m²K para tecnopor de 2", los cuales, si bien es cierto no se encuentran dentro del valor sugerido por la norma, pero si se acerca a dicho valor, por lo que se puede concluir que las paredes construidas con madera plástica y aislante térmico tienen una mejor transmitancia que las paredes construidas con adobe.

- En la segunda hipótesis se afirma lo siguiente: Los muros construidos con madera plástica aplicando el sistema Blockhouse son menos permeables que los muros construidos con adobe en las viviendas para zonas rurales altoandinas del proyecto Sumaq Wasi, Perú, 2021.

Esta hipótesis se ha dividido en 2, la primera es la cantidad de agua que puede absorber el material al sumergirlo en el líquido.

En este caso se ha obtenido que el adobe con paja no cumple con lo que indica la norma, ya que al cumplir las 24 horas de sumergido como se establece en el método de comprobación descrito en la norma técnica, el adobe se desintegró.

En el caso de la madera plástica, la absorción de agua fue 0.18%, con lo cual se puede considerar que es un material prácticamente impermeable.

La segunda parte de la comprobación de la hipótesis consistió en hacer una prueba de penetrabilidad mediante un experimento descriptivo realizado, suponiendo que los muros son sometidos a una inundación. En el caso del muro de adobe con tarrajeado de 70 cm de altura por encima del cimiento (suelo) con 2 cm de espesor, se evaluó por 3 días y no hubo problemas de filtración.

Por otro lado el muro de madera plástica con el sistema Blockhouse con doble ranura, debido a que son sellados al momento de llevar a cabo el machimbrado, tampoco se observó filtraciones en el mismo periodo de tiempo.

Por lo que se deduce que la madera plástica es mucho más resistente al contacto con la humedad que el adobe y que ambos muros impiden filtraciones de manera eficaz.

- En la tercera hipótesis se afirma lo siguiente: El sistema constructivo Blockhouse demanda menor tiempo de construcción de los muros que el sistema constructivo tradicional basado en adobe en las viviendas para zonas rurales altoandinas del proyecto *Sumaq Wasi*, Perú, 2021.

De acuerdo con el análisis realizado para la estimación de los tiempos de construcción aplicando el método PER-CPM, se obtuvo que el tiempo que demora la construcción de los muros de adobe es de 28 días, mientras que el tiempo de construcción de los muros utilizando madera plástica y el método Blockhouse es de 20 días, y adicionando el poliestireno expandido en los muros de madera plástica se demora 25 días. Lo que indica más del tiempo en los muros de adobe, es el tarrajeo y enlucido, en el muro de madera plástica solo es el asentamiento y sellante de ellos.

Esto nos lleva a concluir que el tiempo de ejecución de los muros utilizando el método de Blockhouse es menor que el tiempo de ejecución de los muros con adobe tomando como referencia el diseño de la vivienda en el proyecto Sumaq Wasi.

4.2 Conclusiones

- En conclusión, se ha encontrado que los muros diseñados con madera plástica y polietireno expandido de densidad 20 kg/m³ como material aislante tiene una transmitancia térmica que se aproxima mejor al valor exigido por la norma y es superior al obtenido de los muros de adobe.
- Se ha establecido que la permeabilidad de la madera plástica es muy superior a la del adobe, el cual se desintegra al contacto con el agua; obteniéndose al mismo tiempo iguales resultados en el estudio descriptivo de la filtración del agua. En el caso del muro de adobe, es debido a la capa de revoque de cemento que tiene hasta cierta altura sobre su base y en el caso de las paredes de madera plástica por la posibilidad de aplicar sellantes que interactúan muy bien con el material.
- Finalmente, se encontró que en la duración de la construcción de los muros de madera plástica con el PERT-CPM hay una diferencia de 8 días a favor de éste, con respecto al tiempo que demora la construcción de los muros hechos con adobe. La construcción de los muros de madera plástica con el sistema Blockhouse y madera plástica con el poliestireno expandido y con el sistema Blockhouse, hay una diferencia de 5 días a favor de éste, con respecto al tiempo que demora la construcción de los muros hechos con adobe.

REFERENCIAS

1. Presidencia del Consejo de Ministros del Perú (2004, 8 de septiembre). Aprueban Plan Nacional contra la pobreza. Decreto Supremo N° 064-2004-PCM. El Peruano, Pág. 275930.
<https://www.apci.gob.pe/marco/atach/PlanNacionalparalaSuperaciondelaPobreza.pdf> (Consultado el 04/02/2020)
2. Ministerio de Economía y Finanzas (2019, 27 de julio). Plan Nacional de Competitividad y Productividad. Decreto Supremo N° 237-2019-EF. El Peruano, Separata Especial.
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/348760/DS237_2019EF.pdf (Consultado el 04/02/2020)
3. Ministerio de Economía y Finanzas (2018, 24 de agosto). Marco Macroeconómico Multianual 2019-2022. El Peruano, Separata Especial.
https://www.mef.gob.pe/contenidos/pol_econ/marco_macro/MMM_2019_2022.pdf (Consultado el 04/02/2020)
4. Mesa de concertación de la lucha contra la pobreza (2001, junio). Carta Social.
https://www.mesadeconcertacion.org.pe/sites/default/files/publicacion_c043ec46dcde5ac3d96b8e9247c04a0c.pdf (Consultado el 04/02/2020)
5. Secretaría Ejecutiva del Acuerdo Nacional. Reducción de la pobreza. Consultado el 04/02/2020. <http://acuerdonacional.pe/politicas-de-estado-del-acuerdo-nacional/politicas-de-estado%E2%80%8B/politicas-de-estado-castellano/ii-equidad-y-justicia-social/10-reduccion-de-la-pobreza/>
6. Escuela de Organización Industrial. Perú y las Metas del Milenio. Consultado el 04/02/2020. <https://www.eoi.es/blogs/magua/peru-y-los-objetivos-del-milenio/>
7. Ministerio de Vivienda y Construcción (2020, febrero). Vivienda y urbanismo. Consultado el 05/02/2020. http://ww3.vivienda.gob.pe/ejes/vivienda-y-urbanismo/vivienda_y_urbanismo.html
8. Ministerio de Vivienda y Construcción (2018). Plan Nacional de Vivienda Rural. Consultado el 05/02/2020. dgadt.vivienda.gob.pe/Uploads/Simposio/sistema-constructivo-para-vivienda-rurales.pdf
9. Mariño, J. (2007) Reflexiones sobre el papel de la Ingeniería Civil en la evolución del medio ambiente en Colombia. Revista de Ingeniería. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. P. 65-73.
10. Peraza, J. (1995) Casas de madera. Asociación de Investigación Técnica de Industria de la Madera y del corcho. Madrid, España. P. 25-60.
11. Berdegú, J., Jara, E., Modrego, F., Sanclemente, X., & Schejtman, A. (4 de Septiembre de 2009). *Sociedad chilena de Políticas Públicas*. Obtenido de Ciudades Rurales en Chile:

- https://www.sociedadpoliticaspUBLICAS.cl/archivos/MODULO_V/Panel03_Descentralizacion/Julio_Berdegue_Esteban_Jara_Felix_Modrego_Ximena_Sanclemente_Alexander_Schejtman_Ciudades_R.pdf
12. St. Amand, P. (1948), The central Alaska earthquake swarm of October 1947, *Eos Trans. AGU*, 29(5), 613– 623, doi:10.1029/TR029i005p00613.
 13. MINVU. (2015). *D.S N°10 PROGRAMA DE HABITABILIDAD RURAL*. Santiago: División de política habitacional.
 14. Urrutia, V. Hábitat residencial rural. El concepto de habitabilidad en territorios rurales vulnerables: comuna de Paredones. Región de O'Higgins. Tesis de postgrado. Obtenido de: URI: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/130590>
 15. OCDE. Estudios de Política Rural de la OCDE – Chile. 2016. Obtenido de: <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2018/10/Estudios-de-Política-Rural-Chile-OCDE.pdf>
 16. Departamento Nacional de Planeación. Construcción de viviendas rurales. (2017) DNP. Bogotá, Colombia. Obtenido de: <https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/viviendainterresrural/PTviviendarural.pdf>
 17. Contexto ganadero. Similitudes en proyectos de vivienda rural propuestos por Minagricultura. 12/06/2017. Obtenido de: <https://www.contextoganadero.com/agricultura/similitudes-en-proyectos-de-vivienda-rural-propuestos-por-minagricultura>
 18. MDVC, Programa de Vivienda Rural (<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/programa-de-vivienda-rural/>). MDVC, 24/09/2013. Obtenido de: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/06/1-descripcion-programa-de-vivienda-rural.pdf>
 19. MDUV. PROGRAMA NACIONAL DE VIVIENDA SOCIAL. (09/2013). Web: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/programa-de-vivienda-rural/>
 20. Obtenido de: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/PROYECTO-PROGRAMA-NACIONAL-DE-VIVIENDA-SOCIAL-9nov-1.pdf>
 21. Quick Garden. Advantages of Living in a Log Cabin. (02/2020) obtenido de: <https://www.quick-garden.co.uk/blog/advantages-living-log-cabin.html>
 22. Blog de Ruicasa. Datos curiosos sobre las casas de madera en Europa (02/2020) obtenido de: <http://www.ruicasa.com/blog/2017/11/03/datos-curiosos-sobre-las-casas-de-madera-en-europa/>
 23. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación. México DF: McGraw-Hill interamericana de México.

24. Borja Manuel (2012). Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo: edición particular, Perú.
25. INEI (2015), Estimaciones y Proyecciones de Población Urbana y Rural por Sexo y Edades Quinquenales, Según Departamento, 2000 - 2015 - Boletín Especial No 19, Instituto Nacional de Estadística e Informática - Perú. Disponible en: <http://proyectos.inei.gob.pe/web/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0844/index.htm>
26. Jimenez, C.; Wieser, M.; Biondi S. (2017). Improving Thermal Performance of Traditional Cabins in the High-Altitude Peruvian Andean Region. In PLEA 2017 Edinburgh.
27. Rodríguez-Larraín, S.; Onnis, S.; Vargas, J. (2017). Transferencia Tecnológica para la vivienda alto andina. In: XII Congreso Mundial de las arquitecturas de tierra, Lyon. Villefontaine: Editions Craterre.
28. Vargas, J. (2016), Buen comportamiento sísmico de casas de tierra reforzadas en Orduña, Perú, en Boletín 49-50 de la Red Proterra, p. 14-15. Disponible en http://www.redproterra.org/uploads/bulletins/Boletin_49-50.pdf
29. Acero, N. (2016). Evaluación y diseño de vivienda rural bioclimática en la comunidad campesina de ccopachullpa del distrito de Ilave”. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
30. Cabrera, D. et al. (2010) Mejoramiento de las construcciones de adobe ante una exposición prolongada de agua por efecto de inundaciones. Tesis de licenciatura. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. Perú.
31. Dirección Nacional de Estadística de Colombia (DANE). Déficit habitacional. Disponible en <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/deficit-de-vivienda>
32. Programa Nacional de Vivienda Social del Ecuador (PNVS). Déficit habitacional. Disponible en <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/PROYECTO-PROGRAMA-NACIONAL-DE-VIVIENDA-SOCIAL-9nov-1.pdf>
33. Henoch, P. (2017). Desafíos actuales del déficit habitacional en Chile. Disponible de <https://lyd.org/wp-content/uploads/2017/12/viso-169-desafios-actuales-del-deficit-habitacional-inhabiles-y-extranjeros-diciembre2017.pdf>
34. Comunidad Andina de Naciones (2012) Carta Social Andina. Recuperado de https://issuu.com/elcondor/docs/carta_social_andina_2013_feb/21
35. CUNILL, P. (1978). “La América Andina” en Serie de Geografía Universal, Serie II, número 8. Barcelona: Editorial Ariel.
36. Mislav Stepinac et Al. (2019) Seismic Design of Timber Buildings: Highlighted Challenges and Future Trends. Appl. Sci. 2020, 10, 1380; doi:10.3390 / app10041380

37. Montoro, B. (2005) Reconstrucción y Gestión de riesgo: una respuesta técnica y metodológica. Lima: Soluciones Prácticas -ITDG. 2005.
38. Escalera Nava, Natali, & Córdova Olivera, Pamela. (2016). DÉFICIT HABITACIONAL CUALITATIVO: UNA APROXIMACIÓN PARA EL CASO BOLIVIANO. *Investigación & Desarrollo*, 2(16), 68-86. Recuperado en 23 de marzo de 2020, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312016000200006&lng=es&tlng=es
39. Buchanan A. et al. (2017) Log house performance in the 2016 Kaikoura earthquake. *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*, Vol. 50, No. 2. Recuperado en 26 de marzo de 2020 de <https://bulletin.nzsee.org.nz/index.php/bnzsee/article/download/78/64>
40. Branco, J. & Lourenco, P. & Aranha, C. (2013). Seismic Analysis of a 2-Storey Log House. *Advanced Materials Research*. 778. 478-485. <http://www.scientific.net/AMR.778.478>
41. Weslager, C. A. (1969), *The Log Cabin in America*, New Brunswick, New Jersey: Rutgers University Press.
42. Sanz J. (1789). *Los 10 libros de Arquitectura de Vitruvio Polion*. Imprenta Real, Madrid.
43. Schauerte T. (2019). *Wooden house construction in Scandinavia – a model for Europe*. Internationales Holzbau-Forum. (2019) Innsbruck, Austria. Recuperado de http://www.forum-holzbau.com/pdf/ihf10_schauerte.pdf
44. Arce, R. et. al. (2015) Propuesta del empleo del adobe reforzado con geomalla en la construcción de viviendas unifamiliares de un piso en el pueblo joven Yanama-Ayacucho. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional de Huancavelica. Perú. Recuperado de <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/237/TP%20-%20UNH%20CIVIL%200021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
45. Cipirán, J. (2018). *Aplicación de la Madera Plástica en el Diseño Arquitectónico de una Planta de tratamiento de Residuos Sólidos Reciclables– Chimbote*. Tesis de Licenciatura. Universidad San Pedro de Chimbote, Chimbote. Perú. Recuperado de http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/8365/Tesis_58601.pdf?sequence=1&isAllowed=y
46. Silvera Y. (2018). *Proceso de fabricación y evaluación de propiedades mecánicas de la plastimadera a base de plástico reciclado para la industria de la construcción en Lima – 2018*. Tesis de licenciatura. Universidad César Vallejo, Lima. Perú. Tesis de licenciatura. Recuperado de http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/31697/Silvera_HYW.pdf?sequence=1&isAllowed=y

47. Onnis, S. et al. (2018) Modelo de transferencia tecnológica para la vivienda altoandina. Seminario Internacional de Arquitectura y Construcción con Tierra, SAICOT. La Antigua, Guatemala. Recuperado de <https://files.pucp.education/facultad/arquitectura/2019/11/28182423/2018-SIACOT-Onnis-Rodríguez-Larraín-Meli-Loayza.pdf>
48. García I. (2017) en su tesis “Estudio de permeabilidad en el adobe implementando agregados naturales” por la Universidad Tecnológica de la Mixteca – Oaxaca,

Mejora de las variables bioclimáticas y reducción del tiempo constructivo de los muros, aplicando el sistema Blockhouse con madera plástica en las viviendas de zonas rurales altoandinas del proyecto Sumaq Wasi, Perú, 2021.

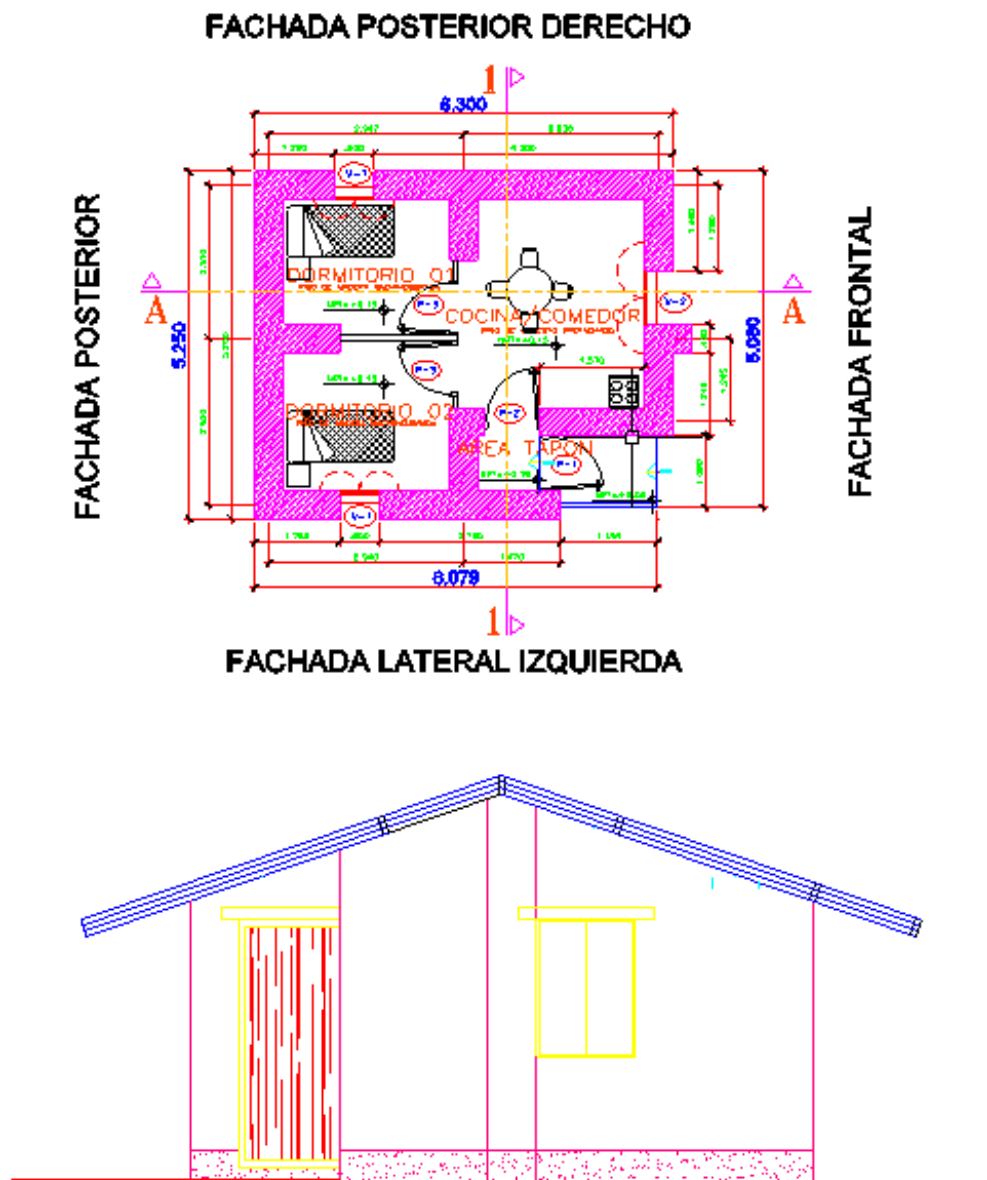
ANEXOS

ANEXO N° 1: Planos en AutoCAD del proyecto en (.dwg)

- Se presenta un CD de los planos de la vivienda de adobe Sumaq Wasi para zonas rurales altoandinas diseñados a partir de le expediente técnico proporcionado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Figura 41

Planos de muros de la vivienda de adobe de Sumaq Wasi.



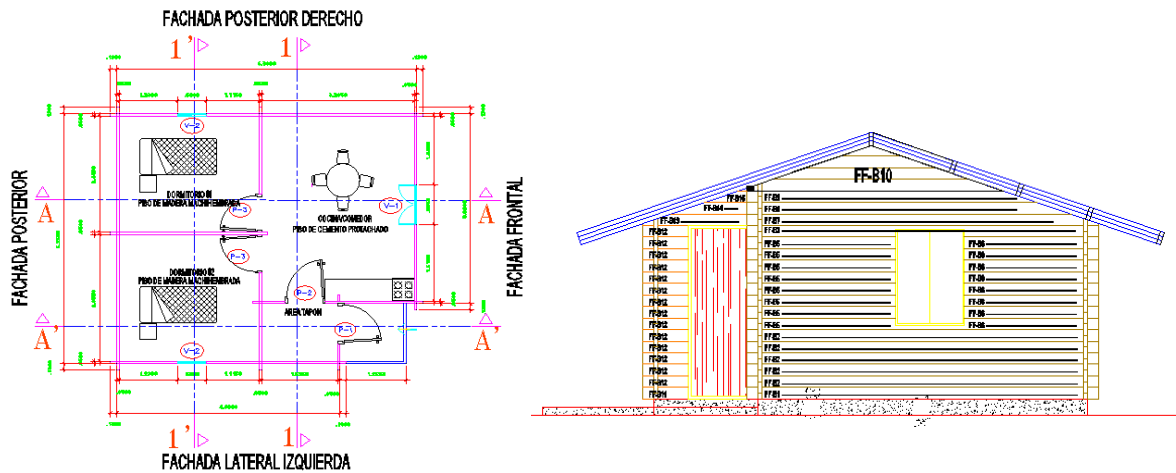
Fuente: Elaboracion propia.

ANEXO N° 2: Planos en AutoCAD del proyecto en (.dwg)

- Se presenta un CD de los planos de la vivienda con el sistema constructivo Blockhouse y madera plástica orientado del proyecto Sumaq Wasi para zonas rurales altoandinas.

Figura 42

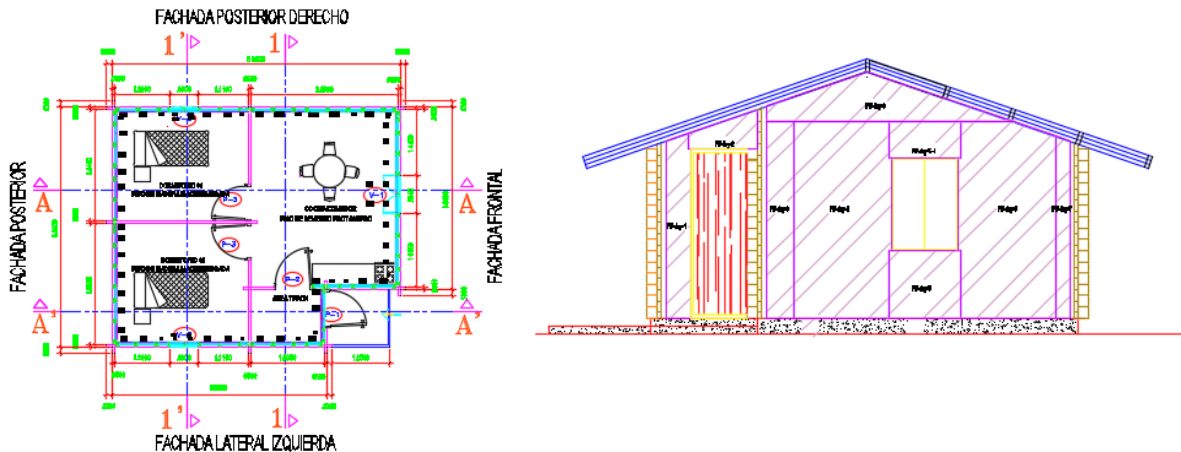
Planos de muros de la vivienda de madera plástica con el sistema Blockhouse de Sumaq Wasi.



Fuente: Elaboracion propia.

Figura 43

Planos de muros de la vivienda de madera con poliestireno expandido como aislante térmico plástica y con el sistema Blockhouse de Sumaq Wasi.



Fuente: Elaboracion propia.

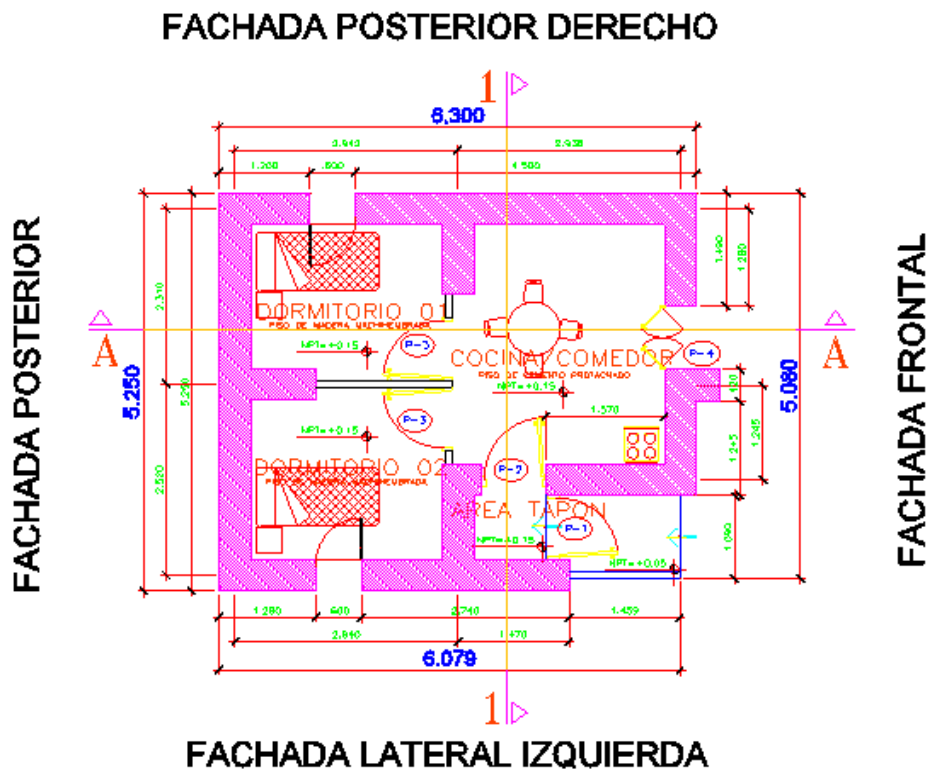
ANEXO N° 3: Proceso constructivo de los muros de las viviendas de adobe y madera plástica con el método constructivo Blockhouse.

1. Proceso constructivo de los muros de la vivienda de adobe con el modelo de vivienda de Sumaq Wasi

La arquitectura general del proyecto, consta de un módulo básico de adobe que tiene como dimensión de 6,30m x 5,25m, con muro de 0.40m de ancho, en total su extensión. Consta de 03 ambientes compuestos por 02 dormitorios y 01 cocina-comedor. Consta de 03 ventanas, 01 puerta de ingreso de 0.84m de ancho y 3 puerta interiores.

Figura 44

Plano en planta de muros de las vivienda de adobe.



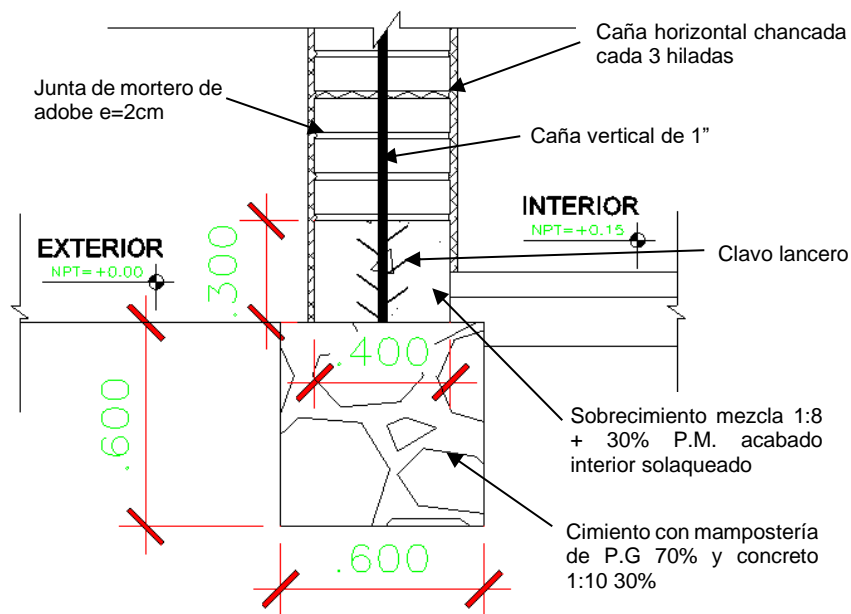
Fuente: Elaboracion propia

➤ **Construcción de los cimientos y sobrecimientos**

- a. La cimentación corrida, sus dimensiones son de 0.60m de ancho y 0.60m de alto, en toda la extensión de la vivienda. El cimiento es de concreto simple 1:10 + 70%PG.
- b. El sobrecimiento de 0.40m de ancho y 0.30 m de alto, con concreto simple 1:8 + 50%PM, la piedra mediana tendrá como máximo Ø 4”.
- c. Se coloca en el sobrecimiento antes del vaciado, el refuerzo de caña brava vertical de 1” con altura de 2.4m.

Figura 45

Corte de cimentacion y sobrecimiento.

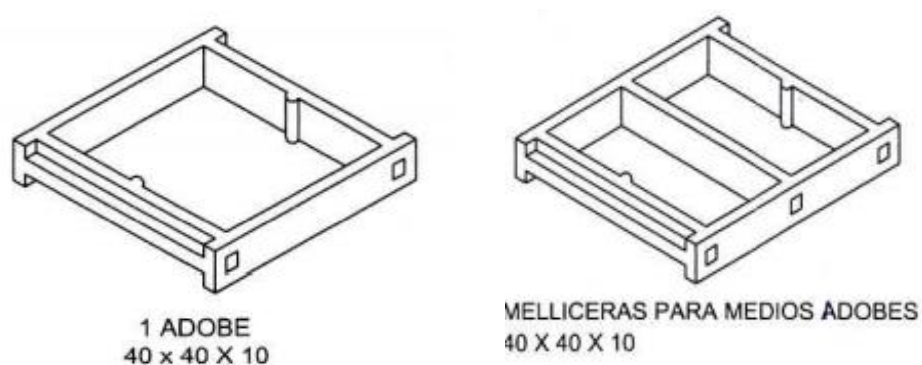


Fuente: Elaboracion propia

Se construye la pared de adobe antes de la primera hilada de muro se pone una capa con asfalto liquido RC-250 y/o pintura asfáltica.

Figura 46

Dimensiones de adobe a utilizar para los muros.



Fuente: Expediente técnico del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2020).

- d. Los adobes tienen una dimensión de 40m x 40m en los lados y 10m y otro de 40m x 19m en los lados y 10m, que sirven como amarres para el muro, en total hay 16 hiladas en el muro.

Tabla 87

Descripción de materiales para los muros de adobe.

Descripción	Und.	Metrado
Cimiento corrido mampostería de piedra, mezcla 1:10 + 70%PG – (Dimensiones; 0.60m de Ancho x ; 0.60m de Alto)	M3	8.67
Sobrecimiento mezcla 1:8 + 30%PM – (Dimensiones; 0.40m de Ancho x ; 0.30m de Alto)	M3	2.93
Adobes 0.40m x 0.40m x 0.10m	und	1548
Refuerzo Vertical 1”	und	32
Refuerzo Horizontal C/. 3 hiladas	ml	347.26
Enlucido con yeso sobre muro de adobe exterior	M2	45.49
Enlucido con yeso sobre muro de adobe interior	M2	62.49

Fuente: Elaboración propia

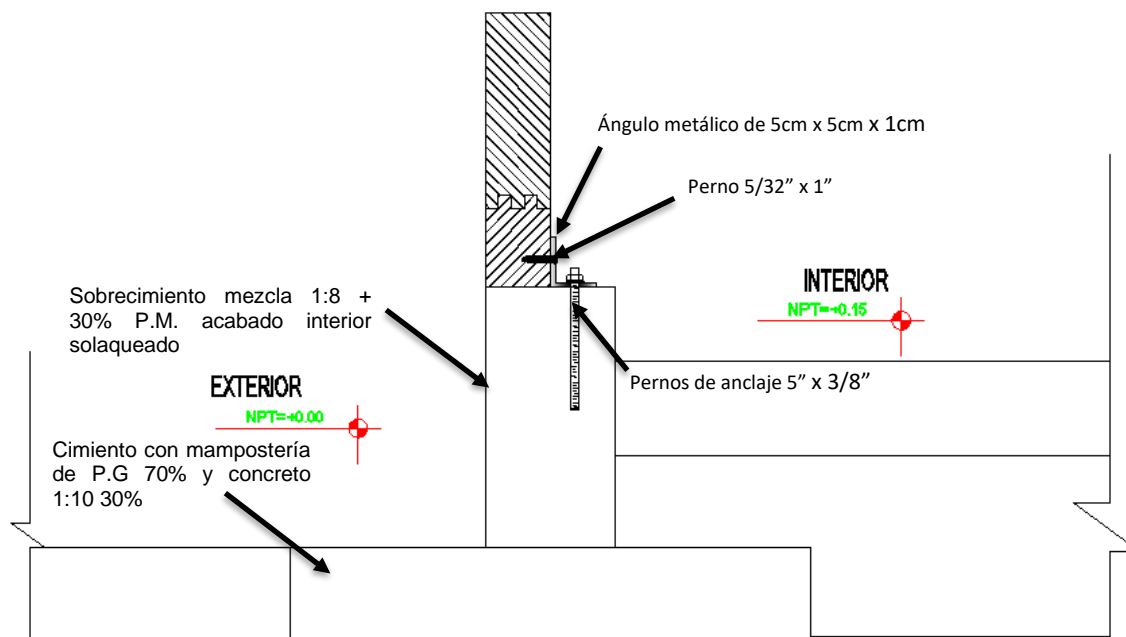
2. Proceso constructivo de los muros de la vivienda utilizando el sistema Blockhouse con madera plástica, referente al modelo de vivienda de Sumaq Wasi

La arquitectura es la mismo que en la vivienda de adobe de Sumaq Wasi, pero en este caso se considera como material la madera plástica y el sistema constructivo Blockhouse.

- c. Para el anclaje de muros de madera plástica con el sobrecimiento, para la buena fijación de la pared se pondrá a cada esquina y a cada 1.30m de distancia los ángulos metálicos de 5cm x 5cm x 1cm, con pernos de anclaje 5" x 3/8" y perno de 5/32" x 1".

Figura 48

Materiales para la unión de muro y sobrecimiento



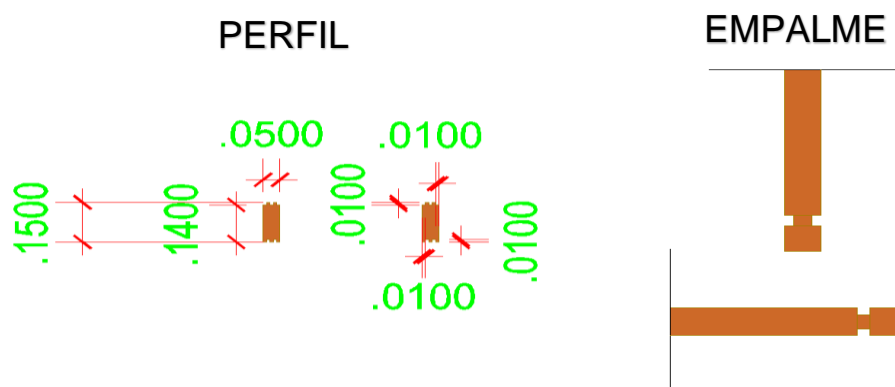
Fuente: Elaboracion propia

- d. Los muros están conformados por madera plástica, las cuales se unirán entre sí mediante la técnica de machihembrado. El sistema Blockhouse está basado en el encajamiento de piezas precortadas. Cada hilada se colocará encima de la anterior sin necesidad de pegamento, clavijas ni tuercas. Se recomienda fijar entre sí, para tener mayor estabilidad, las cuales se distribuirán simétricamente.

Los muros se componen por elementos horizontales de madera plástica de dimensiones 0,05 m de espesor y 0,140 m de ancho, mientras que las longitudes varían entre sí, de acuerdo con la ubicación en el muro.

Figura 49

Perfil y empaque de la madera plástica con el sistema Blockhouse.



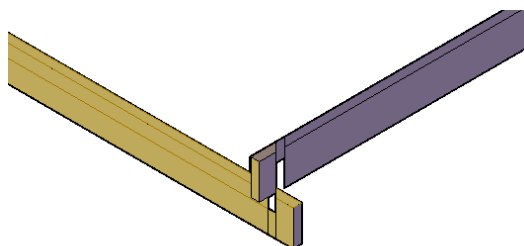
Fuente: Elaboracion propia

e. Para efectos de incrementar la estabilidad, se ha elegido el tipo de empalme norteamericano. En el sistema norteamericano, el bloque lleva en su cabeza un doble machihembrado más un pequeño vuelo, que es al menos el doble del diámetro de la sección. La junta queda, por tanto, protegida de deslizamientos. El empalme de este tipo de muros tiene la función de trabajar como columnas para soportar la estructura de la casa.

Al colocar la madera plástica al principio en un eje es la mitad del otro eje, ejemplo: en el eje x será de 0.70m y en el eje y de 0.140m, como que tenga una estabilidad y mejor unión en la base.

Figura 50

Emplame de la madera plástica con el sistema Blockhouse.



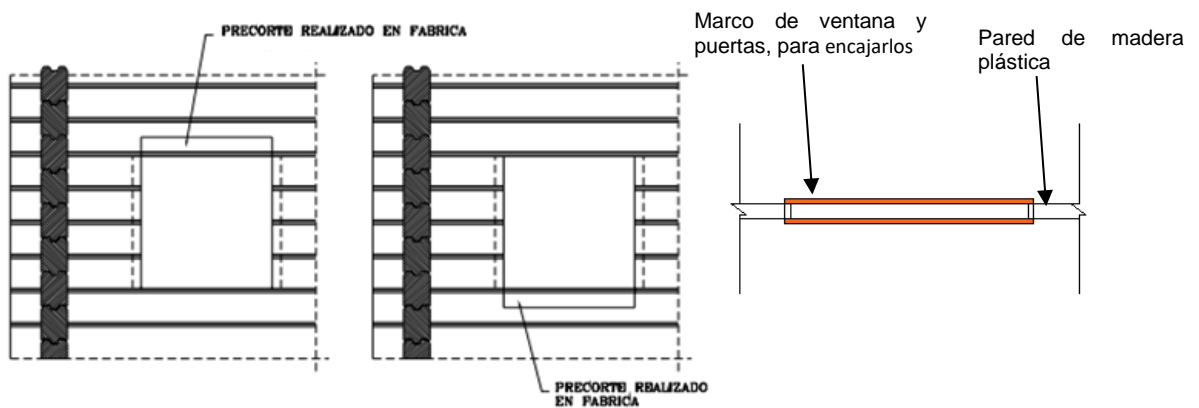
Fuente: Elaboracion propia.

- f. Las aberturas que hay en los muros como son puertas y ventanas, se ajustan a las hiladas del muro y en las fachadas perpendiculares el desfase de hiladas obliga a realizar un precorte en fábrica

Se encaja con un marco de ventana machimbrada

Figura 51

Encaje de ventanas y puertas.

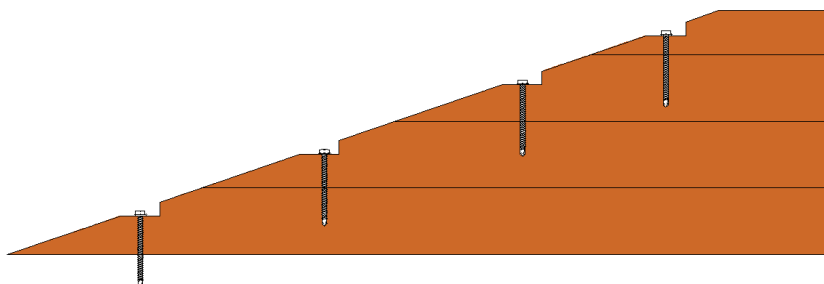


Fuente: Elaboracion propia.

- g. Los pernos en la última hilada de media sección (techo inclinado) de la madera plástica, como se muestra en la figura 45, se coloca pernos en media sección, para que se sostenga con hilada inferior.

Figura 52

Fijacion de techo inclinado con perno.



Fuente: Elaboracion propia

Tabla 88

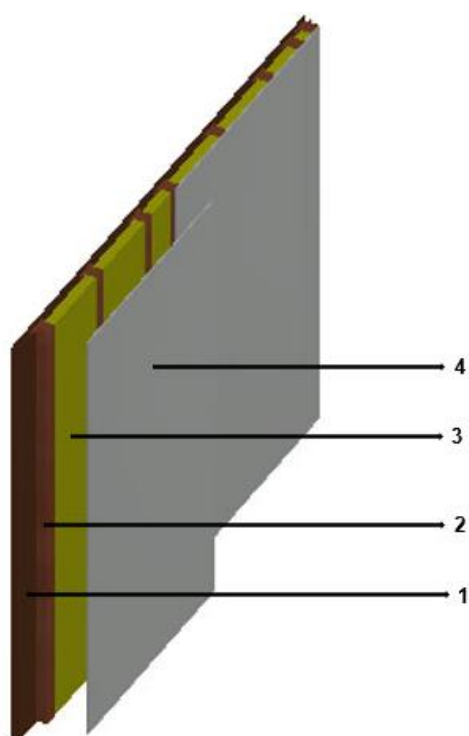
Descripción de materiales para los muros de madera plástica.

Descripción	Und.	Metrado
Cimiento corrido mampostería de piedra, mezcla 1:10 + 70%PG – (Dimensiones; 0.40m de Ancho x ; 0.60m de Alto)	M3	7.27
Sobrecimiento mezcla 1:8 + 30%PM – (Dimensiones; 0.10m de Ancho x ; 0.20m de Alto)	M3	0.58
Madera plástica 0.14m x 0.05m x L	und	186
Angulos	und	41
Pernos + perno de anclaje	ml	82

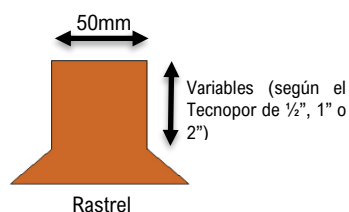
Fuente: Elaboracion propia

Figura 53

Configuracion de la pared de madera plastica

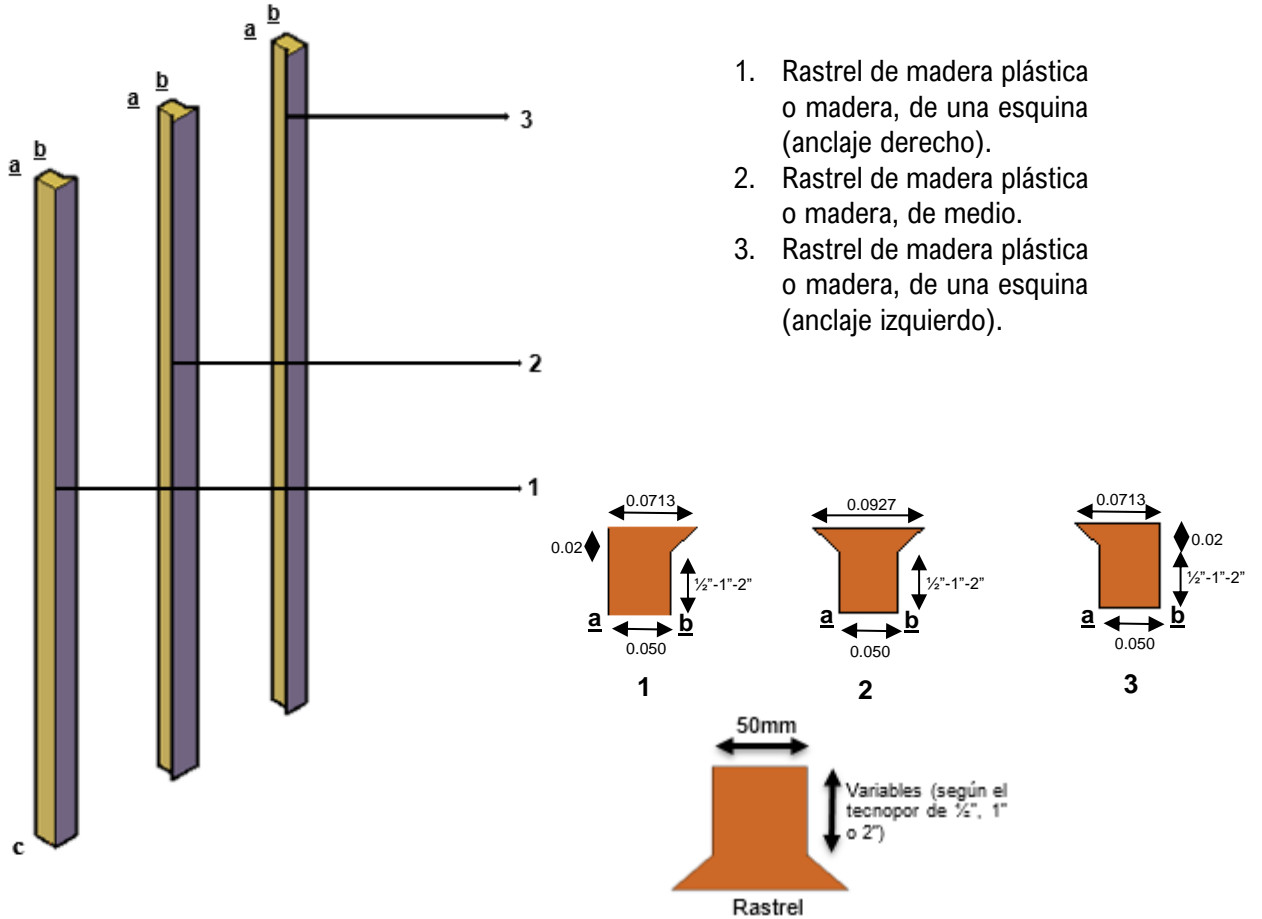


- 1) Madera plástica de 50mm.
- 2) Rastrel de madera plástica o madera de 50mm (varia la longitud, depende del espesor del aislante).
- 3) Aislante de plancha de Tecnopor de ½" o 1" o 2".
- 4) Plancha de drywall 3/8".



Fuente: Elaboracion propia

Figura 54
Diseño de rastreles.



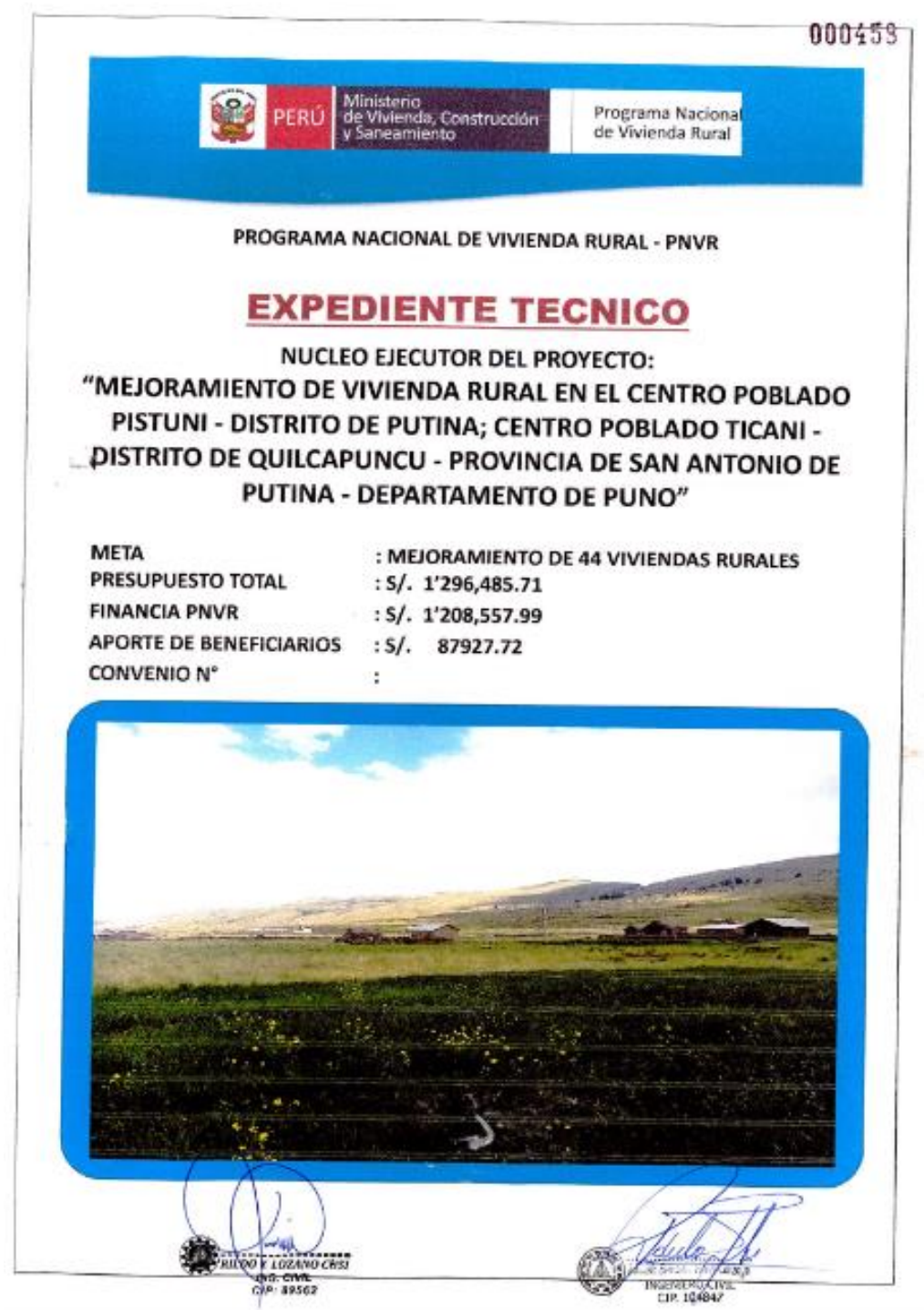
Fuente: Elaboración propia

Mejora de las variables bioclimáticas y reducción del tiempo constructivo de los muros, aplicando el sistema Blockhouse con madera plástica en las viviendas de zonas rurales altoandinas del proyecto Sumaq Wasi, Perú, 2021.

ANEXO N° 4: Expediente técnico de cada de adobe de Sumaq Wasi, brindado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (pdf.)


Figura 55

Expediente técnico de viviendas de Sumaq Wasi



Fuente: Brindado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2020).

ANEXO N° 5: Formato 01: conductividad térmica y Formato 02: transmitancia térmica

FORMATO N° 01		
FICHA DE CALCULO EXPERIMENTAL DE LA CONDUCTIVIDAD TERMICA - METODO DE FOURIER		
	PROYECTO:	MEJORA DE LAS VARIABLES BIOCLIMATICAS Y REDUCCION DEL TIEMPO CONSTRUCTIVO DE LAS PAREDES, APLICANDO EL SISTEMA BLOCKHOUSE CON MADERA PLASTICA EN LAS VIVIENDAS DE ZONAS RURALES ALTOANDINAS DEL PROYECTO SUMAQ WASI, PERU, 2021*
	RESPONSABLE:	BACH. MARTHA PONSECA RIVERA
	UBICACIÓN:	LIMA - PERU

Para medir la constante de conductividad térmica se usará el equipo, en lo cual se mostrara por foto. Este consiste esencialmente en dos cámaras aisladas de tecnopor, las cuales tiene un orificio cuadrado en el cual se posiciona la lámina de madera plástica. Una cámara de tecnopor que se utiliza como foco térmico de alta temperatura (T_c), ya que a través ella se hace circular vapor de agua, es decir a 100 °C en Lima. En la otra, se coloca un trozo de hielo en punto de fusión, es decir a 0 °C, (T_f). Por lo tanto, midiendo la cantidad de hielo que se funde en un determinado intervalo de tiempo (Δt) se puede conocer la cantidad de calor que fluyó hacia el hielo en el mismo intervalo de tiempo.

Los datos constantes de entrada son las siguientes:

PLACA DE MADERA PLASTICA				
Espesor (m)	Largo (m)	Ancho (m)	$\Delta t = (T_c - T_f)$ (°C)	L (Joule/kg)
0.005	0.10	0.0685	100	2264300

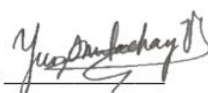
$$k = \frac{m \cdot e \cdot L}{t \cdot A \cdot \Delta T}$$

A	B	C	D	E	F
t (s)	m (kg)	A	e	ΔT	k
300.00	0.00400	0.00685	0.005	100.00	0.22
300.00	0.00600	0.00685	0.005	100.00	0.33
300.00	0.00200	0.00685	0.005	100.00	0.11
300.00	0.00000	0.00685	0.005	100.00	0.00
300.00	0.00400	0.00685	0.005	100.00	0.22
300.00	0.00800	0.00685	0.005	100.00	0.44
Conductividad termica promedio					0.22

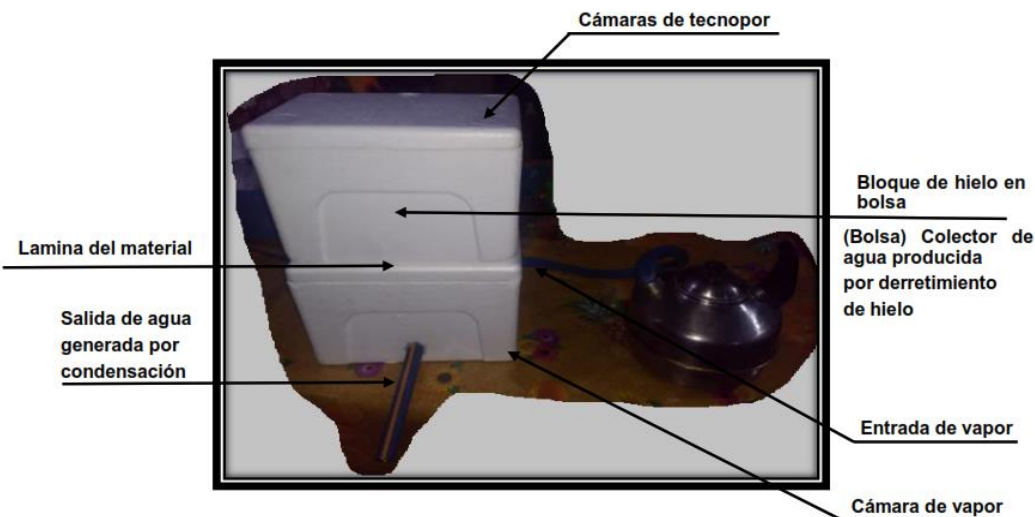
Revisado por : YURI ALEXIS MILACHAY VICENTE


Cargo: Mg en Educación Superior

Telefono: 972485077

Firma: 

DNI: 07255938



FICHA DE CALCULO EXPERIMENTAL DE LA CONDUCTIVIDAD TERMICA - METODO DE FOURIER		
	PROYECTO:	MEJORA DE LAS VARIABLES BIOCLIMATICAS Y REDUCCION DEL TIEMPO CONSTRUCTIVO DE LAS PAREDES, APLICANDO EL SISTEMA BLOCKHOUSE CON MADERA PLÁSTICA EN LAS VIVIENDAS DE ZONAS RURALES ALTOANDINAS DEL PROYECTO SUMAQ WASI, PERU, 2021*
	RESPONSABLE:	BACH. MARTHA PONSECA RIVERA
	UBICACIÓN:	LIMA - PERU

RESUMEN


La conductividad termica es una propiedad esencial para los calculos de balance de energia en aplicaciones de transferencia de calor, asi como en la selección de materiales en estrategias de diseño bioclimatico. La conductividad termica es una propiedad de transporte, pues indica el transporte de energia en forma de calor.

El procedimiento para el cálculo de la conductividad térmica es el siguiente:

1. Se extrae el hielo de la nevera, y para garantizar que esté a 0 °C, se lo deja a la intemperie hasta que se comienza el cambio de fase a líquido.
2. Para que en el otro extremo se garantice vapor a 100 °C, se hierve agua hasta que produzca vapor de manera consistente.
3. Bajo estas condiciones, se condujo el vapor de agua hasta uno de los lados de la placa de madera plástica. El tiempo de exposición de la madera plástica al vapor tuvo lugar en intervalos variables determinándose a continuación la cantidad de agua formada a partir del hielo, el cual estaba en contacto con la madera plástica por el otro extremo.
4. Los datos de entrada son los siguientes: espesor de la madera plástica, área de la madera plástica, diferencia de temperaturas.




Mejora de las variables bioclimáticas y reducción del tiempo constructivo de los muros, aplicando el sistema Blockhouse con madera plástica en las viviendas de zonas rurales altoandinas del proyecto Sumaq Wasi, Perú, 2021.

FORMATO N° 02 - 1		
DETERMINACION DE LA TRANSMITANCIA TERMICA DE LA VIVIENDA - NORMA E.M. 110		
FORMATO N° 02 - 1		
	PROYECTO:	"MEJORA DE LAS VARIABLES BIOCLIMÁTICAS Y REDUCCIÓN DEL TIEMPO CONSTRUCTIVO DE LAS PAREDES, APLICANDO EL SISTEMA BLOCKHOUSE CON MADERA PLÁSTICA EN LAS VIVIENDAS DE ZONAS RURALES ALTOANDINAS DEL PROYECTO SUMAQ WASI, PERU, 2021"
	RESPONSABLE:	BACH. MARTHA PONSECA RIVERA
	UBICACIÓN:	LIMA - PERU

DETERMINACION DE LA TRANSMITANCIA TERMICA DE LOS MUROS EXTERIOR, SEGÚN LA NORMA EM. 110

Tipo	Componentes	Elemento	Espesor (m)	Cantidad	Perimetro (m)	RST/RCA (m ² C/W)	Coefficiente de transmision termica k (W/m ² C)	S1 (m ²)	U1	S1xU1
Envolventes Tipo 1A	Ventanas, manparas o superficie vidriadas transparentes o translucidas y puertas (verticales o inclinadas mas de 60° con la horizontal)	Ventanas 1 (V-01)								
		Tipo de vidrio:								
		Vidrio 1								
		Vidrio 2, etc								
		Tipo de carpinteria del marco								
		Carpinteria 1								
		Carpinteria 2, etc								
		Puerta								
		Tipo de puerta:								
		Puerta 1								
	Puerta 2, etc									
	Muro tipo 1A (verticales o inclinadas mas de 60° con la horizontal)	Resistencias superficiales								
		Resistencia superficial externa (Rse)								
		Resistencia superficial interna (Rsi)								
		Muro sin camara de aire N° 1								
		Composicion del muro								
		Material 1								
		Material 2, etc								
		Muro sin camara de aire N° 2								
		Composicion del muro								
		Material 1								
		Material 2, etc								
		Puente termico: sobrecimiento N° 1								
		Composicion:								
		Material 1								
		Material 2, etc								
		Puente termico: sobrecimiento N° 2								
		Composicion:								
		Material 1								
		Material 2, etc								
		Puente termico: Vestidura de derrame N° 1								
		Tipo de carpinteria del marco								
		Composicion:								
Carpinteria 1										
Carpinteria 2, etc										
TRANSMITANCIA (U _{max t}) = $\sum S \times U / \sum S$										

ANEXO N° 6: Prueba de absorción

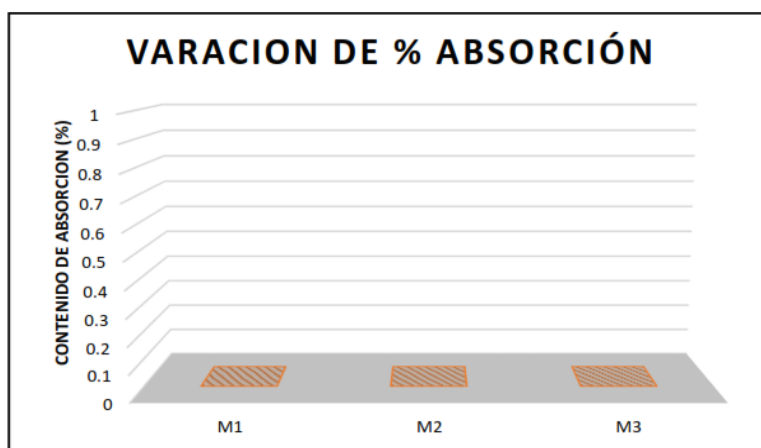
FORMATO N° 03		
PRUEBA DE ABSORCIÓN - NTP 339.613		
	PROYECTO:	MEJORA DE LAS VARIABLES BIOCLIMÁTICAS Y REDUCCIÓN DEL TIEMPO CONSTRUCTIVO DE LAS PAREDES, APLICANDO EL SISTEMA BLOCKHOUSE CON MADERA PLÁSTICA EN LAS VIVIENDAS DE ZONAS RURALES ALTOANDINAS DEL PROYECTO SUMAQ WASI, PERU, 2021*
	RESPONSABLE:	BACH. MARTHA PONSECA RIVERA
	UBICACIÓN:	LIMA - PERU

Temperatura de Secado
110°C/Ambiente

Método
Horno 110 ± 5 °C

CONTENIDO DE ABSORCIÓN DE ADOBE						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	M1	M2	M3	
A	Peso de la muestra seca w_d	gr	10000	10500	10500	
B	Peso de la muestra saturada w_s	gr	0	0	0	
C	Porcentaje de absorción	%	0	0	0	
D	PROMEDIO DE PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0			

$$(\text{Absorción } \%) = \frac{(w_s - w_d)}{w_d} \times 100$$

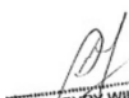



Revisado por : _ Santiago Flores, Henry Wilder

Cargo: Jefe de Laboratorio

Telefono: 978856572

DNI: 70818834


 HENRY WILDER
 SANTIAGO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 205749

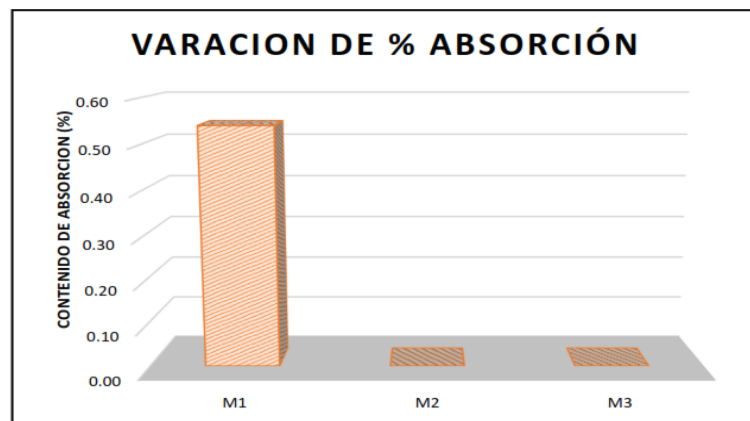
FORMATO N° 03		
PRUEBA DE ABSORCIÓN - NTP 339.613		
	PROYECTO:	"MEJORA DE LAS VARIABLES BIOCLIMÁTICAS Y REDUCCIÓN DEL TIEMPO CONSTRUCTIVO DE LAS PAREDES, APLICANDO EL SISTEMA BLOCKHOUSE CON MADERA PLÁSTICA EN LAS VIVIENDAS DE ZONAS RURALES ALTOANDINAS DEL PROYECTO SUMAQ WASI, PERU, 2021"
	RESPONSABLE:	BACH. MARTHA PONSECA RIVERA
	UBICACIÓN:	LIMA - PERU

Temperatura de Secado
110°C/Ambiente

Método
Horno 110 ± 5 °C

CONTENIDO DE ABSORCIÓN DE MADERA PLÁSTICA						
ID	DESCRIPCION	UND	M1	M2	M3	
A	Peso de la muestra w_d	gr	185	186	186	
B	Peso de la muestra saturada w_s	gr	186	186	186	
C	Porcentaje de absorción	%	0.54	0.00	0.00	
D	PROMEDIO DE PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.18			

$$(\text{Absorción } \%) = \frac{(w_s - w_d)}{w_d} \times 100$$




Revisado por : Santiago Flores, Henry Wilder

Cargo: Jefe de Laboratorio

Telefono: 978856572

DNI: 70818834


 HENRY WILDER
 SANTIAGO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 205749

PANEL FOTOGRAFICO

Figura 56

Sobrecimiento de 0.30 m de altura para el muro de madera plastica



Fuente: Elaboracion propia

Figura 57

Empezando los muros de adobe con refuerzo de caña



Fuente: Elaboracion propia

Figura 58

Muro de adobe terminado



Fuente: Elaboracion propia

Figura 59

Muro de adobe terminado con base para la filtracion



Fuente: Elaboracion propia

Figura 60

Piezas de madera plástica machimbrada, con encaje



Fuente: Elaboracion propia

Figura 61

Union de madera plástica con sobrecimiento, perno de anclaje y tornillo



Fuente: Elaboracion propia

Figura 62

Union de madera plástica con sobrecimiento, atornillando (perno de anclaje y tornillo)



Fuente: Elaboracion propia

Figura 63

Aplicando sellante SIKAFLEX en las ranuras.



Fuente: Elaboracion propia

Figura 64

SIKAFLEX en las ranuras.



Fuente: Elaboracion propia

Figura 65

Aplicaciones



Fuente: Elaboracion propia

Figura 66

Muros terminados, interseccion



Fuente: Elaboracion propia

Figura 67

Muros terminados de 1.50 m de altura, y base para la filtracion



Fuente: Elaboracion propia

Figura 68

Muro con poliestireno expandido de 2" y drywall



Fuente: Elaboracion propia

Figura 69

Muro con terminado con poliestireno expandido de 2"



Fuente: Elaboracion propia