

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA ENERGÉTICA



**ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO DE LAS VIVIENDAS UTILIZANDO
ENERGÍA SOLAR PASIVA PARA LOS CASERÍOS DE CUISPES-
BONGARA-AMAZONAS**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO ENERGÉTICO**

AUTOR (A):

JUAREZ MARCHENA, DANIELA ANGÉLICA

Chiclayo, 17 de noviembre de 2018

**ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO DE LAS VIVIENDAS
UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR PASIVA PARA LOS
CASERÍOS DE CUISPES-BONGARA-AMAZONAS**

PRESENTADA POR:

JUAREZ MARCHENA, DANIELA ANGÉLICA

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de:

INGENIERO ENERGÉTICO

APROBADO POR:

Ing. Celada Padilla, James Skinner

PRESIDENTE

Mg. Mundaca Guerra, Hugo Walter

SECRETARIO

Ing. Gonzáles Bazán, Luis Alberto

ASESOR

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre Lila, por haberme apoyado siempre, por sus consejos, sus valores, por la motivación que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su paciencia y amor.

A mi padre Arturo, por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan, por su ayuda económica, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

ÍNDICE

	Pág.
I. Introducción	1
1.1. Objetivos	3
1.2. Justificación: Impacto en el campo de estudio	3
II. Marco de Referencia del Problema	5
2.1. Antecedentes del problema	5
2.2. Fundamentos teóricos	7
2.2.1. Condiciones de confort en una vivienda	7
2.2.2. Las heladas en el Perú y el mundo	10
2.2.3. Potencial solar	18
2.2.4. Tecnología solar pasiva	25
2.2.5. Ganancia directa.	28
2.2.6. Muro de acumulación no ventilado	28
2.2.7. Muro de acumulación ventilado	31
2.2.8. Invernadero adosado	31
2.2.9. Techo de acumulación de calor	32
2.2.10. Captación solar y acumulación calor	32
2.2.11. La vivienda bioclimática	33
2.2.12. Comparación entre contaminación del mundo y el Perú	39
2.2.13. Caserío de cuispes	40
III. Diseño	
3.1. Determinar la carga térmica para mejorar las condiciones de vida de los pobladores de cuispes	48
3.2. Evaluar el potencial solar térmico de la zona	57
3.2.1. Tratamiento de datos de radiación	58
3.2.2. Tratamiento de datos de temperaturas	64

3.3. Analizar las alternativas tecnológicas para el acondicionamiento de la vivienda	69
3.3.1. Materiales que pueden ser utilizados en el diseño y construcción de la estructura tecnológica para el acondicionamiento de la vivienda	69
3.3.2. Diseños	79
3.3.3. Análisis comparativo del vidrio y plástico	85
3.3.2. Elección de la tecnología adecuada para nuestro proyecto	88
IV. Resultados	92
4.1 Realizar el diseño de ingeniería para el acondicionamiento térmico de la vivienda	92
a). Área horizontal y vertical del muro	93
b). Área de la habitación	94
c). Inclinación y longitud de la base	95
d). Nº de orificios y diámetro	96
e). Justificación estructural	98
f). Estabilidad	103
g). Análisis de los sombreamientos	104
V. Simulaciones Térmicas	106
5.1. Simulación acondicionamiento con muro Trombe vs sin acondicionamiento	110
5.2. Simulación acondicionamiento con muro Trombe vs recubrimiento con yeso (16mm)	139
5.3. Realizar la evaluación económica y financiera del proyecto	153
VI. Conclusiones Generales	158
VII. Recomendaciones	159
VIII. Referencias Bibliográficas	160
IX. Anexos	162

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla N°01: Parámetros mínimos del “Acceso total a la energía”	9
Tabla N°02: Departamentos Afectados (2002)	11
Tabla N°03: Daños Materiales (2002)	12
Tabla N°04: Departamentos Afectados (2004)	12
Tabla N°05: Daños Materiales (2004)	13
Tabla N°06: Instrumentos De Medición Solar	22
Tabla N° 07: Datos Ambientales	43
Tabla N° 08: La Población Económicamente Activa (PEA)	44
Tabla N° 09: Ocupación Principal de los Pobladores (%)	45
Tabla N° 10: Ingreso Familiar Mensual Promedio	45
Tabla Nª 11: Características de la Población	45
Tabla N° 12: Gastos Totales Promedio Y Extremos	46
Tabla N°13: Área corporal total de acuerdo al número de personas	51
Tabla N°14: Superficie expuesta en %	51
Tabla N° 15: Parámetros importantes	52
Tabla N° 16: Dimensiones de la vivienda	54
Tabla N° 17: Áreas de la vivienda	55
Tabla N° 18: Comportamiento de las temperaturas en las actuales viviendas de Cuispes.	56
Tabla N° 19: Husos horarios por países	60
Tabla N° 20: Insolación incidente promedio mensual corregida sobre una superficie horizontal en Indicado GMT-5	61
Tabla N°21: Insolación Promedio mensual	61
Tabla N°22: Insolación Promedio en día	62
Tabla N°23: Energía disponible en un día por cada mes	62
Tabla N°24: Flujo Solar por cada mes	62

Tabla N°25: Datos De La Estación Meteorológica.	65
Tabla N°26: Resumen de datos de temperatura y precipitaciones (2008-2011)	65
Tabla N°27: Datos De Temperatura y Precipitaciones (2008-2011).	66
Tabla N°28: Datos de velocidades (2008-2011).	67
Tabla N°29: Resumen de las Propiedades Térmicas de los Materiales.	72
Tabla N°30: Conductividad térmica de los materiales.	75
Tabla N°31: Transmitancia térmica de los materiales.	75
Tabla N°32: Absortividad y Emisividad térmica de los materiales.	76
Tabla N°33: Tiempo de vida de los plásticos para invernaderos.	77
Tabla N°34: Características comparadas de los plásticos.	78
Tabla N°35: Análisis comparativo del vidrio y plástico.	85
Tabla N°36: Análisis de las características térmicas del vidrio y plástico.	86
Tabla N°37: Comparación cualitativa de modelos artesanos.	87
Tabla N°38: Captación de la radiación solar según los grados.	87
Tabla N°39: Área de la pared vertical en función del área de la habitación de destino.	93
Tabla N°40: Área de la habitación en función de la Temperatura.	94
Tabla N°41: Número de orificios en función del área de la habitación.	97
Tabla N°42: Dimensiones del Muro Trombe.	97
Tabla N°43: Velocidades de viento	100
Tabla N° 44: Datos de temperatura interna y externa en la peor orientación en el día de Máximo Frio – 02 de Junio.	112
Tabla N°45: Datos de temperatura interna y externa en la mejor orientación en el día de máximo frio – 02 de Junio.	118
Tabla N°46: Datos de temperatura interna y externa en la peor orientación en el día de Máximo Calor – 26 De Enero.	125
Tabla N°47: Datos De temperatura interna y externa en la Mejor Orientacion En El Día De Máximo Calor – 26 De Enero.	132
Tabla N°48: Datos De temperatura Interna y externa en la Peor Orientación En El Día De Máximo Frio – 02 De Junio.	139
Tabla N°49: Datos De temperatura Interna y externa en la Mejor Orientación En El Día De Máximo Frio – 02 De Junio.	141
Tabla N°50: Datos De Temperatura Interna y externa en la Peor Orientación En El Día De Máximo Calor – 26 De Enero.	147
Tabla N°51: Datos De Temperatura Interna y externa en la Mejor Orientación En El Día De Máximo Calor – 26 De Enero.	149

Tabla N°52: Costos de los materiales	153
Tabla N°53: Costos de mano de obra	154
Tabla N°54: Costos de Transporte	155
Tabla N°55: Costos total del proyecto	155
Tabla N°56: Costos de los materiales (Tipo II)	156
Tabla N°57: Costos total del proyecto (Tipo II)	156
Tabla N°58: Costos de los materiales (Tipo III)	157
Tabla N°59: Costos total del proyecto (Tipo III)	157

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura N°01: Las heladas en el Perú	10
Figura N°02: Mapa de calificación de provincias según niveles de peligros de heladas.	15
Figura N°03: Mapa de riesgo para neumonía y sus defunciones en niños menores de 5 años, Perú 2011.	16
Figura N°04: Peligros De Heladas.	18
Figura N°05: Radiación Promedio Mundial	19
Figura N°06: Radiación Promedio Mundial	20
Figura N°07: Energía Solar	21
Tabla N°06: Instrumentos De Medición Solar	22
Figura N°08: Potencial Solar De Amazonas	25
Figura N°09: Aplicación De Tecnología Solar Pasiva.	27
Figura N°10: Proceso de transmisión de calor por radiación del muro de inercia térmica.	29
Figura N°11: Efecto termosifón en el calefactor solar.	31
Figura N°12: Sistemas Pasivos.	33
Figura N°13: Diseño Bioclimático.	34
Figura N°14: Ubicación	35
Figura N°15: Orientación	35
Figura N°16: Distribución	36
Figura N°17: Calentamiento	36
Figura N°18: Sistema de Calefacción	37
Figura N°19: Efecto Invernadero	38
Figura N°20: Sistema de Refrigeración	38
Figura N°21: Contaminación en el mundo y el Perú	40
Figura N°22: Mapa Político Del Perú Departamento De Amazonas	42
Figura N°23: Mapa Del Departamento De Amazonas	42
Figura N°24: Mapa De La Provincia De Bongará	42

Figura N°25: Mapa De La Provincia De Bongará	42
Figura N°26: Ubicación geográfica de Cuispes y alrededores.	47
Figura N° 27: Modelo de vivienda de la ciudad de Cuispes	49
Figura N° 28: Modelo de vivienda de tablonces separados de la ciudad de Cuispes	49
Figura N° 29: El Huso Horario	59
Figura N°30: Vivienda de adobe (Barro)	73
Figura N°31: Modelo vertical, Muro Trombe.	80
Figura N°32: Modelo Inclinado, Muro Trombe	81
Figura N°33: Modelo Horizontal, Muro Trombe	82
Figura N°34: Modelo Invernadero, Muro Trombe	83
Figura N°35: Modelo de Latas, Muro Trombe	84
Figura N°36: Modelo de alambres y piedras, Muro Trombe	85
Figura N°37: Inclinaciones de los modelos de Muro Trombe.	88
Figura N°38: Funcionamiento del modelo de invernadero. (día-noche)	90
Figura N°39: Trayectoria del sol.	92
Figura N°40: Alzado y perfil de la geometría del muro Trombe	96
Figura N°41: Diseño armazón de madera con Google Sketch Up	98
Figura N°42: Diseño armazón de madera con modularidad	99
Figura N°43: Análisis de Sombreamiento para el mes crítico (Junio)	105
Figura N° 44: Cálculo de orientación óptima	109
Figura N°45: Peor Orientación Muro Trombe – Día Más Frio 02 De Junio.	115
Figura N°46: Peor Orientación Vivienda – Día Más Frio 02 De Junio	116
Figura N°47: Peor Orientación Techo – Día Más Frio 02 De Junio.	117
Figura N°48: Mejor Orientación Muro Trombe – Día Más Frio 02 De Junio	122
Figura N°49: Mejor Orientación Vivienda – Día Más Frio 02 De Junio	123
Figura N°50: Mejor Orientación Techo – Día Más Frio 02 De Junio	124
Figura N°51: Peor Orientación Muro Trombe – Día Más Caluroso 26 De Enero	129
Figura N°52: Peor Orientación Vivienda – Día Más Caluroso 26 De Enero	130
Figura N°53: Peor Orientación Techo – Día Más Caluroso 26 De Enero.	131
Figura N°54: Mejor Orientación – Día Más Caluroso 26 De Enero	136
Figura N°55: Mejor Orientación – Día Más Caluroso 26 De Enero.	137
Figura N°56: Mejor Orientación – Día Más Caluroso 26 De Enero.	138

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico N° 01: Variación de la temperatura en el interior y exterior de la vivienda.	57
Gráfico N° 02: Insolación promedio incidente mensual sobre una superficie horizontal.	63
Gráfico N° 03: Climograma promedio de los años estudiados indicado por mes (2008-2011).	67
Gráfico N° 04: Variación promedio de velocidades del viento (2008-2011).	68
Gráfico N° 05: Variación de la radiación de acuerdo a la inclinación.	95
Gráfico N° 06: Simulación de temperatura en la peor orientación de vivienda (Día Máximo Frio – 02 De Junio).	111
Grafica N°07: Comparación de temperaturas de la vivienda modificada y sin Acondicionamiento.	114
Gráfico N°08: Simulación de temperatura en la mejor orientación de vivienda (Día Máximo Frio – 02 De Junio).	119
Grafica N°09: Comparación de temperaturas de la vivienda mejorada y sin Acondicionamiento.	120
Grafica N°10: Ganancia de temperatura por mejoramiento de orientación.	121
Gráfico N°11: Simulación de temperatura en la peor orientación de vivienda (Día Máximo Calor – 26 De Enero).	126
Gráfico N°12: Comparación De temperaturas de la vivienda modificada y sin Acondicionamiento.	128
Gráfico N°13: Simulación de temperatura en la mejor orientación de vivienda (Día Máximo Calor – 26 De Enero).	133
Gráfico N°14: Comparación de temperaturas de la vivienda mejorada y sin acondicionamiento.	134
Gráfico N°15: Ganancia de temperatura por mejoramiento de orientación.	135
Gráfico N°16: Simulación de temperatura en la peor orientación de vivienda (Día Máximo Frio – 02 De Junio).	140
Gráfico N°17: Simulación de temperatura en la mejor orientación de vivienda	

(Día Máximo Frio – 02 De Junio).	142
Gráfico N°18: Comparación de temperaturas de la vivienda mejorada y con recubrimiento.	143
Gráfico N°19: Ganancia de temperatura por mejoramiento de orientación.	145
Gráfico N°20: Simulación de temperatura en la peor orientación de vivienda (Día Máximo Calor – 26 De Enero).	146
Gráfico N°21: Simulación de temperatura en la mejor orientación de vivienda (Día Máximo Calor – 26 De Enero).	148
Gráfico N°22: Comparación de temperaturas de la vivienda mejorada y con Recubrimiento.	150
Gráfico N°23: Ganancia de temperatura por mejoramiento de orientación.	151

RESUMEN

En este tiempo de crisis energética y de creciente concienciación ambiental, las viviendas bioclimáticas constituyen la principal aportación a un desarrollo sostenible, las energías renovables están cumpliendo un papel importante en el desarrollo de comunidades aisladas, ya que se muestran como alternativas de solución energética. La vivienda, actualmente no resulta ser el lugar de encuentro de la familia donde se comparte lo ocurrido durante el día, se crea un contacto con y entre los hijos y los padres, ya que las temperaturas muy frías, la elevada humedad, la falta o escasa iluminación y a veces la abundancia de humo hacen difícil un desarrollo armonioso de la familia al interior de la vivienda. Por lo tanto una vivienda que aprovecha las condiciones climáticas de su entorno, puede definirse como aquella diseñada sabiamente para lograr un máximo confort con el mínimo gasto energético.

El presente trabajo plantea una iniciativa de desarrollo para la población del distrito de Cuispes-Bondara-Amazonas, donde se establece la posibilidad de analizar y desarrollar una vivienda que no solo sea confortable sino también amigable con el ambiente. Así mismo se busca determinar la carga térmica para mejorar las condiciones de vida de la población y evaluar el potencial solar térmico de la zona.

Todo esto se llevará a cabo analizando el diseño de ingeniería y las alternativas tecnológicas para el acondicionamiento de la vivienda, teniendo en cuenta elementos de bioclimatización y sostenibilidad, que posteriormente se adaptan a la realidad nacional, de donde se concluye un potencial para el uso de la energía solar como fuente energética de la vivienda, así como la circulación de aire fresco dentro de la estructura propuesta. Para ello, se describen los diferentes tipos de sistemas energéticos bioclimáticos y los de control climático, además de los criterios de diseño para su correcta ejecución, dando mayor importancia a la incorporación de energías renovables, teniendo en cuenta la normativa aplicable en la actualidad.

Palabras clave: Energía solar, sistemas solares pasivos, Construcción sostenible, arquitectura bioclimática, vivienda bioclimática.

ABSTRACT

In this time of energy crisis and growing environmental awareness, bioclimatic housing is the main contribution to sustainable development, renewable energy is playing an important role in the development of isolated communities, as they are shown as alternative energy solutions. The house, currently is not the meeting place of the family where they share what happened during the day, it creates a contact with and between the children and parents, as the temperatures are very frigid, high humidity, lack or poor lighting and sometimes the abundance of smoke make difficult a harmonious development of the family inside the house. Therefore a house that takes advantage of the climatic conditions of its environment, can be defined as one designed wisely to achieve maximum comfort with minimum energy expenditure.

The present work proposes a development initiative for the population of the district of Cuispes-Bondara-Amazonas, where the possibility of analyzing and developing a house that is not only comfortable but also friendly to the environment is established. It also seeks to determine the thermal load to improve the living conditions of the population and evaluate the solar thermal potential of the area.

All this will be carried out analyzing the engineering design and the technological alternatives for housing conditioning, taking into account elements of bioclimatization and sustainability, which are subsequently adapted to the national reality, from which a potential for the use of solar energy as the energy source of the house, as well as the circulation of fresh air within the proposed structure. To do this, the different types of bioclimatic energy systems and climate control systems are described, as well as the design criteria for their correct execution, giving greater importance to the incorporation of renewable energies, taking into account the regulations currently applicable.

Keywords: Solar energy, passive solar systems, Sustainable construction, bioclimatic architecture, bioclimatic housing.

I. INTRODUCCION

Una vivienda puede lograr un gran ahorro e incluso llegar a ser sostenible en su totalidad. Se diseña teniendo en cuenta las condiciones climáticas, aprovechando los recursos disponibles (sol, vegetación, lluvia, vientos) para disminuir los impactos ambientales, intentando reducir los consumos de energía. El hecho de que la construcción hoy en día no tenga en cuenta los aspectos bioclimáticos, se une al poco respeto por el ambiente que no ponen los suficientes medios para frenar el desastre ecológico que dejamos a nuestro paso.

Con ello se busca lograr una mejor condición de vida y un gran nivel de confort térmico, teniendo en cuenta el clima y las condiciones del entorno para ayudar a conseguir el confort térmico interior mediante la adecuación del diseño, la geometría, la orientación y la aplicación de la tecnología solar pasiva, mediante la integración de fuentes de energía renovable, es posible que todo el consumo sea de generación propia y no contaminante. En este caso, hablamos de viviendas cero emisiones.

Cuando se habla del departamento de Amazonas y de sus ciudades, la mayoría de personas imagina una gran extensión de selva, ciudades de poca altura y temperaturas altas, pues bien, el departamento es muy extenso y variado por lo que, posee si, ciudades con dichas características, pero también están las ciudades de altura con temperaturas bajas y características de sierra, y que por reunir algunas otras características de selva se hacen acreedoras de una denominación especial: “Ceja de Selva”, este sería el caso de Cuispes-Bóngara-Amazonas, pues goza de los bosques abundantes de selva, y de las montañas, valles y lluvias de la sierra.

El caserío está a una altura de 1937 msnm, posee un bosque húmedo subtropical y clima templado, con precipitaciones abundantes y estaciones muy variadas durante el día (puede llover abundantemente en la mañana y por la tarde tendremos un sol inclemente o viceversa), cuenta con una población de 883 habitantes y una superficie de 110,72 Km².¹ Actualmente el tipo de vivienda que tienen es un tipo de construcción efímera de madera o de tallos delgados de los árboles que crecen en el lugar, (que también son usados de leña para la cocción de sus alimentos), la estructura de su vivienda es pequeña y de forma rectangular semejante a un cajón cuyo techo es de calamina y sin orificios para la salida de humo de los fogones pues la cocina es un simple fogón rústico que se encuentra en el suelo cuya materia prima para prender fuego es la leña, causante de mucho humo esto hace que sea común en la zona que las personas sufran de enfermedades respiratorias.

¹ Fuente: Instituto De Estadística E Informática- Dirección Nacional De Censos Y Encuestas.

Las temperaturas muy frías varían de 12°C que es la mínima, hasta 22°C la máxima, llegando a una temperatura de helada de 5-7°C,² la elevada humedad de 99%,³ la falta o escasa iluminación y a veces la abundancia de humo hacen difícil un desarrollo armonioso de la familia al interior de la vivienda, todo esto afecta a la población, repercutiendo en su salud, modo de vida y actividades agrícolas como son maíz, frijol, papa, plátano y olluco. Además en la zona existe una intensa radiación en intervalos cortos de tiempo los cuales pueden ser captados y conservados mediante la aplicación de tecnología solar pasiva y energías renovables.

Se conoce de algunos proyectos que se han desarrollado en algunas zonas rurales de nuestro país y que han tenido buenos resultados, como son:

a) Construcción y análisis de una vivienda solar activa, adecuada al medio rural de la sierra peruana, destinada para la ciudad de ESPINAR - CUSCO, la cual se ha logrado construir una vivienda de 37[m²] (7,8m x 4,8m) habitables, cuenta con dos dormitorios, un baño completo de ducha lavador e inodoro, salón y cocina con lavadero y fogón. La vivienda integra las tecnologías solares y renovables de apoyo es decir un sistema de agua, un sistema de desagüe, un fogón mejorado, una ducha solar e iluminación fotovoltaica. En una vivienda de este tipo es seguro que una familia se puede desarrollar de manera sana y armoniosa. Mirando a una inversión por debajo de los 2'500.-USD podemos decir que se ha logrado una casa cómoda, acogedora, saludable que permite y fomenta la comunicación entre los diferentes miembros de una familia sin recurrir a una inversión demasiado elevada.(Magíster Luciano Ré y técnicos Taller Inti, Misioneros de Belén (Suiza) Centro de Formación Campesina de la Prelatura de Sicuani (Peru), 2006).

b) Prototipo de vivienda bioclimática en Puno, Las características de una vivienda bioclimática realizada especialmente para Puno, tomando en cuenta las condiciones naturales del clima, tratando de aprovechar al máximo la trayectoria del sol, los vientos y todos los factores climáticos del lugar.(Lyanne Saldaña Villacorta-Universidad Ricardo Palma, 2012).

c) Diseño de una vivienda bioclimática para la sierra andina peruana, propuesta para la ciudad del Cusco (Perú). El diseño se realiza teniendo en cuenta distintos factores sociales y geográficos determinantes. Hace ya algunos años que los esfuerzos en el campo del hábitat rural en la sierra andina se centran en la mejora de la calidad de vida de los indígenas de las comunidades campesinas mediante la mejora de sus viviendas, realizando pequeñas remodelaciones en la estructura de las mismas. Se realiza un estudio de la problemática que crea la necesidad de diseñar una vivienda que se contribuya a la mejora tanto del confort de los campesinos, como de los aspectos sociales y culturales. Para realizar el diseño preliminar de la vivienda se parte del

² *Tiempo En Cuispes*: <http://www.peru-tiempo.com/Amazonas/Cuispes/3697646>

³ http://www.ciudades.co/peru/meteo_cuispes_.html

estudio térmico de una vivienda rural, de la cual se analiza su comportamiento e interacción con el ambiente. Posteriormente se realiza un estudio de las posibles mejoras constructivas para poder obtener un diseño preliminar de vivienda bioclimática, y la viabilidad de cumplir los objetivos térmicos de ésta, se comprueba mediante un estudio energético. También analiza mediante un estudio de impacto ambiental las mejoras que representarían tal diseño en relación al medioambiente. Finalmente se realiza un presupuesto con el coste del estudio que se ha llevado a cabo. (Batet Miracle, Lluís; Universitat Politècnica de Catalunya. Departament de Física i Enginyeria Nuclear, 2009).

Es por ello que se pretende acondicionar térmicamente una vivienda utilizando la energía solar pasiva para los caseríos de Cuispes lo cual le estaría brindando el confort térmico adecuado a los pobladores, satisfaciendo sus necesidades básicas, modificando y mejorando de esta manera su condición de vida.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

Acondicionar térmicamente las viviendas de los caseríos de Cuispes, para mejorar el confort térmico y condición de vida.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la carga térmica para mejorar las condiciones de vida de los pobladores de Cuispes.
- Evaluar el potencial solar térmico de la zona.
- Analizar las alternativas tecnológicas para el acondicionamiento de la vivienda
- Realizar el diseño de ingeniería para el acondicionamiento térmico de la vivienda.
- Realizar la evaluación económica y financiera del proyecto.

1.2. JUSTIFICACION: IMPACTO EN EL CAMPO DE ESTUDIO

El futuro de la humanidad y del planeta ha llegado a centrarse en la interacción salud y medio ambiente (por lo que toda mejora de las condiciones del hábitat va a repercutir inmediatamente en mejorar los niveles de salud). El hombre tiene derecho fundamental a las condiciones adecuadas de vida, a la libertad, a la igualdad, en un medio ambiente de calidad, que permita una existencia con dignidad y bienestar. El desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza se consiguen creando un estrecho

vínculo entre la salud y el medio ambiente, además, fomentando la equidad y la protección ambiental.

El papel de la vivienda es vital en una perspectiva de desarrollo autosostenido. Esta debe responder a las características del hábitat, tanto en su diseño como en su concordancia con el entorno natural o artificial propuesto, entendiendo que el entorno está acondicionado por la acción del medio, es decir, no sólo del substrato sino de los parámetros metereológicos y climáticos. Cabe mencionar el combustible (leña, carbón, bosta, etc.) que emplean para la preparación de comidas y bebidas y que tienen suma importancia en el grave problema de la contaminación del aire interior.

Por lo tanto lo que se propone en esta investigación es el diseño de una casa bioclimática con aplicación de tecnología solar pasiva para un mejor confort y calidad de vida de los pobladores de Cuispes, evitando de esta manera riesgos en su salud, contaminación ambiental, modificando estilos de vida, asimismo se podría decir que se estaría evitando la migración del campo a la ciudad en busca de un mejor estilo de vida y sobre todo de bienestar, generando hacinamiento en las ciudades.

De este modo se minimiza el impacto negativo de la pobreza sobre el medio ambiente y se impulsa más bien el manejo adecuado de los recursos naturales, que se convierten entonces en un vehículo de desarrollo humano sustentable.

II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.

Algunos documentos científicos que sustentan y son base fundamental para poder centrar mi investigación y especificar mi situación problemática y planteamiento del problema son los siguientes:

Santa María, R (2008) en La iniciativa de vivienda saludable en el Perú, el objetivo del presente documento es identificar los principales indicadores relacionados con la salud de las familias en su domicilio, de tal manera, comprender la importancia de difundir en nuestro país la Iniciativa de Vivienda Saludable promovida por la Organización Panamericana de la Salud. Se han focalizado en los factores de salud relacionados con la vivienda en las diferentes regiones del Perú, teniendo en cuenta las formas de vida locales, priorizando el análisis en los sectores socio-económicos de menores ingresos de las ciudades y con la consideración de que el tema de la vivienda saludable es un componente importante dentro de la salud ambiental. El contenido es resultado de entrevistas a profesionales con experiencia en los temas de salud y vivienda, así como el contraste de información bibliográfica y periodística, con la cual llegaron a conclusiones y recomendaciones generales. Finalmente, consideran que la vivienda saludable es un derecho y deber de las personas, en sintonía con el derecho a la salud y a la vida y la corresponsabilidad entre gobierno local y ciudadanía.

Llovera, J (2011) en Proyecto de construcción sostenible: la casa solar inteligente, se estudia la casa solar la cual es una casa tradicional, con paredes de piedra y techos de pizarra. Incluye elementos de la arquitectura tradicional. Las nuevas tecnologías que tienen en cuenta las condiciones ambientales de la vivienda también se han introducido. Las últimas teorías sobre sostenibilidad también han guiado la construcción de este edificio. La casa está construida en el Principado de Andorra, a 1260m sobre el nivel del mar. Los pirineos le dan un clima alpino, con inviernos fríos (-12°C) y veranos templados (29°C). El sistema solar combina los sistemas activos y pasivos. El sistema pasivo adapta la arquitectura a sus necesidades térmicas. El sistema activo acumula la energía solar y la transfiere a la casa cuando lo necesita. Las ventanas, persianas y puertas se han diseñado para mantener el frío fuera de la casa. Los rayos de sol a través de las ventanas pueden producir sobrecalentamientos molestos. Para evitarlo el ordenador central de la casa mueve las persianas y toldos en función de las necesidades energéticas de cada habitación. Esta casa es la prueba de que la calidad de vida puede mejorarse sin necesidad de incrementar el consumo energético ni su consecuente efecto negativo sobre el medio ambiente.

Verstraete, J y Vilapriño, R (2001) en Evaluación económica de conservación de energía y estrategias de diseño bioclimático en viviendas sociales, el objetivo es, determinar la rentabilidad económica que produce el ahorro de energía obtenido, utilizando medidas de conservación de energía y sistemas solares pasivos, frente al costo que estas técnicas demandan. La metodología, se basa en el método de relación carga térmica / colector (RCC), que determina el rendimiento del sistema solar pasivo, posteriormente comparando los valores actuales netos (VAN) para cada fracción de ahorro solar (FAS) se establece la mejor inversión. Los resultados indican para cada FAS, la inversión óptima en áreas solares, y espesores del aislante térmico en muros, techos y fundaciones, los ahorros energéticos, y el tiempo de recupero de la inversión para distintos combustibles con tasas de interés activas o pasivas. Se muestran los valores de la factibilidad económica de la inversión en cada vivienda solarizada en diferentes localidades y con distintos tipos de combustibles, que concreta en los resultados.

World Health Organization Regional Office for Europe (2007) en Vivienda, Energía Y Confort Térmico, el informe resume un proyecto sobre el impacto sanitario de las bajas temperaturas sobre la base de una revisión de 10 países europeos. Con base en la evidencia disponible, el fenómeno de exceso de muertes invernales es significativamente relacionada con las características de la vivienda. Por consiguiente, un número considerable de casos de muerte puede reducirse a través de normas adecuadas de vivienda, sistemas de calefacción y suministro de energía. En base a la revisión de las políticas de los países y la evidencia científica, las opciones de política disponibles y las estrategias de intervención que abordan este tema se analizan y se hacen recomendaciones para las políticas nacionales en materia de vivienda, la energía y el confort térmico.

Wenfang He, Jianping Liu, Rongrong Hu. (2012) En Estudio de campo en ambiente térmico de las típicas casas rurales de montaña qinling, Con el proceso de urbanización, las casas rurales de la zona de montaña Qinling sufren cambios espontáneos, algunos de estos cambios pueden conducir a la mejora de las performances termales, mientras que otros pueden ser peores y los resultados muestran un mayor consumo de energía. Además, en la zona de montaña Qin Ling, el consumo de energía de las casas rurales de confort térmico es principalmente en invierno. Por estas razones, basadas en el estudio de campo de montaña Qin Ling, el ambiente térmico en invierno de las nuevas casas rurales han sido probados y analizados en esta investigación. el resultado muestra una estrecha relación entre el rendimiento térmico en el interior y los materiales de la pared exterior, así como la ubicación de las habitaciones. Y la influencia se cuantificó en 1-3 °c. Sobre esta base, se discute el defecto del nuevo diseño de la casa rural, y el asesoramiento se presentó para mejorar su ambiente térmico interior.

2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.2.1. Condiciones de confort en una vivienda.

El concepto de confort ha ido variado a lo largo de la historia, de manera que en distintos periodos ha asumido distintos significados. El término fue sinónimo de consolar por su raíz latina "confortare". En el siglo XVII está vinculado con lo privado, "lo doméstico", la intimidad; en el siglo XVIII se relaciona con el ocio y la comodidad; en el siglo XX se empiezan a trabajar para lograr la eficiencia del confort y la comodidad.

A continuación se presentan distintas definiciones:

- i. Según la American Society Of Heating And Air Conditioning Engineers, ASHRAE el confort, "es la condición de la mente que expresa la satisfacción con el entorno térmico".
- ii. "Es la sensación satisfactoria del estado fisiológico en donde se realiza el menor desgaste físico (o esfuerzo placentero) para realizar las actividades. La sensación de confort térmico solo puede ser alcanzada cuando el cuerpo relacionándose con el medio ambiente cede la cantidad de calor excedente sin un esfuerzo termorregulador consiente. A esta situación se llama equilibrio térmico".⁴
- iii. "El confort térmico de un individuo se alcanza cuando las condiciones del medio permiten que el sistema termorregulador este en mínima tensión".⁵
- iv. Según Serra y Coch (1995), el confort o el desconfort por ser una sensación propia del inconsciente podemos o no conocerla hasta que algunas circunstancias nos obligan a fijarnos en esa sensación de bienestar.
- v. Para la Organización Mundial De Salud, OMS, (Roset, 2001), el confort "es un estado de bienestar físico, mental y social".

En conclusión el confort térmico es aquello que produce bienestar y comodidades, es decir cuando las personas no experimentan sensación de calor ni de frío; por lo tanto las condiciones de temperatura, humedad y movimientos del aire son favorables a la actividad que desarrollan.

⁴ *Acondicionamiento Térmico, J.M. Aroztegui, 2004.*

⁵ *"Arquitectura y Clima", pág. 73 y Acondicionamiento Térmico Natural, Arq. Roberto Rivero, 1988*

2.2.1.1. Normativas referidas a confort térmico.

a). Enfoques y metas para el desarrollo energético para los sectores pobres: el cambio de concepto de electrificación al de energización.

Los antecedentes económicos y sociales de los países del mundo han enseñado que las metas ambiciosas de erradicación de la pobreza que muchas veces se han propuesto los gobiernos, nunca se han alcanzado porque no se toman en cuenta la estrecha relación entre el desarrollo y los servicios modernos de energía.

Las experiencias exitosas de los programas para el acceso universal a la energía en varios países revelan que es importante el financiamiento a largo plazo para acceder a las fuentes eficientes de energía, pero paralelamente se debe fomentar el desarrollo de actividades productivas que generen fondos para cubrir los costos de operación y mantenimiento de los sistemas.

En el caso de las facilidades eficientes y modernas para cocinar, tanto la cocina como el combustible deben ser pagados por el consumidor, pero ello no es suficiente para el acceso universal a la energía, ya que debe asegurarse también la cadena de suministro de repuestos y combustibles.

b). Calefacción

Las viviendas rurales de la sierra pierden energía por las grandes diferencias de temperatura entre el interior y el exterior, esto origina enfermedades broncopulmonares que afectan a la mayor parte de la población. Para superar el problema y mejorar el confort, se puede utilizar un energético como la radiación solar que es abundante en el Perú y que puede ser aprovechada sola o combinada con otras tecnologías. Entre la tecnologías alternativas podemos mencionar, el diseño solar pasivo que mantiene la vivienda confortable, con un mínimo consumo de combustible, pero es importante que la habitación esté bien sellada (empalmes de techo y paredes, etcétera), requisito que normalmente está ausente en los precarios hogares de la serranía y que se ha agudizado por el reemplazo del “ichu” por la calamina, material que facilita la pérdida del calor.

Los sistemas de calefacción solar como el conocido muro Trombe entre otros, constituyen una solución tangible para el problema de calefacción. Sin embargo el de tipo “pared vertical” podría no ser tan eficiente pues solo colecta una parte de toda la energía aprovechable.

Otra opción es el diseño térmico pasivo, tarea que implica el uso de materiales capaces de almacenar calor durante el día y liberarlo lentamente por la noche⁶.

⁶ Arroyo, Ch y Romani, A. 2012. *Matriz Energética en el Perú y Energías Renovables*. Pag.44.

Tabla N°01: Parámetros mínimos del “acceso total a la energía”.

Servicio de energía	Meta mínima a obtenerse
1. Iluminación	<ul style="list-style-type: none"> • 300 lúmenes en los hogares
2. Cocina y calentamiento de agua	<ul style="list-style-type: none"> • 1 kg. de leña o 0,3 kg. de carbón o 0,04 kg. de GLP o 0,2 litros de etanol por persona por día, que deben ser obtenidos en menos de 30 minutos por hogar. • Eficiencia mínima de las cocinas de leña o carbón debe ser un 40% mayor que las cocinas de 3 piedras. • Las concentraciones medias anuales de material particulado (PM2.5) <10 ug/m³ en los hogares, con metas intermedias de 15 ug/m³, 25 ug/m³ y 35 ug/m³.
3. Calefacción	<ul style="list-style-type: none"> • Mínima temperatura interior durante el día: 12 °C.
4. Enfriamiento	<ul style="list-style-type: none"> • La temperatura máxima del aire interior debe ser 30 °C. • Se disponen de sistemas de enfriamiento que extienden la vida de los productos perecederos en un mínimo de 50% del tiempo en relación al almacenamiento a la temperatura ambiente. • Los centros de salud tienen una refrigeración para almacenar sangre, vacunas y los medicamentos para la población local.
5. Informaciones y comunicaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Las personas pueden tener acceso a medios de comunicación relevantes para sus vidas y medios de subsistencia, y dispone de medios de comunicación electrónica a otras localidades.
6. Uso productivo de la energía	<ul style="list-style-type: none"> • La energía disponible debe ser suficiente para poner en marcha un negocio y que los costos de energía en una pequeña empresa eficiente es financieramente sostenible.

Fuente: Poor People's Energy Outlook.

c). Otras normativa sobre el tema⁷

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos laborales. BOE n° 269, de 10 de noviembre.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril. BOE n° 97, de 23 de abril sobre lugares de trabajo.
- Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo. (Real Decreto 486/1997). INSHT.
- UNE EN 27243:95. Ambientes calurosos: Estimación del estrés térmico del hombre en el trabajo basado en el índice WBGT.
- UNE EN ISO 7726:02. Ergonomía de los ambientes térmicos: instrumentos de medida de las magnitudes físicas

⁷ Instituto Nacional De Seguridad E Higiene En El Trabajo (INSHT): *Publicación Electrónica Noticias (2007)*

- UNE EN ISO 7933:05. Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del estrés térmico mediante el cálculo de la sobrecarga estimada.

- UNE EN ISO 8996:05. Ergonomía del ambiente térmico: determinación de la tasa metabólica.

- UNE EN ISO 15265:05. Ergonomía del ambiente térmico. Estrategia de evaluación del riesgo para la prevención del estrés o incomodidad en condiciones de trabajo térmicas.

- UNE EN ISO 7730:06. Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local.

2.2.2. LAS HELADAS EN EL PERÚ Y EL MUNDO.

La helada es un fenómeno atmosférico que se presenta cuando la temperatura del aire, existente en las cercanías del suelo, desciende por debajo de cero grados. De otro lado, existen especies tropicales, como el caucho y el cacao, que sufren del frío a temperaturas marcadamente superiores a 0°C. Generalmente la helada se presenta en la madrugada o cuando está saliendo el Sol.

Figura N°01: Las heladas en el Perú



Técnicamente, la palabra “helada” se refiere a la formación de cristales de hielo sobre las superficies, tanto por congelación del rocío como por un cambio de fase de vapor de agua a hielo; no obstante, la palabra es ampliamente utilizada por el público para describir un evento meteorológico cuando los cultivos y otras plantas experimentan daño por congelación.

Los agricultores a menudo utilizan los términos “helada” y “congelación” de forma indistinta, con la definición vaga de “una temperatura del aire inferior o igual a 0 °C”.

*** EVENTOS REGISTRADOS EN EL PERU**

En el Perú en forma ascendente entre los años 2002 y 2008 se registraron eventos de heladas y friaje que resumen a continuación:

Año 2002

Durante la primera semana del mes de Julio del 2002, la sierra central y sur, y la selva sur y central del territorio nacional, fueron afectadas por los efectos de una perturbación atmosférica de origen antártico, intensificada con intensas nevadas y granizo.

El área afectada por las bajas temperaturas comprende a los departamentos de Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Cusco, Huancavelica, Junín, Moquegua, Puno y Tacna. Se registraron daños personales, siendo:⁸

Tabla N°02: Departamentos Afectados (2002)

DEPARTAMENTOS AFECTADOS			
DEPARTAMENTO	Personas afectadas	Personas heridas	Personas fallecidas
Apurímac	32315	6475	3
Arequipa	20157	..	6
Ayacucho	4403	..	1
Cusco	31184	..	11
Huancavelica	27075	..	..
Junín	..	..	17
Moquegua	15628	1074	1
Puno	35802		38
Tacna	22203	..	3

Fuente: Carlos, G (2010)

⁸ Carlos, G (2010) Universidad Continental De Ciencias E Ingeniería: "Las Heladas En El Perú Y El Mundo"

Tabla N°03: Daños Materiales (2002)

DAÑOS MATERIALES				
DEPARTAMENT O	Viviendas afectadas	Viviendas destruidas	Centros educativos	Hectáreas de cultivo destruido
Apurímac	1514	259	..	12134
Arequipa	6765	17	38	..
Ayacucho	188	2	..	96
Cusco	167	..	..	9625
Huancavelica	2122	..	..	5248
Moquegua	5376	104	..	115
Puno	1281	..	..	..
Tacna	7401	..	..	402

Fuente: Carlos, G (2010)

Frente a ello se tomaron las siguientes acciones: El Gobierno declaró el Estado de Emergencia durante 30 días mediante D.S. N° 069-2002. El INDECI proporcionó apoyo logístico a los damnificados. PRONAA abasteció toneladas de alimentos. El Ministerio de Salud realizó acciones para disminuir el incremento de enfermedades. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones desplazó maquinarias pesadas a las zonas afectadas e ininterrumpidas por la nieve. El Ministerio de Agricultura evaluó los daños a fin de prestar ayuda a los agricultores y pequeños ganaderos afectados.

Año 2004

Afectó al sur del país, específicamente a los departamentos de Tacna, Moquegua, Huancavelica, Arequipa, Apurímac, Cusco, Ayacucho y Puno. Desde la última semana del mes de junio se registraron por bajas temperaturas, heladas y nevadas.

Tabla N°04: Departamentos Afectados (2004)

DEPARTAMENTOS AFECTADOS	
DEPARTAMENTO	Personas afectadas
Apurímac	27322
Arequipa	36475
Ayacucho	19810

Cusco	50687
Huancavelica	24751
Moquegua	14006
Puno	169130
Tacna	6024

Fuente: Carlos, G (2010)

Tabla N°05: Daños Materiales (2004)

DAÑOS MATERIALES					
DEPARTAMENT O	Vivienda s afectadas	Vivienda s destruida s	Centros educativos	Hectáreas de cultivo afectadas - perdidas	Animales afectados - muertos
Apurímac	379	..	42	..	80936 - 21090
Arequipa	1207	9	38	283 - ..	15867 - 10003
Ayacucho	2954	..	..	..	138904 - 9624
Cusco	..	..	..	1452 - 1650	556691 - 76972
Huancavelica	..	..	..	20000 - 292	181157 - ..
Moquegua	..	..	..	19 - 53	146748 - 6666
Puno	..	..	..	..	113907 - 24138
Tacna	..	..	..	..	76860 - 122

Fuente: Carlos, G (2010)

Entre sus principales acciones tomadas se registró la entrega de ayuda humanitaria (Techo, abrigo, alimentos y enseres) a los damnificados. Se distribuyó, también medicinas para animales, consistente en antibióticos, reconstituyente, antiparasitarios, jeringas, algodón, alcohol, agujas, yodos, etc.⁹

Año 2007

Se registraron heladas y friaje a nivel nacional, a partir del mes de Mayo del 2007, presencia bajas temperaturas ocasionando heladas y friaje en 18 departamentos del

⁹ Carlos, G (2010) Universidad Continental De Ciencias E Ingeniería: "Las Heladas En El Perú Y El Mundo"

territorio nacional. Con mayor grado fueron afectados 09 departamentos del Sur: Puno, Apurímac, Arequipa, Huánuco, Pasco, Moquegua, Huancavelica, Cusco y Ayacucho. Otros 09 departamentos pertenecen más al norte del país y han sido afectados en menor grado: Piura, Tacna, Ancash, Tumbes, Amazonas, Lima, Cajamarca, Lambayeque y La Libertad.

Los daños personales ascendieron a: 34551 personas damnificadas; 39069 personas afectadas; 09 personas fallecidas.

Daños materiales: 2606 viviendas afectadas: 129 viviendas destruidas; 01 centro educativo afectado y 01 centro educativo destruido; 4493 hectáreas de cultivo perdidos. Las acciones tomadas, fueron: se recibió donaciones en especie en la explanada del estadio nacional en un total de 347 toneladas así como 288 toneladas en apoyo directo a la población a través de los comités de defensa civil. Se recibió también donaciones del exterior en un total de 113 toneladas. El PRONAA distribuyó alimentos por el Programa Nacional de Asistencia Alimentaria en un total de 1 123 toneladas.

Año 2008

Principalmente afectaron las zonas alto andinas del Perú desde el mes de Enero a Octubre del 2008, donde se registraron bajas temperaturas y heladas en 17 departamentos.

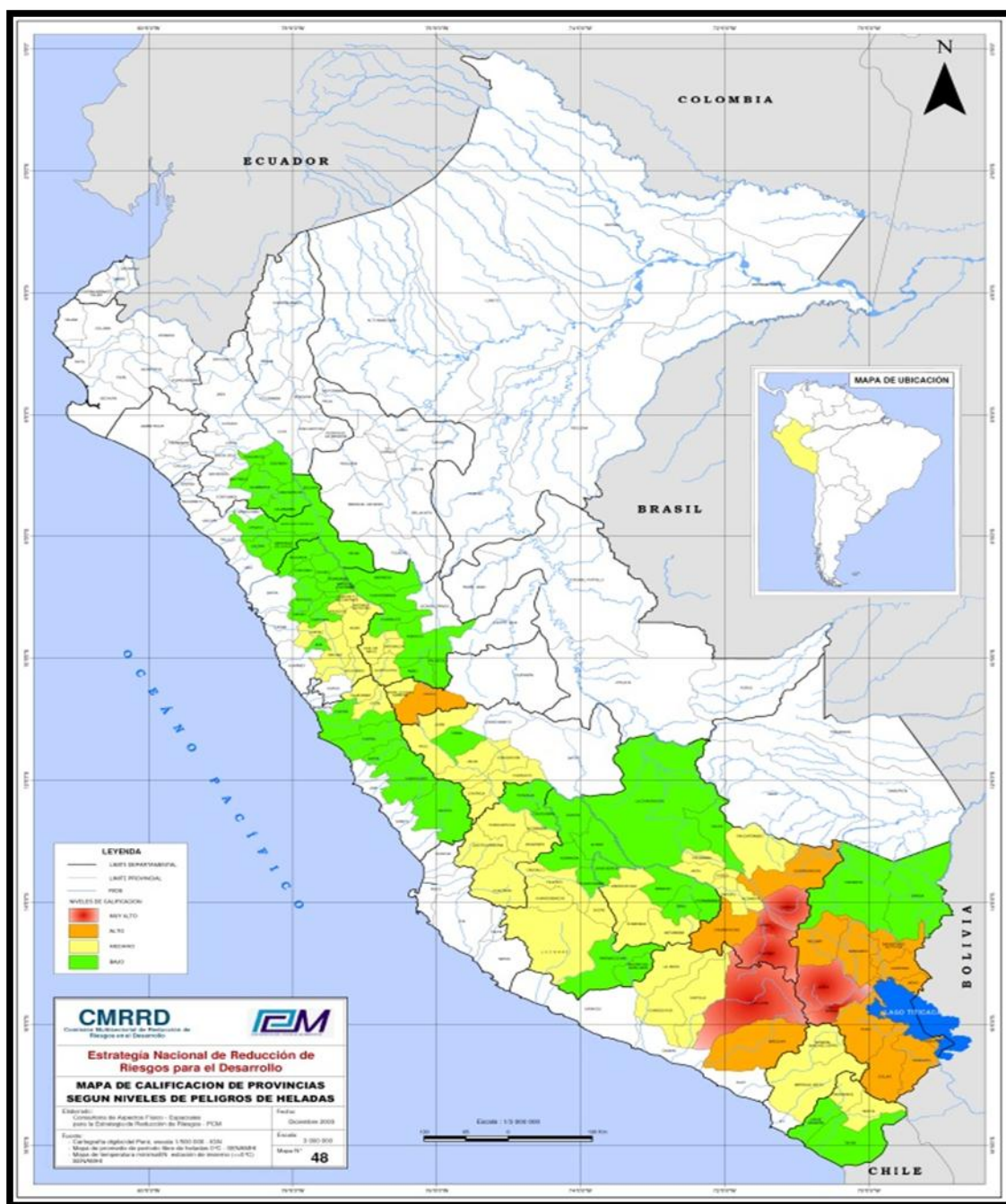
Los daños personales, fueron: 606022 personas afectadas, correspondientes a los departamentos de Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Lima, Cusco, Huancavelica, Moquegua, Pasco, Puno y Tacna. En menor número corresponde los departamentos de Amazonas, Ancash, Cajamarca, Huánuco, Lambayeque y Piura.

Las acciones tomadas, fueron; El Gobierno nacional a través del INDECI y las instituciones del SINADECI adoptaron las siguientes medidas: Se implementó una campaña de recolección de ayuda humanitaria en la explanada del Estadio Nacional. Se dispuso la movilización de aeronaves y caravanas de camiones a fin de transportar la ayuda humanitaria a las zonas declaradas en estados de Emergencia. Se entregó a la población afectada ayuda humanitaria por un total de 404 toneladas.

El MIMDES, a través del PRONAA entregó un total de 3444 toneladas de alimentos. El PRONAMACHCS instaló cobertizos en cada departamento declarado en emergencia, en un total de 3563. Estos eventos guardan una estrecha relación con el Mapa de Calificación de provincias según niveles de peligro de heladas, presentado el 2003 por la Comisión Multisectorial de Reducción de Riesgos para el Desarrollo.¹⁰

¹⁰ Carlos, G (2010) Universidad Continental De Ciencias E Ingeniería: "Las Heladas En El Perú Y El Mundo"

Figura N°02: Mapa de calificación de provincias según niveles de peligros de heladas.

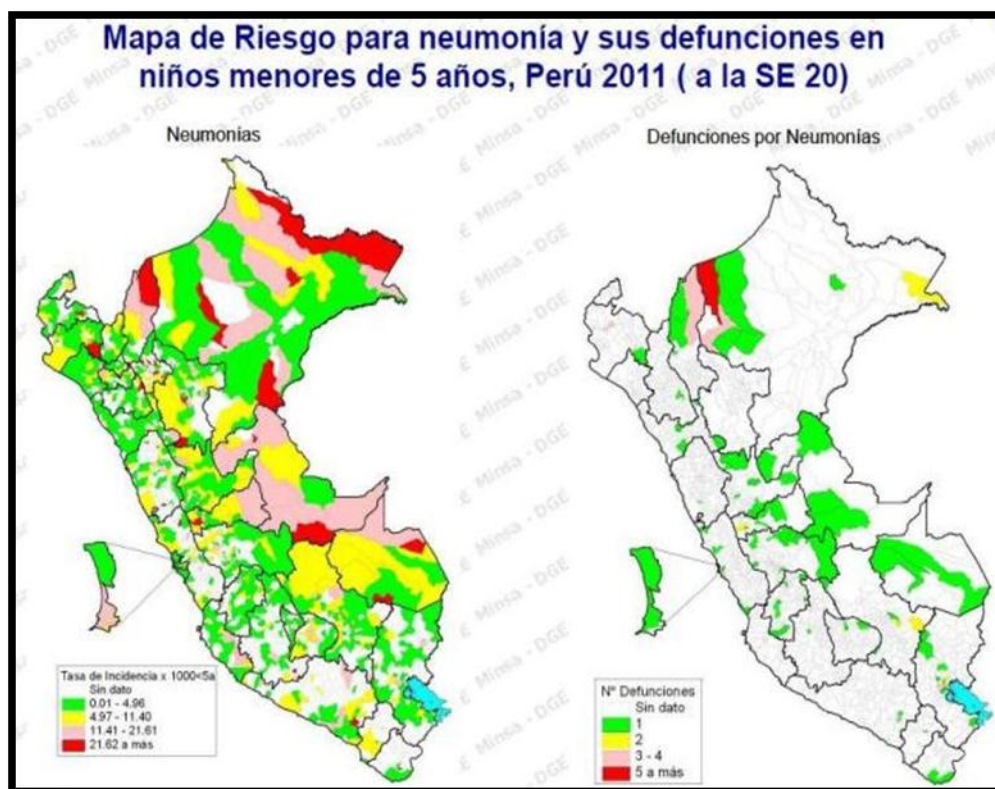


Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas - MEF

Al respecto, y considerado el enfoque de Desarrollo Humano, cuesta trabajo entender como un Gobierno que tiene como objetivo trabajar por alcanzar el Desarrollo Humano, según Informe sobre Desarrollo Humano (IDH) – Perú 2009 del PNUD el

Perú se encuentra en el puesto 78 de un total de 182, no le ha dado la real atención al problema de la muerte de los niños menores de cinco años durante la temporada del friaje, lo que representa una clara vulneración de los derechos humanos como es el de la vida, y el que estos niños no logren alcanzar la esperanza de vida al nacer, que para el caso de Puno de acuerdo a su Plan de Desarrollo Regional Concertado al 2021, elaborado en Mayo del 2008 es de 60 años, “se observa una sobrevivencia mayor en la población de San Román con 68.6 años, es decir, que la población de San Román vive en promedio 2.7 años más que el promedio de años a nivel regional, dado que concentra el 90% de la población urbana”; estas cifras se contrastan con la realidad que según el mismo informe señala respecto a la mortalidad infantil “La tasa de mortalidad en la niñez antes de cumplir los 5 años, que es de 68.8 por mil nacidos vivos, resulta superior al promedio nacional (47.6 por mil), como consecuencia de las infecciones respiratorias agudas, afecciones a las vías respiratorias, enfermedades digestivas y desnutrición, las mismas que se presentan en el ámbito rural, debido a que los establecimientos de salud, en muchos de los casos se encuentran alejados de las poblaciones”.

Figura N°03: Mapa de riesgo para neumonía y sus defunciones en niños menores de 5 años, Perú 2011.



Fuente: Dirección General de Epidemiología (DGE) del Ministerio de Salud.

2.2.2.1. Soluciones bioclimáticas de calefacción para el problema del friaje

Año tras año vemos como muchas personas mueren de frío por causa del friaje, un fenómeno que envuelve la disminución drástica de la temperatura y la presencia de nieve y granizo en zonas altas de los Andes. Y aunque la mayor parte de medidas del gobierno están centradas en brindar asistencia cuando el problema ya está muy avanzado (como donar ropa y algunas medicinas), la solución está en el área de la arquitectura bioclimática que permitiría la calefacción de los hogares aprovechando la alta radiación solar de estas regiones.

En Soluciones Solares han seguido el continuo avance científico desarrollado por las tres entidades y han resumido estas propuestas en el siguiente artículo: "Medidas contra el friaje y las heladas usando la arquitectura bioclimática" que incluyen el aislamiento térmico de las casas y la utilización de mecanismos como Muros Trombe adaptados o invernaderos. A continuación veamos el resumen de las principales propuestas hasta el momento¹¹:

a) **SENCICO**

La propuesta de SENCICO es la utilización de los llamados Muro Trombe, que son una especie de colectores solares de aire que son colocados en una pared orientada al sol y que permiten el ingreso de aire caliente a los hogares. Esta propuesta ha sido criticada por miembros de la PUCP por su falta de planificación al momento de la instalación (mala inclinación y posición, materiales inadecuados, etc.) y por miembros del CER-UNI por la ineficacia de estos muros para nuestras latitudes.

b) **GRUPO PUCP**

El Grupo de apoyo al Sector Rural de la PUCP ha propuesto la construcción de las casas Ecológicas Andinas, cuyo principio de funcionamiento se basa en el aislamiento térmico de las casas, la utilización de muros trombes adaptados y el uso de cocinas mejoradas. Todas estas propuestas pueden ser encontradas en la Guía de construcción de muros trombe : Koñiwasi (la casa caliente).

c) **CER-UNI**

El CER-UNI por su parte ha utilizado diversas herramientas de simulación para Arquitectura Bioclimática y ensayos experimentales para modelar adecuadamente una casa con calefacción bioclimática y consisten en el aislamiento térmico de las casas y del uso de ventanas térmicas en el techo.

¹¹ <http://solucionessolares.blogspot.com/2012/08/soluciones-de-arquitectura-bioclimatica-para-combatir-heladas.html#more>

Además de las alternativas mencionadas, hay otras instituciones que plantean variaciones de estas alternativas como en Sicuani (Casa solar de adobe en Cusco) o de la Universidad Autónoma de Huamanga (Casa Ecológica).

Figura N°04: Peligros De Heladas.



2.2.3. Potencial Solar

2.2.3.1. Evaluación Del Potencial Solar

- Recurso Solar

La energía solar es la energía obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol.

La radiación solar que alcanza la Tierra ha sido aprovechada por el ser humano desde la antigüedad, mediante diferentes tecnologías que han ido evolucionando con el tiempo desde su concepción. En la actualidad, el calor y la luz del Sol puede aprovecharse por medio de captadores como células fotovoltaicas, helióstatos o colectores térmicos, que pueden transformarla en energía eléctrica o térmica. Es una de las llamadas energías renovables o energías limpias, que puede hacer considerables contribuciones a resolver algunos de los más urgentes problemas que afronta la Humanidad.¹²

Las diferentes tecnologías solares se clasifican en pasivas o activas en función de la forma en que capturan, convierten y distribuyen la energía solar. Las tecnologías activas incluyen el uso de paneles fotovoltaicos y colectores térmicos para recolectar la energía. Entre las técnicas pasivas, se encuentran diferentes técnicas enmarcadas en la arquitectura bioclimática: la orientación de los edificios al Sol, la selección de

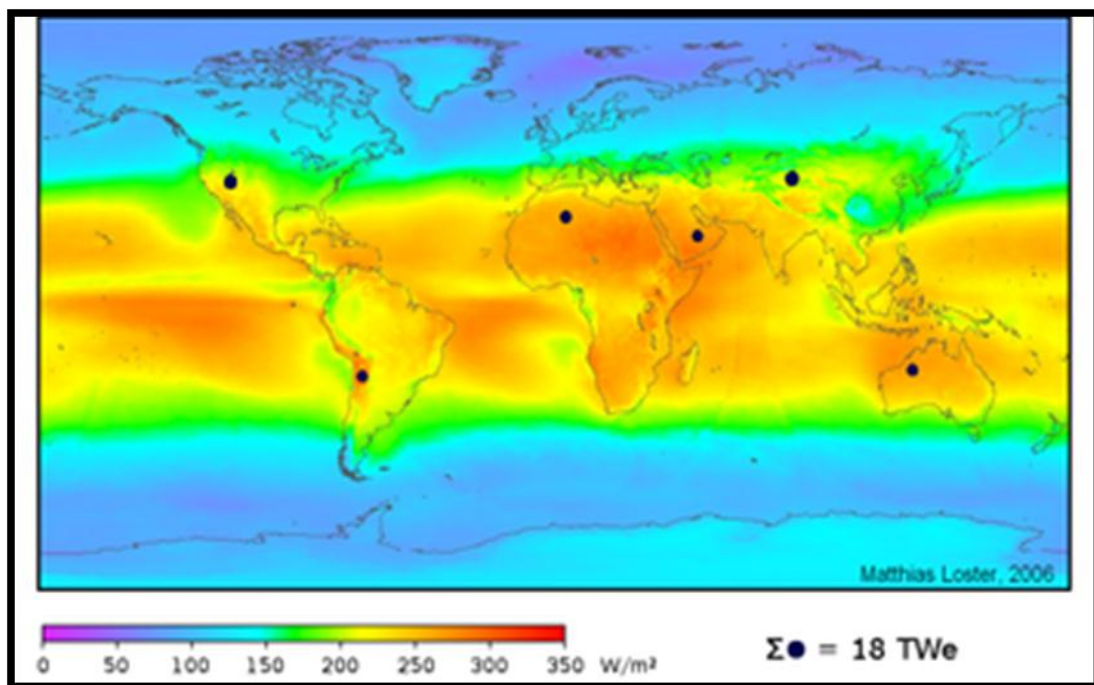
¹² *Solar Energy Perspectives: Executive Summary (PDF). International Energy Agency (2011).*

materiales con una masa térmica favorable o que tengan propiedades para la dispersión de luz, así como el diseño de espacios mediante ventilación natural.

La fuente de energía solar más desarrollada en la actualidad es la energía solar fotovoltaica. Según informes de la organización ecologista Greenpeace, la energía solar fotovoltaica podría suministrar electricidad a dos tercios de la población mundial en 2030.¹³

Actualmente, y gracias a los avances tecnológicos, la sofisticación y la economía de escala, el coste de la energía solar fotovoltaica se ha reducido de forma constante desde que se fabricaron las primeras células solares comerciales,¹⁴ aumentando a su vez la eficiencia, y su coste medio de generación eléctrica ya es competitivo con las fuentes de energía convencionales en un creciente número de regiones geográficas, alcanzando la paridad de red.¹⁵ Otras tecnologías solares, como la energía solar termoeléctrica está reduciendo sus costes también de forma considerable.

Figura N°05: Radiación Promedio Mundial



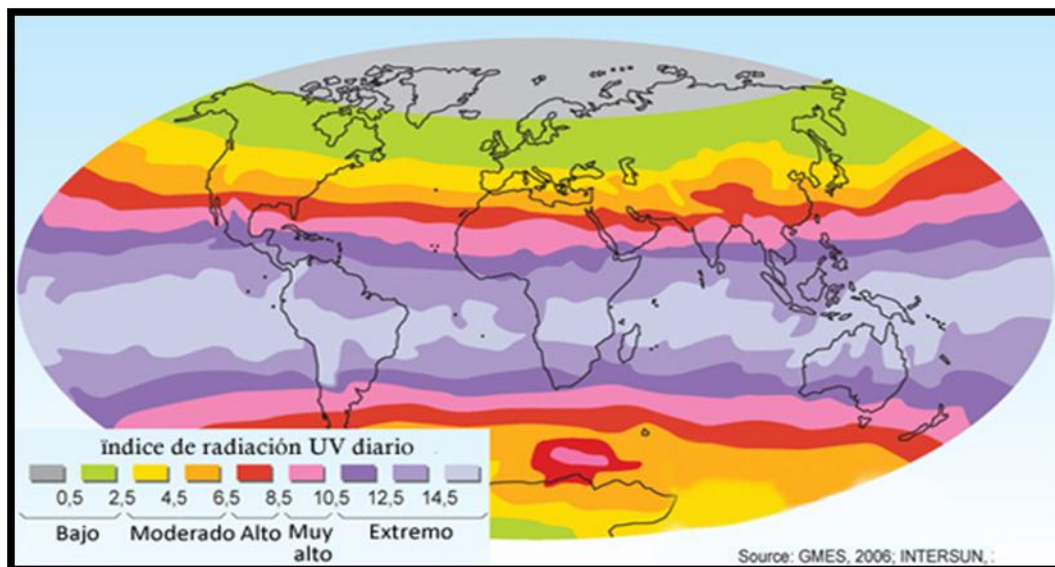
Fuente: Loster, M (2006)

¹³ Photovoltaics Power Up. *Science* **324** (5929): pp. 891–2. (2009).

¹⁴ Photovoltaics Power Up. *Science* **324** (5929): pp. 891–2. (2009).

¹⁵ El estudio PV Grid Parity Monitor pone de manifiesto que la paridad de red fotovoltaica ya empieza a ser una realidad.(2001)

Figura N°06: Radiación Promedio Mundial



Fuente: GMES (2006)

La zonas marcadas en el mapa en la cual los colores indican la radiación promedio entre 1991 y 1993 (tres años, calculada sobre la base de 24 horas por día y considerando la nubosidad observada mediante satélites)

-La energía proveniente del sol

Aproximadamente la mitad de la energía proveniente del Sol alcanza la superficie terrestre.

La Tierra recibe 174 petavattios de radiación solar entrante (insolación) desde la capa más alta de la atmósfera.¹⁶ Aproximadamente el 30% es reflejada de vuelta al espacio mientras que el resto es absorbida por las nubes, los océanos y las masas terrestres.

El espectro electromagnético de la luz solar en la superficie terrestre está ocupado principalmente por luz visible y rangos de infrarrojos con una pequeña parte de radiación ultravioleta.¹⁷ La potencia de la radiación varía según el momento del día; las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. Se puede asumir que en buenas condiciones de radiación el valor es de aproximadamente 1000 W/m² en la superficie terrestre.

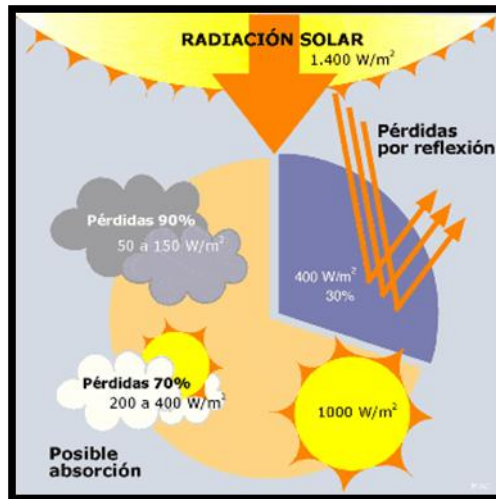
¹⁶ Smil (1991), p. 240

¹⁷ Natural Forcing of the Climate System. Intergovernmental Panel on Climate Change. Consultado el 29 de septiembre de 2007.

A esta potencia se la conoce como irradiancia. La radiación es aprovechable en sus componentes directa y difusa, o en la suma de ambas. La radiación directa es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias. La difusa es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes y el resto de elementos atmosféricos y terrestres. La radiación directa puede reflejarse y concentrarse para su utilización, mientras que no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas las direcciones.

La irradiancia directa normal (o perpendicular a los rayos solares) fuera de la atmósfera, recibe el nombre de constante solar y tiene un valor medio de 1366 W/m^2 (que corresponde a un valor máximo en el perihelio de 1395 W/m^2 y un valor mínimo en el afelio de 1308 W/m^2).

Figura N°07: Energía Solar



La radiación absorbida por los océanos, las nubes, el aire y las masas de tierra incrementan la temperatura de éstas. El aire calentado es el que contiene agua evaporada que asciende de los océanos, y también en parte de los continentes, causando circulación atmosférica o convección.

La energía solar absorbida por los océanos y masas terrestres mantiene la superficie a $14 \text{ }^\circ\text{C}$.¹⁸ Para la fotosíntesis de las plantas verdes la energía solar se convierte en energía química, que produce alimento, madera y biomasa, de la cual derivan también los combustibles fósiles.¹⁹

¹⁸ Somerville, Richard. *Historical Overview of Climate Change Science (PDF)*. Consultado el 29 de septiembre de 2007.

¹⁹ Vermass, Wim. *An Introduction to Photosynthesis and Its Applications*. Consultado el 29 de septiembre de 2007.

Se estima que la energía total que absorben la atmósfera, los océanos y los continentes puede ser de 3.850.000 exajulios²⁰ por año.²¹ En 2002, esta energía en un segundo equivalía al consumo global mundial de energía durante un año.²² La fotosíntesis captura aproximadamente 3.000 EJ por año en biomasa, lo que representa solo el 0,08% de la energía recibida por la Tierra.²³

La cantidad de energía solar recibida anual es tan vasta que equivale aproximadamente al doble de toda la energía producida jamás por otras fuentes de energía no renovable como son el petróleo, el carbón, el uranio y el gas natural.

-Aprovechamiento de la Energía Solar

Parte de la radiación solar que llega a nuestro planeta es colectada y convertida en otras formas de energía por el gran sistema termodinámico formado por el conjunto Tierra-atmósfera: la energía eólica o la energía disponible a través de procesos de bioconversión, son ejemplos de los productos de ese proceso natural de conversión.

Como dijimos anteriormente, es posible aprovechar la energía solar que llega a la Tierra y no sufre ninguna modificación natural, a través de colectores solares y convertirla en alguna forma de energía para su utilización directa. En general, se clasifica a los colectores solares de acuerdo con el proceso de conversión: fototérmica y fotovoltaica. La primera convierte la energía solar en energía térmica a diferentes temperaturas según el tipo de colector que se utilice; la segunda, convierte directamente la energía solar en energía eléctrica.²⁴

- Medición Del Recurso Solar

Tabla N°06: Instrumentos De Medición Solar

INSTRUMENTOS DE MEDICION DEL RECURSO SOLAR			
INSTRUMENTO	DEFINICION	UBICACIÓN	PROPIEDADES
Piranómetro	Son instrumentos que miden la irradiación solar	El elemento receptor debe estar horizontal y	Sensibilidad, estabilidad, tiempo de



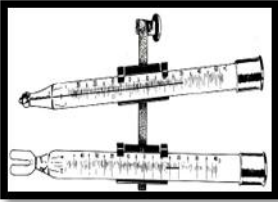
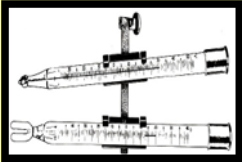
²⁰ 1 exajulio= 10¹⁸J

²¹ Smil (2006), p. 12

²² Powering the Planet: Chemical challenges in solar energy utilization .(2008)

²³ Energy conversion by photosynthetic organisms». Food and Agriculture Organization of the United Nations. Consultado el 25 de mayo de 2008.

²⁴ Durán, J y Godfrin, E. (2004)

	<p>global (directa y difusa) en un plano horizontal</p>	<p>libremente expuesto al hemisferio celeste, pero debe estar protegido de la irradiación que regresa del suelo y los alrededores</p>	<p>respuesta, respuesta cosenoidal, respuesta azimutal, linealidad, respuesta de temperatura y respuesta espectral</p>
<p style="text-align: center;">Heliógrafo</p> 	<p>Es un instrumento que mide la cantidad de horas de sol (total en horas y décimos) durante el día en un lugar determinado.</p>	<p>Es necesario orientar el plano vertical que pasa por el eje, e inclinar un ángulo igual a la latitud del lugar. La esfera actúa como un lente y la imagen focalizada se mueve a lo largo de una banda de papel especialmente preparada que tiene una escala de tiempo</p>	<p>Mediante el uso de correlaciones simples, con coeficientes apropiados, las series históricas de insolación pueden ser utilizadas para estimar irradiación solar diaria, media mensual o anual, con errores mínimos del orden de 10 %</p>
<p style="text-align: center;">Termómetro de máxima</p> 	<p>Está construido en forma similar a la de los termómetros corrientes de mercurio y cristal, salvo que existe un estrangulamiento o estrechamiento en la luz del tubo, inmediatamente por encima de la ampolla. Al dilatarse, el mercurio se ve forzado a atravesar ese estrechamiento, pero al contraerse por enfriamiento la delgada columna de mercurio que queda por encima del estrechamiento se separa del mercurio de la ampolla, con lo que queda registrada la temperatura máxima</p>		
<p style="text-align: center;">Termómetro de mínima</p> 	<p>Está constituido por un tubo lleno de alcohol en el que está sumergido un índice. Al contraerse el alcohol, el índice es arrastrado por adherencia en dirección a la ampolla y queda fijo señalando la temperatura mínima alcanzada (Fuess, 1 992).</p>		

Fuente: Atlas De Energía Solar Del Perú, Lima (2003).

-Mapas Solares

Los mapas solares nos brindan los datos siguientes:

- Información espacial de radiación solar total diaria como promedio mensual, estacional o anual.
- Los valores de insolación representan el recurso incidente en un colector plano orientado hacia el sur, a un ángulo de la horizontal igual a la latitud del lugar.

2.2.3.2. Potencial solar del Perú

-Atlas De Energía Solar Del Perú

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), consciente de la necesidad de conocer la distribución y la variación de la irradiación solar en el territorio peruano, ha orientado sus actividades a la evaluación de este recurso, en convenio con la Dirección Ejecutiva de Proyectos del Ministerio de Energía y Minas. Para ello ha contado con una base de datos de irradiación solar proveniente de estaciones convencionales y automáticas instaladas a nivel nacional, lo cual ha permitido preparar el Atlas de Energía Solar del Perú.

El Atlas está comprendido por mapas promedio de energía solar incidente diaria a nivel mensual y anual para el período 1975 - 1990, los cuales se han obtenido utilizando las técnicas más refinadas de estimación e interpolación fundamentados en procesos físicos, desarrollados con el Centro Internacional de la Papa (CIP).

El presente Atlas de Energía Solar permite conocer las zonas potenciales para el aprovechamiento energético en el Perú, a partir del cual se optimizará el dimensionamiento y diseño de los equipos que utilizan esta fuente de energía.²⁵

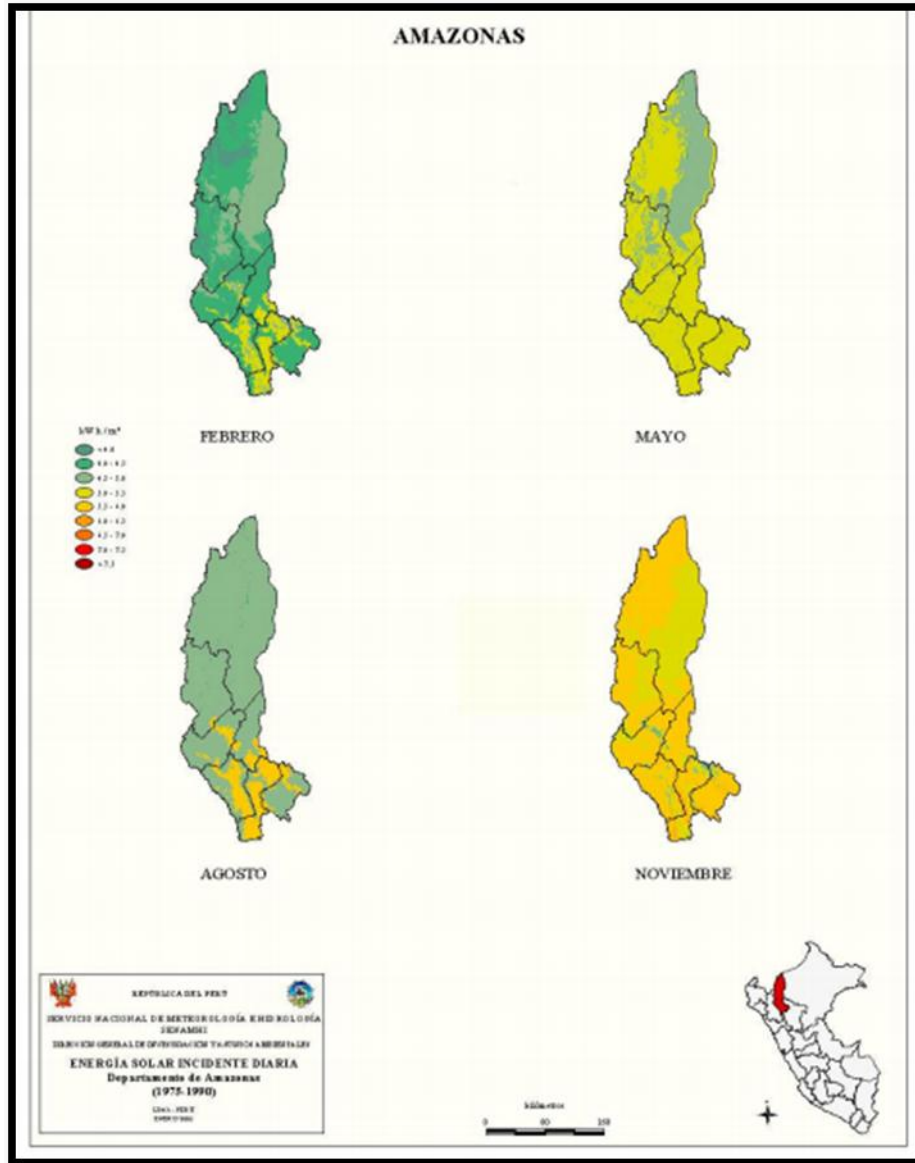
-Potencial Solar De Amazonas

El siguiente mapa de energía solar incidente diaria muestra el potencial solar del departamento de Amazonas el cual registra una mayor radiación en el mes de noviembre y el mes de menor incidencia solar es febrero.²⁶

²⁵ *Atlas De Energía Solar Del Perú, Lima (2003).*

²⁶ *Atlas De Energía Solar Del Perú, Lima (2003).*

Figura N°08: Potencial Solar De Amazonas



Fuente: Atlas de Energía Solar del Perú

2.2.4. Tecnología Solar Pasiva

La tecnología solar activa es un término referido a aquellas tecnologías utilizadas para transformar la energía solar en calor utilizable, para producir corrientes de aire para ventilación o refrigeración o para almacenar el calor para uso futuro, todo ello por medio de equipamientos mecánicos o eléctricos tales como bombas y ventiladores. Los sistemas que captan y utilizan la energía solar sin usar estos

dispositivos se clasifican dentro de la tecnología solar pasiva. Un ejemplo típico de solar pasiva sería una chimenea solar para mejorar la ventilación natural de una vivienda. Como la tecnología solar pasiva no requiere energía adicional para funcionar y, por tanto, coste de operación cero, no emite gases de efecto invernadero y los costes de mantenimiento son muy bajos, es una elección muy interesante para tener en cuenta. Sin embargo, los sistemas solares térmicos activos, que suelen usar ventiladores y bombas, ofrecen una fracción solar mayor que los sistemas pasivos, debido a las mejoras en las transferencias y el transporte del calor. La energía solar pasiva utiliza componentes tales como la construcción de paredes, pisos, techos, ventanas, elementos de construcción exteriores y paisajismo para controlar el calor generado por el sol. Los diseños de calefacción solar intentan atrapar y almacenar la energía térmica de la luz solar directa. El enfriamiento pasivo minimiza los efectos de la radiación solar a través de sombreado o la generación de corrientes de convección de aire de ventilación.²⁷ La iluminación natural, y la calefacción y refrigeración pasivas son los principales conceptos solares.

-Iluminación natural:

Un edificio comercial puede reducir su factura de electricidad mediante el uso de la luz del cielo que lo rodea y no sólo la luz del día. Se va a crear un ambiente agradable y reducir los costos de aire acondicionado, porque también es considerable la cantidad de calor generado por las bombillas o los balastos. Un buen sistema de iluminación natural tiene en cuenta multitud de factores, tales como:

- * La orientación general y la planificación de lugares para ser iluminados.
- * La ubicación, la forma y dimensiones de las aberturas y las aperturas por las que pasará la luz del día.
- * La colocación estratégica y la orientación de las superficies internas que pueden ser capaces de reflejar la luz del día.
- * La ubicación de los muebles o de objetos permanentes que aseguren una protección excesiva de la luz o el deslumbramiento.

-Calefacción solar pasiva:

La calefacción solar pasiva ocurre cuando la luz del sol golpea un objeto y el objeto absorbe el calor. Esto puede ocurrir en un edificio de manera eficaz si las ventanas están orientadas correctamente. La más potente es la ventana de

²⁷ <http://www.dforcesolar.com/energia-solar/energia-solar-pasiva/>

orientación sur, pero cualquier orientación dentro de los 30 grados hacia el sur es adecuada. Una vez que el calor está en el interior del edificio varias técnicas pueden adoptarse para conservar y difundirlo. Para la calefacción solar pasiva, se requiere aproximadamente que el ocho por ciento de la superficie sea de ventanas del techo al piso en las paredes. Una vez que el calor es atrapado dentro de un edificio y la estructura que es hermética, la pérdida de calor se puede evitar con eficacia. Las ventanas de doble cristal no son muy eficaces en la captura de calor. Debemos instalar ventanas de alto rendimiento, con marcos aislados, de múltiples recubrimientos, separadores de vidrio aislantes y rellenos de gas inerte. Todos estos elementos pueden reducir la pérdida de calor del 50 al 75 por ciento.

-Refrigeración pasiva:

Se aplican técnicas opuestas a la calefacción solar pasiva. Aquí los edificios están diseñados para mantener fuera la energía solar y el calor del aire. El calentamiento interno de objetos animados e inanimados se minimiza y se disipa en el medio ambiente a través de la ventilación. Los dispositivos de sombreado fijo o ajustable reducen la radiación solar. Podemos hacer sombra en un edificio con la vegetación natural y el uso de cristales especiales en las ventanas. Dispositivos externos de sombreado puede reducir la radiación solar directa hasta en un 90 por ciento, permitiendo una cantidad significativa de luz indirecta. La ganancia de calor externa también puede ser minimizada por un buen aislamiento, la reducción del tamaño de las ventanas y el uso de materiales reflectantes en las paredes y el techo.

Figura N°09: Aplicación de Tecnología Solar Pasiva.



Fuente: Educa Madrid

2.2.4.1. Sistemas Pasivos:

- ◆ Ganancia directa.

Es el sistema más sencillo e implica la captación de la energía del sol por superficies vidriadas que son dimensionadas para cada orientación y en función de las necesidades de calor del edificio o local a climatizar.

- ◆ Muro de acumulación no ventilado

También conocido como Muro Trombe, es un muro construido en piedra, ladrillos, hormigón o hasta agua pintado de negro o de un color muy oscuro en la cara exterior.

Para mejorar la captación se aprovecha una propiedad del vidrio que es la de generar un efecto invernadero, en el cual la luz visible atraviesa el vidrio y al llegar el muro lo calienta emitiéndose en este proceso una cantidad de radiación infrarroja que es contenida por el vidrio. Por este motivo se eleva la temperatura de la cámara de aire existente entre el muro y el vidrio (u otro material).

› Tecnología Muro Trombe

Consiste muy a grandes rasgos, en un muro orientado al sol, construido con materiales que le puedan dotar de una gran inercia térmica (piedra, hormigón, adobe), combinado con un colchón de aire, encerrado por una superficie transparente que permita penetrar a la radiación solar.

La radiación procedente del sol, incide sobre la superficie transparente de nuestra instalación, una parte de ella directamente es reflejada y otra que es transmitida (la radiación absorbida por la superficie transparente se considera despreciable para el rango de espesores a utilizar).

Como ya se ha explicado, la radiación solar, emite en una amplia gama de longitudes de onda, nuestro material transparente será permeable solo a algunas, las de longitud de onda corta, que son las de mayor valor energético.

Estas incidirán contra la superficie del muro, que absorberá gran parte de la energía que contienen, parte de esta energía absorbida, será emitida como radiación a la habitación que se pretende calentar a través de la masa térmica, otra parte se reflejará hacia nuestra superficie transparente de nuevo, pero con otra longitud de onda diferente, ya que la temperatura del muro es muy inferior a la del astro, así que será una longitud de onda más larga, a la que nuestro material es menos permeable.

Se podría interpretar como una especie de trampa en la que almacena la energía de la radiación solar. A partir de aquí, el fenómeno que permite la transmisión de calor al interior de la vivienda es:

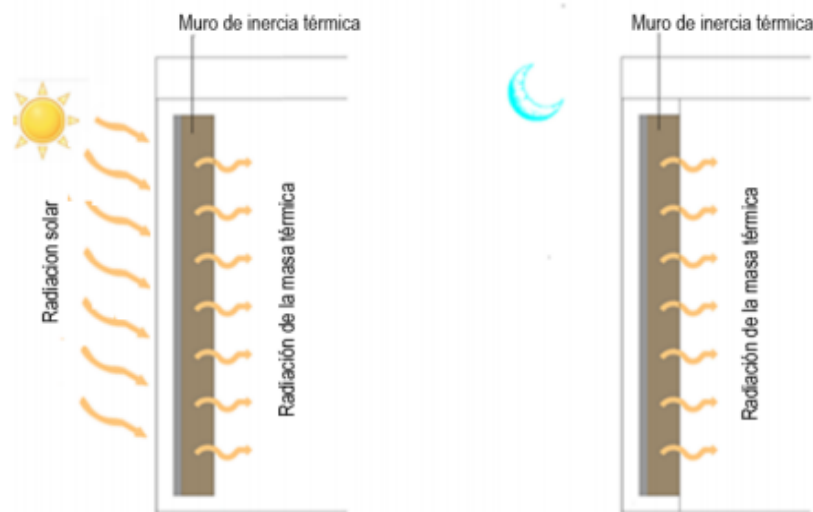
*El efecto termosifón producido por el calentamiento del aire encerrado entre la superficie transparente y el muro de la vivienda. La aportación de calor gracias al muro de gran inercia térmica.

› Importancia de la Inercia Térmica

La inercia térmica es la dificultad que ofrece un cuerpo a cambiar su temperatura. Ésta tiene una vinculación directa con la acumulación de energía, los edificios con mucha inercia acumulan una gran cantidad de energía. La capacidad de almacenar energía de un material depende fundamentalmente de su masa, su densidad y su calor específico. Se puede decir que el modo bioclimático de acumulación de energía más óptimo, es la utilización de la propia inercia térmica del edificio. Los valores altos de la misma permiten conseguir uno de los objetivos más deseables en un edificio, la estabilidad térmica, es decir, la temperatura fluctúa levemente y no se debe consumir excesiva energía para su mantenimiento.

La inercia térmica permite el confort en el interior del edificio cuando hay periodos con cambios bruscos de las temperaturas exteriores o del soleamiento, a los cuales los sistemas de calefacción activos no pueden responder si la instalación no lleva la regulación oportuna. Gracias a la masa térmica de un edificio, se capta la radiación directamente del sol, acumulando el calor para liberarlo por radiación durante 8 o 12 horas (coincidiendo aproximadamente con el periodo nocturno), depende de la estación del año y la localización. A mayor inercia térmica, menos variarán las temperaturas en el interior del edificio en cuestión.

Figura N°10: Proceso de transmisión de calor por radiación del muro de inercia térmica.



Los materiales ideales para constituir una buena masa térmica, y por tanto inercia térmica, son aquellos que tienen un elevado calor específico, alta densidad y baja conductividad térmica. Algunos mejores materiales para conseguir este efecto son; la tierra, el barro, rocas naturales, hormigón, agua.

Generalmente se utilizan materiales de gran densidad, espesor de 25-40 cm, cara exterior de color oscuro para absorber más radiación y orientación adecuada para la mayor captación de radiación solar, en función de las características de cada emplazamiento.

El muro destinado a masa térmica debe tener un grosor apropiado, de modo que el interior del edificio siga siendo fresco durante el día y el calor se transfiera al interior durante la noche. Si el muro es demasiado fino, penetrará el calor en el interior de la vivienda durante el día, justo cuando no se necesita, y no quedará suficiente calor almacenado en la masa para soltarlo durante la tarde o noche, que es cuando más frío hace. Si la pared es demasiado gruesa, puede costarle bastante acumular el calor y empezar a liberarlo en un momento del día en que no se necesite.

Estos materiales pesados tienen la cualidad de absorber la energía calórica y distribuirla gradualmente en su estructura interna. Dado que requieren una gran cantidad de energía para aumentar su temperatura, los procesos de transmisión de calor por conducción a través de ellos propician un efecto de “almacenamiento”.

› Efecto termosifón

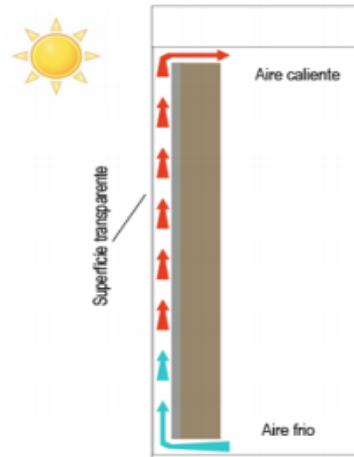
Quizás una de las aplicaciones más conocidas donde se produce este fenómeno, es en los sistemas solares pasivos de calentamiento de agua (colectores solares), pero vamos a explicar el caso que nos atañe, es decir, el calentamiento de aire para conseguir mediante circulación natural, aumentar la temperatura de una estancia.

La superficie transparente, permite que pase la radiación solar al interior, calentando el volumen de aire encerrado y dificultando la pérdida de calor a través del mismo, en función de su emisividad, transmitancia y albedo, tal y como se ha explicado en el apartado anterior. Este aire caliente, por tener una densidad menor, tiende a acumularse en la parte superior, mientras el frío se localiza en la capa inferior.

El calentamiento del aire del interior del invernadero, crea una desigualdad de temperaturas entre este y el ambiente de la vivienda, la cual provoca la circulación natural del mismo entre las dos estancias, a través de unos agujeros realizados en el muro, esto es lo que se conoce como el fenómeno del “termosifón”. El aire calentado por la radiación solar se introduce en la habitación por los agujeros superiores, mientras que el aire frío del interior de la

casa sale al invernadero por los inferiores, para ser calentado y regresar de nuevo a la vivienda con una temperatura superior.

Figura N°11: Efecto termosifón en el calefactor solar.



Este sistema que por el día y bajo la acción del sol, permite calentar una estancia, realiza por la noche el proceso contrario, es decir, el enfriamiento de la misma, si no se toman las medidas adecuadas. Estas consisten en el taponamiento de los agujeros poco después del anochecer, a fin de bloquear la entrada de aire frío al dormitorio.

◆ Muro de acumulación ventilado

Similar al anterior pero incorpora orificios en la parte superior e inferior para facilitar la transferencia de calor entre el muro y el ambiente mediante convección que se suma al aporte por radiación.

◆ Invernadero adosado

Consisten en recintos acristalados cerrados construidos en la cara sur (para el hemisferio norte y norte para el hemisferio sur) del edificio. Dependiendo del clima y del uso a que se le destine, puede haber un muro de separación con la parte habitada del edificio u otro tipo de almacenamiento. Sirve para estabilizar la temperatura tanto en el invernadero como en la vivienda.

En algunos casos el invernadero se utiliza para dar un precalentamiento al aire que penetra en el interior del edificio. La temperatura en su interior puede sufrir grandes variaciones entre el día y la noche, por eso no es muy útil como vivienda, si no se utiliza un control adecuado que puede consistir en unas simples persianas para el período nocturno o la utilización de un calentamiento auxiliar.

Los invernaderos pueden adoptar una amplia gama de formas geométricas, con las cuatro paredes acristaladas (incluyendo el techo), o bien las laterales opacas. Con el fin de aprovechar la energía calorífica acumulada en el invernadero o galería, se pueden instalar ventiladores que impulsen el aire hasta el interior de la vivienda²⁸.

Las ventajas del uso de los invernaderos y galerías acristaladas, reside en que el clima de las viviendas mejora sensiblemente situando un recinto compensador entre el espacio habitado y el exterior. Puede ocupar la totalidad o solo parte de la fachada sur del edificio, tanto en altura como anchura, con lo que reduce la parte de la obra y las pérdidas por ventilación.

Entre los inconvenientes se pueden ver los problemas de sobrecalentamiento que se pueden presentar en verano, las grandes oscilaciones que experimenta su temperatura interior y el costo de su construcción que suele ser superior a las ganancias energéticas que proporciona, si no se compensan con otras utilidades, tales como estancias en ciertos períodos del año.

- ◆ Techo de acumulación de calor

En ciertas latitudes es posible usar la superficie del techo para captar y acumular la energía del sol. También conocidos como estanques solares requieren de complejos dispositivos móviles para evitar que se escape el calor durante la noche.

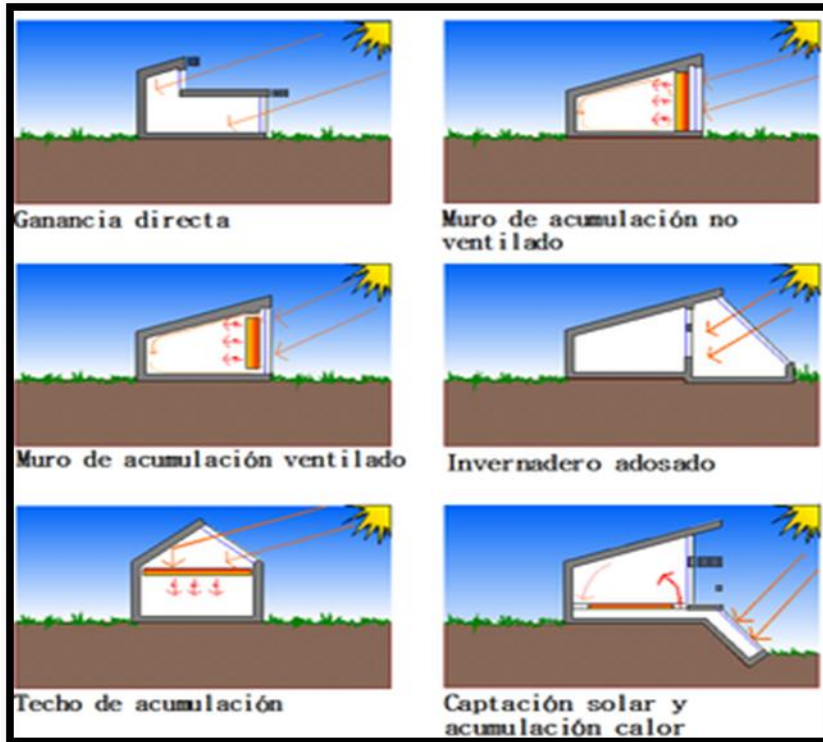
- ◆ Captación solar y acumulación calor

Es un sistema más complejo y permite combinar la ganancia directa por ventanas con colectores solares de aire o agua caliente para acumularlo debajo del piso. Luego de modo similar al muro acumulador ventilado se lleva el calor al ambiente interior. Adecuadamente dimensionado permite acumular calor por siete o más días. En casi todos los casos se los puede utilizar como sistemas de refrescamiento pasivo invirtiendo el sentido de funcionamiento²⁹.

²⁸ *Tecnología Solar Pasiva:*
<http://www.dforcesolar.com/energia-solar/energia-solar-pasiva/>

²⁹ *Tecnología Solar Pasiva:*
<http://www.dforcesolar.com/energia-solar/energia-solar-pasiva/>

Figura N°12: Sistemas Pasivos.



Fuente: Mazria, Edward. (1983)

2.2.5. La Vivienda Bioclimática

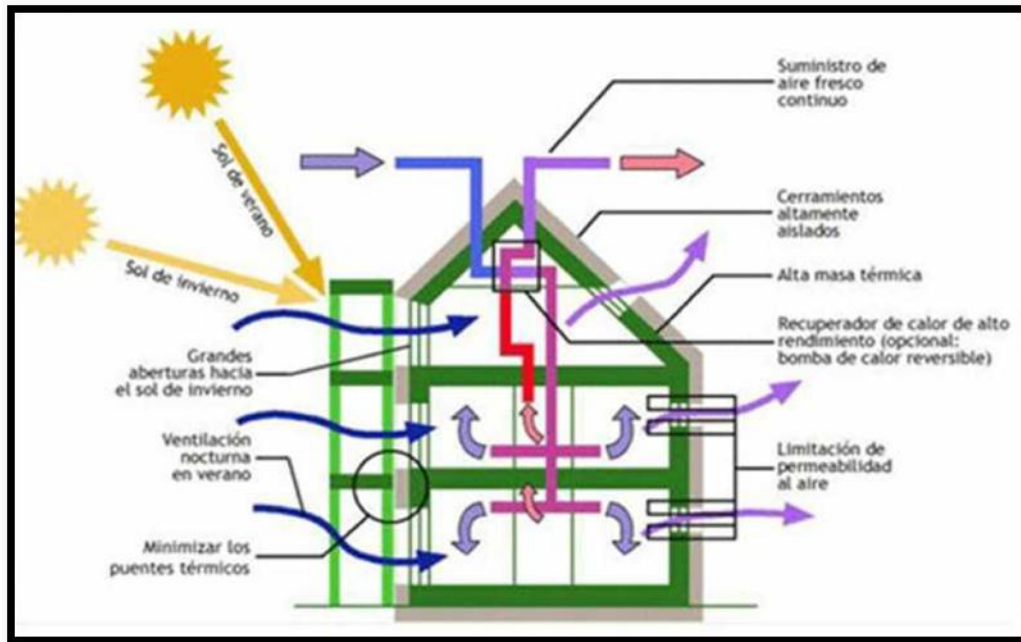
Entendemos por vivienda Bioclimática la vivienda que favorece una relación armónica entre los ocupantes, el hábitat y el medio. La adecuación de la vivienda al clima en todos sus aspectos de Temperatura, Soleamiento, Régimen de lluvias, Vientos dominantes etc. a fin de conseguir un ambiente confortable durante todo el año en los espacios interiores y, durante el mayor número de meses posible, en los espacios exteriores. Y dentro de este apartado conseguir, en lo posible, esta adecuación con medios naturales principalmente por dos motivos experimentados y comprobados:

:

- a) Estos medios naturales son capaces de proporcionar un confort mayor que los artificiales.
- b) Estos medios son eficaces para conseguir un ahorro energético comprobado y garantizable.

El diseño bioclimático consiste en aplicar estrategias bioclimáticas para determinar las acciones necesarias y la manera en como coordinarlas para alcanzar las condiciones de confort deseado.

Figura N°13: Diseño Bioclimático.



Fuente: Mazria, Edward. (1983)

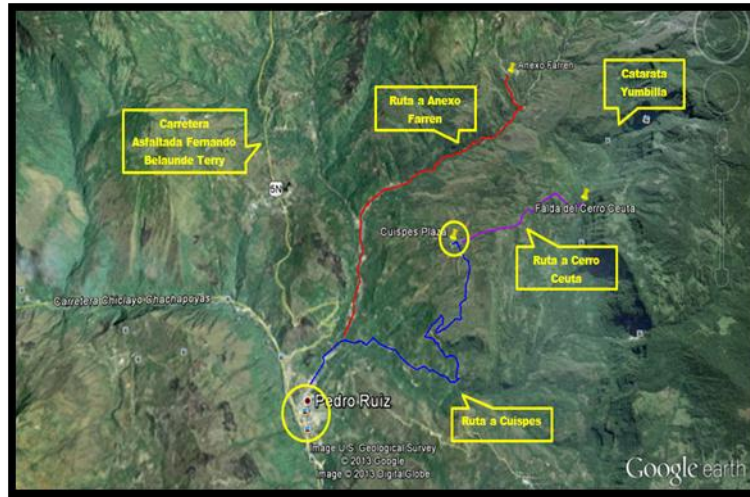
2.2.5.1. Factores que se deben tomar en cuenta:

- Ubicación:

Hay que tener en cuenta la zona donde está situada la vivienda o del lugar donde se va a construir, así como de las temperaturas medias de la zona, de los vientos dominantes. También se debe conocer los accidentes naturales cercanos como montes ríos, pantanos, vegetación, o los artificiales como los edificios, ya que todos ellos crean un microclima que afecta al viento, la humedad y la radiación solar que recibirá la casa³⁰.

³⁰ ACMES. 2013. *Electrificación de las localidades rurales del distrito de Cuispes empleando energía solar fotovoltaica*

Figura N°14: Ubicación

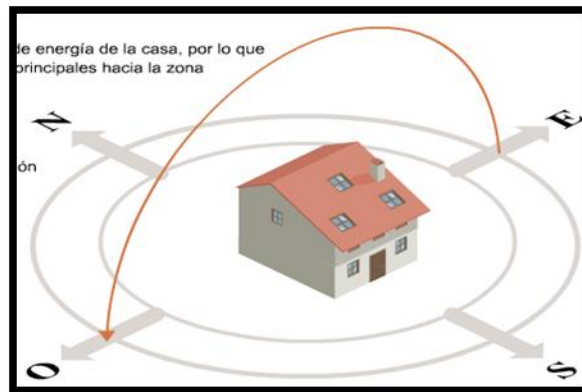


Fuente: Google Earth.

-Orientación:

El sol va ser la principal fuente de energía de la casa, por lo que debemos orientar las ventanas principales hacia la zona donde sus efectos sean mayores. el sol tiene un recorrido de este a oeste, pero dependiendo de la época del año variara su inclinación con respecto a la tierra. por esa razón el sol está más alto a mediodía en los meses de verano³¹.

Figura N°15: Orientación



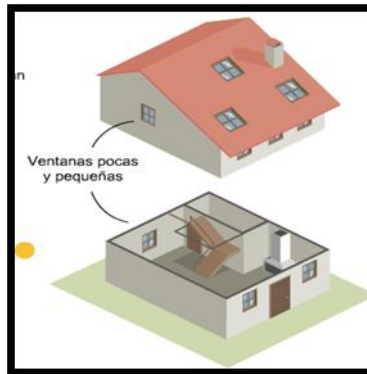
Fuente: Infografía, Viviendas Bioclimáticas.

³¹ Infografía: Viviendas Bioclimáticas.
http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2003/03/18/140046.php

-La distribución:

Los grandes huecos (las mayores ventanas, las puertas grandes, los tragaluces, etc.) deberán mirar hacia el sur, por al ser la parte más soleada obtendremos todo el calor pasivo posible del sol. Al este, al oeste, y sobre todo al norte las ventanas deberían ser pocas y pequeñas, para evitar así pérdidas de calor.

Figura N°16: Distribución

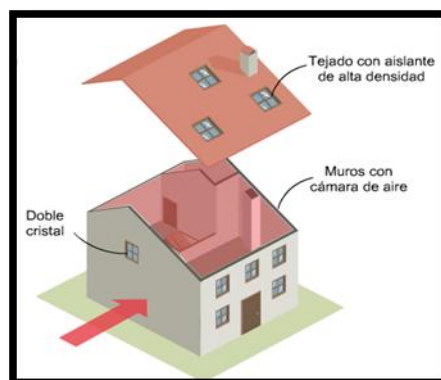


Fuente: Infografía, Viviendas Bioclimáticas.

-El calentamiento:

Supone el mayor gasto de energía en la casa, así que además de facilitar la entrada de calor deberemos retenerlo dentro mediante un buen sistema de aislamiento³².

Figura N°17: Calentamiento



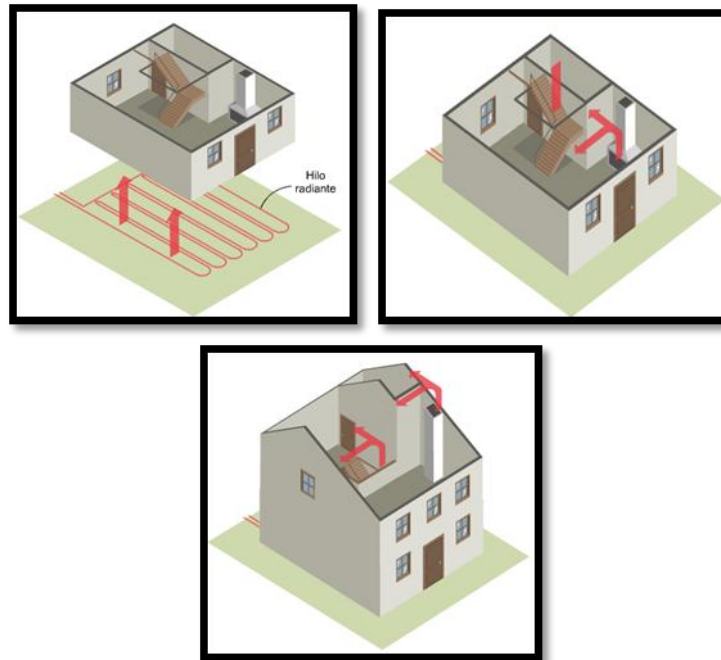
Fuente: Infografía, Viviendas Bioclimáticas.

³² Infografía: Viviendas Bioclimáticas.
http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2003/03/18/140046.php

-Sistema de calefacción:

Se puede optar por el sistema de suelo clásico o por la chimenea clásica, teniendo en cuenta que el calor tiende a subir de forma natural, así que el suelo será siempre el lugar más frío. Se debe dejar siempre huecos amplios para que el calor se distribuya por la casa.

Figura N°18: Sistema de Calefacción

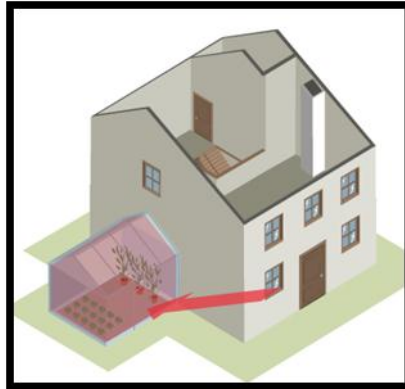


Fuente: Infografía, Viviendas Bioclimáticas.

-Otros Sistema de calefacción:

Otro sistema para calefactor es utilizar el efecto invernadero. los objetos que hay en su interior absorben la radiación solar, se calientan y emiten una radiación infrarroja que no puede escapar a través del vidrio.

Figura N°19: Efecto Invernadero

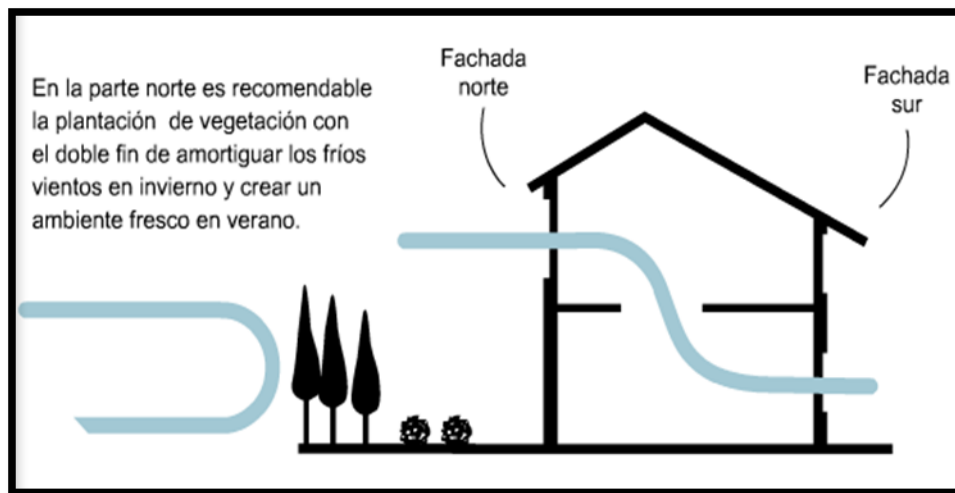


Fuente: Infografía, Viviendas Bioclimáticas.

-Sistema de refrigeración:

Para generar frío, lo más sencillo es aprovechar el sistema de ventilaciones cruzadas, forzando una corriente de aire desde el norte, que pase por toda la casa y vaya por la parte más alta de la vivienda, en la parte norte es recomendable la plantación de vegetación con el doble fin de amortiguar los fríos vientos en invierno y crear un ambiente fresco en verano³³.

Figura N°20: Sistema de Refrigeración



Fuente: Infografía, Viviendas Bioclimáticas.

³³ Infografía: Viviendas Bioclimáticas.
http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2003/03/18/140046.php

2.2.6. Comparación entre contaminación del mundo y el Perú

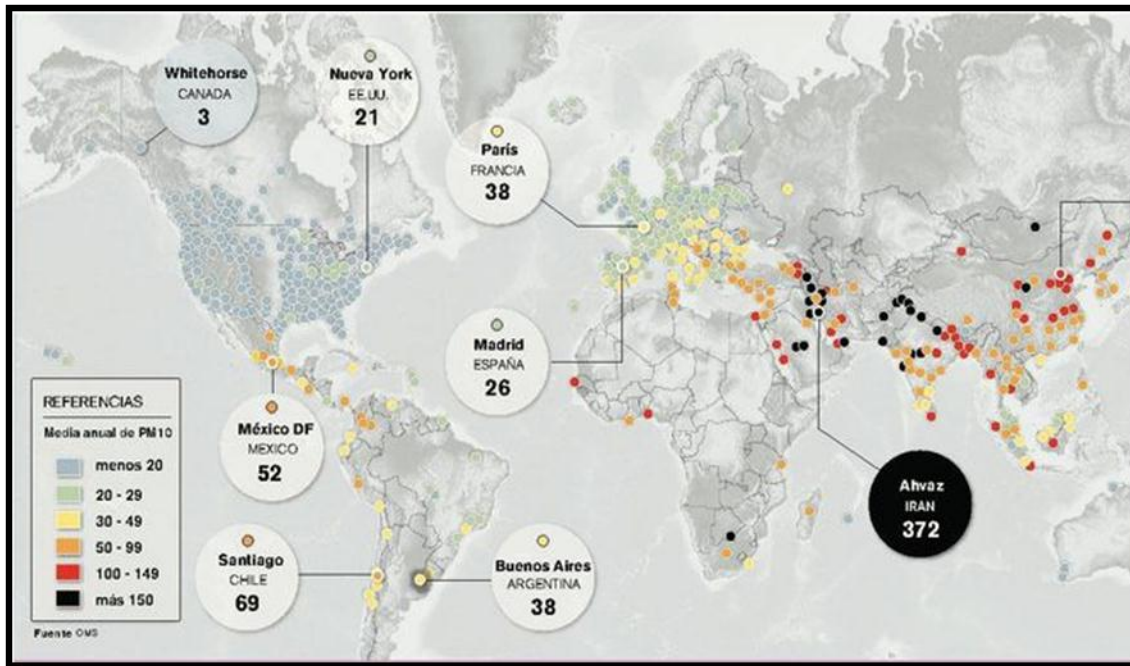
Está claro que el smog en las ciudades reduce la calidad de vida de las personas, tanto de forma estética (una ciudad contaminada es una ciudad fea) como por los problemas a la salud que acarrea. Además, pasa a llevar el legítimo derecho humano de vivir en un ambiente libre de contaminación. La Organización Mundial de la Salud determinó que de 91 países sólo 11 cumplen con los niveles recomendados por la entidad y que de 1.081 ciudades revisadas, sólo 483 son “saludables”.

Chile se encuentra dentro de las naciones con más material particulado en la región. De los 15 países de Latinoamérica analizados, Chile es el cuarto con mayor nivel de MP10, con 62 Ug/m³, superado por Bolivia (82), Perú (74) y Colombia (71). Costa Rica el más cercano a lo saludable, con 28 Ug/m³. Según las directrices del organismo internacional, la media anual de estas partículas debería ser de 20 microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

A nivel general, en el mapa se puede apreciar que los puntos más conflictivos del planeta están en el oriente medio y en China e India. Pero esto no significa que el resto está bien: en Europa, donde la mayoría están en verde claro, todavía muchas ciudades siguen teniendo niveles superiores a los recomendados por la OMS. Pero si en algunas comunidades el problema es provocado por la contaminación que emiten los hogares, en otros países como China e India, los niveles están altamente influenciados por la presencia de plantas de generación eléctrica a carbón (como las promoverá el proyecto minero en Isla Riesco). Es por esta razón que en muchos países estas plantas ya no se utilizan, pero todavía quedan algunos que no se han sumado a la generación eléctrica limpia. Lo grave es que a nivel planetario, más de 1.3 millones de muertes se producen al año por causa directa de la contaminación ambiental en las ciudades, mientras que 2 millones de personas mueren otros problemas de polución. Bastaría con reducir los niveles de partículas en suspensión PM10 y PM 2,5 para evitar más de un millón de estas muertes.

Las soluciones para detener la contaminación ambiental tienen que ver tanto con políticas públicas, como con cambios en la vida diaria de las personas. En este mapa publicado por la OMS, se puede ver que algunos países como Botsuana presentan altos niveles de contaminación.

Figura N°21: Contaminación en el mundo y el Perú



Fuente: Educa Madrid.

2.2.7. Caserío De Cuispes

2.2.7.1. Ubicación Geográfica Y Zonificación

-Ubicación del Área de Influencia del Proyecto

➤ Ubicación Política

País	: Perú
Departamento	: Amazonas
Provincia	: Bongará
Distrito	: Cuispes
Latitud Sur	: 5° 55' 37.20''
Longitud Oeste	: 77° 56' 45.60''
Localidades	: 16

➤ **Altitud**

Se encuentra en los pisos ecológicos que comprende territorio de selva alta, es decir con altitudes que van desde los 1950 y 3000 m.s.n.m³⁴.

➤ **La provincia de Bongará limita por:**

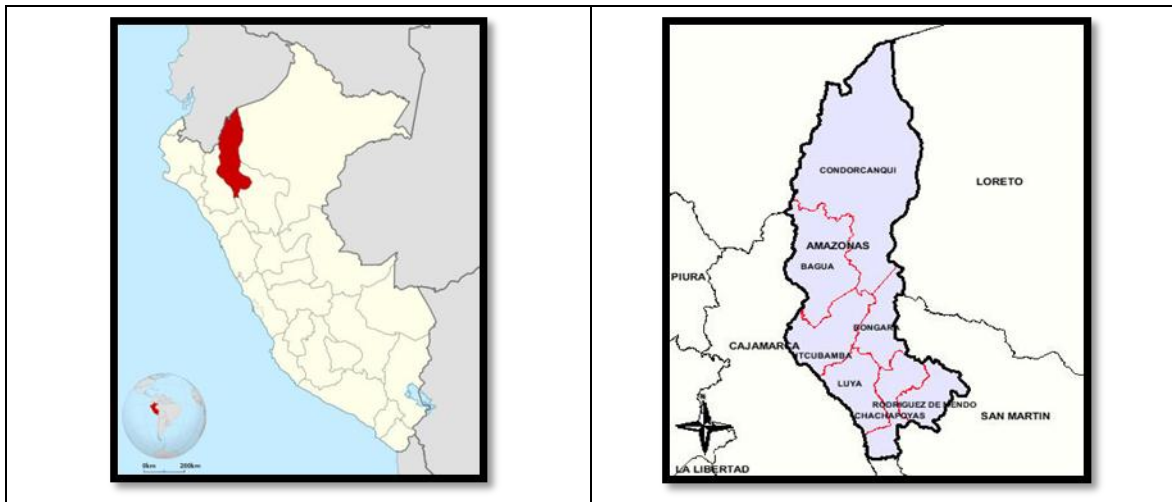
Este : con el departamento de San Martín

Norte : con la provincia de Condorcanqui y el departamento de Loreto

Sur : con la provincia de Chachapoyas.

Oeste : con la provincia de Utcubamba y Luya.

Se presentan mapas (fig.22- fig.25) para la mejor comprensión de la investigación:



³⁴ Archivo meteorológico de la Ciudad de Cuzco: [Meteoblue.com](http://www.meteoblue.com/es/per/C3%BA/tiempo-cuzco?day=6)
<http://www.meteoblue.com/es/per/C3%BA/tiempo-cuzco?day=6>

**Figura 22: Mapa Político Del Perú
Departamento De Amazonas**



**Figura 23: Mapa Del Departamento De
Amazona**



**Figura 24: Mapa De La Provincia De
Bongará**

**Figura 25: Mapa De La Provincia De
Bongará**

Fuente: ACMES (2013)

2.2.7.2. Distrito de Cuispes

El distrito de Cuispes, ubicado a 1,690.00 m.s.n.m. es uno de los doce distritos de la Provincia de Bongará, ubicado en el Departamento de Amazonas, en el norte del Perú. Limita al norte con el distrito de Florida, al este con el distrito de Jumbilla, al sur con el distrito de San Carlos y el distrito de Jazán y al oeste con el distrito de Shipasbamba.

El distrito fue creado el 11 de noviembre de 1944 mediante Ley N° 10004 y tiene una población estimada mayor a 700 habitantes. Su capital es la villa de Cuispes. En el distrito de Cuispes se encuentra la majestuosa catarata de Yumbilla.

- Condiciones Climatológicas

Clima típico de ceja de selva, húmedo y cálido, caracterizándose por presentar una temperatura media anual de 22.6°C con variaciones de 21.2°C en julio y 23.6°C en noviembre y diciembre. La temperatura máxima media mensual varía entre 25.4°C a 28.7°C, y la mínima entre 16.6°C y 19.7°C, observándose mucha uniformidad en la distribución de la temperatura mensual³⁵.

Hay presencia de climas andinos que van desde el templado cálido hasta el templado frío en las zonas más altas. Las condiciones climáticas se dan según altitud.

Tabla N° 07: Datos Ambientales

ITEM	Parámetro	Chisquilla
1	Temperatura ambiente	16,6°C a 28,7 °C
2	Humedad relativa	39,3 - 69,3%
3	Irradiación promedio anual	4,08 kWh/m ² -día
4	Altura	1950 a 3000 msnm.
5	Velocidad promedio del viento	2.85 m/s
6	Precipitación promedio diaria	3.15 mm/día
7	Horas de Luz Solar Anual	4016 horas

Fuente: NASA

- Características de la Zona y Población Afectada

El proyecto se encuentra ubicado en zonas de altura que bordean los 2800 msnm en las que la vegetación es abundante mostrando zonas protegidas por gran biodiversidad en flora y fauna.

En Cuispes predominan los terrenos escarpados con extensos bosques húmedos, lluvia constante y pendientes abruptas, por lo que el medio de transporte más usado y adecuado es la bestia de carga, podría ser que las cotas de altura relativa varíen dentro de un rango de 200 metros. Se encuentra cultivos de altura y ganado vacuno.

Este distrito tiene concentrada actualmente su población económicamente activa en el sector agropecuario rudimentario, y por la especialización de la zona, el desarrollo del

³⁵ ACMES. 2013. *Electrificación de las localidades rurales del distrito de Cuispes empleando energía solar fotovoltaica*

distrito siempre va estar ligado al desarrollo del sector agropecuario como el sembrío de papas, maíz, frutales y café entre otros. El 78.55% de las tierras del distrito de Cuispes están ocupadas por unidades agrarias de pequeña agricultura dedicadas mayormente a cultivos transitorios; así mismo del total de unidades agropecuarias el 22.45 % se dedican a cultivos permanentes, además a nivel distrital existen cerca de 215 unidades agropecuarias no agrícolas.

En la actualidad en la jurisdicción del distrito de Cuispes no se tiene información sobre la existencia de recursos mineros, lo que permite que un entorno exento de focos de contaminación y de los habituales conflictos sociales que vienen asociados a la actividad minera. En cuanto al desarrollo económico podemos apreciar en el Tabla N° 08, la población económicamente activa (PEA) ocupada según condición, teniendo una significativa importancia aquellos pobladores independientes que se dedican a trabajar sus tierras de cultivo.

Tabla N° 08: La Población Económicamente Activa (PEA)

DISTRITO	Total	PEA			PEI
		Independientes	Asalariados	No Remunerados	
Cuispes	420	54%	3%	10%	33%

Fuente: Encuesta Directa Municipal 2013

A partir de los datos del cuadro anterior, se comprueba que el 54,00% de los pobladores son trabajadores independientes, el 10,00% son familiares no remunerados y 3,00% son empleados. El 33,00% restante representa a la población económicamente inactiva siendo estos menores de edad³⁶.

En cuanto a la ocupación principal de los pobladores, se observa que el alrededor del 100,00% se dedica a la agricultura. Los pobladores que se dedican a la ganadería representan el 23,81%, los mismos que también practican la agricultura; tal como se aprecia en el Tabla N°09.

³⁶ ACMES. 2013. *Electrificación de las localidades rurales del distrito de Cuispes empleando energía solar fotovoltaica*

Tabla N° 09: Ocupación Principal de los Pobladores (%)

OCUPACIÓN PRINCIPAL	Aplicado a la población total del proyecto
Agricultura	100,00 %
Ganadería	23,81%

Fuente: Encuesta Directa Municipal 2013

Con relación a los ingresos, estos son bastante bajos, el promedio está por debajo de la remuneración mínima vital que es de S/. 600.00. Para las localidades en estudio se muestran valores promedio en el Tabla N°10.

Tabla N° 10: Ingreso Familiar Mensual Promedio

DISTRITO	Ingreso familiar mensual S/. (Promedio)
Cuispes	S/. 273.08

Fuente: Encuesta Directa Municipal 2013

Tabla N° 11: Características De La Población

Población Censada	782
Población Urbana	364
Población Rural	418
Población Censada Hombres	391
Población Censada Mujeres	391
Población de 15 y más años de edad	491
Porcentaje de la población de 15 y más años de edad	62.79
Tasa de Analfabetismo de la población de 15 y más años de edad	9.4
Porcentaje de la población de 6 a 24 años de edad con Asistencia al Sistema Educativo Regular	56.3

Fuente : INEI Banco de Información Distrital 2007

Con relación a los gastos totales promedio y extremos en que incurren los pobladores para cubrir su gasto energético con fines de iluminación, recreación e información se pueden apreciar en el Tabla N° 12, estos montos mensuales sirven para cubrir la adquisición de: velas, pilas y recarga de baterías.

Tabla N° 12: Gastos Totales Promedio y Extremos

DISTRITO	Media S/.	Mediana S/.	Valor Mín. S/.	Valor Máx. S/.
Población total del proyecto	36,75	32,25	25,00	50,00

Fuente: Encuesta Directa Municipal 2013

De acuerdo a la encuesta realizada, en los caseríos, el 100% de los jefes de hogar tienen la voluntad de adquirir el servicio de suministro de energía eléctrica a través de SFV.

a). Infraestructura

Las viviendas de la zona se caracterizan por ser de muros de madera y techos de calamina. Algunas de estas son muy precarias teniendo paredes entreabiertas y techo de paja. El principal problema es que no hacen frente al frío siendo la principal afección de los pobladores las enfermedades respiratorias. Casi la totalidad de las viviendas constan de una sola habitación.

b). Vías de Acceso

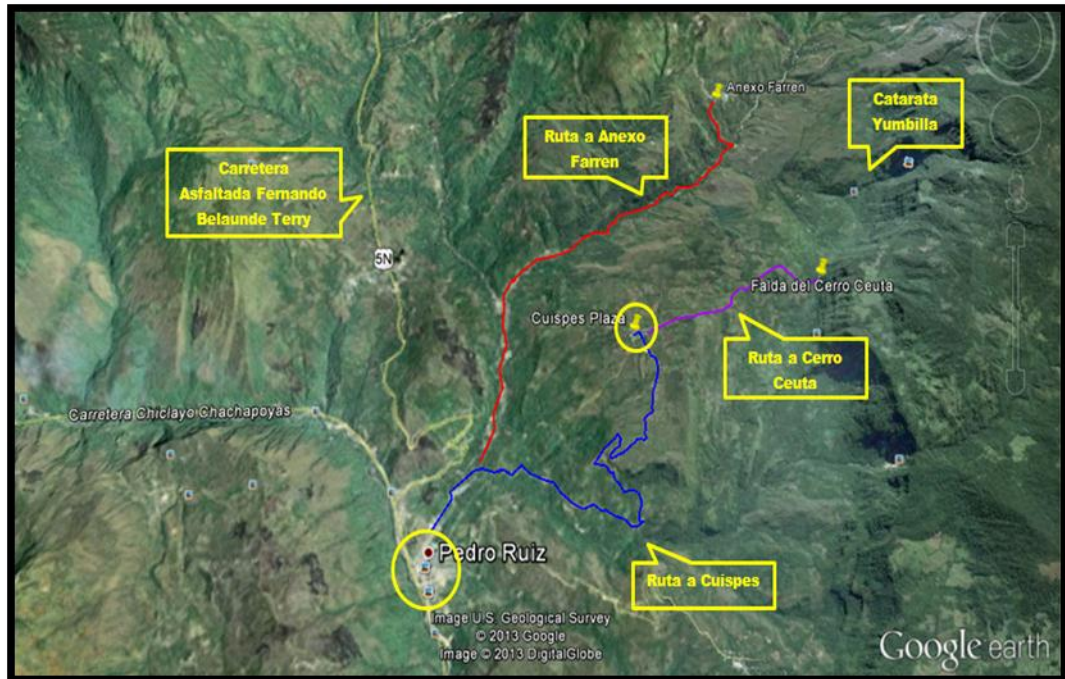
Cuispes es un distrito de la provincia de Bongará al que se llega desde Chiclayo rumbo a la ciudad de Pedro Ruiz (Amazonas) por la Carretera Marginal de la Selva “Fernando Belaunde Terry” por ómnibus, en un viaje de 6 horas. En Pedro Ruiz se cuenta con servicio de mototaxi para movilizarse a Cuispes por carretera afirmada (30 min) hasta la misma Plaza de Cuispes.

De la Plaza de Cuispes se continua por trocha carrozable en auto hacia la Falda del Cerro Ceuta (10 min), a partir de donde se hay que entrar en la montaña y caminar cuesta arriba en busca de las casas que se encuentran bastante dispersas. Del colegio se parte a pie o en bestia rumbo los 5 caseríos aislados: Palmito, Trompeteros, Shopimonte, Cocapampa y Cedromonte, por caminos de herradura.

En la Fig. 26 se incluye el mapa con la ubicación de los caseríos, así como un resumen de las vías de ingreso a los principales caseríos del distrito de Cuispes. Los siguientes datos, son extraídos de la base de datos del INEI, para el distrito de Cuispes y que resulta ser una información secundaria muy cercana a la realidad³⁷.

³⁷ ACMES. 2013. *Electrificación de las localidades rurales del distrito de Cuispes empleando energía solar fotovoltaica*

Figura N°26: Ubicación Geográfica de Cuispes y Alrededores.



Fuente: Google Earth

c). Educación

El distrito de Cuispes cuenta con un colegio inicial y primario, así como el Anexo Farren. La mayoría personal docente son originarios del Distrito Cuispes y tiene la misma problemática del magisterio peruano, exigua capacitación y pocos recursos asignados por el gobierno lo que dificulta su labor.

d). Salud

La prestación de los servicios de salud en el Distrito de Cuispes fundamentalmente está a cargo del Ministerio de Salud, a través de la Dirección Regional de Amazonas. Las principales enfermedades que afectan a la población son gripes, tos e infecciones estomacales; las mismas que reciben un tratamiento artesanal ante la gran lejanía de la posta médica de Cuispes.

e). Servicios Básicos

En la ciudad de Cuispes, los pobladores cuentan con energía eléctrica, servicios de agua y desagüe. Sin embargo, en los caseríos no se cuenta con ningún servicio básico dada la complicada accesibilidad y lejanía. Los principales recursos

energéticos utilizados para satisfacer sus necesidades de iluminación e información son velas, pilas y petróleo³⁸.

III. DISEÑO

3.1. DETERMINAR LA CARGA TÉRMICA PARA MEJORAR LAS CONDICIONES DE VIDA DE LOS POBLADORES DE CUISPES

Para la obtención del primer objetivo es necesario conocer las características de las viviendas de la zona, así como diferentes parámetros que veremos a continuación.

Las viviendas de Cuispes se caracterizan por estar construidas de paredes de madera que están en forma de tablones y sobrepuestas una sobre otra de modo que forma separaciones los cuales no son sellados, es decir, son paredes entreabiertas; también consta de un falso techo hecho por tablones de madera con una mayor separación, este sirve como protección de las bajas temperaturas que se siente con más intensidad en la madrugada y por último tiene un techo de dos aguas que es de calamina para la protección contra las lluvias; cabe mencionar también que estas viviendas solo tienen una puerta y no tienen ventanas por el motivo del clima desfavorable.

Asimismo el grande problema de las viviendas es que no hacen frente al frío, por lo tanto la principal afección de los pobladores son las enfermedades respiratorias. Casi la totalidad de las viviendas constan de una sola habitación.

En las Figuras N° 27-28 se pueden observar las características ya antes mencionadas de las viviendas en la ciudad de Cuispes.

³⁸ *ACMES. 2013. Electrificación de las localidades rurales del distrito de Cuispes empleando energía solar fotovoltaica*

Figura N° 27: Modelo de vivienda de la ciudad de Cuzco



Figura N° 28: Modelo de vivienda de tabloncillos separados de la ciudad de Cuzco



El siguiente parámetro a determinar es la temperatura crítica que se debe tomar para realizar los cálculos, de acuerdo al criterio del mes de menor temperatura se obtiene que el mes de agosto es el más crítico con una temperatura de 3.42°C (276.42K), véase Anexo I

Se calcula también el área corporal de la persona ya que esta pierde calor, es decir transfiere calor hacia el medio que la rodea. El área superficial de un cuerpo desnudo fue expresada por D. DuBois, en 1916, como:

$$A_s = 0.202m^{0.425}h^{0.725} \quad (m^2)$$

En donde:

m es la masa del cuerpo en Kg.

h es la altura en metros.

Para un hombre promedio de 60Kg y 1.63m se tiene:

$$A_s = 0.202(60\text{Kg})^{0.425} (1.63\text{m})^{0.725} \quad (m^2)$$

$$A_s = 1.6 \quad (m^2)$$

Para una mujer promedio de 50Kg y 1.51m se tiene:

$$A_s = 0.202(50\text{Kg})^{0.425} (1.51\text{m})^{0.725} \quad (m^2)$$

$$A_s = 1.4 \quad (m^2)$$

Para un niño promedio de 30Kg y 0.95m se tiene:

$$A_s = 0.202(30\text{Kg})^{0.425} (0.95\text{m})^{0.725} \quad (m^2)$$

$$A_s = 0.8 \quad (m^2)$$

De este modo se tiene que:

- ✓ Para un hombre promedio de 60Kg y 1.63m se tiene una masa corporal de 1.6 m².
- ✓ Para una mujer promedio de 50Kg y 1.51m se tiene una masa corporal de 1.4 m².
- ✓ Para un niño promedio de 30Kg y 0.95 m se tiene una masa corporal de 0.8 m².

Por lo general la mayoría de familias están compuestas por los padres y dos niños, por lo tanto el área corporal total es de 4.6m², como se muestra.

Tabla N°13: Área corporal total de acuerdo al número de personas.

Nº de personas	Área unitaria		
1	1,6	1.6	m ²
1	1,4	1.4	m ²
2	0.8	1.6	m ²
Área total		4.6	m ²

Fuente: Elaboración propia.

Considerando que la temperatura más baja se va a dar cuando estos estén acostados, es decir solo el 75% de su cuerpo estaría transfiriendo calor al medio ya que el 25% lo transmite a la cama donde duermen, por lo tanto se considera una superficie expuesta de 3.45m².

Tabla N°14: Superficie expuesta en %.

Superficie expuesta	0,75	%
Área corporal total	4.6	m ²

Fuente: Elaboración propia.

$$S_{exp} = 0.75 \times 4.6 \quad (m^2)$$

$$S_{exp} = 3.45 \quad (m^2)$$

Para determinar la carga térmica se sabe que solo habrá transferencia de calor por radiación y convección, y no por conducción ya que el único medio de contacto sería la cama y la transferencia de calor se quedaría atrapada en la colcha o el piso.

Para la transferencia de calor por radiación es necesario determinar la emisividad de una persona, ya que indica de cuán próximo está una superficie de ser un cuerpo negro (que es una superficie idealizada que emite radiación máxima). Se tiene que la emisividad de una persona es 0.95; y la constante de Stefan-Boltzmann que es igual a 5.67x10⁻⁸ W/m²K⁴.

Se debe conocer también la temperatura de la superficie de la colcha, que va a depender de los siguientes parámetros que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N° 15: Parámetros importantes

Conductividad algodón-lana	0,06	W/mK
Espesor de la colcha doble	0,02	m
Temperatura de la superficie del cuerpo humano	36,7	°C
Índice metabólico en estado de reposo: dormir	40	W/m ²

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar la temperatura superficial de la colcha se tiene:

$$T_{colcha} = T_{S,H} - \left(\frac{IM_{reposito} \times e_{colcha}}{k_{material}} \right) \quad (°C)$$

Dónde:

$T_{S,H}$ = es la temperatura de la superficie del cuerpo humano; Tres estudios diferentes recientes sugieren que la temperatura promedio en adultos saludables según Guyton de 36.7°C.

$IM_{reposito}$ = índice metabólico en estado de reposo, es decir cuando duerme. (Anexo 1)

E_{colcha} =0.02m

$K_{material}$ = conductividad térmica del algodón-lana. (Anexo 1)

Entonces:

$$T_{colcha} = 36.7°C - \left(\frac{\left(\frac{40W}{m^2} \right) \times (0.02 m)}{0.06W/mK} \right) \quad (°C)$$

$$T_{colcha} = 23.37 \quad (°C)$$

De esta manera se obtiene que la temperatura de la superficie de la colcha es de 23.37°C.

Para la transferencia de calor por convección es necesario determinar el coeficiente de transferencia de calor 'h', que sería una convección libre de gases en un rango de 2-25 W/m² °C, para nuestro caso se optó por 4 W/m² °C, por presencia de brisa debido a las separaciones entre tablonces de madera. (Véase Anexo 1).

Para el cálculo de la transferencia de calor por radiación como por convección se tiene que:

La transferencia de calor por radiación es de 348.72W.

$$Q_{rad} = \varepsilon \sigma A_s (T_s^4 - T_\infty^4) \quad (W)$$

Dónde:

Q_{rad} = es la transferencia de calor por radiación

ε = emisividad de una persona.

σ =coeficiente de Stefan-Boltzmann ($5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2$)

A_s = área de la superficie expuesta de la persona.

T_s^4 = temperatura de la superficie de la colcha en K.

T_∞^4 = temperatura del exterior K.

Entonces:

$$Q_{rad} = (0.95) \times (5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2}) \times (3.45 m^2) \times (296.37 K - 276.42 K) \quad (W)$$

$$Q_{rad} = 348.72 \quad (W)$$

La transferencia de calor por convección es de 275.26W.

$$Q_{conv} = h A_s (T_s - T_\infty) \quad (W)$$

Dónde:

Q_{conv} = es la transferencia de calor por convección

h = coeficiente de transferencia de calor por convección.

A_s = área de la superficie expuesta de la persona.

T_s^4 = temperatura de la superficie de la colcha en K.

T_∞^4 = temperatura del exterior K.

Entonces:

$$Q_{conv} = \left(4 \frac{W}{m^2} \text{ } ^\circ C\right) \times (3.45 \text{ m}^2) \times (296.37K - 276.42K) \quad (W)$$

$$Q_{conv} = 275.26 \quad (W)$$

Obteniéndose como carga térmica de transferencia de calor total de 623.98W.

$$Q_{total} = Q_{conv} + Q_{rad} \quad (W)$$

Dónde:

Q_{rad} = es la transferencia de calor por radiación

Q_{conv} = es la transferencia de calor por convección

Entonces:

$$Q_{total} = (275.26W) + (348.72W) \quad (W)$$

$$Q_{total} = 623.98 \quad (W)$$

Luego de especificar los parámetros necesarios para el cálculo de la transferencia de calor por radiación como por convección se tiene que:

- La transferencia de calor por radiación según fórmula es de 348.72W.
- La transferencia de calor por convección según fórmula es de 275.26W.
- Obteniéndose como carga térmica de transferencia de calor total de 623.98W

Finalmente para determinar la temperatura interior de la vivienda en estado actual se tiene las siguientes dimensiones de la vivienda:

Tabla N° 16: Dimensiones de la vivienda

Dimensiones de la vivienda		
Ancho	6	m
Largo	3	m
Alto	2,88	m
Espesor	0,20	m

Fuente: Elaboración propia.

De la cual para el cálculo del área se toma en cuenta las superficies de las cuatro paredes más el techo, la superficie del piso no se toma en cuenta por lo antes mencionado, siendo así se tiene:

Tabla N° 17: Áreas de la vivienda

Áreas de la vivienda		
A1	34,56	m2
A2	17,28	m2
A3	18	m2
A total	69,84	m2

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de la temperatura interna de la vivienda se debe tener en cuenta la conductividad térmica del material que en nuestro caso es la conductividad térmica de la madera (roble) siendo 0.17 W/m°C.

Finalmente para calcular la temperatura interna se tiene:

El área total de la vivienda es 69.84 m².

$$T_{int} = T_{ext} + \left(\frac{Q_{total} \times e_{madera}}{k_{madera} \times A_{total}} \right) \quad (^\circ C)$$

Dónde:

T_{int}= Temperatura interior en la vivienda actual sin aislamiento.

T_{ext}= Temperatura exterior en el ambiente.

Q_{total}= es la carga térmica de la transferencia de calor total.

A_{total}= área total de la vivienda.

e_{madera}= espesor de los tablones de madera.

K_{madera}= conductividad térmica de la madera.

Entonces:

$$T_{int} = (3.42^\circ C) + \left(\frac{(623.98W) \times (0.06m)}{\left(\frac{0.17W}{m} \right) \times 69.84m^2} \right) \quad (^\circ C)$$

$$T_{int} = 6.57 \quad (^\circ C)$$

Por consiguiente en los demás meses la carga térmica total y las temperaturas internas se determinan de manera semejante. (Véase anexo 1).

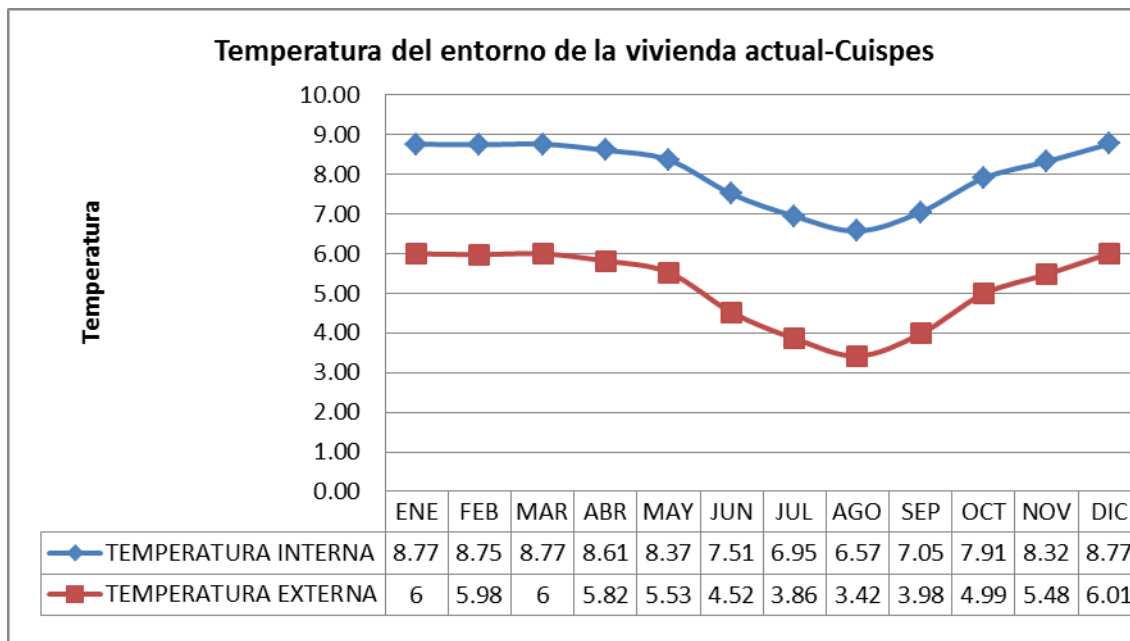
En la tabla N°18 se muestran los resultados de temperaturas internas y externas, en la Gráfica N°01 se tiene el comportamiento durante el año, note que la temperatura interior de la vivienda actual de Cuispes cae en las primeras horas de la mañana pero después se eleva a medida que la temperatura externa aumenta.

Tabla N° 18: Comportamiento de las temperaturas en las actuales viviendas de Cuispes.

TEMPERATURA DEL ENTORNO DE LA ACTUAL VIVIENDA DE CUISPES		
MES	T° interna °c	T° externa °c
Ene	8,77	6
Feb	8,75	5,98
Mar	8,77	6
Abr	8,61	5,82
May	8,37	5,53
Jun	7,51	4,52
Jul	6,95	3,86
Ago	6,57	3,42
Sep	7,05	3,98
Oct	7,91	4,99
Nov	8,32	5,48
Dic	8,77	6,01

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 01: Variación de la temperatura en el interior y exterior de la vivienda.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la gráfica las temperaturas calculadas del entorno de la vivienda actual de Cuispes no son las mejores para brindar una comodidad térmica para sus ocupantes.

En conclusión el objetivo principal de este trabajo es incrementar la temperatura hasta un valor mínimo de 12°C a más en el interior de la vivienda ya que es la meta mínima a obtenerse según la Matriz energética y energías renovables del Perú en cuanto a calefacción; y así mejorar las condiciones de habitabilidad de los pobladores que residen en las zonas con estas características climáticas de nuestro país, lugares donde están expuestos a temperaturas muy bajas y a heladas meteorológicas.

3.2. EVALUAR EL POTENCIAL SOLAR TÉRMICO DE LA ZONA.

Para la evaluación del potencial solar térmico de la ciudad de Cuispes se utilizara los datos de la página de la Nasa para obtener la data de radiación. En cuanto al tratamiento de datos de temperaturas y precipitaciones nos ayudaremos con los datos históricos que nos brinda la página del SENAMHI y con la ayuda de Meteoble.com, que nos permite obtener datos de temperatura por cada hora del día por una semana, para su mejor estudio.

3.2.1. TRATAMIENTO DE DATOS DE RADIACIÓN

La irradiación y la insolación pueden ser calculadas recurriendo a métodos gráficos, tablas, fórmulas o utilizando software que permitan obtenerla muy fácilmente. En el caso de algunos países de Sudamérica como Perú, se utiliza planos o mapas de irradiación, donde se puede obtener muy fácilmente la irradiación promedio al día a través de colores en los meses más representativos.

En resumen, existen diferentes formas de calcular la irradiación sobre una superficie con cierto ángulo respecto a la horizontal en un lugar concreto y para una época del año determinada.

Los datos vienen tabulados y la aproximación precisa se puede modelar de la siguiente forma:

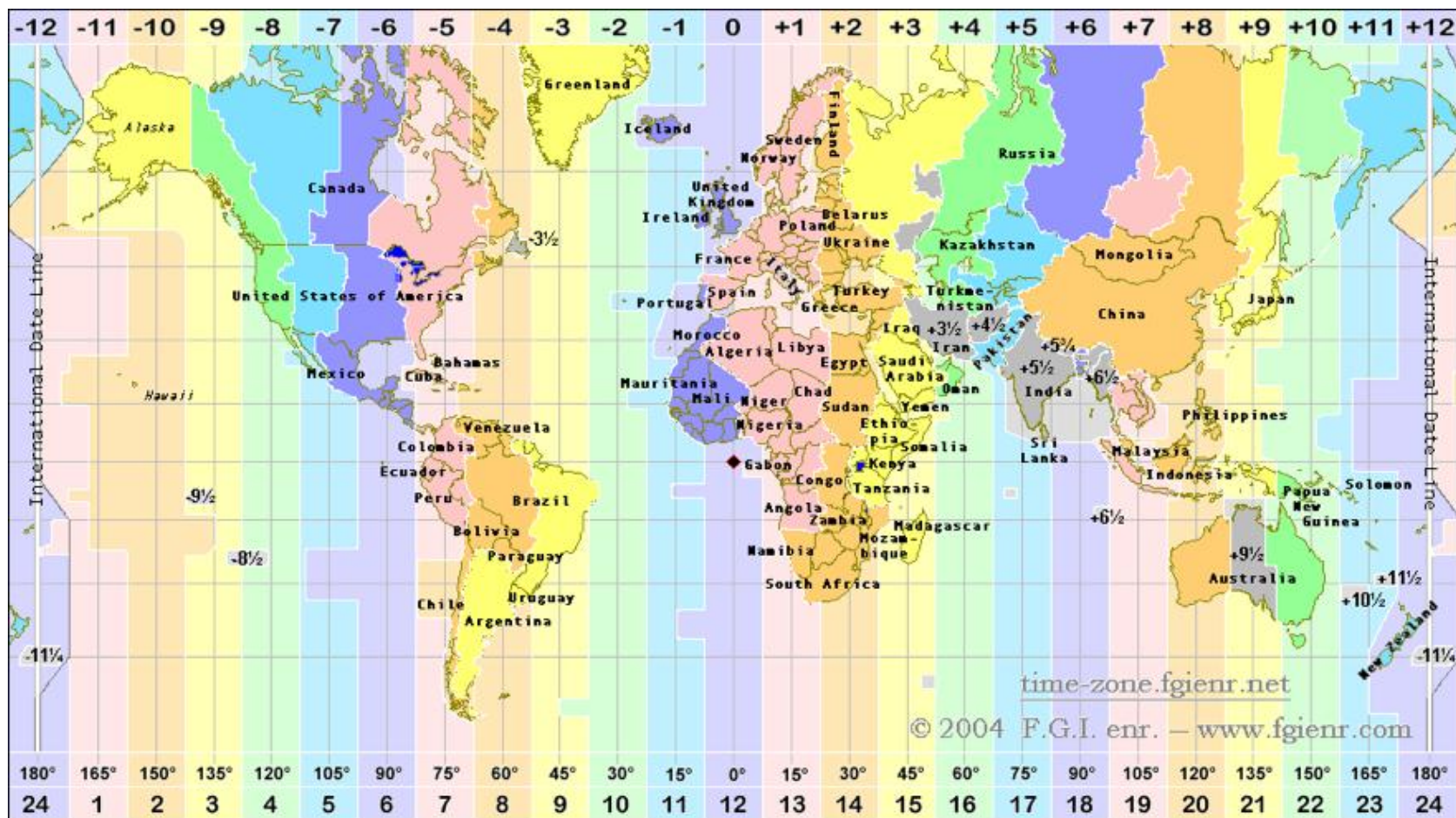
A partir de las coordenadas geográficas de la ciudad de Cuzco (Latitud: 5° 56' 55" Sur y Longitud: 77° 58' 57" Oeste) podemos ingresar a la página de la NASA y obtener los valores de la insolación promedio sobre una superficie horizontal (véase Anexo 2).

La tabla muestra el importe medio mensual de la incidencia total de la radiación solar sobre una superficie horizontal en la superficie de la tierra para los intervalos de 3 horas de GMT durante el mes, en promedio para ese mes en el período de 22 años (julio 1983-junio 2005).

Cuando hablamos de la hora GMT, ésta es muy importante porque permite determinar qué hora es en los países del mundo. El huso horario es una zona de la superficie terrestre comprendida entre dos meridianos (semicírculos que unen los polos Norte y Sur) que mide 15 grados de longitud (aunque ahora cada uno se adaptó a las fronteras internacionales o límites regionales para facilitar las actividades comerciales).

En total son 24 y el punto de inicio para contarlos es el Meridiano de Greenwich (está en Inglaterra y tiene 12 husos al Este y 12 al Oeste), a partir del que se sumará una hora por cada huso atravesado hacia el Este y se restará una hacia el Oeste.

Figura N° 29: El Huso Horario



Fuente: Time.zone.fgienr.net

La siguiente Tabla N°19 muestra los husos horarios utilizados para cada uno de los países:

Tabla N° 19: Husos horarios por países.

País	Huso Horario	País	Huso Horario
 Argentina	GMT-3	 México	GMT-6
 Bolivia	GMT-4	 Nicaragua	GMT-6
 Brasil	GMT-3	 Panamá	GMT-5
 Chile	GMT-4	 Perú	GMT-5
 Colombia	GMT-5	 Puerto Rico	GMT-4
 Costa Rica	GMT-5	 Paraguay	GMT-4
 Cuba	GMT-4	 El Salvador	GMT-4
 República Dominicana	GMT-4	 Estados Unidos	GMT-5
 Ecuador	GMT-5	 Uruguay	GMT-3
 España	GMT+1	 Venezuela	GMT-4
 Guatemala	GMT-6	 Otro país	GMT
 Honduras	GMT-6		

Como podemos observar en la Tabla N°19 en el Perú se trabaja con el huso horario de GMT-5, por lo tanto para nuestro estudio en la Tabla N°20 se encuentran los datos de insolación promedio sobre una superficie horizontal. (Anexo 2).

Tabla N° 20: Insolación incidente promedio mensual corregida sobre una superficie horizontal en Indicado GMT-5

Insolación incidente promedio mensual sobre una superficie Horizontal en GMT indicado épocas (W/m2)												
Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
4:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00:00	90	80	80	90	90	80	70	90	120	140	140	120
10:00:00	370	370	410	440	450	420	440	500	540	520	510	440
13:00:00	440	430	470	480	490	490	510	520	540	540	560	510
16:00:00	300	280	270	250	240	250	270	270	260	250	270	280
19:00:00	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10
22:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Con la tabla corregida a nuestro huso horario se puede determinar los valores de insolación en W/m^2 incidente promedio sobre una superficie cada 3 horas al día en un mes.

Como se puede observar en la tabla que la radiación es prácticamente nula a partir de las 19:00 horas, por lo tanto se sabe que en la madrugada no hay radiación. La radiación empezara a aumentar desde las 7:00 horas (con la salida del sol) hasta llegar a un máximo valor alrededor de las 12:00 y 13:00 horas, para luego disminuir (cuando se oculta el sol).

Asimismo nos proporciona también los datos de insolación promedio por cada mes del año, se nota que el de mayor insolación es:

Tabla N°21: Insolación Promedio mensual.

Insolación Promedio Mensual Incidente Sobre Una Superficie Horizontal En Gmt Indicado Épocas												
MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
KW/m2	151,25	146,25	155	157,5	158,75	155	161,25	172,5	182,5	181,25	185	170

Fuente: Elaboración Propia

Con la tabla antes mostrada de insolación promedio se determina el potencial solar disponible sobre una superficie durante un día. (Véase Anexo 2).

En la tabla N°20 se muestra los resultados del potencial solar disponible sobre una superficie al día en el rango de 3 horas de cada mes. Es importante saber que todos los datos obtenidos de esta página son media de veintidós años de mediciones realizadas a una altura de 3,3 metros.

Tabla N°22: Insolación Promedio en día.

POTENCIAL SOLAR DISPONIBLE SOBRE UNA SUPERFICIE HORIZONTAL (kWh/m ² /DÍA)												
Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
4:00	135	120	120	135	135	120	105	135	180	210	210	180
7:00	690	675	735	795	810	750	765	885	990	990	975	840
10:00	1215	1200	1320	1380	1410	1365	1425	1530	1620	1590	1605	1425
13:00	1110	1065	1110	1095	1095	1110	1170	1185	1200	1185	1245	1185
16:00	465	435	420	375	360	375	405	405	390	375	405	435
19:00	15	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	15
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración Propia

Una vez calculado el potencial es necesario conocer la energía disponible en un día para un posterior uso, de esta manera se muestra en la Tabla N°23 los resultados del cálculo de la energía. (Véase Anexo 2).

Cabe resaltar que el mes que proporciona mayor energía disponible es noviembre, esto se debe a que hay un mayor potencial solar.

Tabla N°23: Energía disponible en un día por cada mes.

MES	Ene	Feb	Mar	Abril	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Wh/m ² /DIA	3,63	3,51	3,72	3,78	3,81	3,72	3,87	4,14	4,38	4,35	4,44	4,08

Fuente: Elaboración Propia

Mientras tanto el flujo solar queda determinado de la siguiente manera:

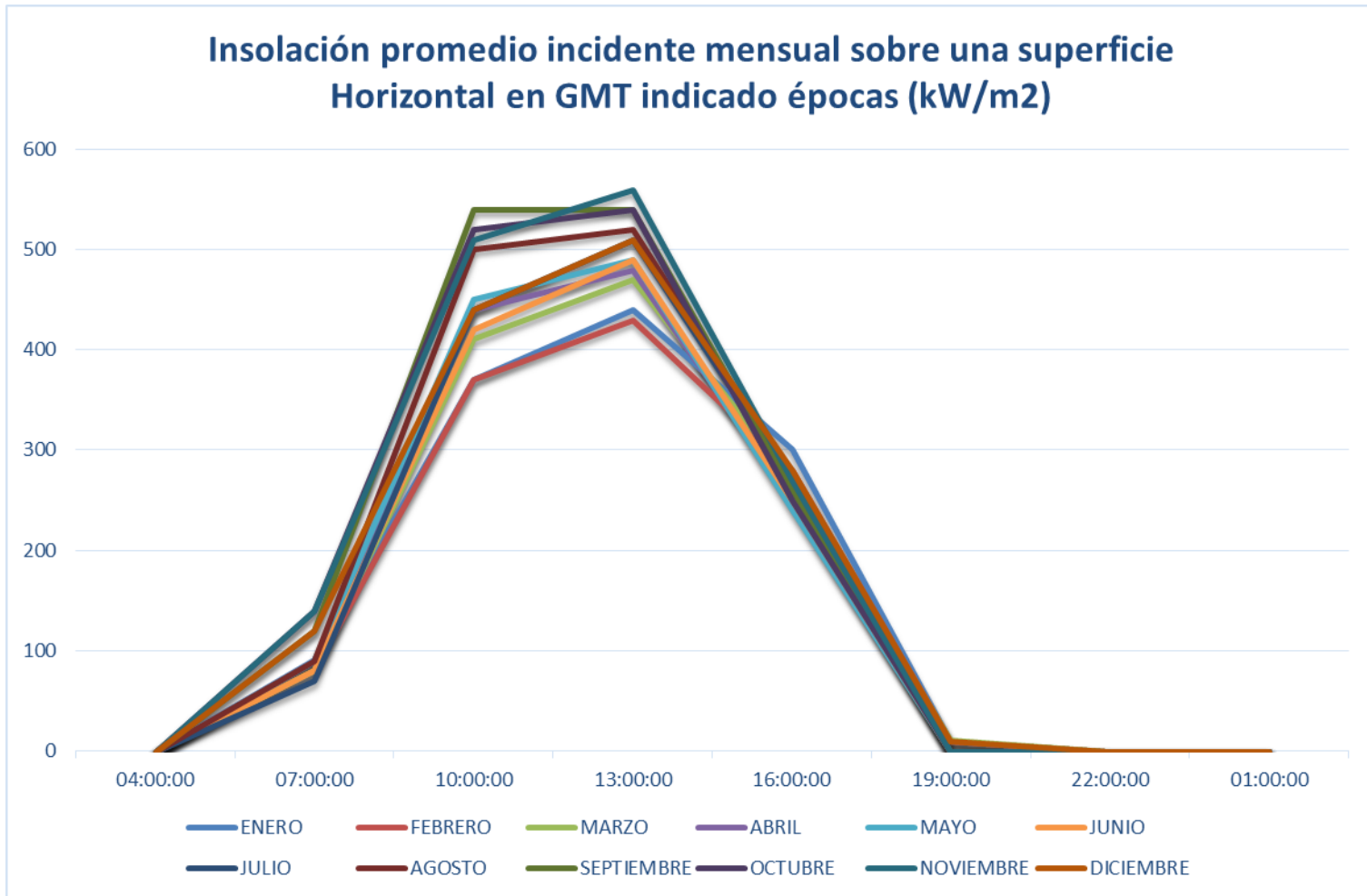
Tabla N°24: Flujo Solar por cada mes.

MES	Ene	Feb	Mar	Abril	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
W/m ²	453,75	438,75	465	472,5	476,25	465	483,75	517,5	547,5	543,75	555	510

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente una vez calculados todos los parámetros de radiación se realiza la campana de insolación solar como se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico N° 02: Insolación promedio incidente mensual sobre una superficie horizontal.



Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo al gráfico se puede explicar el comportamiento de la insolación en donde se muestra que los meses con menor insolación son Enero (151,25 kW/m²) y Febrero (146,25 kW/m²), mientras los meses de mayor insolación solar son Septiembre (182,5 kW/m²), Octubre (181,25 kW/m²) y Noviembre (185 kW/m²).

En conclusión el tratamiento de datos de radiación nos permitirá saber con exactitud cuáles son los meses que se puede aprovechar mejor el recurso solar.

3.2.2. TRATAMIENTO DE DATOS DE TEMPERATURAS

Amazonas es uno de los departamentos que tiene más variada climatología gracias a su diversidad topográfica y fisiográfica. Al norte el clima es cálido, muy húmedo de naturaleza tropical, y con fuertes precipitaciones en especial en los meses de verano; con temperaturas hasta de 35°C en promedio.

En la zona de la cordillera del Cóndor, que es un lugar de altura, hay mucha humedad a causa de la persistencia de neblinas, y se presentan sensibles variaciones de clima entre el día y la noche. Al sur en particular en las provincias de Luya, Bongará y Chachapoyas, se dan climas andinos que van desde el templado cálido de las regiones Yungas hasta el templado frío en las jalcas o punas. Normalmente en los valles interandinos del sur el clima es templado.

Para realizar el tratamiento de datos de temperatura utilizaremos un climograma. Un climograma es un gráfico que sintetiza las características principales del clima de una determinada localidad. A diferencia del tiempo, que es el estado de la atmósfera en un momento dado y en un lugar específico, el clima hace referencia al promedio de las condiciones meteorológicas en ese lugar.

Para estudiar el clima, entonces, es necesario registrar durante muchos años -más de 10, mínimo 4 años, los diversos elementos climáticos (temperatura, precipitación, presión, humedad, viento, nubosidad y otros fenómenos meteorológicos, tales como nieve y granizo), calcular el promedio de dichos registros y determinar sus variaciones a lo largo del tiempo.

La temperatura y la precipitación no sólo son los elementos climáticos más importantes, sino que también son los más fáciles de medir. En consecuencia, los registros y estadísticas de temperatura y precipitación son mucho más abundantes que los de los otros elementos. Ahora bien, para tener idea acerca del clima de un lugar, ¿es suficiente conocer la temperatura media anual y cuánto llueve en un año? La respuesta es no, porque el dato anual no da cuenta de la variación de los dos elementos a lo largo del año.

Para averiguar si en ese lugar existe un período invernal y otro estival, si la precipitación es abundante durante todo el año o si hay períodos de sequía, es

necesario conocer los valores de temperatura y precipitación mes a mes. Precisamente son esos valores los que plasmamos en un climograma.

En el climograma, entonces, representamos conjuntamente los comportamientos anuales (o "marchas anuales") de la precipitación y de la temperatura de un determinado lugar.

Podemos ingresar a la página de la SENAMHI y obtener la data histórica de las temperaturas y precipitaciones además de la velocidad y dirección de viento.

La estación meteorológica que se ha utilizado es:

Tabla N°25: Datos De La Estación Meteorológica.

Departamento: AMAZONAS	Provincia: BONGARA	Distrito: JAZAN
Latitud: 5° 56' 55"	Longitud: 77° 58' 57"	Altitud: 1425

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a esta estación se obtiene la data histórica de temperaturas y precipitaciones de por lo menos 4 años. Asimismo estos datos fueron tratados y analizados para un mejor estudio, de esta manera se muestra la tabla N°21 que es el resumen de temperatura y precipitaciones promedios desde el año 2008-2011.

Tabla N°26: Resumen de datos de temperatura y precipitaciones (2008-2011)

RESUMEN DE TEMPERATURAS DE LOS AÑOS 2008-2011				
MES	TEMPERATURAS		PRECIPITACIONES (mm)	
	T°. MAX	T°. MIN	7	19
ENERO	26,41	16,00	-223,42	-376,94
FEBRERO	25,79	15,98	-127,27	-238,27
MARZO	25,69	16,00	-65,81	-174,02
ABRIL	25,35	15,82	-91,79	-155,29
MAYO	25,06	15,53	-55,51	-193,18
JUNIO	24,33	14,52	-56,60	-194,38
JULIO	24,85	13,86	-71,38	-214,62
AGOSTO	26,31	13,42	-210,72	-120,91
SEPTIEMBRE	25,91	13,98	-58,28	-198,63
OCTUBRE	27,35	14,99	-97,91	-235,93
NOVIEMBRE	27,67	15,48	-67,26	-122,09
DICIEMBRE	26,69	16,01	-103,92	-166,26

Fuente: Elaboración Propia

Existe un notable problema con las temperaturas ya que la estación meteorológica escogida no está ubicada en la misma zona de la ciudad de Cuispes. Del mismo modo cabe destacar que se utilizó esta estación porque está más cerca de la ciudad, aunque a diferente altura, por este motivo se aplica un gradiente de temperatura, ya que se sabe que ésta varía con la altura, el aire de la parte inferior de la atmósfera se calienta principalmente por el contacto con el suelo, este aire está más caliente que el de arriba.

Por lo dicho la temperatura en el aire de la TROPOSFERA disminuye uniformemente unos 0,65°C cada 100 metros ascendidos dentro de ella (o sea 6,5 °C cada km), por lo que cuanto más se asciende más baja es la temperatura de la capa de aire.

La temperatura mantiene su disminución constante hasta la Tropopausa donde alcanza unos -60° C. Ahí comienza la Estratosfera que mantiene la temperatura sin disminuir con unos -60°C.

Por lo tanto de acuerdo a lo antes mencionado se tiene que hacer correcciones a los datos de temperatura. (Véase Anexo 3).

A continuación se muestra los valores corregidos de temperatura y precipitaciones promedio entre los años 2008 -2011:

Tabla N°27: Datos De Temperatura y Precipitaciones (2008-2011).

RESUMEN DE TEMPERATURAS DE LOS AÑOS 2008-2011				
MES	TEMPERATURAS		PRECIPITACIONES (mm)	
	T°. MAX	T°. MIN	7	19
ENE	16,41	6,00	-223,42	-376,94
FEB	15,79	5,98	-127,27	-238,27
MAR	15,69	6,00	-65,81	-174,02
ABR	15,35	5,82	-91,79	-155,29
MAY	15,06	5,53	-55,51	-193,18
JUN	14,33	4,52	-56,60	-194,38
JUL	14,85	3,86	-71,38	-214,62
AGO	16,31	3,42	-210,72	-120,91
SEP	15,91	3,98	-58,28	-198,63
OCT	17,35	4,99	-97,91	-235,93
NOV	17,67	5,48	-67,26	-122,09
DIC	16,69	6,01	-103,92	-166,26

Fuente: Elaboración Propia

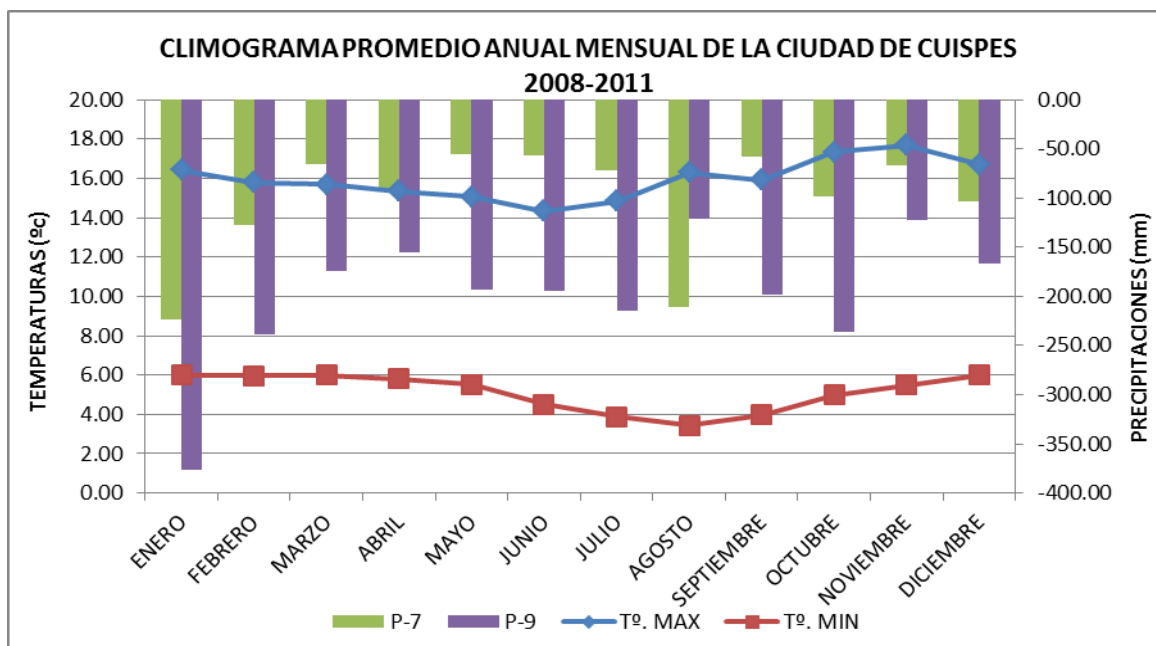
Tabla N°28: Datos de velocidades (2008-2011).

RESUMEN DE VELOCIDADES DE VIENTO (2008-2011)	
MES	VELOCIDAD DEL VIENTO
ENE	2,19
FEB	3,08
MAR	3,14
ABR	3,29
MAY	3,56
JUN	3,25
JUL	3,35
AGO	2,88
SEP	2,88
OCT	2,57
NOV	3,21
DIC	2,82

Fuente: Elaboración Propia

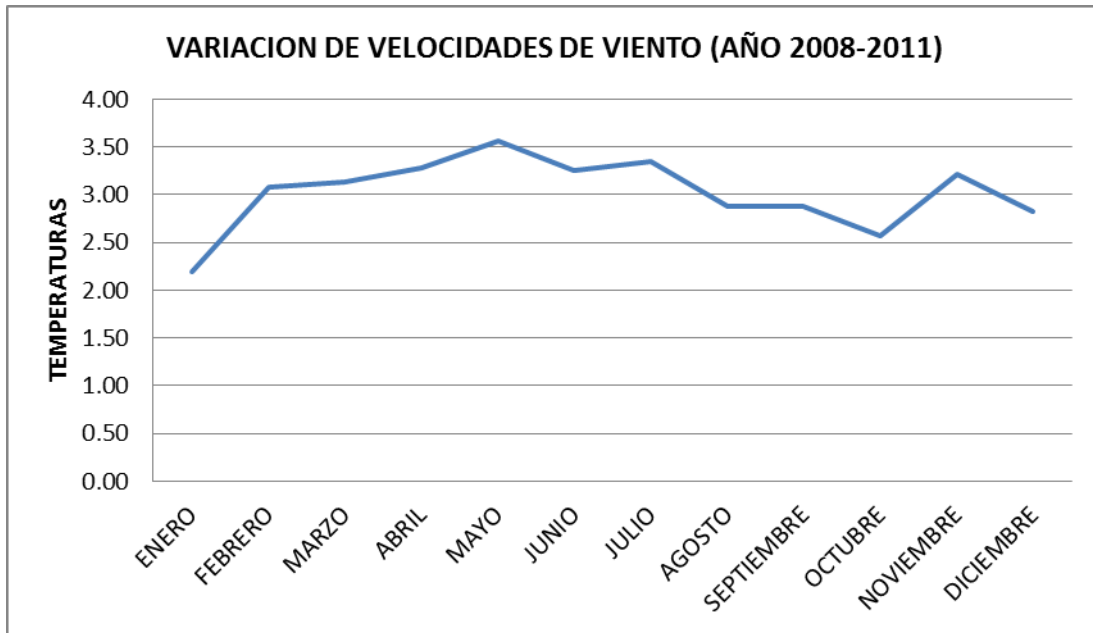
Como se muestran en las tablas, también se realizó el tratamiento de precipitaciones y velocidades de vientos de cada mes por los cuatro años tratados. (Véase Anexo 3). A partir de estos valores analizados se obtiene el siguiente gráfico de un climograma promedio de los cuatro años estudiados por mes de la ciudad de Cuispes.

Gráfico N° 03: Climograma promedio de los años 2008-2011.



Fuente: Elaboración Propia

GRAFICO N° 04: Variación promedio de velocidades del viento (2008-2011).



Fuente: Elaboración Propia.

En el Climograma se puede observar que en el mes de Enero hay fuertes precipitaciones, mientras que en Agosto y Noviembre son los meses de menor precipitación.

En cuanto a temperaturas se puede observar que en los meses de Enero, Octubre y Noviembre pueden llegar hasta una temperatura máxima de 17.67°C que registra el mes de noviembre, siendo la temperatura máxima más baja en el mes de junio con 14.33°C . En cambio para la temperatura mínima es un poco más elevada entre los meses de diciembre a mayo siendo el mes con mayor temperatura mínima enero y marzo con 6°C , entre los meses de Junio a Septiembre la temperatura disminuye hasta un mínimo de 3.42°C en el mes de agosto .

Del mismo modo en el gráfico de velocidades de viento se puede decir que no hay mucho potencial de velocidades de vientos, ya que en los meses de enero, octubre y diciembre las velocidades caen mientras que los meses de mayor velocidad de viento son mayo y julio.

Es muy importante tener en cuenta estos valores ya que nos permite tener una visión clara para el desarrollo del proyecto, puesto que podemos determinar los meses de peores condiciones climáticas para tener en cuenta en el diseño del aislamiento térmico en las viviendas de la ciudad de Cuispes.

3.3. ANALIZAR LAS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE LA VIVIENDA

3.3.1 Materiales que pueden ser utilizados en el diseño y construcción de la estructura tecnológica para el acondicionamiento de la vivienda.

La arquitectura de la vivienda es fundamental para el desarrollo humano, especialmente en zonas con condiciones meteorológicas extremas.

Es muy importante para la familia y el desarrollo de la sociedad, porque es el lugar donde todos vivimos y tiene que ser cómodo y saludable. Muchos tipos de viviendas son complicados de construir, requieren mucho conocimiento y trabajo para su realización.

Para ser una buena vivienda tiene que cumplir con distintas funciones:

- Proporcionar funcionalidad y seguridad a quienes la habiten.
- En el interior de una casa se encuentra protegido del viento, el frío, el calor, la lluvia, la arena y el polvo permaneciendo fuera de ésta.
- Una casa debe durar muchos años con un mantenimiento mínimo.

Son muchas las formas de hacer una casa. En casi ningún lugar las casas se hacen igual que en otro. En los lugares más fríos las casas son más gruesas para resistir el frío y necesitan sistemas para calentarse.

En los lugares más cálidos se suele construir una casa bajo tierra para que conserven el fresco de la noche durante el día. En los bosques las casas se hacen con madera; en las montañas con piedra, en zonas de actividad sísmica hay que tener en cuenta los daños que la casa puede sufrir. En cada país hay normas para facilitar este trabajo.

Una selección de materiales de aislamiento puede ayudar al aislamiento de viviendas rurales. Todos estos se basan en los principios del aislamiento térmico. Materiales utilizados para reducir la transferencia de calor por conducción, radiaciones o convección se emplean en diversas combinaciones para lograr los resultados deseados. La elección y el grado de aislamiento se basan en una serie de factores:

Clima.

- Facilidad de instalación; por ejemplo, algunos materiales no pueden ser readaptados debido a problemas de accesibilidad o de toxicidad.
- Durabilidad; resistencia a la compresión, la humedad, la degradación.

- Costo; que es por lo general relacionado con la durabilidad y la eficacia.
- El modo de transferencia de calor; aislamiento a granel es más útil en condiciones de frío donde se producen pérdidas significativas, que son menos útiles en ambientes calurosos, donde la radiación solar es la fuente de ganancia de calor.
- La orientación de la superficie y la dirección de flujo de calor determinan la eficacia de una barrera radiante. Será barrera radiante la que funciona mejor para detener la baja transferencia de calor desde o hacia las superficies horizontales.
- Los efectos tóxicos.
- Impacto ambiental y sostenibilidad.

Por lo general, una combinación de materiales es necesaria para lograr una solución óptima para una vivienda más de una serie de condiciones climáticas. También hay algunos productos que combinan diferentes tipos de aislamiento en un solo producto. Una gama de material puede emplearse en la fabricación y construcción de productos de aislamiento:

- Polímeros sintéticos: poliestireno, polietileno, poliuretano, poliisocianurato
- Lana mineral: Fibra de vidrio, lana de roca, escorias.
- Minerales: Vermiculita, Perlita.
- Materiales vegetales naturales: aislamiento de celulosa, corcho, cáñamo, algodón, paja.
- Fibras de origen animal: lana.

Otros materiales inusuales o de interés histórico

- Materias vegetales naturales: mazorcas de maíz, paja en polvo, virutas de madera, serrín, corteza de secuoya, fibra de abeto o madera de balsa.

Asimismo se muestra una lista de materiales que tienen propiedades térmicas aceptables para lograr una solución óptima de aislamiento que se desea en las viviendas de Cuispes, ya sea por su misma condición climatológica.

a). LAS ESTRUCTURAS DE MADERA

La madera es el material preferido para la construcción con un rendimiento energético muy elevado y sin duda alguna el más ecológico. Se trata principalmente de un aislante natural que maneja fácilmente los problemas de aislamiento de los edificios y el proceso de aplicación en la construcción de madera, es muy avanzada en cuanto a estanqueidad.

Para un espesor dado, el rendimiento térmico que se puede obtener es superior a cualquier otro de los materiales constructivos. Sin extenderse en las propiedades físicas y mecánicas de la madera y de lo beneficioso de su uso para nuestra salud medioambiental etc. es decir que el procesado inteligente de la madera, desarrollando nuevos métodos de selección, secado, encolado, etc. han hecho posibles grandes escuadrías sin las deformaciones y alabeos propios del material en bruto.

Aportando la homogeneización del material por un lado y la clasificación por resistencias del mismo que surgen del procesado industrial controlado, hacen posible que el técnico de la construcción tenga garantías de comportamiento del material ante la carga, fuego, humedad, acústica, térmica etc. similares a las que aportarían materiales normalizados como el acero.

Teniendo en cuenta la densidad de la madera, destacar que a grandes rasgos, una estructura de madera es 9 veces más ligera que la de hormigón y 17 veces más ligera que la de acero. Básicamente existen dos tipos de estructura; la de entramado ligero y la maciza.

Hay varios tipos de madera. Esencialmente podemos clasificarla en maderas duras, que son de lento crecimiento, y maderas blandas que son de rápido crecimiento lo que facilita su renovación (reforestación).

Las maderas de baja densidad (hasta 0.5 gr/cm³) se conoce como coníferas. Las de alta densidad (mayor a 0.5 gr/cm³) se conoce como latifoliadas.

i. PROPIEDADES DE LA MADERA

- Resistencia: especialmente cuando los esfuerzos son paralelos a la dirección de la fibra.
- Flexibilidad: sobre todo en maderas blandas lo que permite darle curvatura.
- Esto es una ventaja cuando se trabaja con madera laminada.
- Aislante térmico, eléctrico y acústico.
- Baja relación peso/resistencia.
- Facilidad para ser trabajada (corte, cepillado, unión con tornillos, clavos, adhesivos).
- Mayor resistencia para colapsar ante el fuego que una estructura de metal.

Si la madera es inmunizada esta resistencia es todavía mayor. Al hacer un corte transversal de un tronco de madera, se aprecia en la parte más externa, en la periferia, la zona que se llama Albura. Aquí los anillos de crecimiento son más separados, el color es más claro que en el centro, la madera en esta zona es menos dura, es la parte más reciente del árbol. La parte que es más interna, de color más oscuro, formada por anillos más juntos, de mayor dureza, se llama Duramen.

Tabla N°29: Resumen de las Propiedades Térmicas de los Materiales.

PROPIEDADES TÉRMICAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y AISLANTES				
Material	Densidad(kg/m³)	Calor específico(J/(kg·K))	Conductividad térmica(W/(m·K))	Difusividad térmica (m²/s) (x10⁻⁶)
Corcho (expandido)	120	-	0,036	-
Corcho (tableros)	120	1880	0,042	0,186
Fibra de vidrio	220	795	0,035	0,200
Láminas de fibra de madera	200	-	0,047	-
Madera	840	1381	0,13	0,112
Madera de abedul	650	1884	0,142	0,116
Madera de alerce	650	1298	0,116	0,137
Madera de arce	750	1591	0,349	0,292
Madera de chopo	650	1340	0,152	0,175
Madera de fresno	750	1591	0,349	0,292
Madera de haya	800	1340	0,143	0,133
Madera de haya blanca	700	1340	0,143	0,152
Madera de pino	650	1298	0,163	0,193
Madera de pino blanco	550	1465	0,116	0,144
Madera de roble	850	2386	0,209	0,103
Mica	2900	-	0,523	-
Poliestireno	1050	1200	0,157	0,125
Serrín	215	-	0,071	-
Vidrio	2700	833	0,81	0,360

Fuente: Elaboración Propia.

b) PROPIEDADES DE BARRO

i. Características del barro como material de construcción

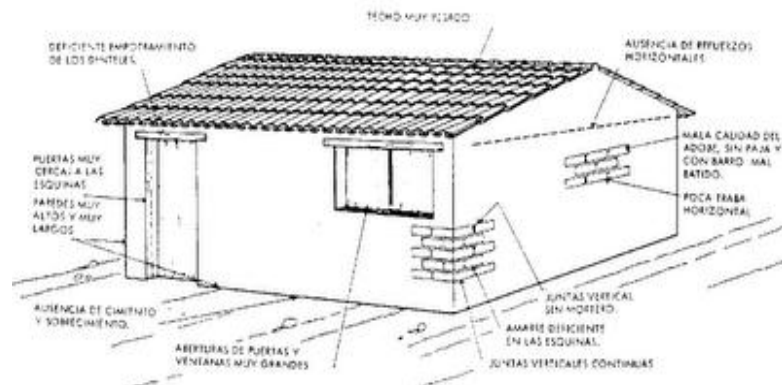
El barro constituye una excelente materia prima para la construcción. Es el resultado de una lenta eflorcencia de feldespato, cuarzo y mica. Es abundante, económico y reciclable, excelente para regular el control de las variaciones de la temperatura ambiental en una habitación. Mezclado con fibra provee aislamiento acústico y térmico, absorbe olores y no es atacado por el fuego.

Aun cuando tradicionalmente el adobe no se sometía a la acción del fuego, hoy día existen adobes producidos comercialmente que sí la utilizan. En ese caso los "ladrillos" así producidos, manteniendo sus dimensiones originales, evidencian cambios con relación a los tradicionales en cuanto a textura, color y resistencia. También, algunas variantes del adobe contemplan su estabilización (en oposición a su disgregación) al añadirse dosis de cemento, asfalto y/o materiales bituminosos. Pero esto altera la apariencia y la forma de trabajar del material original.

Una desventaja del adobe no cocido es su falta de estabilidad como materia, dado que su endurecimiento no reviste carácter permanente como sí ocurre en el ladrillo cocido, y ello puede conducir a cambios de acortamiento y ensanchamiento en sus proporciones al variar la proporción de su contenido de agua. También su resistencia varía con la cantidad de agua que aloja: a mayor cantidad de agua contenida menor capacidad de carga.

El adobe no se adhiere permanentemente a metal, madera o piedra en razón de su mayor variabilidad de comportamiento en dilatación-contracción. Sin embargo, en muchas obras se los encuentra juntos pero operando separadamente.

Figura N°30: Vivienda De Adobe (Barro)



- **10 Razones por la cual construir en Tierra**

- ✓ Puede ser manejado por todos quienes deseen construir su propia casa. La tierra que se utiliza para construir es un material generoso y amable, es fácil de aprender y aplicar.
- ✓ El barro tiene la propiedad de ser un aislante electromagnético; en estos tiempos es un gran aliado, entre las antenas celulares, el wifi, las ondas satelitales, y muchas otras más tenemos en nuestro hogar un pequeño refugio de paz.
- ✓ Los muros de barro tienen una gran inercia térmica; Esto quiere decir que nos sirven como regulador térmico, en verano mantiene nuestra casa fresca y en invierno calentita.
- ✓ Los muros de barro son aislantes acústicos. Mientras más gruesos sean más aislación tendrán.
- ✓ El barro ayuda muchísimo a evitar problemas de resfríos, bronquitis, asma, entre otras, ya que es un material por naturaleza transpirable. Los muros de tierra permiten la regulación natural de la humedad del interior de la casa, de modo que se evitan las condensaciones las cuales provocan estas y otras enfermedades.
- ✓ La tierra es un material inocuo, no contiene sustancias tóxicas y es totalmente reciclable, cuando acaba su uso, se vuelve a convertir en tierra.
- ✓ Es fácil de obtener. Sobre todo si tu sitio tiene un poco de arcilla estamos perfecto!, en este caso su obtención es totalmente respetuosa.
- ✓ Es mínimo el gasto energético para la construcción en tierra.

Este barro servirá para almacenar el calor del sol, lo cual mantendrá la casa calentita por las noches, y por el día fresca, el barro tiene una gran inercia térmica; esto quiere decir que es un regulador térmico, en verano mantiene nuestra casa fresca y en invierno calentita.

Algunos datos que se pueden utilizar:

Tabla N°30: Conductividad térmica de los materiales.

Material	Conductividad térmica [W/(m·K)]
Metales	35 (plomo) 381 (cobre)
Hormigón	1,63 - 2,74
Agua	0,60 (líquida) - 2,50 (hielo)
Mortero de cemento	0,35 - 1,40
Ladrillo macizo	0,72 - 0,90
Bloques de hormigón	0,35 - 0,79
Ladrillo hueco	0,49 - 0,76
Enlucidos de yeso	0,26 - 0,30
Ladrillo multialveolar	0,20 - 0,30
Maderas, tableros	0,10 - 0,21
Hormigón celular	0,09 - 0,18
Aislamientos	0,026 - 0,050
Aires (sin convección)	0,026

Tabla N°31: Transmitancia térmica de los materiales.

Material del perfil	Transmitancia térmica U (W/m ² · K)
Poliuretano con núcleo metálico. Espesor de PUR ≥ 5 mm	2,80
Perfiles huecos de PVC (2 cámaras)	2,20
Perfiles huecos de PVC (3 cámaras)	1,80
Madera dura ($\rho = 700 \text{ kg/m}^3$, $\lambda = 0,18 \text{ W/m K}$), espesor del perfil 60 mm	2,20
Madera blanda ($\rho = 500 \text{ kg/m}^3$, $\lambda = 0,13 \text{ W/m K}$), espesor del perfil 60 mm	2,00
Metálico sin RPT	5,70
Metálico con rotura de puente térmico, rotura: $4 \text{ mm} \leq d < 12 \text{ mm}$	4,00
Metálico con rotura de puente térmico, rotura: $d \geq 12 \text{ mm}$	3,20

Fuente: Normas UNE-EN ISO 10077-

Tabla N°32: Absortividad y Emisividad térmica de los materiales.

Superficie	Absortividad (radiación corta, solar)	Emisividad (radiación larga, terrestre)
Hoja de aluminio brillante	0.05-0.1	0.05-0.1
Lámina de aluminio, con Pátina de oxidación	0.3-0.5	0.2-0.5
Pintura de aluminio	0.4-0.55	0.4-0.55
Hierro galvanizado, con Pátina normal	0.3-0.5	0.2-0.4
Encalado reciente	0.12	0.90
Madera, lámina de asbesto, nueva	0.40	0.90
Lámina de asbesto, con pátina negra	0.70	0.90
Ladrillo, teja, piedra	0.70	0.90
Concreto aparente	0.45-0.65	0.90
Pintura de aceite, blanca	0.20	0.90
Pintura verde o gris, clara	0.40	0.90
Pintura verde o gris, oscura	0.70	0.90
Pintura negra o asfalto	0.85	0.90

Fuente: M. Evans (1980) y B Givon (1976)

c) PROPIEDADES DE LOS PLÁSTICOS UTILIZADOS COMO CUBIERTA DE INVERNADEROS.

i. Propiedades físicas.

La elección de un determinado material de cubierta influirá en el tipo de estructura del invernadero, es decir, determinará el peso que debe soportar la estructura por tanto el espacio que debe haber entre pilares, barras de soporte, correas, distancia entre canal y cumbre y forma del techo.

- **Peso.** Los filmes de plástico tienen poco peso lo que reduce su exigencia en estructuras y por tanto aumenta la uniformidad de la luz en el interior al reducir el sombreo. Los materiales rígidos además de un peso mayor acostumbran a tener un tamaño más reducido con lo cual requieren un mayor número de soportes, e influirá también en una menor estanqueidad.

- **Densidad.** Informa sobre la cristalinidad de los polímeros. Ésta modifica la flexibilidad, permeabilidad y propiedades térmicas del polímero. Una densidad baja facilita la manipulación y el transporte unido o un menor precio.

- **Espesor.** Las unidades de medida serán milímetros generalmente utilizados para

vidrio y plásticos rígidos y micras o galgas para los filmes, 100 m equivalen a 400 galgas. (1 mm = 1000 m). En filmes el espesor recomendado para proteger el cultivo en las bajas temperaturas es de 200 - 800 galgas.

- **Resistencia a la rotura** (especialmente en zonas de granizo, nieve o viento), resistencia a la deformación por altas temperaturas, resistencia a la rotura por bajas temperaturas.

- **Envejecimiento.** El envejecimiento de los materiales utilizados como cubierta en invernadero viene determinado por la degradación de sus propiedades físicas, radiométricas y mecánicas.

› **Envejecimiento Físico:** El seguimiento de la degradación física de los materiales se puede realizar regularmente por una simple observación que revele la aparición de desgarraduras en láminas plásticas y mallas de sombreo, desprendimiento de la capa de aluminio en pantallas térmicas, fractura de la muestra en materiales rígidos, etc.

› **El Envejecimiento Radiométrico:** Un procedimiento sencillo para determinar los cambios en la transmisión de luz de un material, debidos a la acción de los rayos solares, es medir periódicamente la radiación fotosintética activa (PAR) comprendida entre 400 y 700 nm, que es primordial para las plantas, ya que condiciona su rendimiento. Esta medida hecha tanto al aire libre como bajo el material de cubierta, nos informa de las variaciones en la capacidad de éste para transmitir el máximo de luz.

Tabla N°33: Tiempo de vida de los plásticos para invernaderos.

Duración de plásticos normalizados para invernaderos (Fuente: SERRANO, 1994)			
Tipo de plástico	Espesor	Duración (en Almería)	Radiación solar recibida
Polietileno "normal" (sin aditivos)	150 micras (600 galgas)	6-8 meses	< 148 kcal/cm ²
Polietileno "larga duración"	180 micras (720 galgas)	2 años	296 kcal/cm ²
Polietileno "Térmico larga duración"	200 micras (800 galgas)	2 años	296 kcal/cm ²
Copolímero EVA (12 % AV)	200 micras (800 galgas)	2 años	296 kcal/cm ²
Copolímero EVA (6 % AV)	100 micras (400 galgas)	1 año	148 kcal/cm ²

Fuente: Serrano, (1994)

ii. Propiedades ópticas. Transmisión de la radiación solar.

- **Transmitancia.** Es la propiedad de los materiales de dejar pasar la radiación solar, se expresaría como la relación entre la radiación en el interior del invernadero y la

medida simultáneamente en el exterior. La transmisión depende del ángulo de incidencia de la cubierta.

iii. Propiedades térmicas y comportamiento térmico.

La capacidad de protección contra el frío de un material depende por un lado de su transmitancia para la radiación IR larga, y por otro de las pérdidas por conducción y convección a su través. En condiciones estables en laboratorio se mide un coeficiente K global de pérdidas caloríficas, que expresa el conjunto de pérdidas radiantes, convectivas y conductivas, y que permite comparar unos materiales con otros. Características comparadas de los principales materiales plásticos utilizados en cubierta de invernadero.

Tabla N°34: Características comparadas de los plásticos.

	FLEXIBLES		RÍGIDOS			
	Polietileno	PVC	PVC ondulado	Polimetacrilato de metilo	Poliéster estratificado	Cristal
Características	(0,08 mm)	(0,1 mm)	(1-2 mm)	(4 mm)	(1-2 mm)	(2,7 mm)
Densidad	0,92	1,3	1,4	1,18	1,5	2,40
Índice de refracción	1,512	1,538	-	1,489	1,549	1,516
% de dilatación antes de que se rompa	400-500	200-250	50-100	escasa	escasa	nula
Resistencia al frío y calor	-40+50° C	-10+50° C	-20+70° C	-70+80° C	-70+100° C	muy elev.
Duración	2 años	2-3 años	elevada	elevada	elevada	elevada
Transparencia % (0,38-0,76 micrones)	70-75	80-87	77	85-93	70-80	87-90
Transmisión % (-0,24-2,1 micrones)	80	82	82	73	60-70	85
Transmisión % (7-35 micrones)	80	30	0	0	0	0

Fuente: serrano, (1994)

iv. Tipos de materiales de cubierta para invernaderos.

La elección del material de cobertura dependerá de una serie de criterios o indicadores, que interaccionados entre sí, ayudarán en la elección del material apropiado. Estos indicadores se pueden resumir en:³⁹

- Propiedades ópticas, térmicas y mecánicas del material de cubierta.
- Estructura del invernadero, anclaje o sujeción del plástico

³⁹ Matallana y Montero, 1995.

El material ideal sería el que cumpliera los requisitos siguientes: buen efecto de abrigo, gran retención de calor, gran rendimiento térmico, gran transparencia a las radiaciones solares, gran opacidad a las radiaciones infrarrojas largas emitidas por suelo y planta durante la noche.

Los materiales que pueden cumplir todas estas exigencias son caros y exigen estructuras costosas. El material ideal sería el que tuviese el espesor y flexibilidad de los plásticos y las propiedades ópticas del vidrio.

Los materiales de cubierta se dividen en tres grupos:⁴⁰

- Vidrio impreso o catedral.
- Plásticos rígidos: polimetacrilato de metilo (PMM), policarbonato (PC), poliéster con fibra de vidrio, policloruro de vinilo (PVC).
- Plásticos flexibles: policloruro de vinilo (PVC), polietileno de baja densidad (PE), etileno vinilo de acetato (EVA), policloruro de vinilo (PVC) y materiales coextruidos.

3.3.2. Diseños

A continuación se detallan las características de algunos de los modelos existentes, teniendo en cuenta, que el estudio está enmarcado dentro de un proyecto de cooperación al desarrollo, donde el presupuesto y el acceso a los materiales, principalmente, van a impedir la posibilidad de realizar sistemas más complejos.

a). Vertical

Ventajas

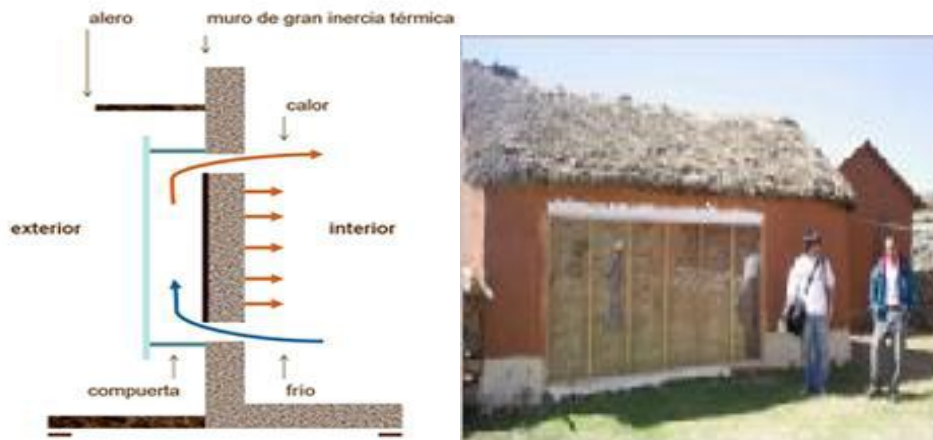
- > Poco impacto directo de lluvia.
- > Se encuentra bien protegido
- > Facilidad en el flujo de calor.
- > Es adaptable a casi todas las viviendas y entornos, ya que ocupa poco espacio.
- > Poca necesidad de impermeabilización...
- > El mantenimiento y la limpieza son simples y accesibles.

⁴⁰ Matallana y Montero, 1995.

Inconvenientes

- › Poco ángulo para la captación de la radiación solar en Perú, son ineficientes debido a la inclinación del sol para esta localización.
- › Dificultad de montaje.
- › Dificultad en el transporte.
- › Caro.
- › Es una tecnología replicable, pero es más difícil el acceso al cristal.
- › Las reparaciones son complejas, y más costosas.

Figura N°31: Modelo vertical, Muro Trombe.



b). Inclinado

Ventajas

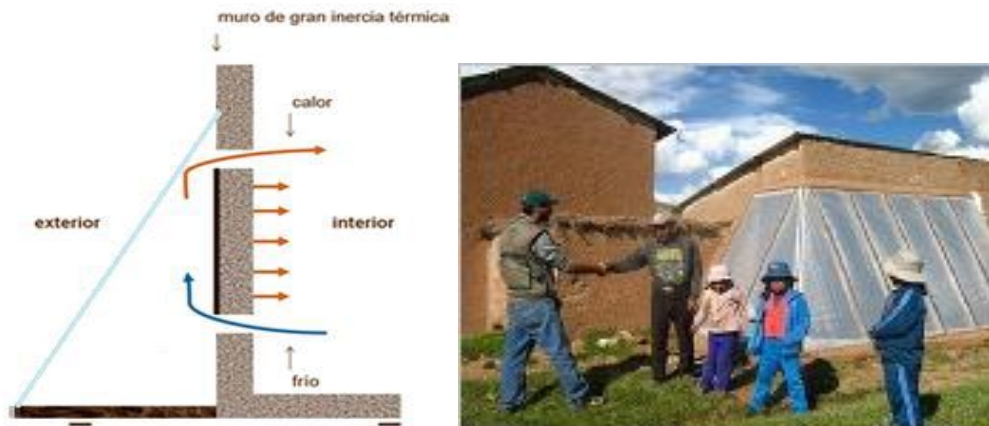
- › Ángulo óptimo de captación para la localización.
- › La presencia de piedras en la base ayudan a acumular más calor.
- › Construcción sencilla.
- › Económico
- › Transporte de materiales sencillo y seguro.
- › Debido a su sencillez, es fácilmente replicable por los beneficiarios de las comunidades.
- › Su reparación resulta sencilla y accesible.

Inconvenientes

- › Está a ras del suelo; más fácil de dañar y se ensucia con mayor facilidad.

- › Recibe más impacto de la lluvia; mas suciedad y precisa de mayor impermeabilidad.
- › Puede recibir humedad de la propia tierra.
- › El hecho de que ocupe más espacio, puede suponer un problema en determinadas viviendas con obstáculos en su entorno (montículos, árboles, cobertizos).

Figura N°32: Modelo Inclinado, Muro Trombe



c). Horizontal

Ventajas

- › Ángulo muy óptimo de captación de la radiación solar.
- › No precisa, apenas, de obra en la vivienda (agujeros, anclajes).
- › Podría aprovecharse para más de una casa (aunque el Trombe tendría que ser mayor)

Inconvenientes

- › Al no estar adherido a la vivienda, no calienta ningún muro de la misma, no hay inercia térmica.
- › Necesita estar en ubicaciones muy abiertas, para optimizar la captación de radiación.
- › Está expuesto por completo a la acción de la lluvia; suciedad, deterioro y más mantenimiento.
- › Necesita una gran labor de impermeabilización.
- › Puede entrar humedad de la propia tierra.
- › Al estar completamente en el suelo y no adherido a la pared, es más propenso a dañarse.

- › Dificultad en el flujo de aire frío y caliente.
- › Más complicado ubicarlo de forma que no altere el tránsito de personas o animales, o varíe las actividades de los beneficiarios.

Figura N°33: Modelo Horizontal, Muro Trombe



d). Invernadero

Ventajas

- › Tiene superficies de captación a dos inclinaciones distintas, 70 y 10 grados aproximadamente, que son óptimas para la latitud.
- › Mucha superficie para poner piedras que acumulan calor u otros elementos de gran inercia térmica.
- › Espacio habilitado para el cultivo.
- › Económico
- › Replicable. Aunque reporta una mayor complejidad que el modelo inclinado.

Inconvenientes

- › La humedad del propio cultivo, pasa a la circulación del aire y por lo tanto afecta al interior de la vivienda.
- › Durante la noche, las plantas producen CO₂, que se podría incorporar al interior de la vivienda, con su correspondiente peligro.
- › Recibe más impacto de la lluvia; precisa de mayor impermeabilización.
- › Difícil limpieza.
- › Difícil acceso para la limpieza y el mantenimiento a la parte superior de la estructura (riesgo de dañarlo).

- › Con la entrada y salida al invernadero, para las labores de agricultura en el interior, se perdería parte del calor acumulado, disminuyendo el rendimiento.

Figura N°34: Modelo Invernadero, Muro Trombe



e). Latas

Ventajas

- › Económico y sencillo.
- › Materiales reciclados.
- › Portátil en función de la orientación del sol. (Incluso se podría retirar para evitar el deterioro por granizadas o fuertes vientos)
- › Fácil mantenimiento y limpieza.

Inconvenientes

- › Pueden oxidarse con facilidad si entra agua al sistema, precisa de una buena impermeabilización.
- › Las latas se deterioran fácil con la acción de la radiación solar.
- › Poco compacto y frágil, además, al no estar anclado, es más fácil que vuelque o se deteriore.
- › Poca eficiencia.
- › Al no estar pegado al muro, no tiene inercia térmica con la que aportar calor a la vivienda⁴¹.

⁴¹ Calefactor de lata: <https://www.trane.com/Commercial/DesignAnalysis/Weather.aspx?i=>

Figura N°35: Modelo de Latas, Muro Trombe



f). Alambres y piedras

Ventajas

- › Gran inercia térmica.
- › Muy poco mantenimiento.
- › Económico.
- › Materiales locales.
- › Fácil reparación
- › Replicable

Inconvenientes

- › No hay mucha información sobre el rendimiento.
- › Ocupa mucho espacio en el interior de la vivienda, dadas las dimensiones de las casas donde se pretende establecer el sistema, tenemos que desechar la posibilidad de aplicar este modelo.
- › Las casas de las comunidades de destino de este proyecto, son de tabloncillos de madera entreabiertas por lo tanto se recubrirá con listones de madera de 3mm aprox. o también con corcho para evitar la pérdida de calor en el interior de la vivienda. Por lo tanto, no es aplicable este modelo, ya que no puede recibir la radiación solar necesaria.⁴²

⁴² Calefactor de piedras y alambre: <http://blog.hemmings.com/index.php/2007/04/26/almost-free-garage-heat-just-drink-a-lot-of-soda/#more-3769>

Figura N°36: Modelo de alambres y piedras, Muro Trombe



3.3.3. Análisis comparativo del vidrio y plástico

Fácilmente todos los modelos anteriormente expuestos, podrían instalarse con plástico transparente y con vidrio (además de otros materiales que no son estudiados por su alto coste). Por lo tanto establecer una comparación entre todas las variantes de plásticos y vidrios útiles para este fin, sería muy laborioso, y no por ello mucho más clarificante, dado que estamos hablando de la implementación de nuestro sistema dentro de un programa de cooperación al desarrollo, en una región donde la escasa oferta y accesibilidad a determinados materiales limita mucho el rango de búsqueda.

De modo que se ha realizado un estudio comparativo de Agrofilm (plástico usado en los invernaderos de la zona) y vidrio.

Primeramente hemos comparado las características mecánicas y sociales que más nos interesan para la función a desempeñar de estos materiales, en el siguiente cuadro:

Tabla N°35: Análisis comparativo del vidrio y plástico.

Propiedades	Plástico	Vidrio
Dureza	Fácil de rayar, pierde transparencia y rendimiento.	De 350 a 550 kg/cm ²
Resistencia a la rotura	Aguanta bien los impactos de objetos no punzantes	Poca resistencia al impacto
Resistencia a la flexión	No hay riesgo de rotura por flexión	400 daN/cm ²
Resistencia a las contracciones térmicas	No hay riesgo de rotura por contracción térmica	Son frágiles a este tipo de fenómenos. Soporta diferencias de aproximadamente 18°C
Resistencia a la corrosión, acción del sol (vida útil)	Poca vida útil bajo la acción del sol (2 años)	Gran resistencia a estos agentes

Seguridad	No supone ningún peligro a considerar.	En caso de accidente puede ocasionar cortes profundos.
Complejidad del transporte	Muy Simple	Muy complejo, es muy frágil para realizar trayectos difíciles. Ocupa mucho espacio, vehículos especiales, mucho coste.
Reparaciones	Sustitución y reparación fácil y económica	Costosa y compleja.
Limpieza	Sencilla, pero captura el polvo con facilidad, por la electricidad estática.	Sencilla, pero podría resultar peligrosa, depende del modelo.
Accesibilidad	Material local, barato	Material local, caro

Fuente: Elaboración Propia.

También hemos comparado las características térmicas y ópticas de los materiales, igual que ocurre con las propiedades mecánicas, podríamos haber recogido un gran número de ellas, pero nos centraremos en las que más nos interesan.

En cuanto a las cualidades ópticas, nos interesa sobre todo la transmitancia, ya que la absorción de estos materiales, para los espesores utilizados, es muy baja. También tiene interés la opacidad radiación de onda larga, ya que altos valores de esta magnitud, nos permitirán atrapar mayor la radiación solar en interior de nuestro sistema, y por lo tanto conseguir un mayor rendimiento.

De las propiedades térmicas, nos interesa especialmente la conductividad, pues valores bajos de esta cualidad, permitirán reducir las pérdidas por radiación y convección.

Tabla N°36: Análisis de las características térmicas del vidrio y plástico.

Propiedades	Plástico	Vidrio
Transmitancia onda corta	Media	Alta
Opacidad radiación de onda larga	Media	Baja
Conductividad	0.1-0.5 (W/mK)	0.8 (W/mK)

Fuente: Elaboración Propia.

Asimismo se realizara una comparación cualitativa de algunos modelos artesanos que se han construido:

Tabla N°37: Comparación cualitativa de modelos artesanos.

Tipo de Muro Trombe	Coste	Complejidad Transporte y Montaje	Mantenimiento Y Limpieza	Fabricación Local	Angulo incidencia	Radiación captada ⁴³ (KWh/ m ² d)
Vertical	Medio	Media	Baja	Alta	90°	2,7
Inclinado	Medio	Media	Media	Alta	60°-70°	4,2 – 3,7
Horizontal	Medio	Alta	Alta	Alta	0°	5,6
Invernadero	Alto	Alta	Alta	Media	10° y 70°	5,68 y 3,7
Piedras y Alambre	Muy bajo	Baja	Baja	Alta	90°	2,7
Latas	Muy bajo	Baja	Baja	Alta	Regulable	Regulable

Fuente: Allanegui G, (2013)

Por último se grafica cómo influyen las inclinaciones de los diferentes modelos, en la captación de la radiación solar, según los datos dados anteriormente, obteniendo los siguientes resultados.

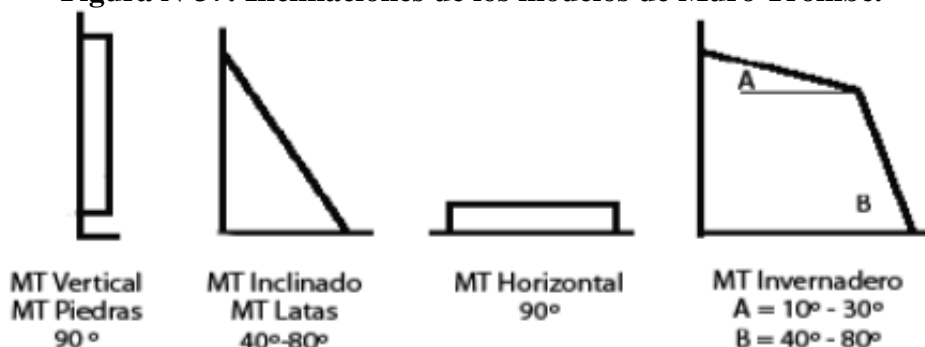
Tabla N°38: Captación de la radiación solar según los grados.

Grados	Radiación
0	5,6
10	5,68
20	5,62
30	5,4
40	5,1
50	4,75
60	4,2
70	3,7
80	3,1
90	2,7

Fuente: Elaboración Propia.

⁴³ Bohórquez P, J. "Muro Trombe" Universidad de los Andes, Bogotá D.C., Colombia

Figura N°37: Inclinaciones de los modelos de Muro Trombe.



3.3.2. Elección de la tecnología adecuada para nuestro proyecto.

El proceso de elección de la tecnología apropiada se va a presentar en 2 partes; como son la elección del modelo adecuado y la del material de la superficie de captación.

a). Parte 1: Elección del modelo apropiado.

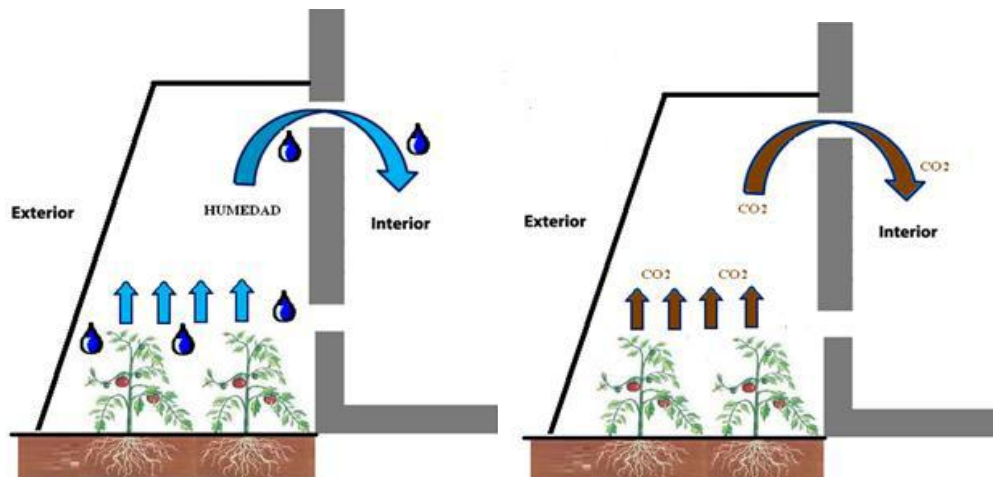
A partir de la información aportada en cada uno de los modelos, y de las anteriores tablas y gráficos comparativos, podemos ir descartando entre los diferentes modelos, hasta quedarnos con la opción más adecuada, para nuestras condiciones de trabajo e instalación; así tenemos:

- ✓ **Modelo vertical:** Se puede eliminar este modelo teniendo en cuenta el bajo rendimiento que se le supone. No tiene mucho sentido instalar un colector solar con 90° de inclinación en Cuispes - Bongara - Amazonas, Perú, un lugar donde el sol irradia con 83° de inclinación, es decir, casi vertical. Esto provocaría que el sistema casi no recibiera radiación directa, haciendo su rendimiento muy bajo.
- ✓ **Modelo horizontal:** Queda descartado por su bajo rendimiento, debido a que aunque su inclinación sea la más óptima, al no estar adherida a la vivienda, el aporte realizado por la inercia térmica conseguida no aumenta en relación a la vivienda antes de la intervención. Además al estar el sistema a ras de suelo, puede ser dañado con mayor facilidad, necesita más labores de limpieza y mantenimiento.
- ✓ **Modelo Invernadero:** Cumple ampliamente con la mayoría de los requisitos técnicos, como; óptimos ángulos de inclinación, presupuesto adecuado al proyecto, su montaje puede ser asumido por la comunidad, tiene un colchón de aire suficiente y es fácilmente reparable.

Pero hay razones por la cual se descarta este modelo:

- Humedad: los cultivos encerrados en el calefactor, precisan de riego, que crea humedad en el interior del muro Trombe, la cual se incorpora al ambiente de la vivienda en el ciclo de circulación del aire. Este hecho como es lógico puede ser altamente perjudicial para las personas residentes.
- Toxicidad: el proceso antagónico a la fotosíntesis que realizan las plantas por la noche, consiste en absorber oxígeno y expulsar dióxido de carbono, el cual, del mismo modo que la humedad, entraría en la vivienda. Aunque los orificios deberían ser tapados durante gran parte de la noche y CO² producido no debería ser un problema, puede ser importante tener en cuenta este factor.
- Temperatura: la constante apertura de la puerta para las labores de mantenimiento de los cultivos del interior del invernadero con la consecuente ventilación que ello supone, disminuirían notablemente el rendimiento del nuestro calefactor.
- Sin ser características eliminatorias, el precio y la complejidad del montaje también influyen en nuestra elección. Se calcula que cuesta unos 200 soles más que el modelo inclinado, que equivaldría a un tercio del sueldo medio mensual de la comunidad. En cuanto a la complejidad, realizar estos modelos a dos aguas, precisa de mayor cuidado en el diseño y el montaje.
- El problema con los espacios en el entorno de las viviendas. Generalmente las viviendas destino de estos sistemas, cuentan con poco espacio útil en sus alrededores, ya que suelen encontrarse elementos naturales. También nos encontramos con que algunos de esos espacios son utilizados para la realización de labores del hogar, tránsito de animales u otros quehaceres. De modo que instalar el modelo invernadero, que precisa de mucho espacio, resulta en la mayoría de los casos bastante complicado.

Figura N°38: Funcionamiento del modelo de invernadero. (día-noche)



- ✓ **Modelo de latas:** como ya se ha explicado en el modelo horizontal, no incluye un aumento de la inercia térmica de la vivienda, al no estar adherido a la misma. Además la insuficiente resistencia del material a la radiación y la menor accesibilidad a los materiales que en otros modelos, aconsejan no elegir este modelo.
- ✓ **Modelo de Piedras y Alambre:** ocupa mucho espacio en el interior de la vivienda, dadas las dimensiones de las casas donde se pretende establecer el sistema parece poco apropiado. Generalmente las viviendas están completamente cerradas como se ha explicado anteriormente, ya que no tienen ventanas, dado que este sistema precisa de una gran superficie que permita pasar la radiación al interior de la vivienda, es inviable su aplicación.
- ✓ **Modelo Inclinado:** en consideración con todos los motivos antes expuestos, se ha elegido el modelo inclinado para su instalación en la ciudad de Cuispes, Perú. Ya que es económico, sencillo, replicable y reparable, con una inclinación óptima, transportable, seguro, ocupa poco espacio útil.

b). Parte 2: Elección del material de la superficie de captación

En esta parte se tienen dos posibilidades: el vidrio y el plástico; aunque el vidrio tenga mejores cualidades mecánicas y ópticas que el plástico de invernadero, el vidrio debe ser eliminado de la elección por los siguientes motivos:

- ✓ Su complejidad en el montaje y en el transporte a zonas poco accesibles (como ocurre en nuestro proyecto).

- ✓ Por seguridad, ya que estas instalaciones se hacen en zonas de tránsito frecuente de animales o personas, incluso zonas donde pueden jugar y correr niños. Aunque el vidrio templado no pueda producir cortes profundos, sigue siendo un factor importante de riesgo.
- ✓ Su costo elevado, el precio del vidrio templado puede ser hasta 60 veces mayor, lo que lo hace poco accesible y a su vez, poco replicable, mientras que el vidrio no templado no merece la pena siquiera ser valorado debido a su poquísima resistencia al impacto.

Así que se ha elegido construirlo con Agrofil, plástico de invernadero de común comercialización en zonas aledañas.

IV. RESULTADOS

4.1 REALIZAR EL DISEÑO DE INGENIERÍA PARA EL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO DE LA VIVIENDA

El proceso de optimización del muro Trombe se realizará a partir de los materiales de la zona rural; mediante cálculos y análisis de transferencia de calor para su eficaz proceso de captación, almacenamiento y distribución de la radiación solar. Por ello, el objetivo principal de este trabajo es incrementar la temperatura en un valor de 12°C a más en el interior de la vivienda y así mejorar las condiciones de habitabilidad de los pobladores que residen en estas zonas de nuestro país, lugares donde están expuestos a temperaturas muy bajas y a heladas meteorológicas.

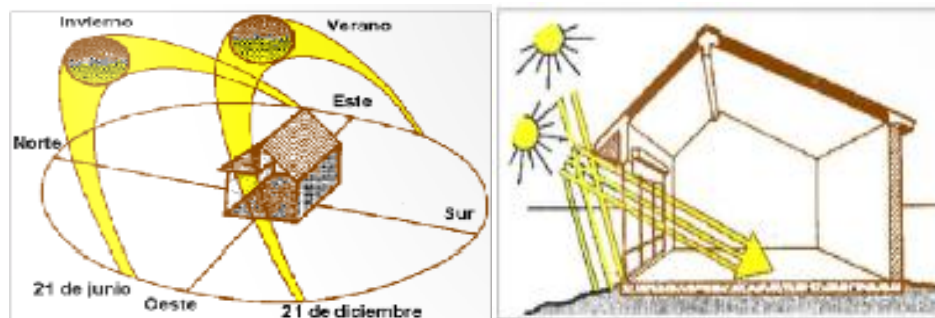
Orientación

Uno de los aspectos más importantes para el diseño lo constituye la trayectoria del sol, que recorre un arco en el cielo que nace en el Este y pone en el Oeste, en tanto en invierno sale en noreste y se pone en noroeste; y en verano sale en el Sureste y se pone en el Suroeste y en medio día el sol está más alto que en invierno. Así en el invierno en la ventada o pared orientada en el Noreste el sol que está bajo por la mañana barre el local produciendo el calentamiento, mientras que en el verano el sol esta alto dejando entrar el mínimo calor necesario hacia el Norte o Noroeste, de este modo optimizaremos la captación de radiación solar al máximo. Por lo tanto debido a que estamos en el hemisferio sur, aunque muy cerca del ecuador, debemos buscar que nuestro muro, este orientado en hacia el norte.

Sombreamientos

Se debe observar el entorno de la vivienda, así como los distintos elementos constructivos o naturales que puedan proyectar sombras sobre nuestro muro; como ejemplos: montañas o montículos, árboles, otros elementos constructivos.

Figura N°39: trayectoria del sol.



El dimensionado del muro, se ve también muy limitado por las características de las viviendas, el entorno y los hábitos que tienen lugar en el mismo. Las mayores limitaciones a la hora de dimensionar, las vamos a encontrar en tres aspectos:

- › La altura de nuestro muro, que vendrá limitada por la altura de la vivienda, así como de los elementos que puedan hacer sombra a la superficie de captación.
- › La longitud de la pared elegida para la captación, también limitada por las características de la vivienda.
- › La longitud de la base del muro, este parámetro puede estar limitado por varios aspectos, como son la existencia de árboles u otros elementos constructivos, los hábitos de los beneficiarios o el tránsito de personas y/o animales.

Sabiendo esto a continuación se empezará con el diseño:

a). Área horizontal y vertical del muro:

Como podemos comprobar, la variabilidad de estas magnitudes, hacen que el dimensionado de un Trombe, sea algo muy difícil de estandarizar. Una vez identifiquemos cuales van a ser nuestros parámetros limitantes para el diseño, podremos obtener las dimensiones óptimas en base estas.

Además hay que asegurarse que el área de muro vertical encerrada por nuestro sistema es suficiente para el calentamiento de la habitación de destino, ya que es determinante para conseguir una mayor inercia térmica.

Conocidas las dimensiones de la habitación, podremos obtener las dimensiones óptimas del muro vertical encerrado.

Tabla N°39: Área de la pared vertical en función del área de la habitación de destino.

Área de la pared vertical del Muro Trombe (m ²)			
Área habitación (m ²)	Lugares Templados	Lugares Fríos	Lugares muy Fríos
9 a 11	5	7	8,5
12 a 14	6,5	9	11
15 a 17	8	11	13,5
18 a 20	9,6	13,5	16,

Fuente: Material del GRUPO de apoyo al sector rural de la Pontificia Universidad Católica de Perú.

La habitación que se pretende intervenir tiene las siguientes características:

$$Planta = 6m \times 3m$$

$$\text{Altura} = 2.88\text{m}$$

$$\text{Área de la planta de la vivienda} = 6\text{m} \times 3\text{m} = 18\text{m}^2$$

A los que le corresponde un área de pared vertical encerrada por el Trombe de 9.6m^2 , para lugar templado.

La pared vertical orientada convenientemente, tiene una superficie suficiente para albergar las dimensiones demandadas por las tablas de diseño. En nuestro caso hemos optado por:

$$\text{Base} = 5.0\text{m}$$

$$\text{Altura} = 2.0\text{m}$$

$$\text{Área del muro encerrado} = 5\text{m} \times 2\text{m} = 10\text{m}^2$$

$$\text{Área del muro encerrado según tabla} = 9.6\text{m}^2 < 10\text{m}^2$$

Por lo tanto nuestro diseño cumple con el área óptima según tabla, ya que según tabla tiene que tener un área mínima de 9.6m^2 y nuestro muro tiene un área de 10m^2 .

b). Área habitación:

En algunos emplazamientos donde pueda haber un clima más extremo, será importante atender a las temperaturas medias, ya que harán que las medidas óptimas del muro vertical varíen. La siguiente tabla, desarrollada por Juan Manuel Bohórquez Peñuela del Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de los Andes, Bogotá D.C., Colombia, nos brinda un factor de corrección para obtener el área útil vertical del muro, en función del área de la habitación y la temperatura exterior en invierno.

Tabla N°40: Área de la habitación en función de la Temperatura.

Tª media exterior en invierno (°C)	Área de la habitación
Climas fríos	
-10	0.72>1.0
-7	0.6-1.0
-4	0.51-0.93
-1	0.43-0.78
Climas calientes	
+2	0.35-0.6
+5	0.28-0.46

Fuente: Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de los Andes, Bogotá D.C., Colombia.

Relacionando el área encerrada por Trombe, con el área útil. En nuestra comunidad se rondaran los dos a tres grados en las noches de invierno, de modo que entramos con esa temperatura y nos da un coeficiente de 0,35 y lo multiplicamos por nuestra área encerrada (18m²) y obtenemos un área recomendada de 7.2 m². De este modo nos aseguramos que nuestras medidas están dentro de lo estudiado.

c). **Inclinación y longitud de la base:**

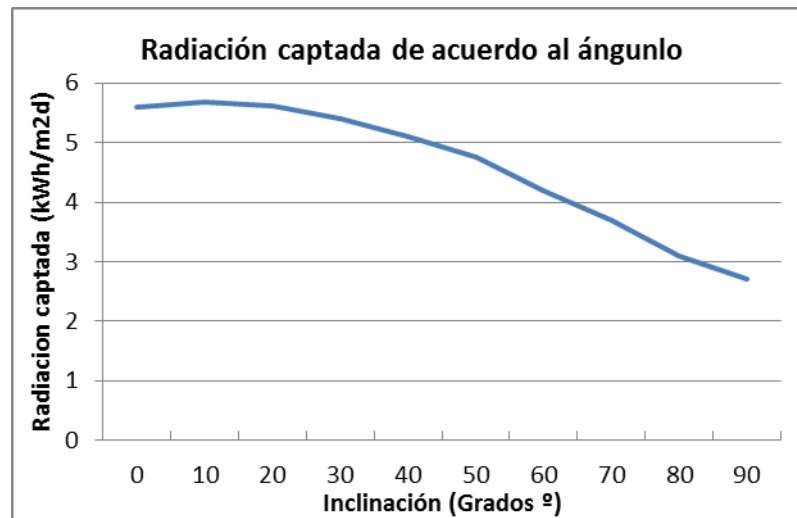
Otro de los parámetros que van a condicionar el dimensionado de nuestro sistema, es la inclinación de la superficie captadora. Este factor es determinante para el obtener un buen rendimiento de nuestra instalación y va a depender de la latitud del lugar en el que nos encontremos.

En regiones intertropicales con latitudes comprendidas entre +15° y -15°, se suele tomar como óptima la colocación horizontal de los captadores, pero por norma general podemos guiarnos por la siguiente expresión:

$$\text{Ángulo de inclinación} = 3.7 + (0.69 \times \text{latitud})$$

Asimismo para tener una mayor fiabilidad, con los datos obtenidos anteriormente de la Tabla N°34 que se refiere a la captación de radiación solar de acuerdo a la superficie de inclinación se ha realizado una simulación de la energía captada en función de las distintas inclinaciones, a fin de conocer cuál es la óptima para nuestro emplazamiento.

GRAFICO N° 05: Variación de la radiación de acuerdo a la inclinación.



Fuente: Elaboración Propia.

Observando el gráfico, notamos que la inclinación óptima son 10° , pero evidentemente la instalación de un sistema con esta inclinación sería inviable, ya que para una altura de 2 metros, necesitaríamos una base de más de 11 metros. Dicho esto tenemos que buscar la mínima inclinación viable entre 10° y 90° .

Hay que tener en cuenta, como ya se ha mencionado anteriormente, que la longitud de la base de nuestro muro, que va a ser la dimensión que sobresalga del perímetro de la vivienda, generalmente va a estar limitada por el propio entorno o por las actividades que en él se realizan. De modo que conocida esta magnitud y la altura del muro, podemos jugar con las distintas inclinaciones posibles, y elegir la más óptima de ellas.

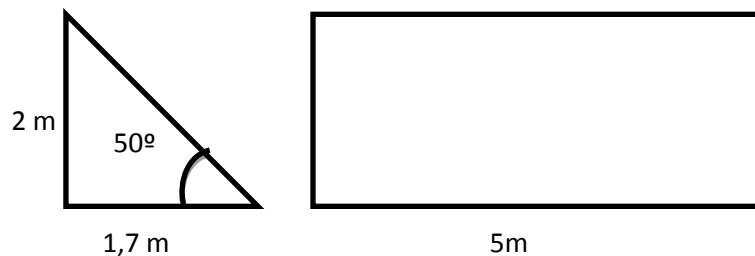
Para nuestro caso, y en función del entorno, hemos elegido una inclinación de 50° . Por lo tanto tendremos una base de 1,7m, la cual parece una medida aceptable, haciendo que la estructura no estorbe demasiado y no sea demasiado pequeña, ya que sino disminuiría en exceso el área de captación.

Aunque la altura total de la vivienda es de 2,88m, hemos elegido una altura de muro Trombe de 2m, para evitar lo máximo posible la existencia de sombreamientos.

$$\tan \alpha = \frac{C.O}{C.A} = \frac{2m}{1.7m} \rightarrow \tan \alpha = 1.2m$$

$$\alpha = \tan^{-1}(1.2) = 49.6^\circ \cong 50^\circ$$

Figura N°40: Alzado y perfil de la geometría del muro Trombe



Fuente: Elaboración Propia.

d). N° de orificios y diámetro:

Los agujeros del muro permiten la transferencia del aire caliente que se genera en el invernadero durante las horas de soleamiento, al interior de la habitación. El caudal

de aire es mayor cuanto mayor es la diferencia de temperaturas, mayor es la sección de los agujeros y mayor la diferencia de alturas entre ambos.

Adoptado el sistema de cierre mediante botellas de 20cm de diámetro y limitada la diferencia de alturas por la dimensiones del propio invernadero, el único parámetro que puede variar, es el número de agujeros.

Tabla N°41: Número de orificios en función del área de la habitación.

Numero de orificios de 10 cm de diámetro.			
Área habitación (m ²)	Lugares Templados	Lugares Fríos	Lugares muy Fríos
9 a 11	8	10	12
12 a 14	10	14	16
15 a 17	12	16	20
18 a 20	14	20	24
21 a 23	16	24	28

Fuente: Material del GRUPO de apoyo al sector rural de la Pontifica Universidad Católica de Perú.

En este caso en función de nuestra tabla deberíamos realizar 14 agujeros, o también se pueden hacer solo 7 agujeros de 20cm de diámetro, el área es la misma que si realizamos 14 agujeros de 10cm de diámetro, estos 20 cm de diámetro coinciden con la dimensión de una botella de plástico de 3L de gaseosa, objeto que será utilizado como tapa de nuestros agujeros.

De modo que haciendo una recopilación de las dimensiones del muro Trombe, tenemos:

Tabla N°42: Dimensiones del Muro Trombe.

Dimensiones del Muro Trombe		
Área vertical del muro	10 m ²	
Área Horizontal del muro	8.5 m ²	
Orientación	Noroeste	
Numero de orificios	14	7
Diámetro de los orificios	10cm	20cm = Diámetro botella 3L de gaseosa

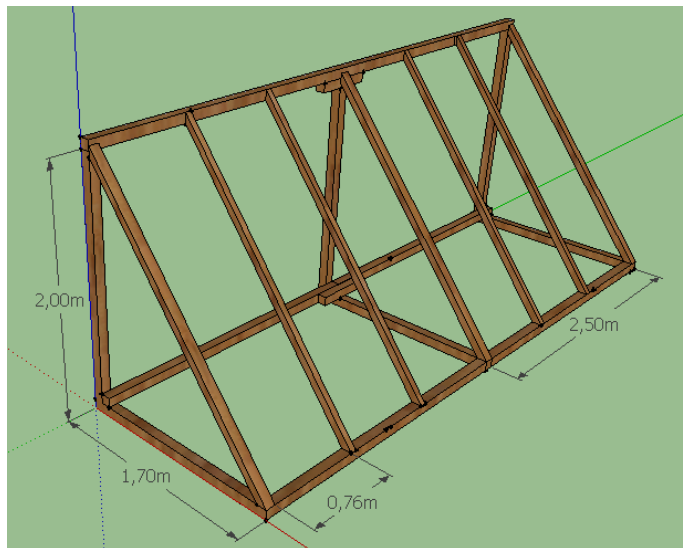
Fuente: Elaboración Propia.

e). Justificación estructural

En relación al diseño de la estructura que dará forma al muro Trombe, se tiene que para una longitud de 5m, se ha creído oportuno un diseño compuesto de:

- ✓ 3 triángulos principales de madera de pino de sección 3" x 3" (Izq, Centro, Drch), empotrados en sus barras verticales y horizontales.
- ✓ 4 barras de sección 2" x 2" inclinadas equidistantes (modularidad= 0.76m).
- ✓ 6 travesaños horizontales (2 de ellos empotrados) que apuntalan los vértices de los triángulos, tal y como se aprecia en la figura.
- ✓ Para las uniones pertinentes, se utilizan retales de madera de sección 3" x 3" y clavos de 6".

Figura N°41: Diseño armazón de madera con Google Sketch Up

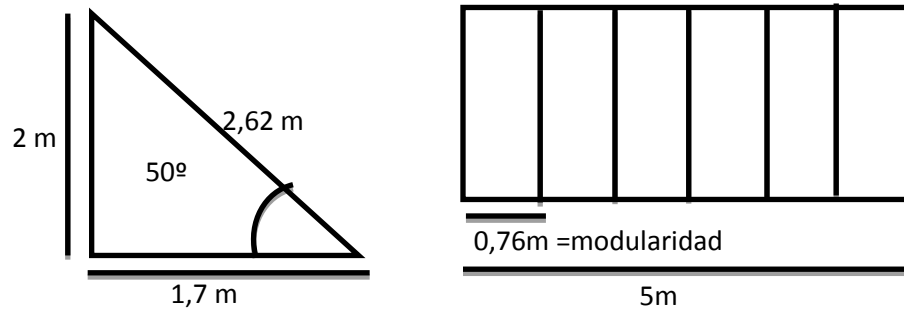


Fuente: Elaboración Propia.

Una vez elaborada la propuesta, tenemos que comprobar, que la estructura va a soportar los esfuerzos necesarios. Para ello tenemos el siguiente esquema, una estructura con una modularidad de 0.76, y con una serie de triángulos que van a permitir a la estructura asentarse entre el terreno y la vivienda.

Como se muestra, el muro está empotrado tanto en la pared vertical de la vivienda, como en el propio terreno. El empotramiento vertical, se realiza con hierros de forjado de media pulgada dispuestos como grapas contra el muro de carga, mientras que el empotramiento horizontal se produce mediante el cavado de una zanja donde inmovilizar la madera con una mezcla de piedras en posición de cuña.

Figura N°42: Diseño armazón de madera con modularidad



Fuente: Elaboración Propia.

Para calcular las diferentes cargas y esfuerzos que va a tener que soportar la estructura, debemos prestar especial interés a la acción del viento, ya que no tenemos sobrecargas ni por nieve, ni por uso (Ver Anexo IV, NTE. 020). Para realizar el cálculo adecuado, hemos recurrido a la Norma Técnica de la Edificación 020 del Perú.

En primer lugar atendemos a la clasificación de las distintas edificaciones en función de la acción que el viento puede tener sobre ellas (ver Anexo IV, Tabla N° 20). En nuestro caso, se trata de una edificación del Tipo 1; Edificaciones poco sensibles a ráfagas y a los efectos dinámicos del viento, tales como edificios de poca altura o esbeltez y edificaciones cerradas con cobertura capaz de soportar las cargas sin variar su geometría.

Luego procederemos a calcular la velocidad de diseño, para la cual vamos a utilizar la siguiente fórmula (Anexo IV: NTE.020):

$$V_h = V \times \left(\frac{h}{10}\right)^{0,22} \quad (Km/h)$$

V_h es la velocidad de diseño en la altura (h) en Km/h

V es la velocidad de diseño hasta 10 m de altura en Km/h

h es la altura sobre el terreno en metros

Por lo consiguiente la fórmula, solo es válida para alturas menores a 10 metros. Para nuestro caso se trata de una altura de 2m, pero vamos a utilizar la altura de 10 m, para todos los valores menores a esta. Hemos tomado como velocidad del viento, el valor medido en la ciudad de Cuzco, asimismo se calcula también para la velocidad máxima registrada en el país, que se trata de 130 Km/h. Por lo tanto se tiene:

Tabla N°43: Velocidades de viento

Velocidades de viento medidas insitu (m/s)	
Enero	4,36
Febrero	6,14
Marzo	6,26
Abril	6,56
Mayo	7,1
Junio	6,48
Julio	6,68
Agosto	5,74
Septiembre	5,74
Octubre	5,12
Noviembre	6,40
Diciembre	5,62

Fuente: Elaboración Propia.

La velocidad que se tomara es la mayor que se da en Mayo de 7.1 m/s o 25.56 Km/h, entonces la expresión quedaría:

$$V_h = 25.56 \times \left(\frac{2}{10}\right)^{0,22} \quad (Km/h)$$
$$V_h = 17.94 \quad (Km/h)$$

Mientras que para la máxima velocidad registrada en el país, que se trata de 130 Km/h. La ecuación nos quedaría del siguiente modo:

$$V_h = 130 \times \left(\frac{2}{10}\right)^{0,22} \quad (Km/h)$$
$$V_h = 91.24 \quad (Km/h)$$

Por último tendremos que calcular la carga exterior debida al viento (presión o succión), vamos a suponer un caso estático y perpendicular a la superficie sobre la cual actúa. Esta presión va a venir determinada por la siguiente expresión (Anexo 4 NTE.020):

$$P_h = 0,005 \times C \times V_h^2 \quad (Kg/m^2)$$

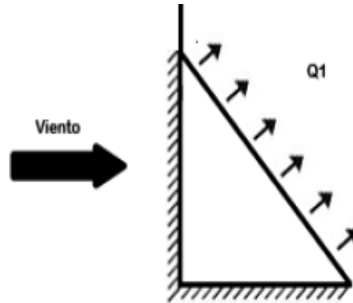
Ph es la presión o succión del viento en Kg/m²

C es el factor de forma (Tabla 5.4 NTE.020)

Vh Velocidad definida en el punto anterior.

El factor de forma, se realiza a través de la tabla indicada, en nuestro caso nos corresponden los coeficientes dados para estructuras con una inclinación entre 15° y 60°, que son los siguientes:

Sotavento $C = -0.6$



$$P_1 = 0,005 \times 0.6 \times 17.94^2 \quad (Kg/m^2)$$

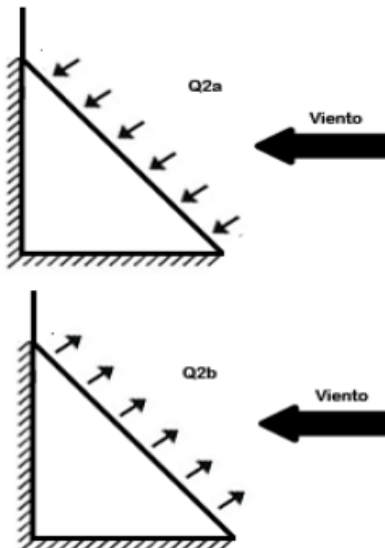
$$P_1 = 0.97 (Kg/m^2)$$

Para la máxima velocidad:

$$P_1 = 0,005 \times 0.6 \times 91.24^2 \quad (Kg/m^2)$$

$$P_1 = 24.97 (Kg/m^2)$$

Barlovento $C = +0.7$ y -0.3



$$P_{2a} = 0,005 \times 0.7 \times 17.94^2 \quad (Kg/m^2)$$

$$P_{2a} = 1.13 (Kg/m^2)$$

$$P_{2a} = 0,005 \times 0.3 \times 17.94^2 \quad (Kg/m^2)$$

$$P_{2a} = 0.48 (Kg/m^2)$$

Para la máxima velocidad:

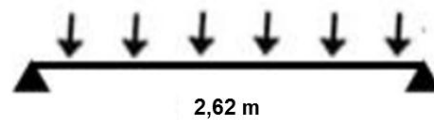
$$P_{2b} = 0,005 \times 0.7 \times 91.24^2 \quad (Kg/m^2)$$

$$P_{2b} = 29.13 (Kg/m^2)$$

$$P_{2b} = 0,005 \times 0.3 \times 91.24^2 \quad (Kg/m^2)$$

$$P_{2b} = 12.49 (Kg/m^2)$$

Ante las tres alternativas, nos ponemos en el caso más restrictivo, que serían 29,13 Kg/m² de presión. Quedando el problema reducido a la siguiente estructura:



Vamos a plantear el estudio con una carga aproximada de 30 Kg/m², y con un modularidad de 0,76 m.

$$Q_{lineal} = P_{max} \times M \quad (Kg/m^2)$$

Pmax: es la presión o succión máxima del viento en Kg/m²

M: es la modularidad

Qlineal: carga lineal

$$Q_{lineal} = 30 \times 0.76 \quad (Kg/m^2)$$

$$Q_{lineal} = 22.9 \quad (Kg/m^2)$$

$$M_{flector} = q \times \left(\frac{L^2}{8} \right) \quad (Kgm)$$

q: Es la carga lineal Kg/m 2.
 L: es la superficie inclinada del muro.
 Mflector: es el momento flector.

$$M_{flector} = 22.9 \times \left(\frac{2.62^2}{8} \right) \quad (Kgm)$$

$$M_{flector} = 19.7(Kgm)$$

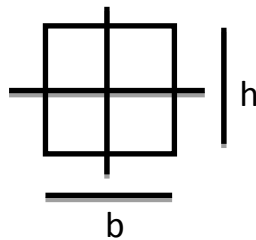
f). Estabilidad

La edificación o cualquiera de sus partes serán diseñados para proveer un coeficiente de seguridad de 1,5 contra falla por volteo.

Tomando un factor de seguridad de 1,5:

$$M = 19.7 \times 1.5 = 29.59 (Kg/m^2)$$

Es importante estudiar las características de la sección más vulnerable para la que tenemos que realizar el cálculo. Tenemos maderas de perfil cuadrado constante, de 2 y 3 pulgadas de lado, por lo que procederemos con la de 2 pulgadas, que equivalen aproximadamente a 5 cm.



$$A = h \times b = 5 \times 5 = 25cm^2$$

$$Inercia = I = b \times \frac{h^3}{12}$$

$$I = 5 \times \frac{5^3}{12} = 55.49 cm^4$$

$$W = \frac{I}{h/2} = b \times \frac{h^2}{6}$$

$$W = 5 \times \frac{5^2}{6} = 21.8 \text{ cm}^3$$

Por consiguiente debemos calcular el valor del esfuerzo que tiene que resistir dicha sección y compararlo con los valores establecidos en el Código Técnico de la Edificación Europeo, que se suponen aptos y extensibles para la legislación peruana.

Como las características del árbol maderero son similares al de los arboles madereros de la zona estudiada, para nuestro caso se ha tomado un tipo de madera semejante; se trata de madera de Pino C27, con una máxima tensión admisible de 27 N/mm². (Anexo 4: CTE- Anejo C)

Es decir:

$$27 \frac{N}{mm^2} \times \frac{0.22481 \text{ lbf}}{1N} \times \frac{1Kg}{2.2046226 \text{ lbf}} \times \frac{10^2 mm^2}{1cm^2}$$

$$= 275.3246 \frac{Kg}{cm^2}$$

$$M \times 100 = 29.59 \times 100 = 2958.68 (Kg/cm^2)$$

De esta manera el esfuerzo queda expresado de la siguiente manera:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{2958.68}{21.8} = 135.41 (Kg/cm^2)$$

$$\rightarrow 135.41(Kg/cm^2) < 270(Kg/cm^2)$$

De este modo hemos podido comprobar que nuestra estructura teóricamente va a soportar excesivamente los esfuerzos a los que va a ser sometida.

g). Análisis de los sombreados

Se debe estudiar el entorno de la vivienda, asegurándose que no haya accidentes geográficos, vegetación u otras edificaciones que dificulten la captación. Habrá que

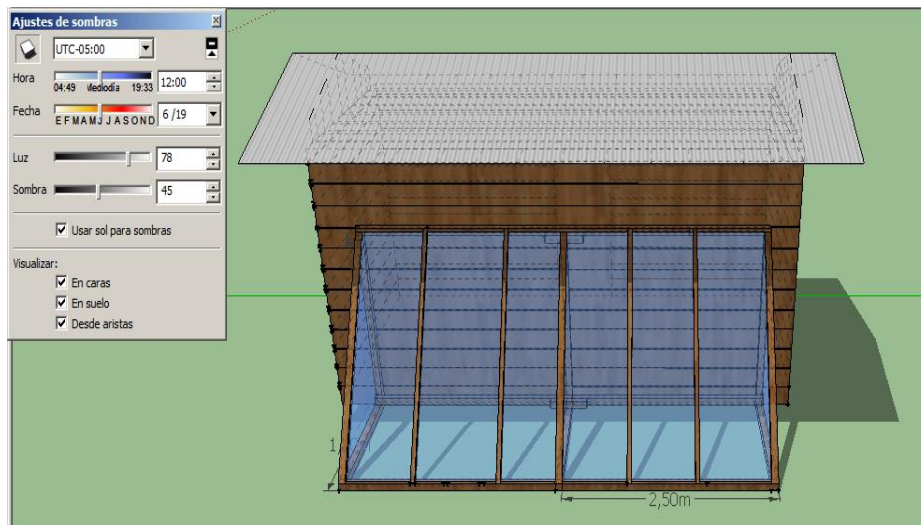
estudiar cómo afectan las sombras que estos elementos producen en función de la hora del día y del mes en el que nos encontremos para juzgar la viabilidad de la instalación.

Con este fin, se ha utilizado Google Sketchup para realizar un modelo virtual de la estructura y para evaluar las condiciones de radiación del muro en función de su posicionamiento, como se muestra por cada mes del año en el Anexo V, “Simulación de sombreadamientos”.

Google Sketchup te permite, trasladar la localización exacta (latitud y longitud) de Google Earth, consiguiendo así una simulación bastante precisa de las condiciones del terreno donde se aplicara la tecnología.

El estudio teórico de las sombras, determinó que durante gran parte del año, nuestro muro recibirá radiación suficiente, también se observa que antes del anochecer los sombreadamientos son mínimos o inexistentes, y por lo tanto se conseguirá un mayor rendimiento.

Figura N°43: Análisis de Sombreamiento para el mes crítico (Junio)



Google SketchUp puede descargarse gratuitamente y de manera legal en <http://sketchup.google.com/intl/es/download/index.html>

De modo que la localización de nuestro muro es óptima, ya que son esas horas las que más nos interesa que funcione con alto rendimiento, para que caliente la habitación de cara a la noche, que es lógicamente, cuando más frío hace en las viviendas. A pesar de que la utilización de este programa puede ser de gran utilidad y puede ahorrar mucho tiempo, es imprescindible la valoración de la viabilidad de la instalación sobre el terreno, conocer en vivo la vivienda en cuestión y analizar el entorno.

V. SIMULACIONES TERMICAS

El objetivo es explicar cómo se ha realizado la simulación térmica de los diferentes modelos.

i. Metodología

Para la simulación de la vivienda se recopiló y se añadió a la data anterior los datos promedios durante el año 2016, del cual según el análisis el mes de menor temperatura es Junio.

La modelización y diseño de la vivienda se realizó en el AutoCad, se recurrió al programa Ecotec 2015, cuyo procedimiento de cálculo es simplificado basado en el Método de Admitancias del Chartered Institute of Building Services Engineers (CIBSE Admittance Method), para determinar temperaturas internas y cargas térmicas, aplicando un algoritmo térmico flexible, sin restricciones en cuanto a la geometría del edificio o el número de zonas térmicas que pueden ser analizadas simultáneamente.

Aplica las características conocidas de los materiales como la admitancia de un elemento constructivo y los factores de retraso térmico y atenuación térmica para definir la respuesta dinámica, es decir, en régimen transitorio. A continuación se describe la metodología de modelización:

- ✓ Descripción geométrica del modelo. Se reprodujo gráficamente la distribución de las zonas térmicas definidas. La mayoría de viviendas no tienen zonas no térmicas, es decir obstáculos (muros medianeros, galerías, aleros, etc.), ya que solo son de una pieza.
 - Cerramientos: El caserío se asienta directamente sobre el terreno, los muros de carga son de madera con un grosor de 20 cm. La conductividad estimada es de 0,209 W/mK. La cubierta es una calamina metálica de apenas 1mm de espesor.
 - Aberturas: En la vivienda se tienen huecos de unos 2 mm entre tablón y tablón, los cuales no se tomaran en cuenta para la simulación debido a que la mayoría de viviendas de la ciudad tienen los tablonces pegados y es insignificante los huecos, además se tomara en cuenta la simulación con el aislamiento adicionado, el cual será triplay material con características similares a los muros de madera. La puerta tiene una dimensión de 1,8m por 90 cm, permanece abierta durante todo el día. Solo se cierra en horario nocturno con un muy bajo nivel de estanqueidad.

- ✓ Asignación de materiales. Se asignaron los materiales de cada una de las superficies componentes (paredes, techos, aberturas) y sus propiedades de acuerdo a sus capas constitutivas, coeficientes de conductividad térmica, densidad y calor específico, coeficientes de transmitancia, el amortiguamiento y desfase térmico. Se ingresó además la reflectividad, emisividad y absorptancia de las superficies. (ANEXO VI).
- ✓ Variables ambientales. Se editó un archivo de clima de la ciudad de Cuispes (-5.92° Lat.Sur; -77.94° Long. Oeste; Alt. 3000 msnm), a través de la subrutina de Ecotect, "The Weather Tool". Se incorporaron los datos horarios medidos en la estación meteorológica del Dpto. de Amazonas, Provincia de Bongará, Distrito de Jazán, siendo la estación más cerca de Cuispes pero con diferente altura sobre el nivel del mar, por lo tanto se aplicó un factor de corrección de gradiente de temperatura, cuyo valor es de 0.65°C: temperatura ambiente (°C), humedad relativa (%) e irradiancia solar global (W/m²) sobre superficie horizontal, irradiancia solar directa y difusa requeridos por el software.
- ✓ Estudio de Asoleamiento. Ecotect permitió analizar la trayectoria solar para los días de monitoreo durante las 24 horas, de manera rápida y sencilla y realizar la simulación de sombras, incluyendo una gama amplia de análisis como así también calcular la radiación solar incidente (Wh/m²) en sus componentes total, directa y difusa, la fracción absorbida y transmitida a través de superficies vidriadas y las ganancias por radiación solar (W/m²) – (ANEXO VII).
- ✓ Análisis Térmico. Se establecieron las condiciones operativas para cada espacio analizado de la vivienda, en cuanto a perfiles de ocupación, número de usuarios por zona, tipo de vestimenta, nivel de actividad, sistemas de ventilación y tasa de infiltración. Por último, se estableció la banda de confort para la realidad climática 12°C.
- ✓ Ventilación y estanqueidad: El nivel general de estanqueidad es muy bajo. Para la estima la renovación del aire, el programa lo realiza como suma de infiltraciones y la abundante ventilación natural, como consecuencia de la casi continua apertura de los huecos, la acción del viento y la diferencia de temperatura con el exterior.
- ✓ Muro Trombe: El muro instalado consta de un plástico Agrofilm clavado con jebe sobre una estructura de madera en forma de triángulo que forma 50° con el terreno. Para la transmisión solar directa se considerada un valor conservador de 0,47. La transferencia del aire caliente al interior se lleva a cabo a través de 14 agujeros de 10cm de diámetro. Las rejillas permanecen cerradas en horario nocturno.

ii. Modelos analizados

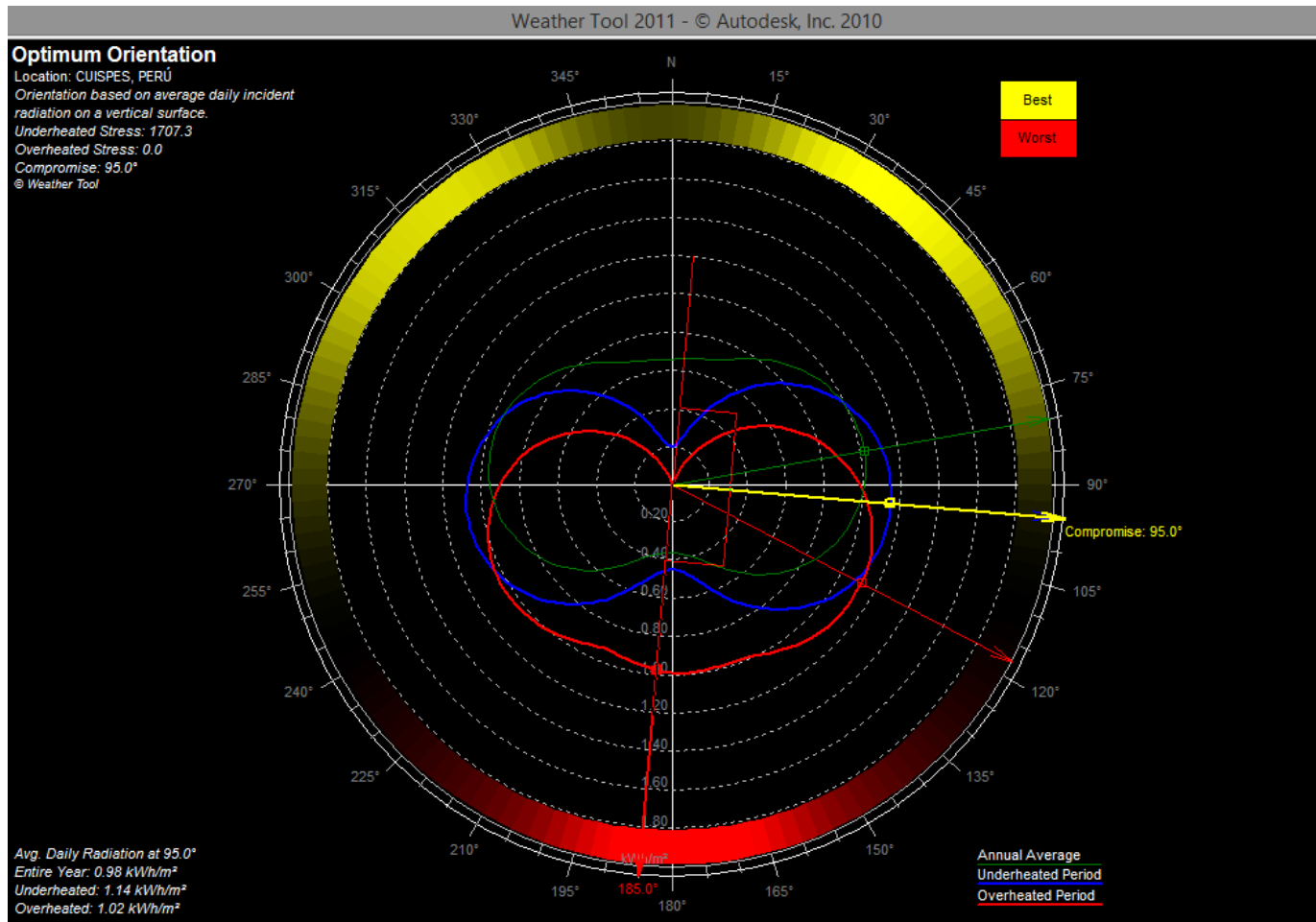
Se analizará tres tipos de simulación:

- › La vivienda sin acondicionamiento
 - › La vivienda con Muro Trombe y doble techo
 - › La vivienda con recubrimiento de yeso (16 mm)
-
- ✓ Para las simulaciones se ha tenido en cuenta los días críticos, que es el día de máximo frío y el día de máximo calor, así mismo se ha considerado la peor y mejor orientación del muro y la vivienda.
 - ✓ Los días críticos son: el de máximo frío es el 2 de junio y el de máximo calor es el 26 de enero.

Se realizó la simulación del aporte calorífico del Muro Trombe, tratando de emular la realidad térmica de la intervención en el caserío. Con esta simulación se pretende conocer el comportamiento del muro con la radiación incidente del lugar.

Asimismo se calcula la orientación óptima, seleccionando los tres meses más calurosos y más fríos del año. La mejor orientación para una superficie es cuando hay más radiación solar durante el período de bajo calor y menos durante el período de sobrecalentamiento.

Figura N° 44: Cálculo de orientación óptima



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al cálculo de la orientación óptima, se puede observar que la mejor posición es la de orientación con respecto al norte; es decir todo lo que está remarcado en color amarillo; y lo que está en rojo es la peor posición o el sol no está constante todo el tiempo.

La flecha amarilla indica que es la mejor posición en esos grados 95.0° , con los que se va a trabajar para obtener la mejor captación de radiación solar. Asimismo la línea de color azul muestra el periodo de bajo calor; la línea de color rojo es el periodo de sobrecalentamiento, la línea verde es el porcentaje anual.

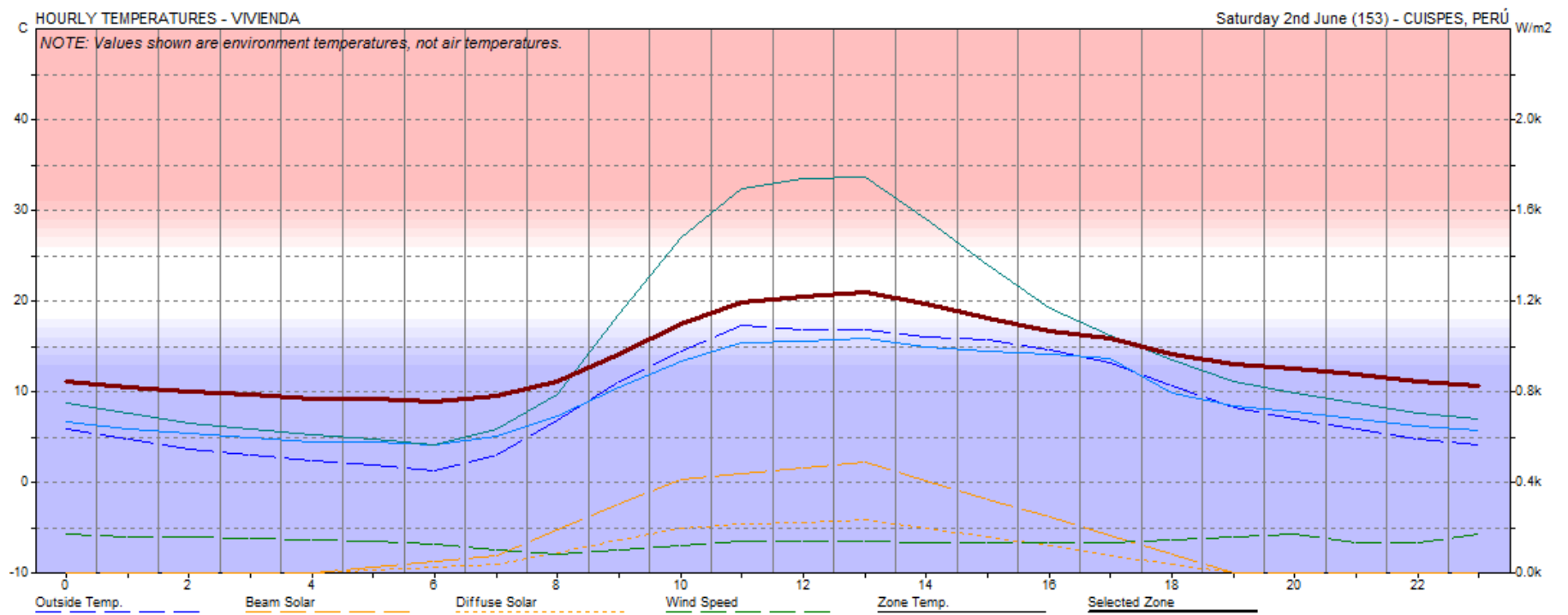
5.1. SIMULACIÓN ACONDICIONAMIENTO CON MURO TROMBE VS SIN ACONDICIONAMIENTO:

5.1.1. SIMULACIONES EN EL DIA DE MAXIMO FRIO – 02 DE JUNIO:

A. Simulación en la peor orientación:

Se analizan las temperaturas internas y externas en la vivienda. La temperatura interna es una media de la temperatura del aire y la radiante en paredes, suelos y techo, de modo que nos sirve para evaluar la sensación de confort en el interior.

GRAFICO N° 06: Simulación de temperatura en la peor orientación de vivienda (Día Máximo Frio – 02 de Junio).



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 44: Datos de temperatura interna y externa en la peor orientación en el día de máximo frío – 02 de junio.

PEOR ORIENTACIÓN DE VIVIENDA							
Acondicionamiento con Muro Trombe y Falso Techo				Sin Acondicionamiento			
HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)	HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
0	11.2	5.9	5.3	0	11.1	5.9	5.2
1	10.6	4.8	5.8	1	10.7	4.8	5.9
2	10.1	3.8	6.3	2	10.5	3.8	6.7
3	9.7	3.1	6.6	3	10.2	3.1	7.1
4	9.4	2.4	7	4	10	2.4	7.6
5	9.3	2	7.3	5	10.4	2	8.4
6	9	1.4	7.6	6	10.1	1.4	8.7
7	9.6	3.1	6.5	7	9.9	3.1	6.8
8	11.2	6.9	4.3	8	9.9	6.9	3
9	14.3	11.2	3.1	9	9.9	11.2	-1.3
10	17.6	14.5	3.1	10	9.9	14.5	-4.6
11	19.9	17.4	2.5	11	9.9	17.4	-7.5
12	20.6	16.9	3.7	12	10.3	16.9	-6.6
13	21	16.9	4.1	13	11.4	16.9	-5.5
14	19.8	16.1	3.7	14	12.9	16.1	-3.2
15	18.1	15.8	2.3	15	14.1	15.8	-1.7
16	16.7	14.7	2	16	14.7	14.7	0
17	15.9	13.3	2.6	17	14.5	13.3	1.2
18	14.2	10.7	3.5	18	14.7	10.7	4
19	13.1	8.3	4.8	19	14.2	8.3	5.9
20	12.6	7.1	5.5	20	13.7	7.1	6.6
21	11.9	6	5.9	21	13	6	7
22	11.2	4.8	6.4	22	12.4	4.8	7.6
23	10.7	4.2	6.5	23	11.5	4.2	7.3

Fuente: Elaboración propia.

1. Vivienda sin acondicionamiento:

La media del día es de 11,66°C, 2,86°C por encima de la temperatura exterior. Sin embargo, en el estudio de la evolución horaria (9:00 a 16:00), puede verse el predominio del efecto de la inercia térmica, de forma que la temperatura interna disminuye, mientras la exterior llega a oscilar hasta 16°C entre la máxima y la mínima diarias.

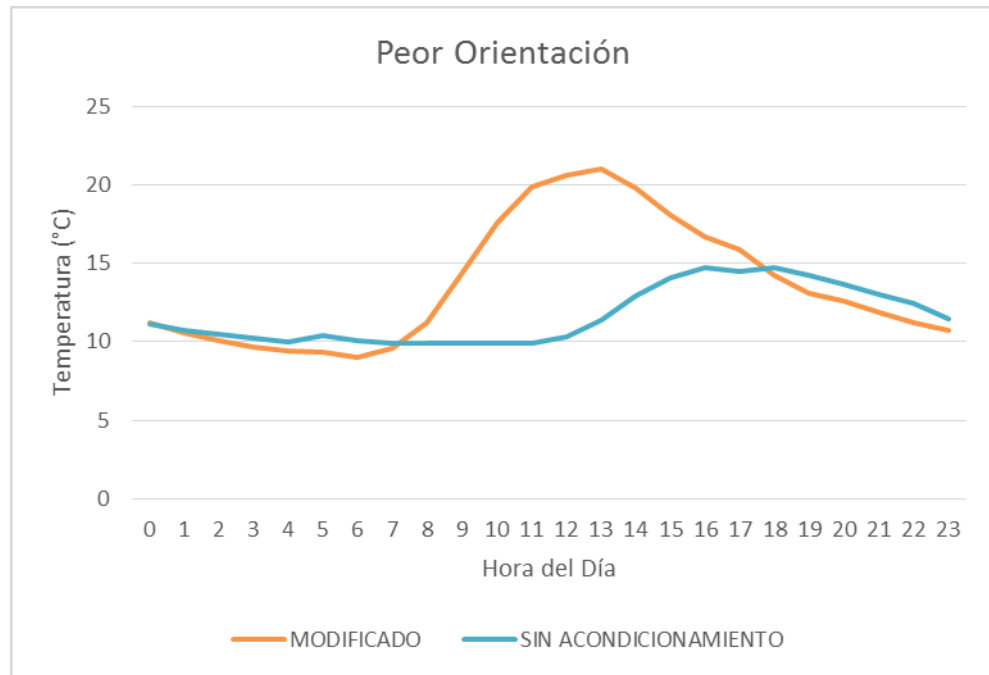
El efecto de las ganancias internas y solares es mínimo. La ventilación natural es extremadamente alta, sobre todo durante el día, cuando la puerta principal permanece abierta.

2. Vivienda con acondicionamiento de Muro Trombe y falso techo:

Se analizan las temperaturas interna y externa en la vivienda. En el estudio de la evolución horaria, puede verse que la temperatura varía y no es uniforme, generándose picos. A partir de las 8:00 a 17:00 aumenta notablemente llegando a 21°C a las 13:00 horas.

Asimismo para la ventilación natural se ha simulado un mejor uso de las puertas, disminuyendo el área de apertura hasta el 50 % y el tiempo que la puerta está abierta, se restringe al mínimo necesario, que se estima en el 10% del total. Además se programa el funcionamiento con Ventilación Mínima, es decir, simula la apertura de la puerta durante una hora de 11 a 12, para ventilación.

Grafica N°07: Comparación De Temperaturas De La Vivienda Modificada Y Sin Acondicionamiento.



Fuente: Elaboración propia.

3. Comparación de temperaturas de la vivienda modificada y sin acondicionamiento:

En la gráfica se observa la evolución horaria de ambos casos, existen dos tramos considerables. En el tramo de las 8:00 hasta 17:00 se genera el aumento de temperatura llegando a un pico de 21°C a las 13:00 horas; y en el otro tramo desde 17:00 a 8:00 la temperatura disminuye ligeramente en relación con el caso de la vivienda sin acondicionamiento, se puede observar que la temperatura mínima interna en esta orientación es 9°C.

Figura N°45: Peor Orientación Muro Trombe – Día Más Frio 02 De Junio.

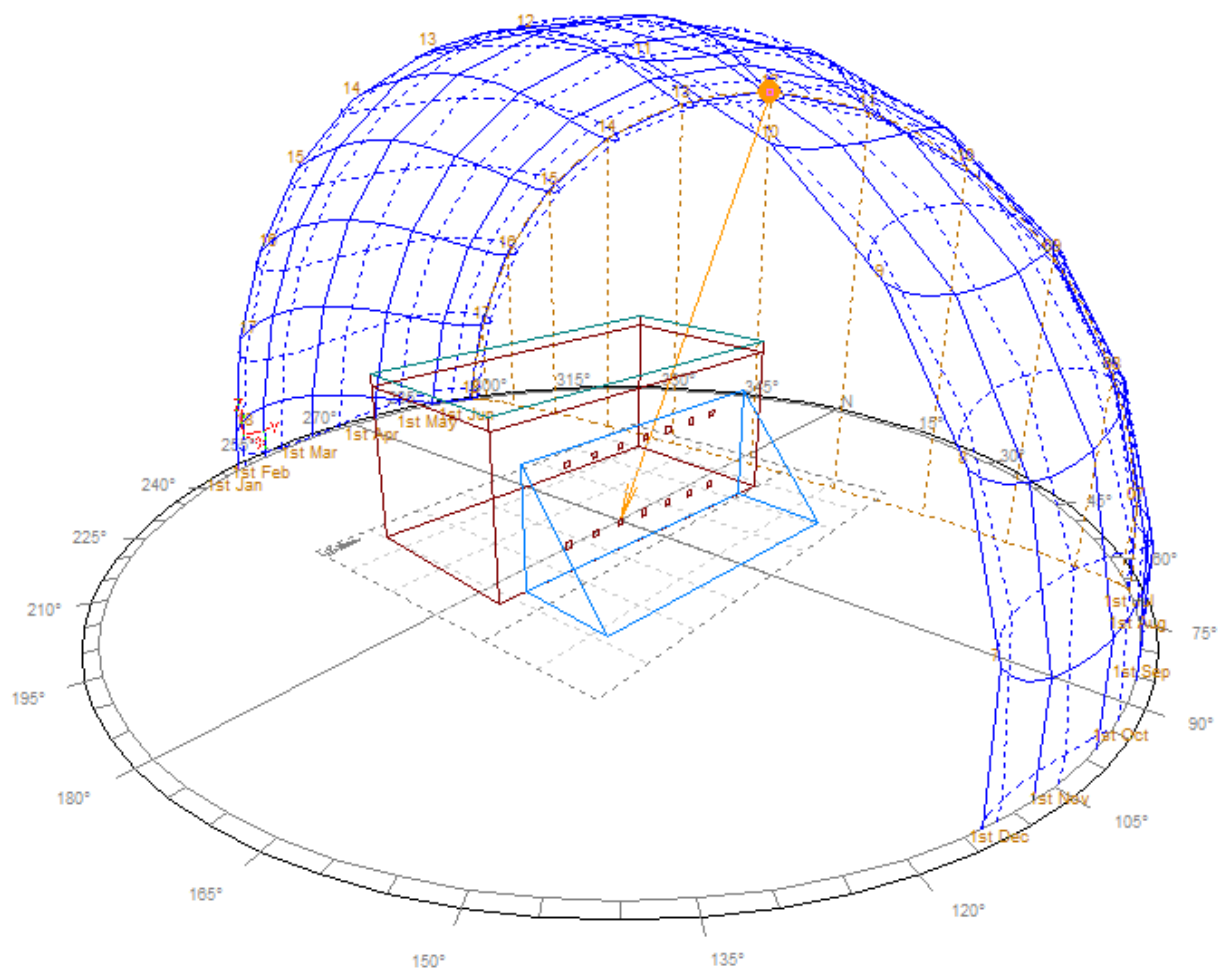
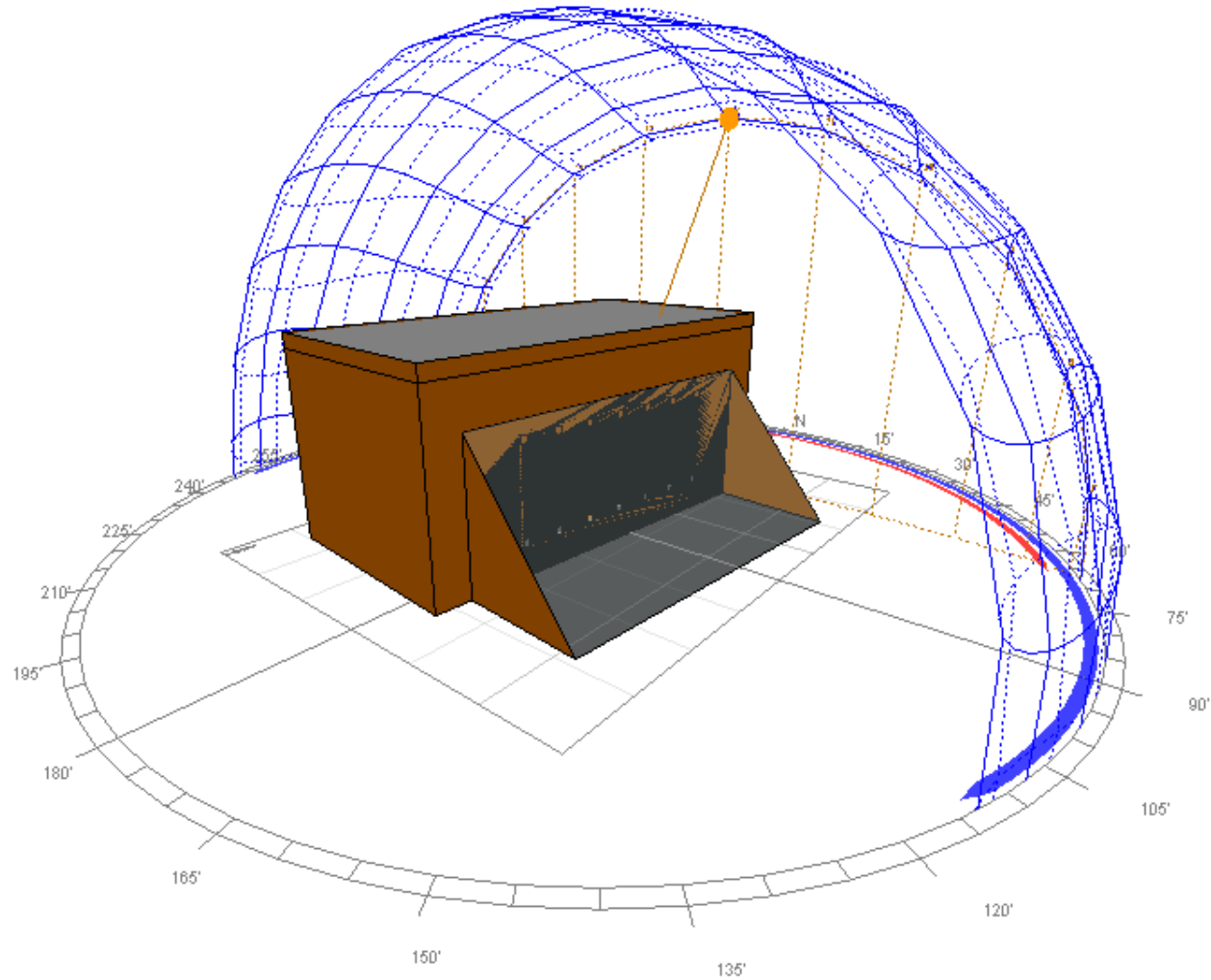
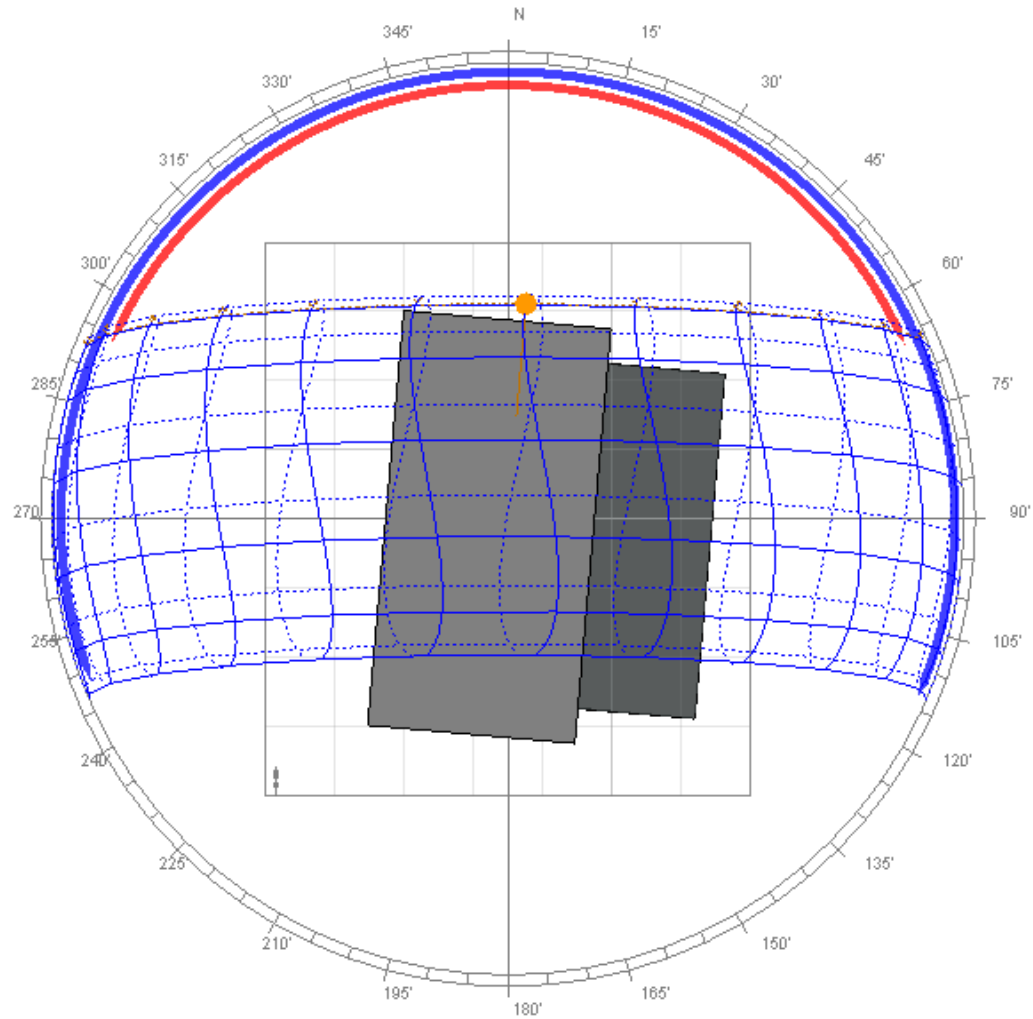


Figura N°46: Peor Orientación Vivienda – Día Más Frio 02 De Junio



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°47: Peor Orientación Techo – Día Más Frio 02 De Junio.



Fuente: Elaboración propia.

B. Simulación en la mejor orientación:

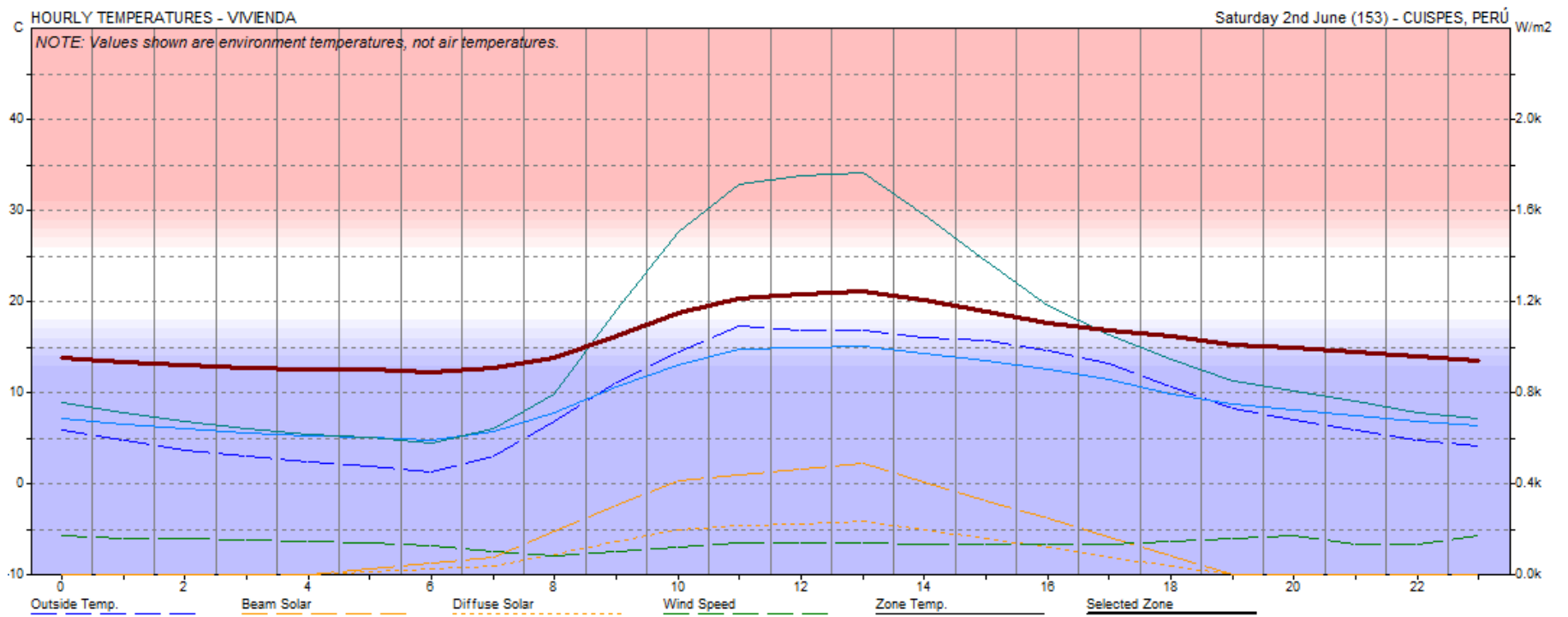
Se analizan las temperaturas internas y externas en la vivienda. La temperatura interna es una media de la temperatura del aire y la radiante en paredes, suelos y techo, de modo que nos sirve para evaluar la sensación de confort en el interior.

Tabla N°45: Datos de temperatura interna y externa en la mejor orientación en el día de Máximo Frio – 02 de Junio.

MEJOR ORIENTACIÓN DE VIVIENDA							
Acondicionamiento con Muro Trombe y Falso Techo				Sin Acondicionamiento			
HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP. DIF (C)	HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP. DIF (C)
0	13.9	5.9	8	0	11.3	5.9	5.4
1	13.5	4.8	8.7	1	11	4.8	6.2
2	13.1	3.8	9.3	2	10.7	3.8	6.9
3	12.8	3.1	9.7	3	10.5	3.1	7.4
4	12.6	2.4	10.2	4	10.3	2.4	7.9
5	12.6	2	10.6	5	10.7	2	8.7
6	12.3	1.4	10.9	6	10.5	1.4	9.1
7	12.8	3.1	9.7	7	10.2	3.1	7.1
8	13.9	6.9	7	8	10.1	6.9	3.2
9	16.2	11.2	5	9	9.9	11.2	-1.3
10	18.8	14.5	4.3	10	9.8	14.5	-4.7
11	20.3	17.4	2.9	11	9.7	17.4	-7.7
12	20.8	16.9	3.9	12	10.1	16.9	-6.8
13	21.2	16.9	4.3	13	11.2	16.9	-5.7
14	20.2	16.1	4.1	14	12.7	16.1	-3.4
15	18.9	15.8	3.1	15	14.1	15.8	-1.7
16	17.7	14.7	3	16	14.9	14.7	0.2
17	17	13.3	3.7	17	14.8	13.3	1.5
18	16.2	10.7	5.5	18	15	10.7	4.3
19	15.4	8.3	7.1	19	14.4	8.3	6.1
20	15	7.1	7.9	20	13.9	7.1	6.8
21	14.5	6	8.5	21	13.1	6	7.1
22	14	4.8	9.2	22	12.6	4.8	7.8
23	13.6	4.2	9.4	23	11.8	4.2	7.6

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°08: Simulación de temperatura en la mejor orientación de vivienda (Día Máximo Frio – 02 de Junio).



Fuente: Elaboración propia.

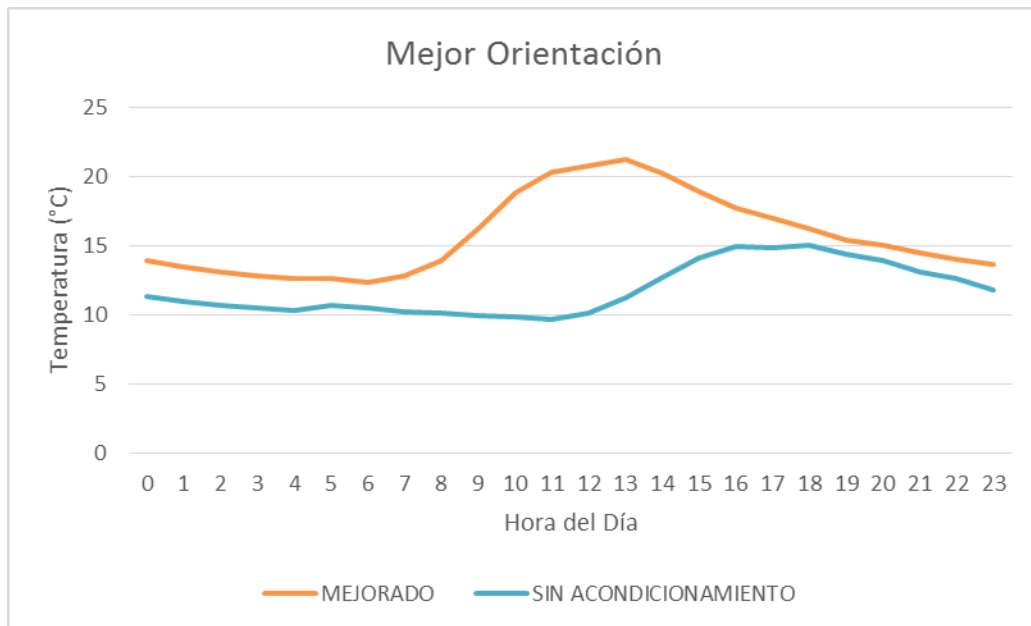
1. Sin acondicionamiento + vivienda sellada: Se analizan las temperaturas internas y externas como en el caso anterior, cuyo resultado de la temperatura media del día es de 11,8°C, 2°C por encima de la temperatura exterior. Sin embargo, en el estudio de la evolución horaria (9:00 a 15:00), se observa que la temperatura interna disminuye, mientras la exterior llega a oscilar hasta 16°C entre la máxima y la mínima diarias.

El efecto de las ganancias internas y solares es mínimo. La ventilación natural es extremadamente alta, sobre todo durante el día, cuando la puerta principal permanece abierta, por razones de costumbre de los pobladores.

2. Acondicionamiento con Muro Trombe y falso techo: Se analizan las temperaturas interna y externa en la vivienda. En el estudio de la evolución horaria, puede verse que la temperatura interna a cualquier hora es mayor que la temperatura externa, siendo la temperatura mínima 12.3°C a las 6:00 horas, cumpliendo nuestro objetivo que es obtener una temperatura de confort de 12°C.

Asimismo para la ventilación natural se ha simulado un mejor uso de las puertas, disminuyendo el área de apertura hasta el 50 % y el tiempo que la puerta está abierta, se restringe al mínimo necesario, que se estima en el 10% del total. Además se programa el funcionamiento con Ventilación Mínima, es decir, simula la apertura de la puerta durante una hora de 11 a 12, para ventilación.

Grafica N°09: Comparación De Temperaturas De La Vivienda Mejorada Y Sin Acondicionamiento.



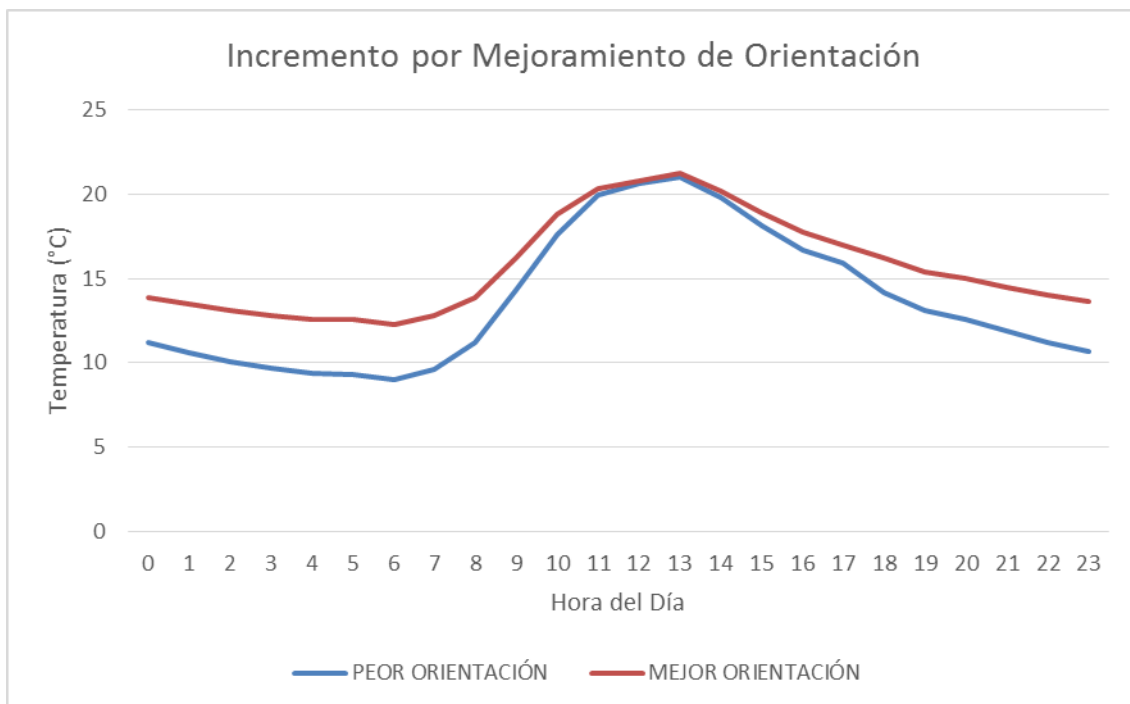
Fuente: Elaboración propia.

3. **Comparación de temperaturas de la vivienda mejorada y sin acondicionamiento:** En el estudio de la evolución horaria, puede verse que la temperatura interna a cualquier hora es mayor que la temperatura externa, desde 9:00 hasta 18:00 se genera el aumento de temperatura llegando a un pico de 21.2°C a las 13:00 horas; y en el otro tramo desde 18:00 a 9:00 la temperatura aumenta en 2°C aproximadamente en relación con el caso de la vivienda sin acondicionamiento, se puede observar que la temperatura mínima interna en esta orientación es 12.3°C.

C. **Incremento por mejoramiento en orientación:**

De esta manera para tener una idea clara de cuanto es la ganancia de temperatura con el mejoramiento de orientación se realiza una gráfica que se muestra a continuación:

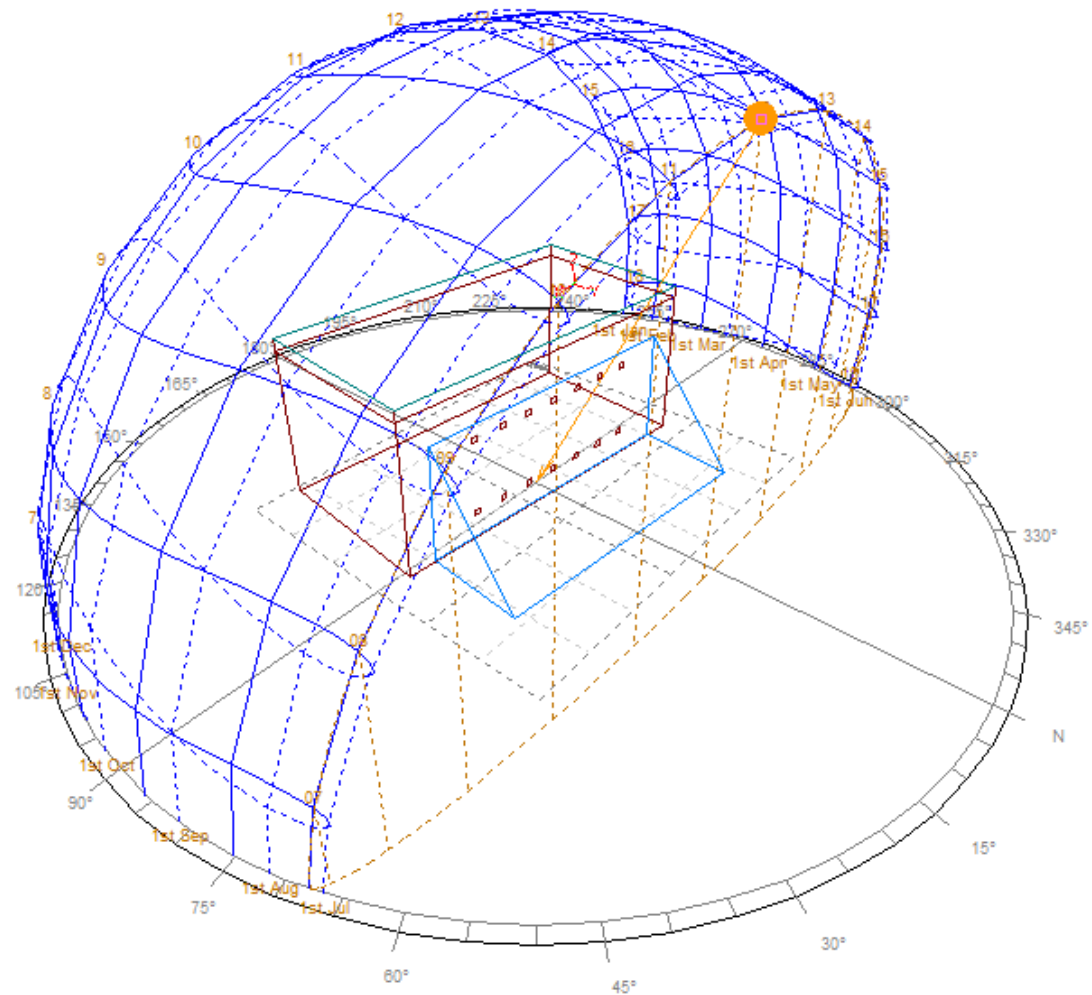
Gráfica N°10: Ganancia De Temperatura Por Mejoramiento De Orientación.



Fuente: Elaboración propia.

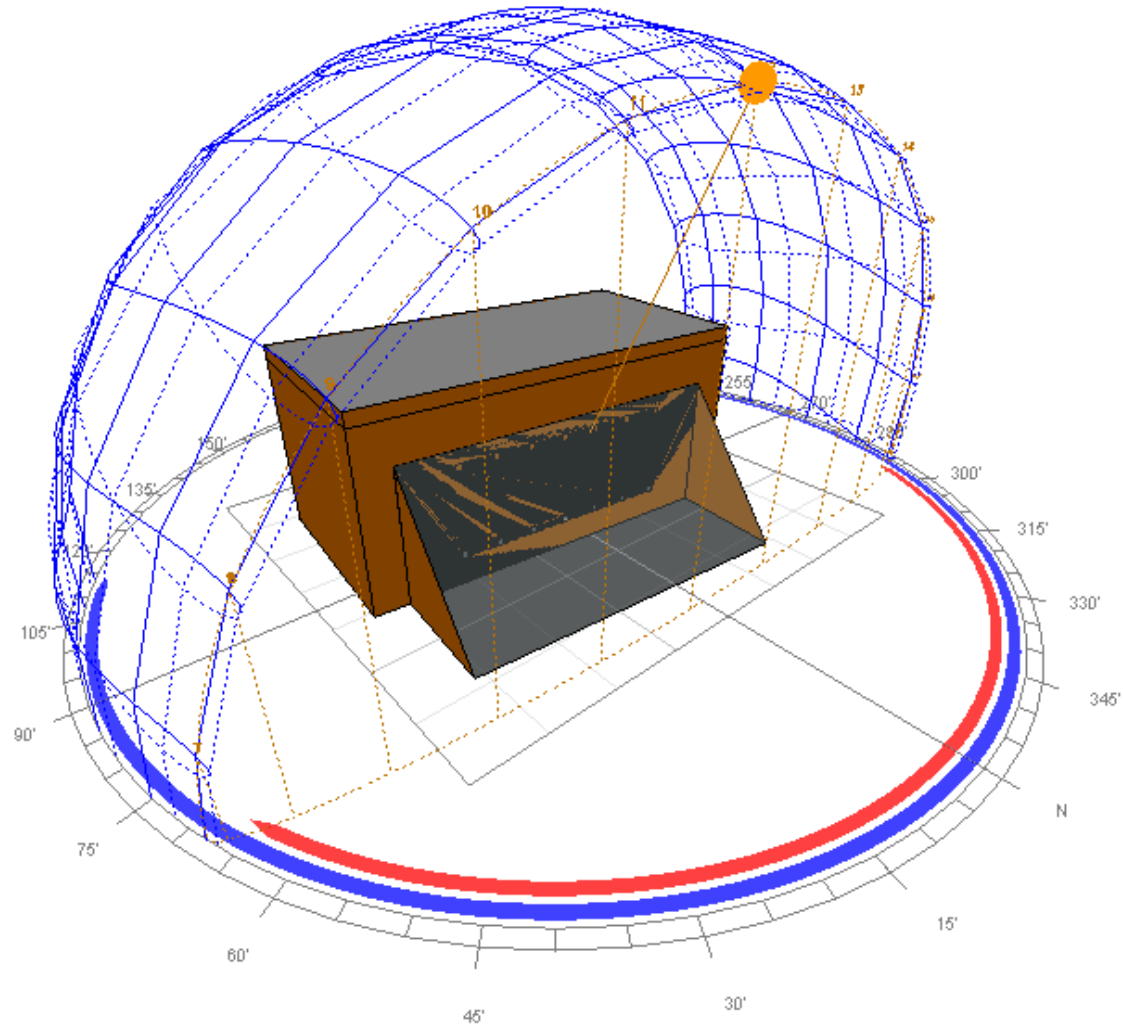
Se observa que en el caso de mejor orientación la temperatura es mayor en cualquier hora, en ambos casos se genera un aumento de temperatura en el tramo de 8:00 hasta 18:00 horas. Y en el segundo tramo desde 18:00 hasta 8:00 horas, cuando se tiene una mejor orientación, se gana aproximadamente 2°C.

Figura N°48: Mejor Orientación Muro Trombe – Día Más Frio 02 de Junio



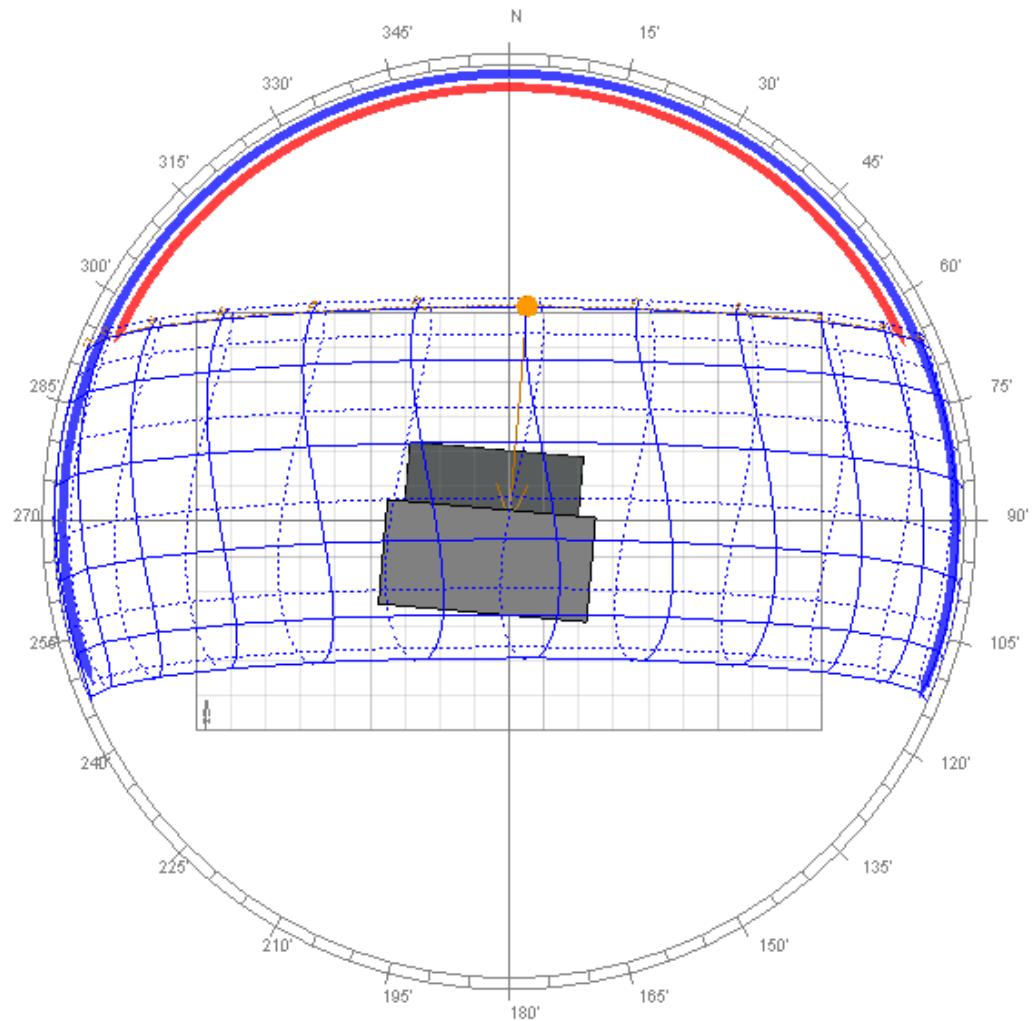
Fuente: Elaboración propia.

Figura N°49: Mejor Orientación Vivienda – Día Más Frio 02 de Junio



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°50: Mejor Orientación Techo – Día Más Frio 02 de Junio



Fuente: Elaboración propia.

5.1.2. SIMULACIONES EN EL DIA DE MÁXIMO CALOR – 26 DE ENERO:

A. Simulación en la peor orientación:

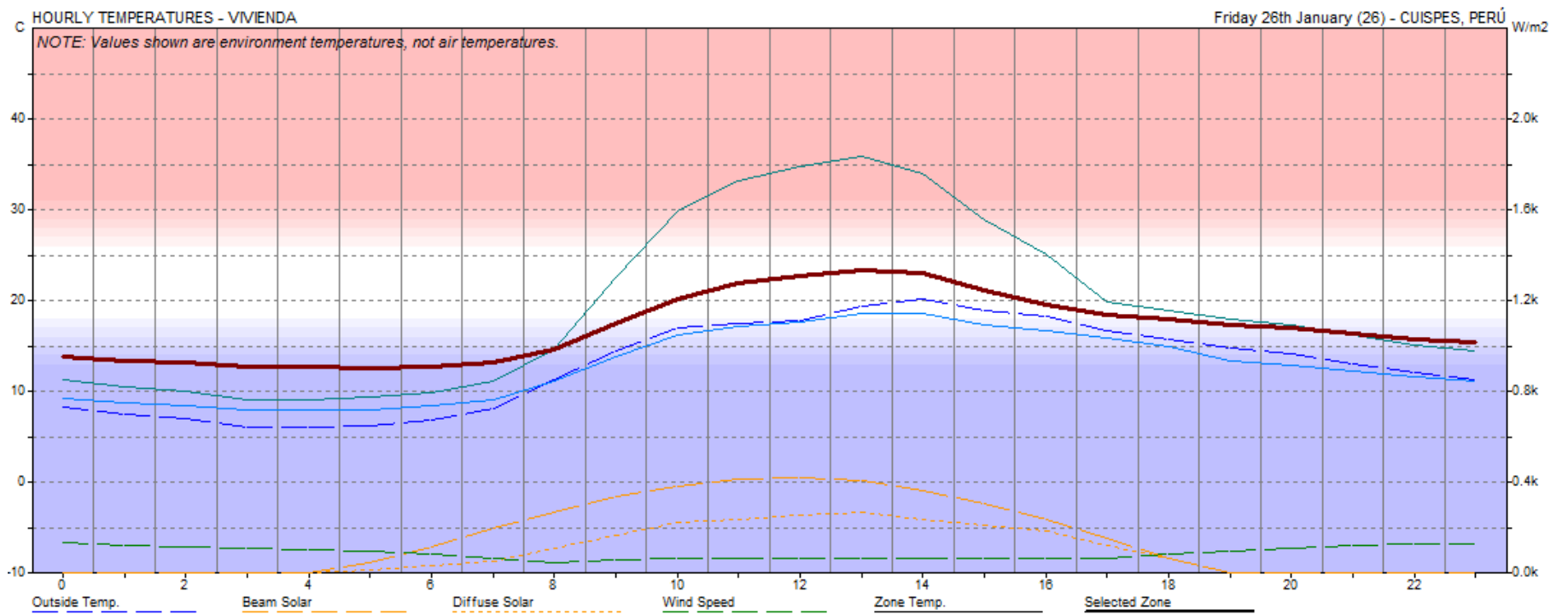
Se analizan las temperaturas internas y externas en la vivienda, como en el caso anterior.

Tabla N°46: Datos de temperatura interna y externa en la peor orientación en el día de Máximo Calor – 26 de Enero.

PEOR ORIENTACIÓN DE VIVIENDA							
Acondicionamiento con Muro Trombe y Falso Techo				Sin Acondicionamiento			
HOUR	INSIDE (C)	OUTSID E (C)	TEMP. DIF (C)	HOUR	INSIDE (C)	OUTSID E (C)	TEMP. DIF (C)
0	13.9	8.3	5.6	0	14.2	8.3	5.9
1	13.5	7.5	6	1	14	7.5	6.5
2	13.2	7	6.2	2	13.7	7	6.7
3	12.7	6.1	6.6	3	13.5	6.1	7.4
4	12.7	6.1	6.6	4	13.4	6.1	7.3
5	12.6	6.3	6.3	5	13	6.3	6.7
6	12.8	6.9	5.9	6	12.9	6.9	6
7	13.3	8.1	5.2	7	12.8	8.1	4.7
8	14.6	11.3	3.3	8	12.7	11.3	1.4
9	17.5	14.5	3	9	12.8	14.5	-1.7
10	20.3	17.1	3.2	10	13	17.1	-4.1
11	22	17.6	4.4	11	13.2	17.6	-4.4
12	22.8	17.8	5	12	13.6	17.8	-4.2
13	23.5	19.4	4.1	13	14.6	19.4	-4.8
14	23.1	20.2	2.9	14	15.8	20.2	-4.4
15	21.2	18.9	2.3	15	16.7	18.9	-2.2
16	19.6	18.3	1.3	16	16.8	18.3	-1.5
17	18.4	16.7	1.7	17	16.7	16.7	0
18	18.1	15.8	2.3	18	17.1	15.8	1.3
19	17.5	14.9	2.6	19	17.2	14.9	2.3
20	17	14.2	2.8	20	16.7	14.2	2.5
21	16.5	13.1	3.4	21	16.2	13.1	3.1
22	15.9	12.1	3.8	22	15.4	12.1	3.3
23	15.4	11.4	4	23	14.9	11.4	3.5

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°11: Simulación de temperatura en la peor orientación de vivienda (Día Máximo Calor – 26 de Enero).



Fuente: Elaboración propia.

1. Sin acondicionamiento + vivienda sellada:

La media del día es de 14,62°C; 1,72°C por encima de la temperatura exterior. Sin embargo, en el estudio de la evolución horaria (9:00 a 16:00), puede verse el predominio del efecto de la inercia térmica, de forma que la temperatura interna disminuye, mientras la exterior llega a oscilar hasta 14,1°C entre la máxima y la mínima diarias.

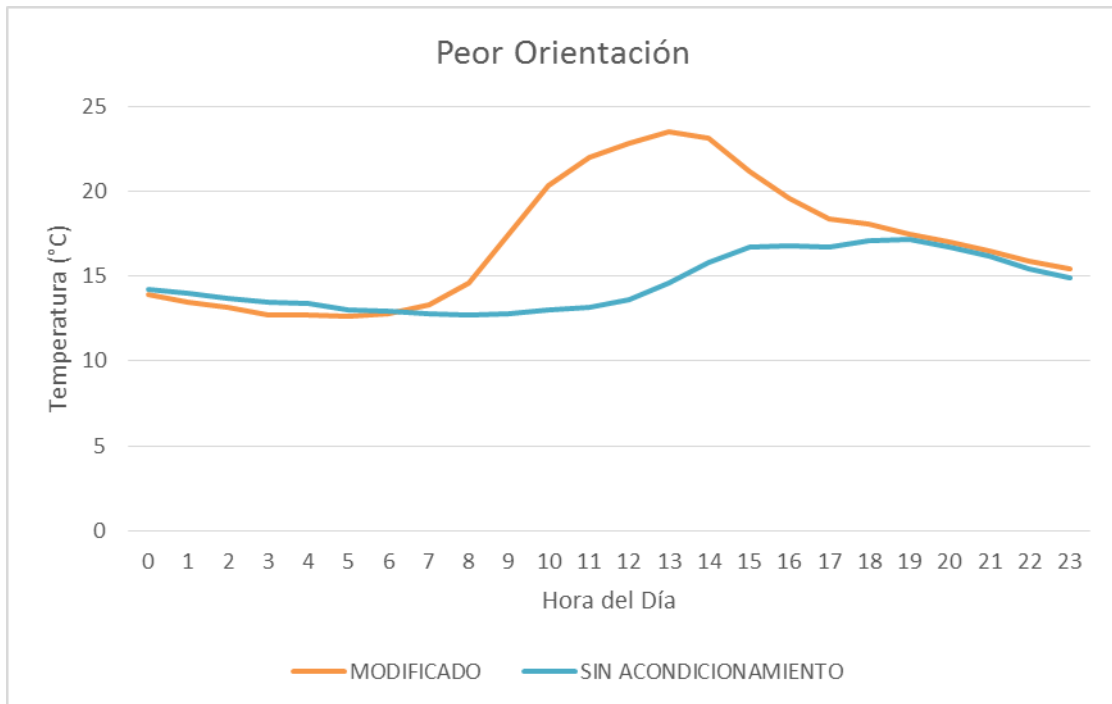
El efecto de las ganancias internas y solares es mínimo. La ventilación natural es extremadamente alta, sobre todo durante el día, cuando la puerta principal permanece abierta.

2. Acondicionamiento con Muro Trombe y falso techo:

Se analizan las temperaturas interna y externa en la vivienda. En el estudio de la evolución horaria, puede verse que la temperatura varía y no es uniforme, generándose picos. A partir de las 7:00 a 20:00 aumenta notablemente llegando a 23.5°C a las 13:00 horas.

Asimismo para la ventilación natural se ha simulado un mejor uso de las puertas, disminuyendo el área de apertura hasta el 50 % y el tiempo que la puerta está abierta, se restringe al mínimo necesario, que se estima en el 10% del total. Además se programa el funcionamiento con Ventilación Mínima, es decir, simula la apertura de la puerta durante una hora de 11 a 12, para ventilación.

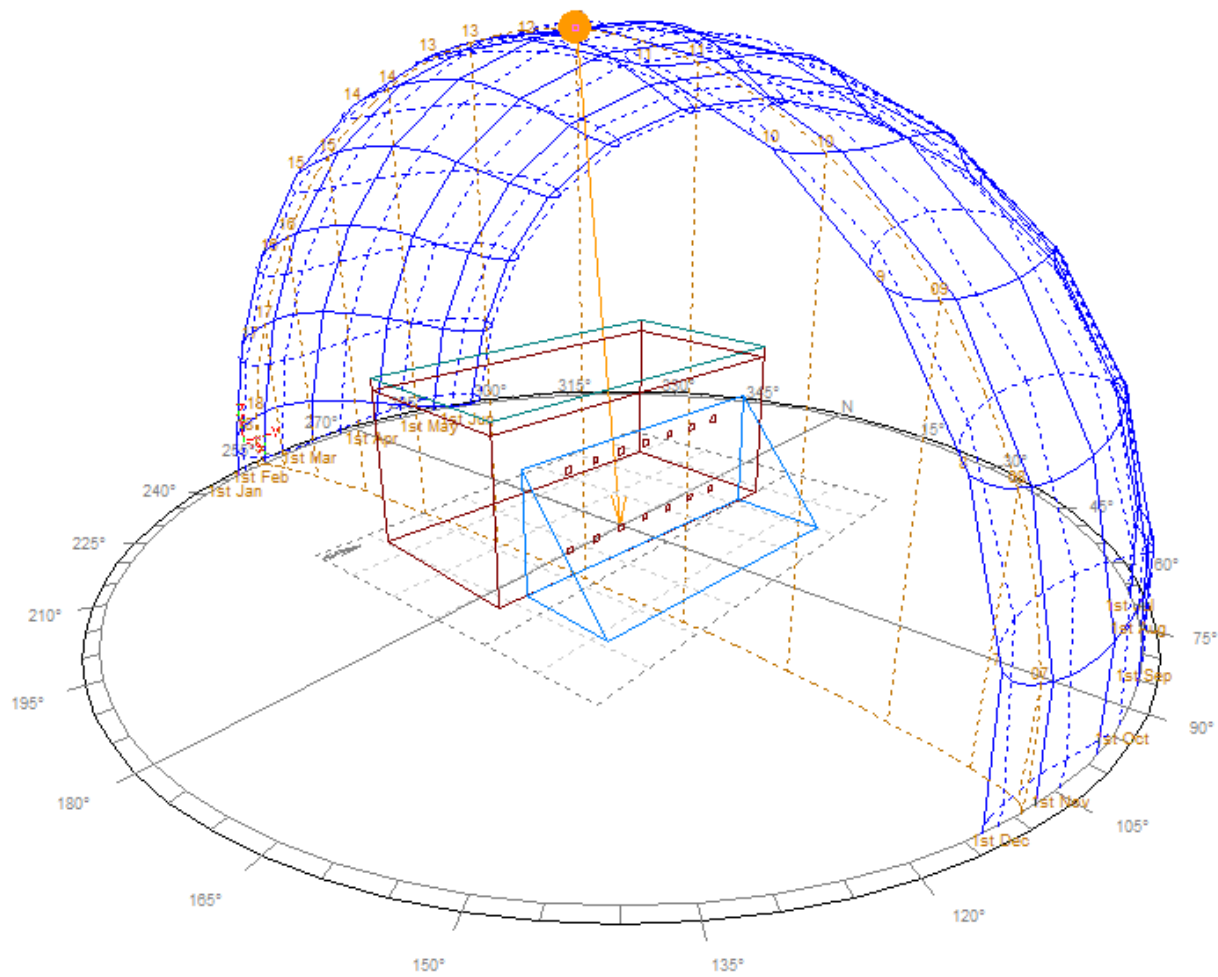
Gráfico N°12: Comparación De Temperaturas De La Vivienda Modificada Y Sin Acondicionamiento.



Fuente: Elaboración propia.

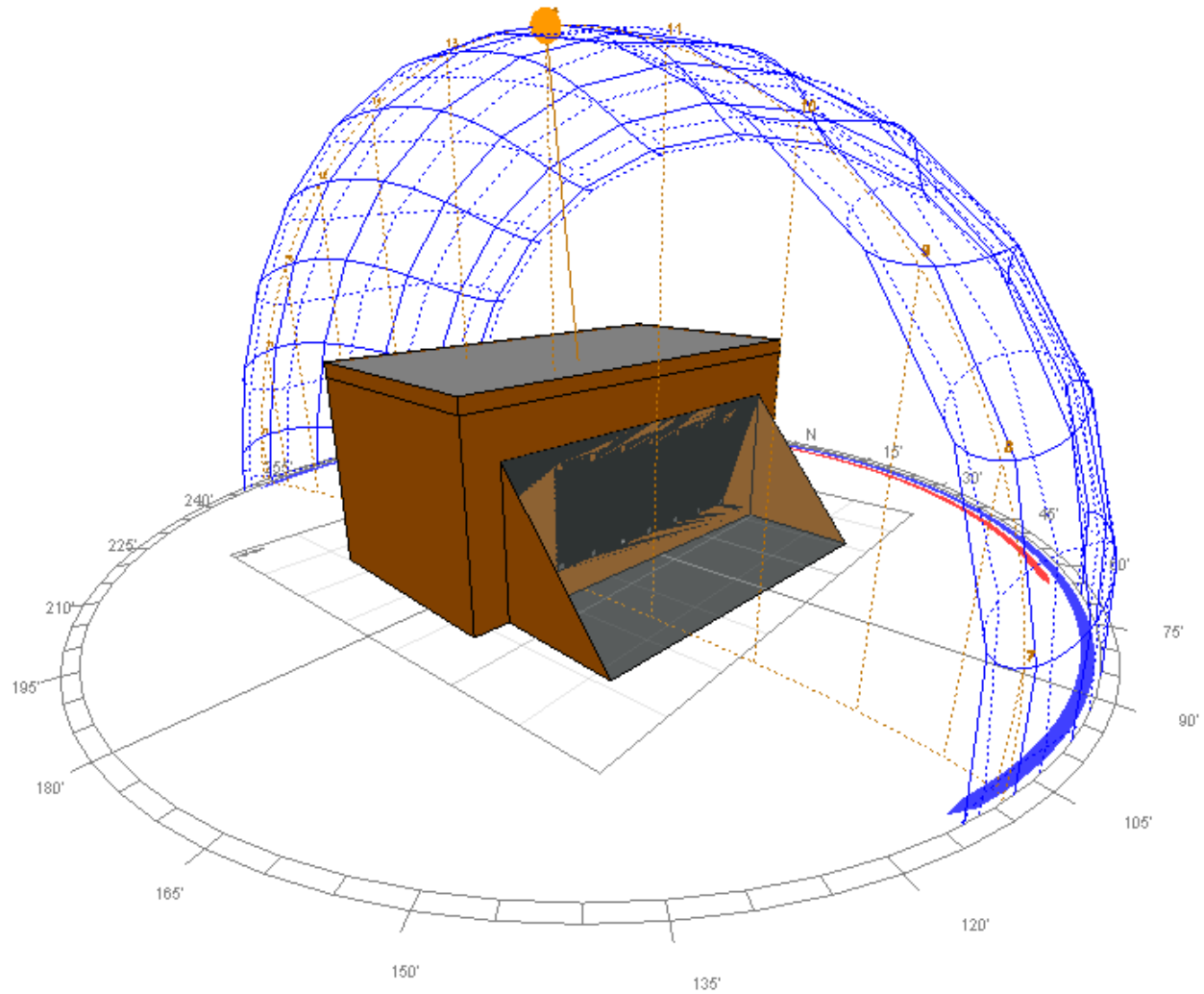
- 3. Comparacion de temperaturas de la vivienda modificada y sin acondicionamiento:** En la gráfica se observa la evolución horaria de ambos casos, existen dos tramos considerables. En el tramo de las 8:00 hasta 19:00 se genera el aumento de temperatura llegando a un pico de 23.5°C a las 13:00 horas; y en el otro tramo desde 19:00 a 8:00 conforme transcurre el tiempo va disminuyendo y pasando las 00:00 horas la temperatura es menor en relación con el caso de la vivienda sin acondicionamiento, se puede observar que la temperatura mínima interna en esta orientación es 12,6 y la máxima es 23.5°C.

Figura N°51: Peor Orientación Muro Trombe – Día Más Caluroso 26 de Enero



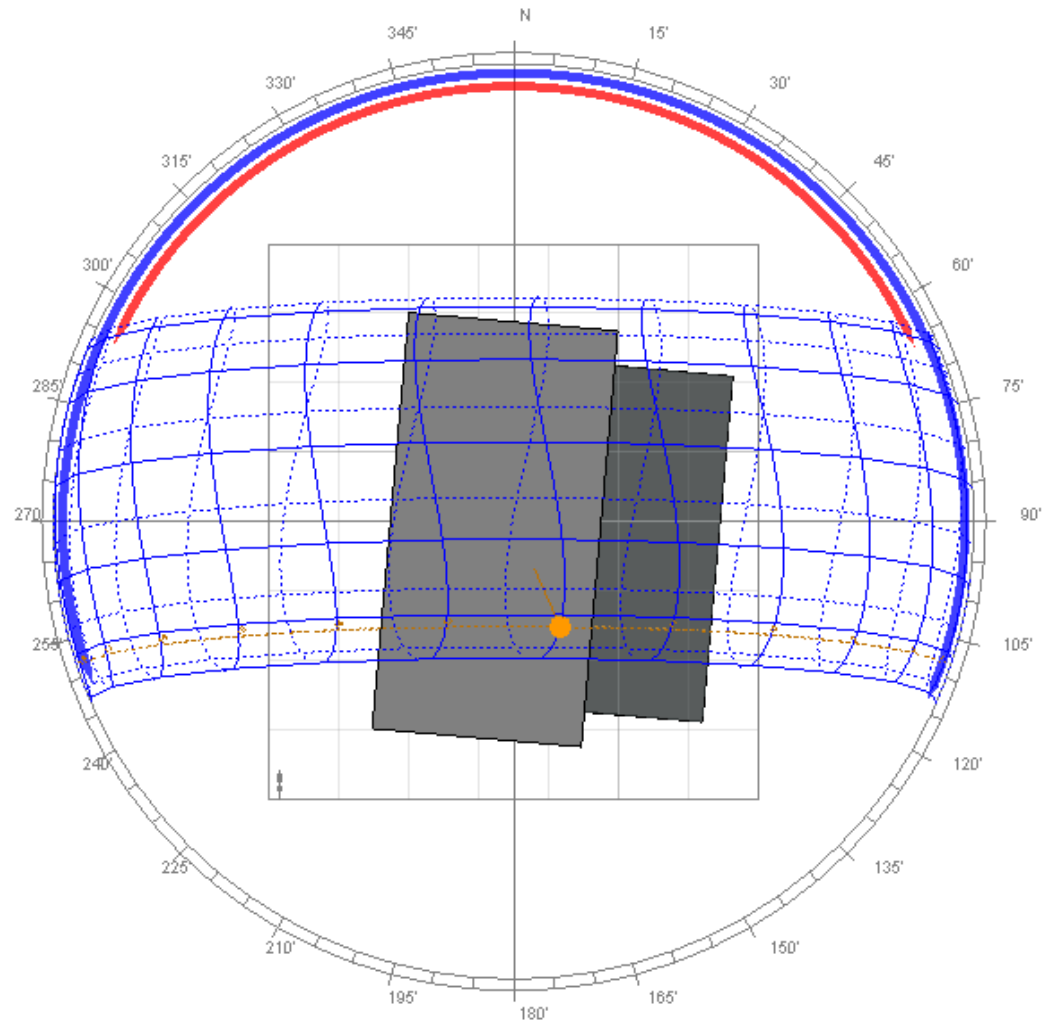
Fuente: Elaboración propia.

Figura N°52: Peor Orientación Vivienda – Día Más Caluroso 26 de Enero



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°53: Peor Orientación Techo – Día Más Caluroso 26 de Enero.



Fuente: Elaboración propia.

B. Simulación en la mejor orientación:

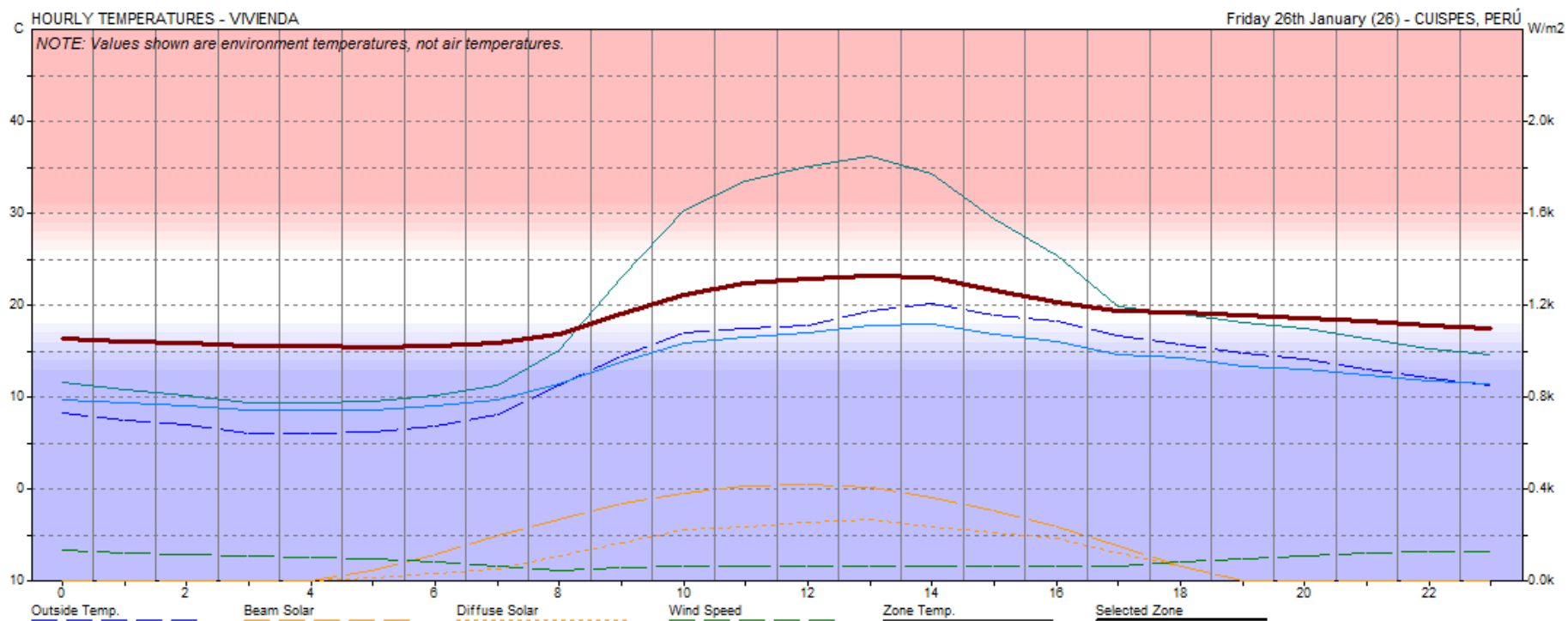
Se analizan las temperaturas internas y externas en la vivienda, como en el caso anterior.

Tabla N°47: Datos de temperatura interna y externa en la mejor orientación en el día de Máximo Calor – 26 de Enero.

MEJOR ORIENTACIÓN DE VIVIENDA							
Acondicionamiento con Muro Trombe y Falso Techo				Sin Acondicionamiento			
HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP. DIF (C)	HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP. DIF (C)
0	16.4	8.3	8.1	0	14.4	8.3	6.1
1	16.1	7.5	8.6	1	14.2	7.5	6.7
2	15.9	7	8.9	2	14	7	7
3	15.6	6.1	9.5	3	13.8	6.1	7.7
4	15.6	6.1	9.5	4	13.7	6.1	7.6
5	15.5	6.3	9.2	5	13.3	6.3	7
6	15.7	6.9	8.8	6	13.1	6.9	6.2
7	16	8.1	7.9	7	13	8.1	4.9
8	16.9	11.3	5.6	8	12.7	11.3	1.4
9	19.2	14.5	4.7	9	12.7	14.5	-1.8
10	21.2	17.1	4.1	10	12.8	17.1	-4.3
11	22.4	17.6	4.8	11	13	17.6	-4.6
12	22.9	17.8	5.1	12	13.3	17.8	-4.5
13	23.3	19.4	3.9	13	14.2	19.4	-5.2
14	23.1	20.2	2.9	14	15.4	20.2	-4.8
15	21.7	18.9	2.8	15	16.5	18.9	-2.4
16	20.5	18.3	2.2	16	16.7	18.3	-1.6
17	19.5	16.7	2.8	17	16.8	16.7	0.1
18	19.3	15.8	3.5	18	17.3	15.8	1.5
19	19	14.9	4.1	19	17.3	14.9	2.4
20	18.7	14.2	4.5	20	16.7	14.2	2.5
21	18.3	13.1	5.2	21	16.2	13.1	3.1
22	17.9	12.1	5.8	22	15.4	12.1	3.3
23	17.5	11.4	6.1	23	15	11.4	3.6

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°13: Simulación de temperatura en la mejor orientación de vivienda (Día Máximo Calor – 26 de Enero).



Fuente: Elaboración propia.

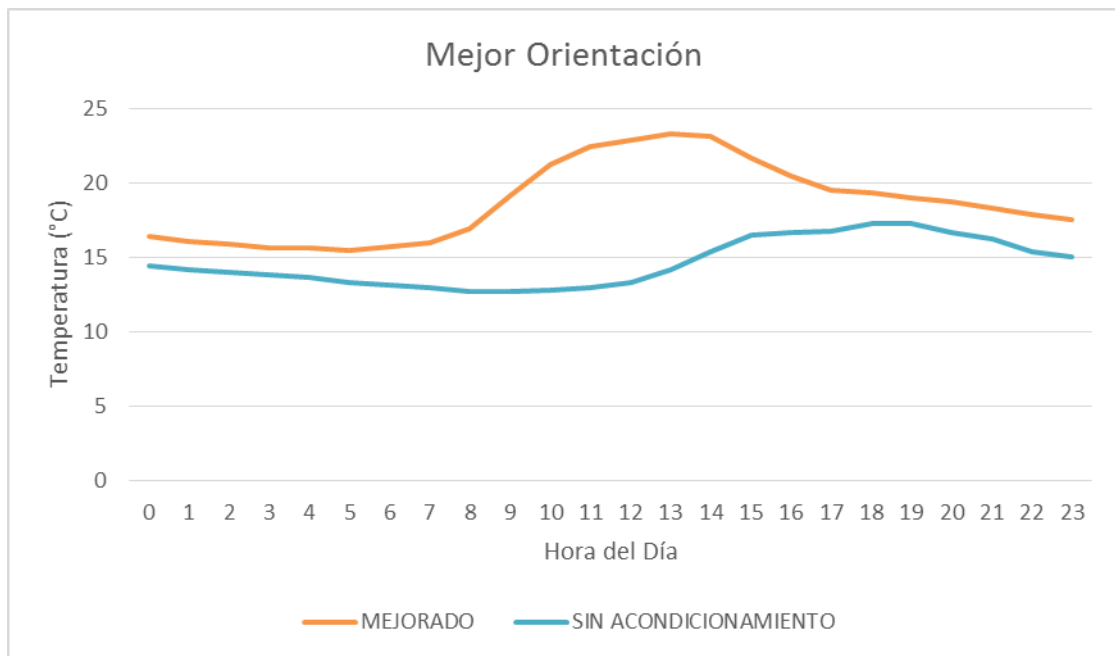
1. Sin acondicionamiento + vivienda sellada: Se analizan las temperaturas internas y externas como en el caso anterior, cuyo resultado de la temperatura media del día es de 14,65°C, 1.75°C por encima de la temperatura exterior. Sin embargo, en el estudio de la evolución horaria (9:00 a 15:00), se observa que la temperatura interna disminuye, mientras la exterior llega a oscilar hasta 14.1°C entre la máxima y la mínima diarias.

El efecto de las ganancias internas y solares es mínimo. La ventilación natural es extremadamente alta, sobre todo durante el día, cuando la puerta principal permanece abierta, por razones de costumbre de los pobladores.

2. Acondicionamiento con Muro Trombe y falso techo: Se analizan las temperaturas interna y externa en la vivienda. En el estudio de la evolución horaria, puede verse que la temperatura interna a cualquier hora es mayor que la temperatura externa, siendo la temperatura mínima 15.5°C a las 5:00 horas y la temperatura máxima 23.3°C a la 13:00 horas.

Asimismo para la ventilación natural se ha simulado un mejor uso de las puertas, disminuyendo el área de apertura hasta el 50 % y el tiempo que la puerta está abierta, se restringe al mínimo necesario, que se estima en el 10% del total. Además se programa el funcionamiento con Ventilación Mínima, es decir, simula la apertura de la puerta durante una hora de 11 a 12, para ventilación.

Gráfico N°14: Comparación De Temperaturas De La Vivienda Mejorada Y Sin Acondicionamiento.



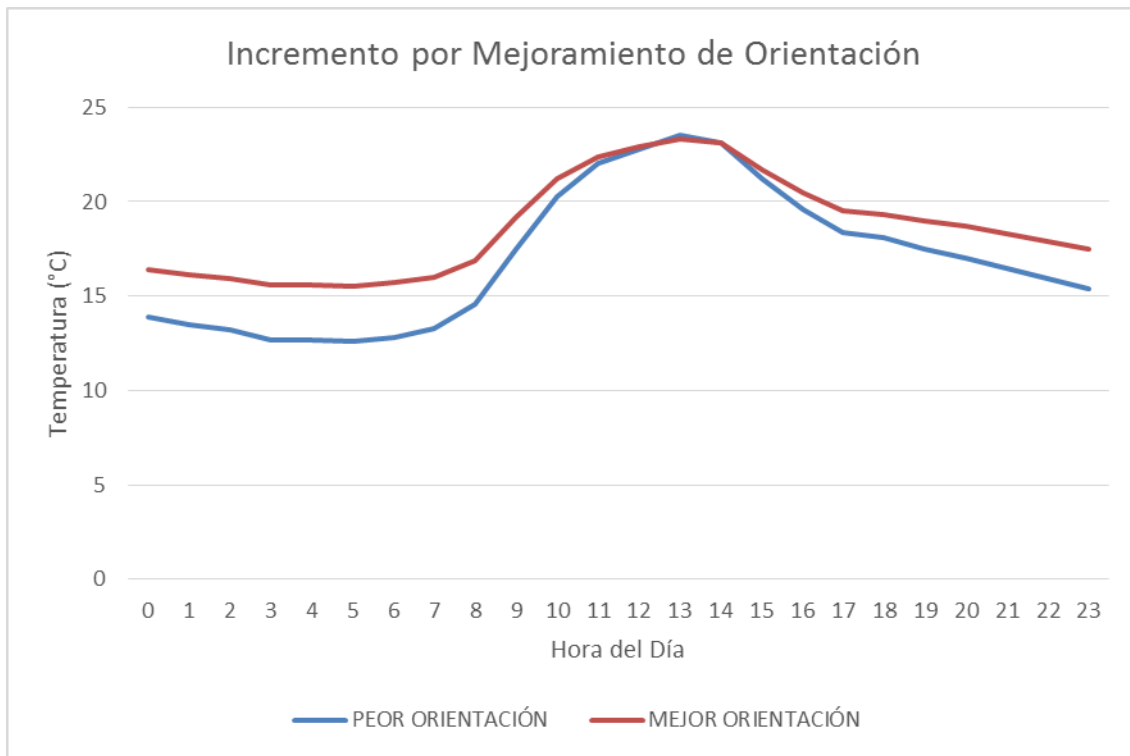
Fuente: Elaboración propia.

- 3. Comparación de temperaturas de la vivienda mejorada y sin acondicionamiento:** En el estudio de la evolución horaria, puede verse que la temperatura interna a cualquier hora es mayor que la temperatura externa, desde 9:00 hasta 18:00 se genera el aumento de temperatura llegando a un pico de 23.3°C a las 13:00 horas; y en el otro tramo desde 18:00 a 9:00 la temperatura aumenta en 2°C aproximadamente en relación con el caso de la vivienda sin acondicionamiento, se puede observar que la temperatura mínima interna en esta orientación es 15.5°C y la máxima 23.3°C.

C. Incremento por mejoramiento en orientación:

De esta manera para tener una idea clara de cuanto es la ganancia de temperatura con el mejoramiento de orientación se realiza una gráfica que se muestra a continuación:

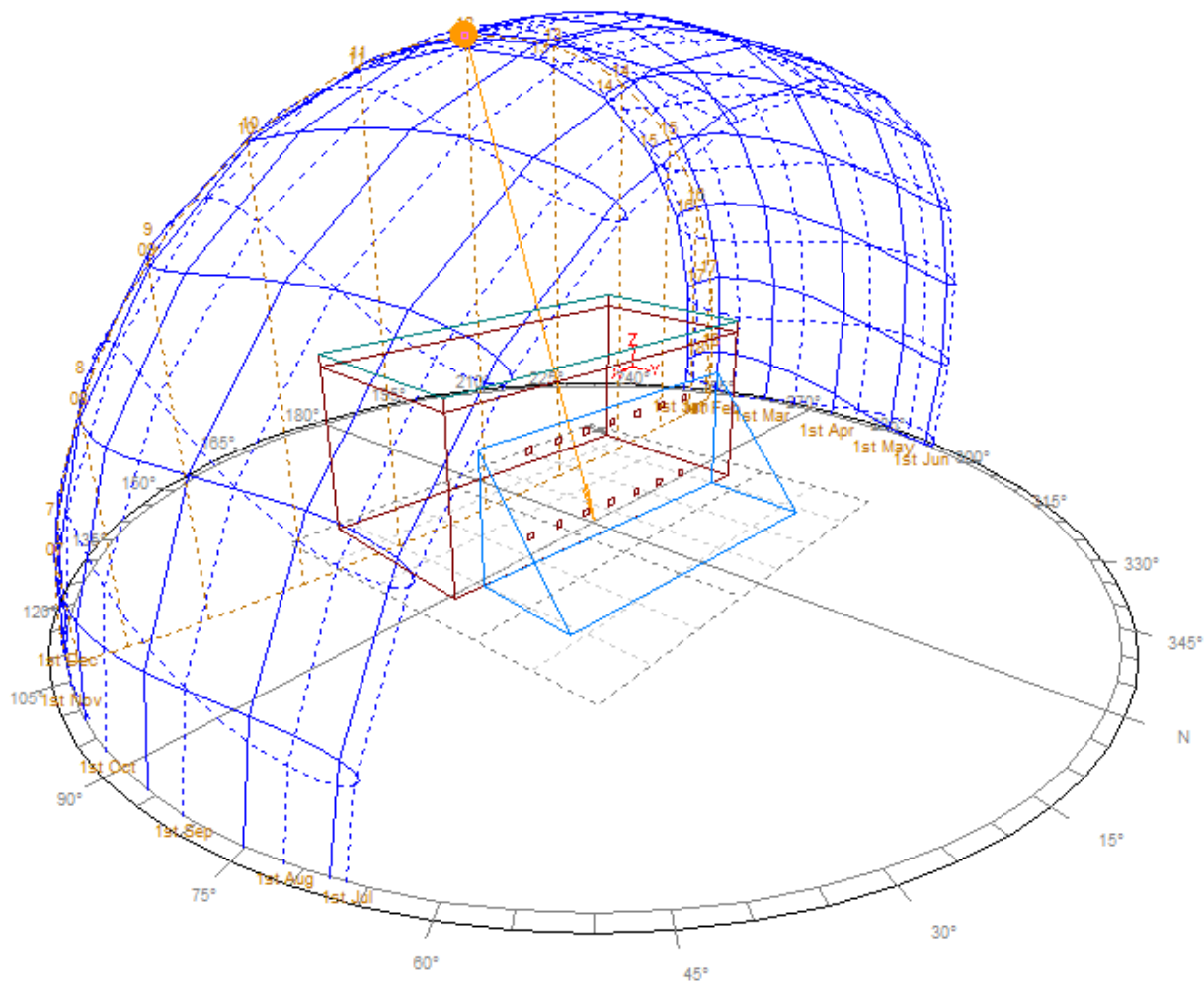
Gráfico N°15: Ganancia De Temperatura Por Mejoramiento De Orientación.



Fuente: Elaboración propia.

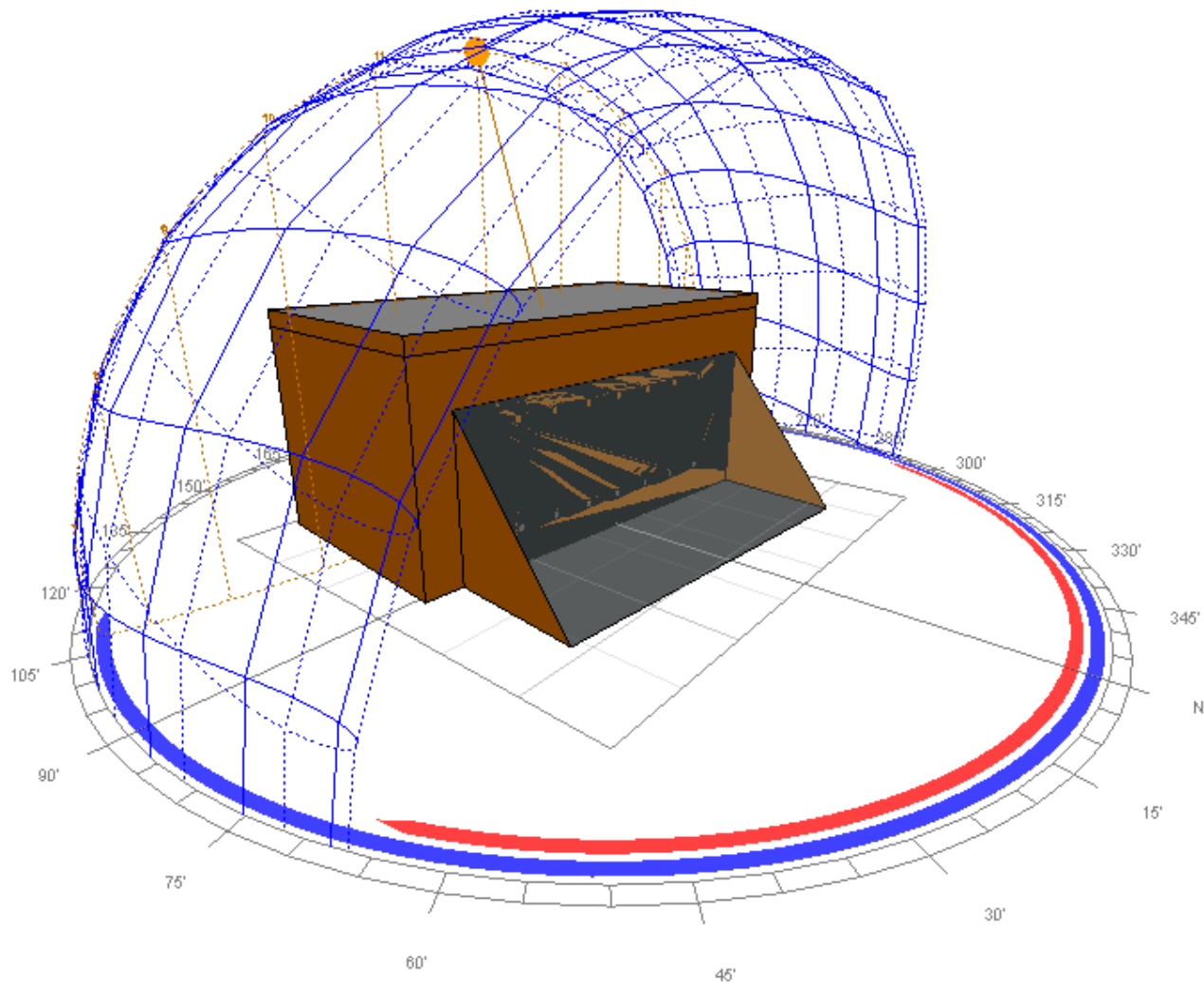
Se observa que en el caso de mejor orientación la temperatura es mayor en cualquier hora, en ambos casos se genera un aumento de temperatura en el tramo de 8:00 hasta 18:00 horas. Y en el segundo tramo desde 18:00 hasta 8:00 horas, cuando se tiene una mejor orientación, se gana aproximadamente 2°C.

Figura N°54: Mejor Orientación – Día Más Caluroso 26 de Enero



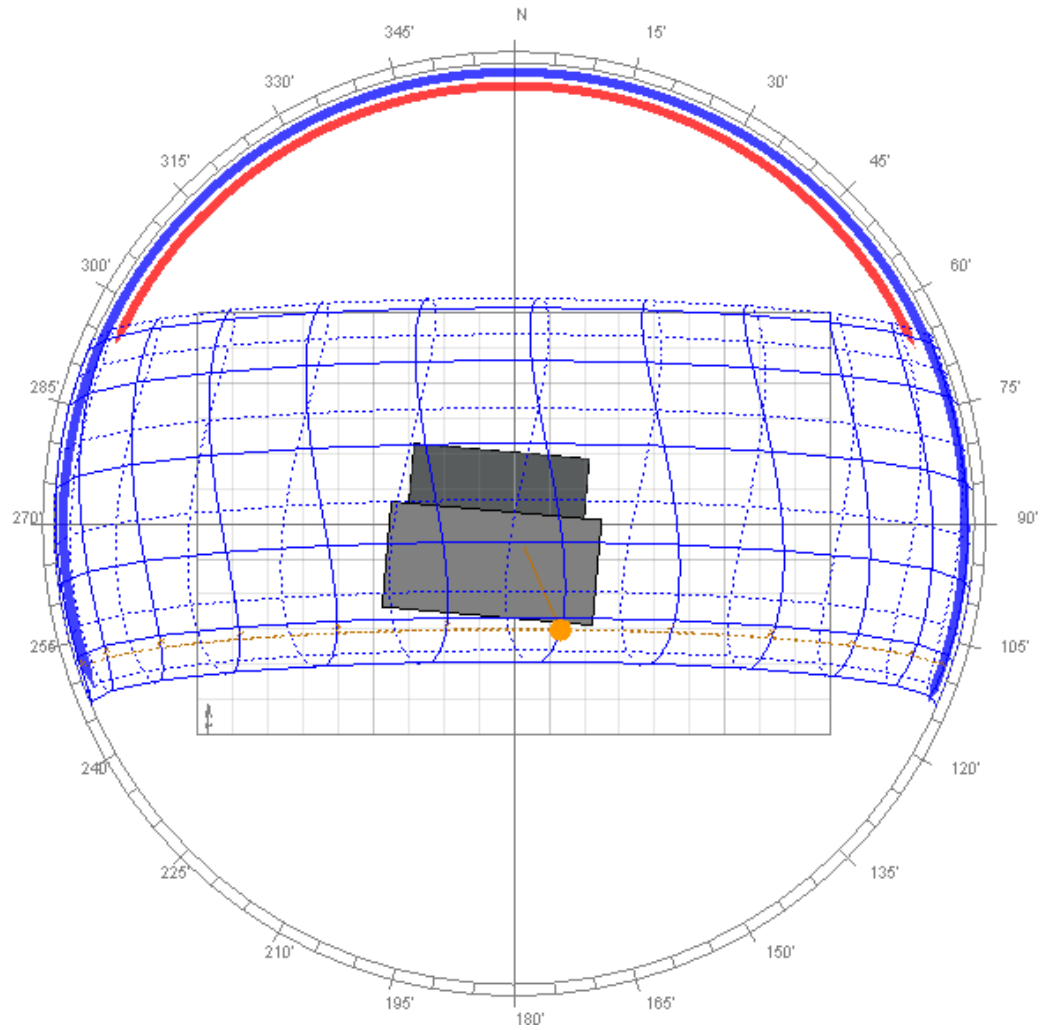
Fuente: Elaboración propia.

Figura N°55: Mejor Orientación – Día Más Caluroso 26 de Enero.



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°56: Mejor Orientación – Día Más Caluroso 26 de Enero.



Fuente: Elaboración propia.

5.2. SIMULACIÓN ACONDICIONAMIENTO CON MURO TROMBE VS RECUBRIMIENTO CON YESO (16mm):

5.2.1. SIMULACIONES EN EL DIA DE MAXIMO FRIO – 02 DE JUNIO:

A. Simulación en la peor orientación:

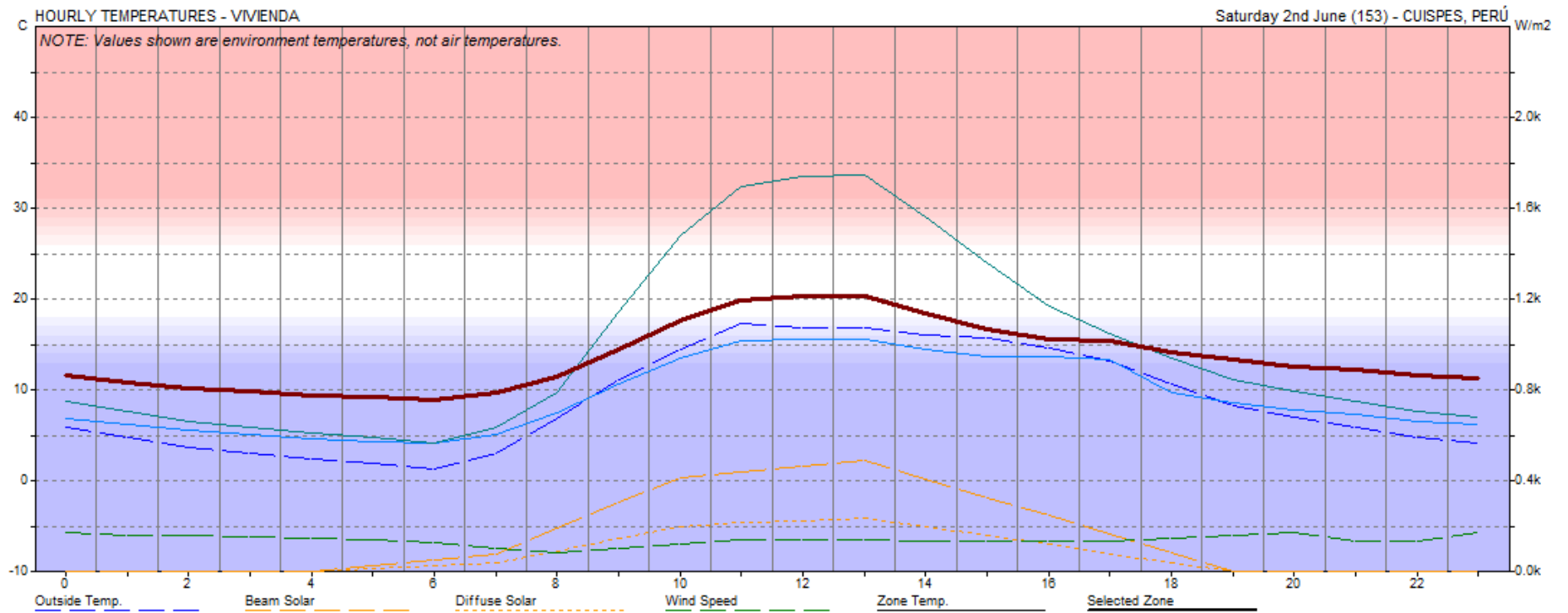
Se analizan las temperaturas internas y externas en la vivienda, con una capa de recubrimiento de yeso de 16 mm de espesor.

Tabla N°48: Datos de temperatura interna y externa en la peor orientación en el día de Máximo Frío – 02 de Junio.

PEOR ORIENTACIÓN DE VIVIENDA							
Acondicionamiento con Muro Trombe y Falso Techo				Paredes con Yeso (16mm)			
HOUR	INSIDE	OUTSIDE	TEMP. DIF	HOUR	INSIDE	OUTSIDE	TEMP. DIF
0	11.2	5.9	5.3	0	11.7	5.9	5.8
1	10.6	4.8	5.8	1	10.9	4.8	6.1
2	10.1	3.8	6.3	2	10.3	3.8	6.5
3	9.7	3.1	6.6	3	9.9	3.1	6.8
4	9.4	2.4	7	4	9.5	2.4	7.1
5	9.3	2	7.3	5	9.2	2	7.2
6	9	1.4	7.6	6	8.9	1.4	7.5
7	9.6	3.1	6.5	7	9.8	3.1	6.7
8	11.2	6.9	4.3	8	11.4	6.9	4.5
9	14.3	11.2	3.1	9	14.5	11.2	3.3
10	17.6	14.5	3.1	10	17.8	14.5	3.3
11	19.9	17.4	2.5	11	20	17.4	2.6
12	20.6	16.9	3.7	12	20.4	16.9	3.5
13	21	16.9	4.1	13	20.4	16.9	3.5
14	19.8	16.1	3.7	14	18.6	16.1	2.5
15	18.1	15.8	2.3	15	16.7	15.8	0.9
16	16.7	14.7	2	16	15.6	14.7	0.9
17	15.9	13.3	2.6	17	15.5	13.3	2.2
18	14.2	10.7	3.5	18	14.1	10.7	3.4
19	13.1	8.3	4.8	19	13.3	8.3	5
20	12.6	7.1	5.5	20	12.7	7.1	5.6
21	11.9	6	5.9	21	12.3	6	6.3
22	11.2	4.8	6.4	22	11.7	4.8	6.9
23	10.7	4.2	6.5	23	11.4	4.2	7.2

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°16: Simulación de temperatura en la peor orientación de vivienda (Día Máximo Frio – 02 de Junio).



Fuente: Elaboración propia.

- 1. Recubrimiento con yeso:** Se analizan las temperaturas interna y externa en la vivienda. En el estudio de la evolución horaria, puede verse que la temperatura varía y no es uniforme, generándose picos. A partir de las 8:00 a 17:00 la temperatura aumenta llegando a 20.4°C como máximo en horas de las 12:00 a 13:00 horas. Luego empieza a descender llegando a una temperatura mínima de 8.9°C a las 6:00 horas.

B. Simulación en la mejor orientación:

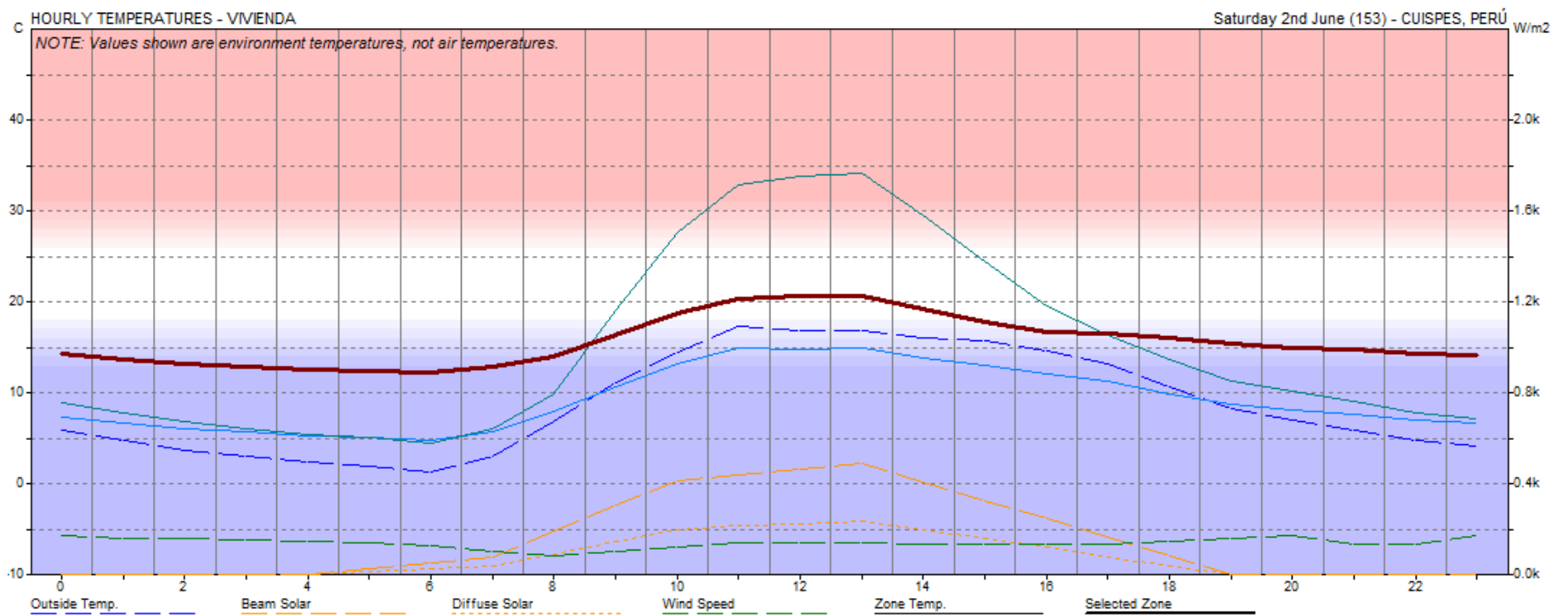
Se analizan las temperaturas internas y externas en la vivienda, con una capa de recubrimiento de yeso de 16 mm de espesor.

Tabla N°49: Datos de temperatura interna y externa en la mejor orientación en el día de máximo frío – 02 de Junio.

MEJOR ORIENTACIÓN DE VIVIENDA							
Acondicionamiento con Muro Trombe y Falso Techo				Paredes con Yeso (16mm)			
HOUR	INSIDE	OUTSIDE	TEMP.DIF	HOUR	INSIDE	OUTSIDE	TEMP.DIF
0	13.9	5.9	8	0	14.3	5.9	8.4
1	13.5	4.8	8.7	1	13.7	4.8	8.9
2	13.1	3.8	9.3	2	13.3	3.8	9.5
3	12.8	3.1	9.7	3	13	3.1	9.9
4	12.6	2.4	10.2	4	12.7	2.4	10.3
5	12.6	2	10.6	5	12.5	2	10.5
6	12.3	1.4	10.9	6	12.3	1.4	10.9
7	12.8	3.1	9.7	7	12.9	3.1	9.8
8	13.9	6.9	7	8	14.1	6.9	7.2
9	16.2	11.2	5	9	16.4	11.2	5.2
10	18.8	14.5	4.3	10	18.9	14.5	4.4
11	20.3	17.4	2.9	11	20.4	17.4	3
12	20.8	16.9	3.9	12	20.7	16.9	3.8
13	21.2	16.9	4.3	13	20.7	16.9	3.8
14	20.2	16.1	4.1	14	19.3	16.1	3.2
15	18.9	15.8	3.1	15	17.8	15.8	2
16	17.7	14.7	3	16	16.8	14.7	2.1
17	17	13.3	3.7	17	16.5	13.3	3.2
18	16.2	10.7	5.5	18	16	10.7	5.3
19	15.4	8.3	7.1	19	15.5	8.3	7.2
20	15	7.1	7.9	20	15.1	7.1	8
21	14.5	6	8.5	21	14.8	6	8.8
22	14	4.8	9.2	22	14.4	4.8	9.6
23	13.6	4.2	9.4	23	14.1	4.2	9.9

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°17: Simulación de temperatura en la mejor orientación de vivienda (Día Máximo Frío – 02 de Junio).

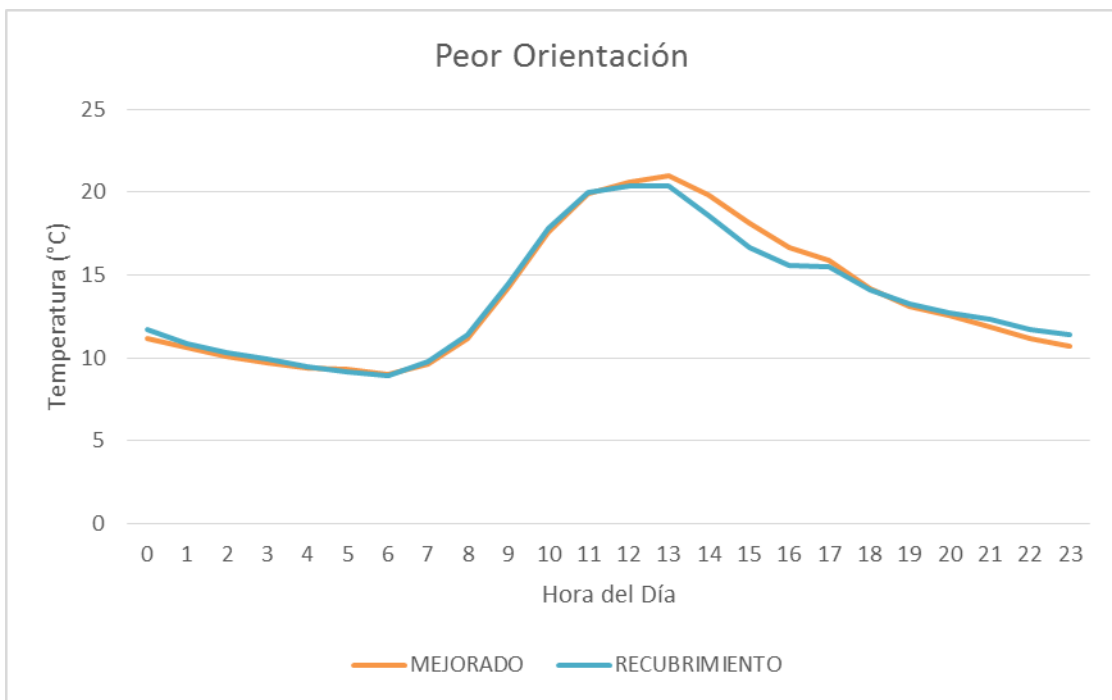


Fuente: Elaboración propia.

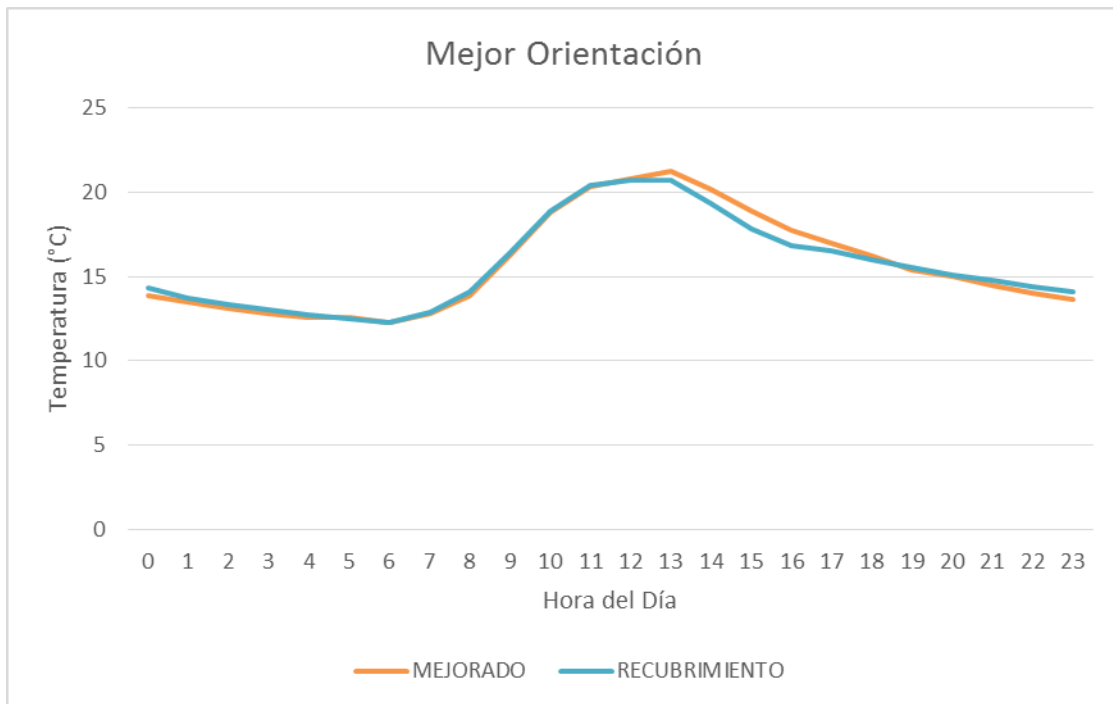
- 1. Recubrimiento con yeso:** En el estudio de la evolución horaria, se observa que a partir de las 8:00 a 17:00 aumenta llegando a 20.7°C a las 12:00 a 13:00 horas. Luego empieza a descender llegando a una temperatura mínima de 12,3°C a las 6:00 horas.

C. Comparación del mejorado y con recubrimiento:

Gráfico N°18: Comparación de temperaturas de la vivienda mejorada y con recubrimiento.



Fuente: Elaboración propia.



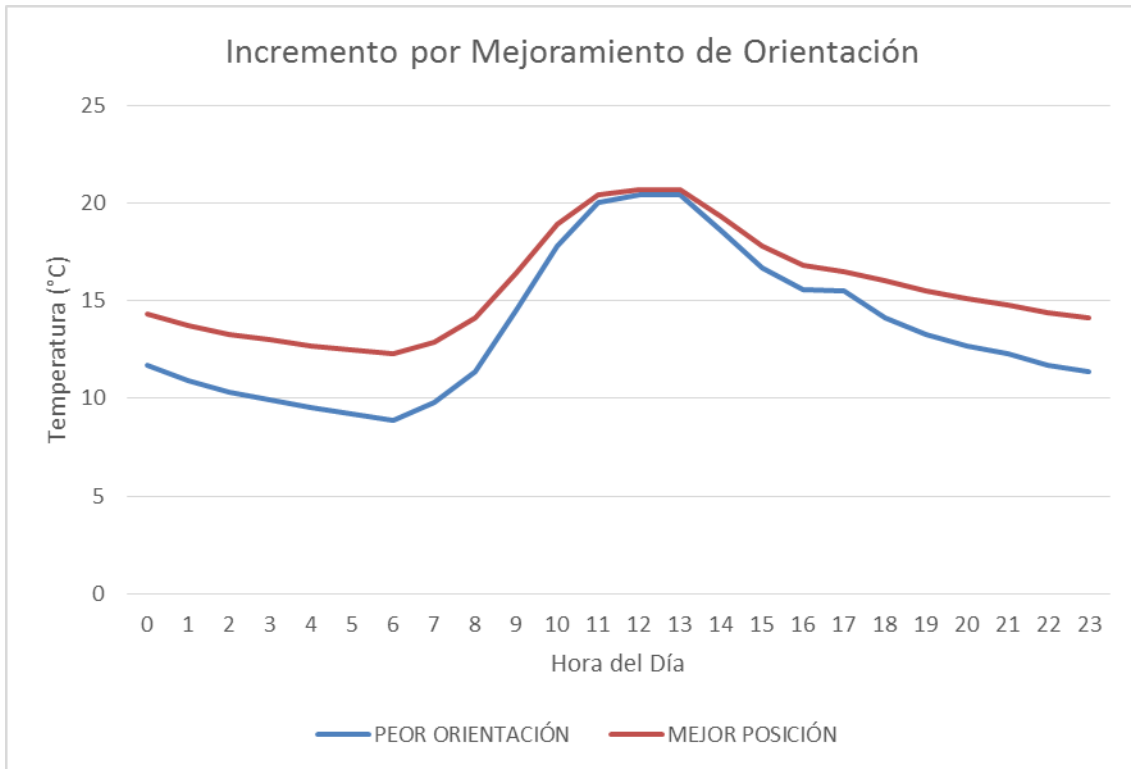
Fuente: Elaboración propia.

- 1. Peor orientación y Mejor orientación:** En la gráfica se observa la evolución horaria de ambos casos, en la que muestra que la temperatura es ligeramente mayor con el recubrimiento, es decir no deja escapar el calor fácilmente reteniéndolo en el transcurrir de las horas. Sin embargo se observa que las temperaturas pico mayor de da en la vivienda mejorada sin recubrimiento.

D. Incremento por mejoramiento en orientación:

De esta manera para tener una idea clara de cuanto es la ganancia de temperatura con el mejoramiento de orientación se realiza una gráfica que se muestra a continuación:

Gráfico N°19: Ganancia De Temperatura Por Mejoramiento De Orientación.



Fuente: Elaboración propia.

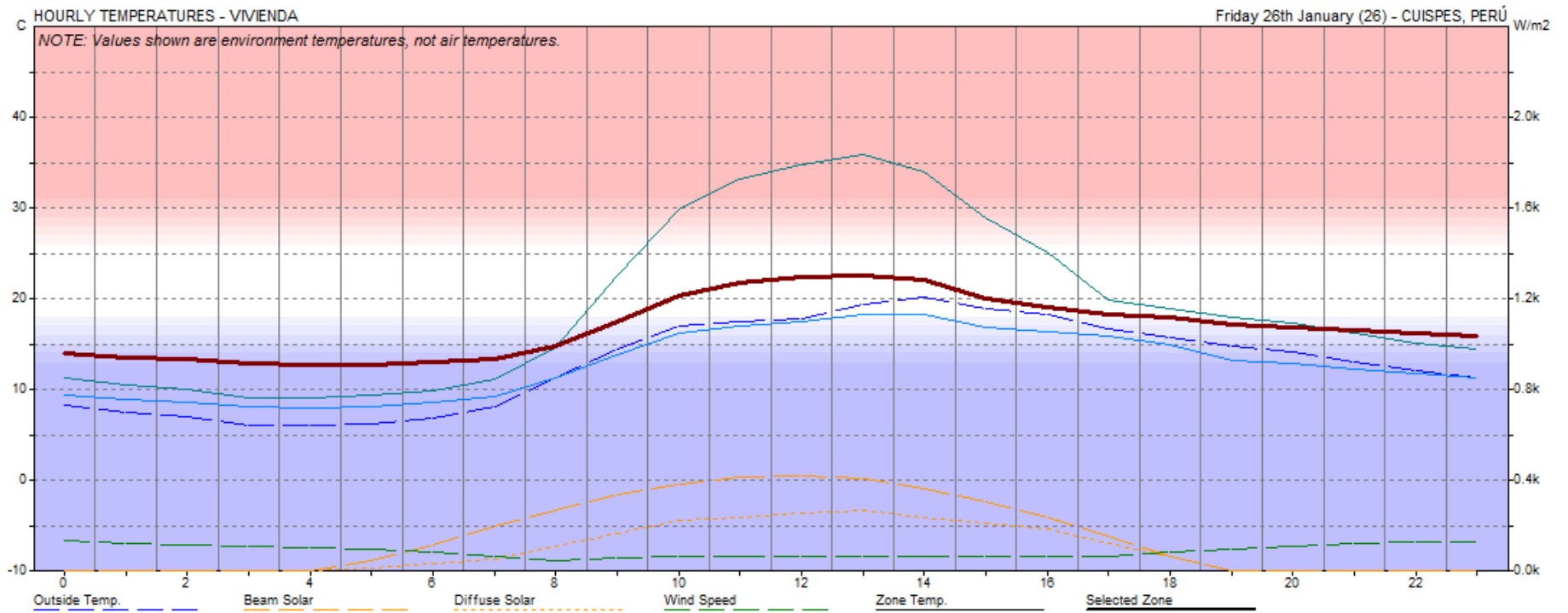
Se observa que en el caso de mejor orientación la temperatura es mayor en cualquier hora, en ambos casos se genera un aumento de temperatura en el tramo de 8:00 hasta 18:00 horas. Y en el segundo tramo desde 18:00 hasta 8:00 horas, cuando se tiene una mejor orientación, se gana aproximadamente 2°C.

5.2.2. SIMULACIONES EN EL DIA DE MAXIMO CALOR – 26 DE ENERO:

A. Simulación en la peor orientación:

Se analizan las temperaturas internas y externas en la vivienda, con una capa de recubrimiento de yeso de 16 mm de espesor.

Gráfico N°20: Simulación de temperatura en la peor orientación de vivienda (Día Máximo Calor – 26 de Enero).



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°50: Datos de temperatura interna y externa en la peor orientación en el día de Máximo Calor – 26 de Enero.

PEOR ORIENTACIÓN DE VIVIENDA							
Acondicionamiento con Muro Trombe y Falso Techo				Paredes con Yeso (16mm)			
HOUR	INSIDE	OUTSIDE	TEMP. DIF	HOUR	INSIDE	OUTSIDE	TEMP. DIF
0	13.9	8.3	5.6	0	14.1	8.3	5.8
1	13.5	7.5	6	1	13.6	7.5	6.1
2	13.2	7	6.2	2	13.3	7	6.3
3	12.7	6.1	6.6	3	12.9	6.1	6.8
4	12.7	6.1	6.6	4	12.8	6.1	6.7
5	12.6	6.3	6.3	5	12.8	6.3	6.5
6	12.8	6.9	5.9	6	13.1	6.9	6.2
7	13.3	8.1	5.2	7	13.4	8.1	5.3
8	14.6	11.3	3.3	8	14.8	11.3	3.5
9	17.5	14.5	3	9	17.6	14.5	3.1
10	20.3	17.1	3.2	10	20.3	17.1	3.2
11	22	17.6	4.4	11	21.8	17.6	4.2
12	22.8	17.8	5	12	22.4	17.8	4.6
13	23.5	19.4	4.1	13	22.7	19.4	3.3
14	23.1	20.2	2.9	14	22.1	20.2	1.9
15	21.2	18.9	2.3	15	20.2	18.9	1.3
16	19.6	18.3	1.3	16	19.1	18.3	0.8
17	18.4	16.7	1.7	17	18.3	16.7	1.6
18	18.1	15.8	2.3	18	18.1	15.8	2.3
19	17.5	14.9	2.6	19	17.3	14.9	2.4
20	17	14.2	2.8	20	16.9	14.2	2.7
21	16.5	13.1	3.4	21	16.6	13.1	3.5
22	15.9	12.1	3.8	22	16.3	12.1	4.2
23	15.4	11.4	4	23	15.9	11.4	4.5

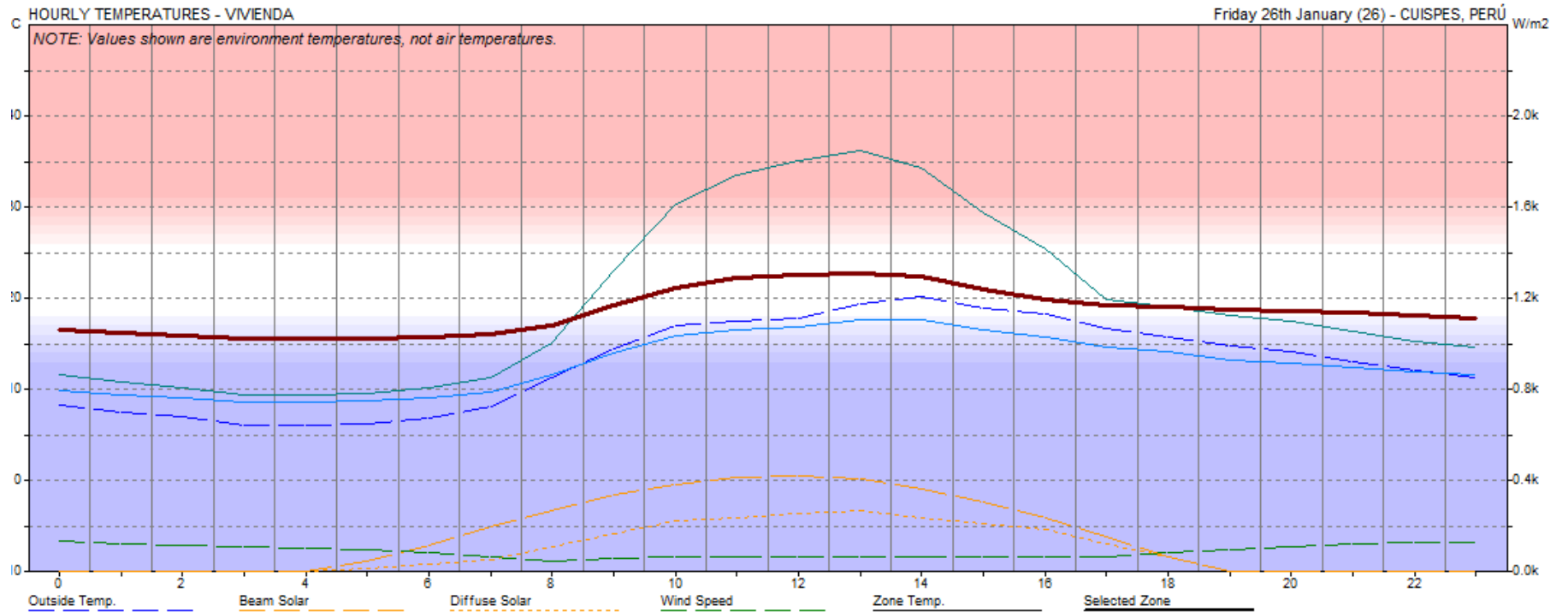
Fuente: Elaboración propia.

- 1. Recubrimiento con yeso:** Se analizan las temperaturas interna y externa en la vivienda. En el estudio de la evolución horaria, puede verse que la temperatura varía y no es uniforme, generándose picos. A partir de las 8:00 a 17:00 la temperatura aumenta llegando a 22,7°C como máximo a las 13:00 horas. Luego empieza a descender llegando a una temperatura mínima de 12,8°C a las 4:00 horas.

B. Simulación en la mejor orientación:

Se analizan las temperaturas internas y externas en la vivienda, con una capa de recubrimiento de yeso de 16 mm de espesor.

Gráfico N°21: Simulación de temperatura en la mejor orientación de vivienda (Día Máximo Calor – 26 de Enero).



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°51: Datos de temperatura interna y externa en la mejor orientación en el día de Máximo Calor – 26 de Enero.

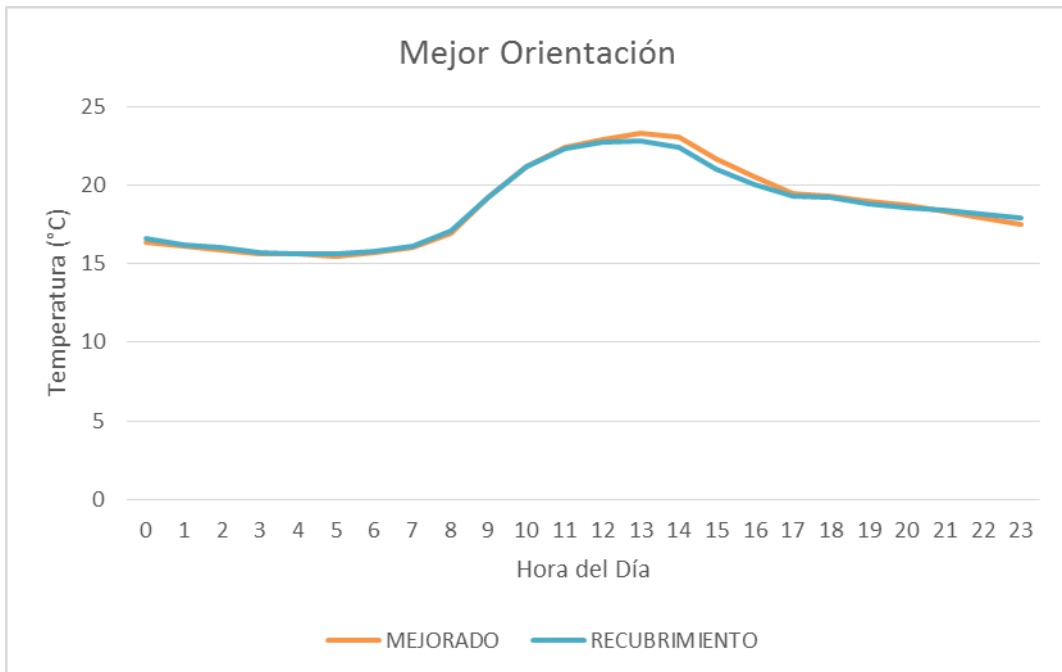
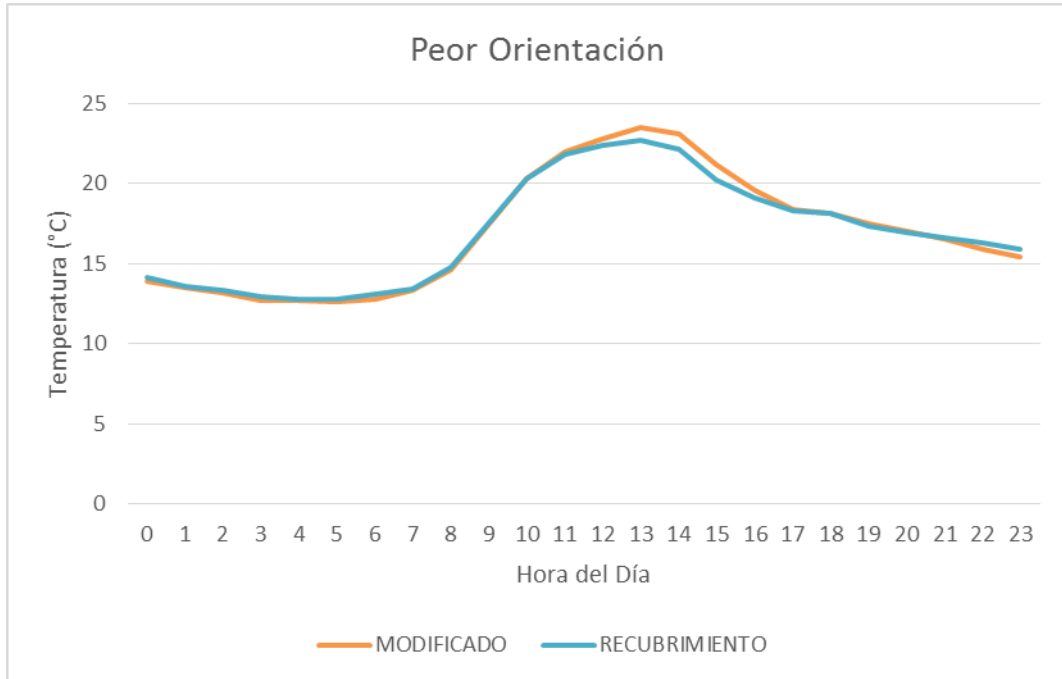
MEJOR ORIENTACIÓN DE VIVIENDA							
Acondicionamiento con Muro Trombe y Falso Techo				Paredes con Yeso (16mm)			
HOUR	INSIDE	OUTSIDE	TEMP. DIF	HOUR	INSIDE	OUTSIDE	TEMP. DIF
0	16.4	8.3	8.1	0	16.6	8.3	8.3
1	16.1	7.5	8.6	1	16.2	7.5	8.7
2	15.9	7	8.9	2	16	7	9
3	15.6	6.1	9.5	3	15.7	6.1	9.6
4	15.6	6.1	9.5	4	15.6	6.1	9.5
5	15.5	6.3	9.2	5	15.6	6.3	9.3
6	15.7	6.9	8.8	6	15.8	6.9	8.9
7	16	8.1	7.9	7	16.1	8.1	8
8	16.9	11.3	5.6	8	17.1	11.3	5.8
9	19.2	14.5	4.7	9	19.2	14.5	4.7
10	21.2	17.1	4.1	10	21.2	17.1	4.1
11	22.4	17.6	4.8	11	22.3	17.6	4.7
12	22.9	17.8	5.1	12	22.7	17.8	4.9
13	23.3	19.4	3.9	13	22.8	19.4	3.4
14	23.1	20.2	2.9	14	22.4	20.2	2.2
15	21.7	18.9	2.8	15	21	18.9	2.1
16	20.5	18.3	2.2	16	20	18.3	1.7
17	19.5	16.7	2.8	17	19.3	16.7	2.6
18	19.3	15.8	3.5	18	19.2	15.8	3.4
19	19	14.9	4.1	19	18.8	14.9	3.9
20	18.7	14.2	4.5	20	18.6	14.2	4.4
21	18.3	13.1	5.2	21	18.4	13.1	5.3
22	17.9	12.1	5.8	22	18.2	12.1	6.1
23	17.5	11.4	6.1	23	17.9	11.4	6.5

Fuente: Elaboración propia.

- 1. Recubrimiento con yeso:** En el estudio de la evolución horaria, se observa que a partir de las 8:00 a 17:00 aumenta llegando a 22,8°C a las 13:00 horas. Luego empieza a descender llegando a una temperatura mínima de 15,6°C a las 4:00 horas.

C. Comparación del mejorado y con recubrimiento:

Gráfico N°22: Comparación de temperaturas de la vivienda mejorada y con recubrimiento.



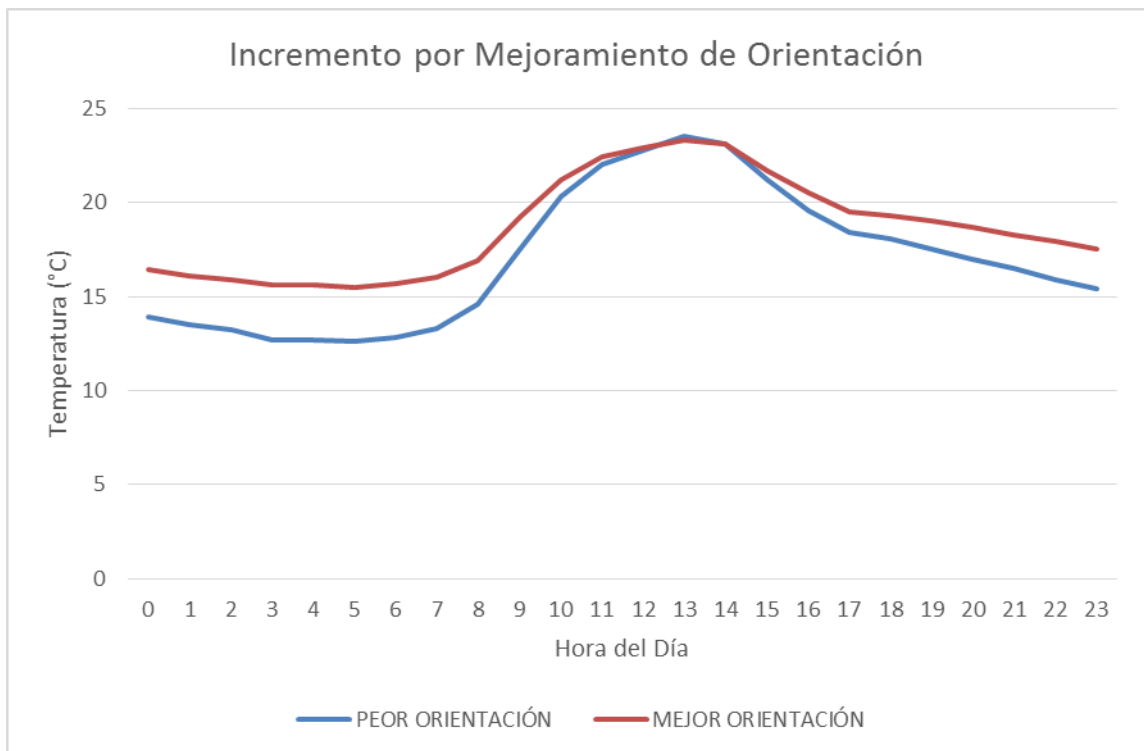
Fuente: Elaboración propia.

- 1. Peor orientación y Mejor orientación:** En la gráfica se observa la evolución horaria de ambos casos, en la que muestra que la temperatura es ligeramente mayor con el recubrimiento, es decir no deja escapar el calor fácilmente reteniéndolo en el transcurrir de las horas. Sin embargo se observa que las temperaturas pico mayor se da en la vivienda mejorada sin recubrimiento.

D. Incremento por mejoramiento en orientación:

De esta manera para tener una idea clara de cuanto es la ganancia de temperatura con el mejoramiento de orientación se realiza una gráfica que se muestra a continuación:

Gráfico N°23: Ganancia De Temperatura Por Mejoramiento De Orientación.



Fuente: Elaboración Propia.

Se observa que en el caso de mejor orientación la temperatura es mayor en cualquier hora, en ambos casos se genera un aumento de temperatura en el tramo de 8:00 hasta 18:00 horas. Y en el segundo tramo desde 18:00 hasta 8:00 horas, cuando se tiene una mejor orientación, se gana aproximadamente 2°C.

II. CUADRO COMPARATIVO DE SIMULACIONES

CUADRO COMPARATIVO DE SIMULACIONES								
HOR A	MÁXIMO FRIO				MÁXIMO CALOR			
	PEOR ORIENTACIÓN		MEJOR ORIENTACIÓN		PEOR ORIENTACIÓN		MEJOR ORIENTACION	
	Muro Trombe Y Falso Techo	Capa De Yeso (16mm)	Muro Trombe Y Falso Techo	Capa De Yeso (16mm)	Muro Trombe Y Falso Techo	Capa De Yeso (16mm)	Muro Trombe Y Falso Techo	Capa De Yeso (16mm)
	Inside (C)	Inside	Inside (C)	Inside	Inside (C)	Inside	Inside (C)	Inside
0	11.2	11.7	13.9	14.3	13.9	14.1	16.4	16.6
1	10.6	10.9	13.5	13.7	13.5	13.6	16.1	16.2
2	10.1	10.3	13.1	13.3	13.2	13.3	15.9	16
3	9.7	9.9	12.8	13	12.7	12.9	15.6	15.7
4	9.4	9.5	12.6	12.7	12.7	12.8	15.6	15.6
5	9.3	9.2	12.6	12.5	12.6	12.8	15.5	15.6
6	9	8.9	12.3	12.3	12.8	13.1	15.7	15.8
7	9.6	9.8	12.8	12.9	13.3	13.4	16	16.1
8	11.2	11.4	13.9	14.1	14.6	14.8	16.9	17.1
9	14.3	14.5	16.2	16.4	17.5	17.6	19.2	19.2
10	17.6	17.8	18.8	18.9	20.3	20.3	21.2	21.2
11	19.9	20	20.3	20.4	22	21.8	22.4	22.3
12	20.6	20.4	20.8	20.7	22.8	22.4	22.9	22.7
13	21	20.4	21.2	20.7	23.5	22.7	23.3	22.8
14	19.8	18.6	20.2	19.3	23.1	22.1	23.1	22.4
15	18.1	16.7	18.9	17.8	21.2	20.2	21.7	21
16	16.7	15.6	17.7	16.8	19.6	19.1	20.5	20
17	15.9	15.5	17	16.5	18.4	18.3	19.5	19.3
18	14.2	14.1	16.2	16	18.1	18.1	19.3	19.2
19	13.1	13.3	15.4	15.5	17.5	17.3	19	18.8
20	12.6	12.7	15	15.1	17	16.9	18.7	18.6
21	11.9	12.3	14.5	14.8	16.5	16.6	18.3	18.4
22	11.2	11.7	14	14.4	15.9	16.3	17.9	18.2
23	10.7	11.4	13.6	14.1	15.4	15.9	17.5	17.9

En el cuadro comparativo cabe resaltar que en las dos simulaciones se logra alcanzar la meta de los 12°, pero la vivienda con capa de yeso (16mm de espesor) logra retener más el calor en el interior una décima de grado por encima de la vivienda sin recubrimiento.

5.3. REALIZAR LA EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA DEL PROYECTO.

A continuación se detallan los costos de los materiales utilizados en la instalación del muro, así como las herramientas necesarias, o por lo menos recomendables durante la instalación. Se presenta 3 tipos de evaluación económica a tener en cuenta ya que conversando con pobladores alguno materiales se pueden obtener en la zona. Debido a la creciente variabilidad de los precios en la región, estos precios pueden sufrir variaciones.

5.3.1. EVALUACIÓN ECONÓMICA TIPO I:

Esta evaluación es la de menor costo ya que el material utilizado para sellar los espacios entre madera y madera se obtiene de la misma zona.

Tabla N°52: Costos de los materiales

Nº	MATERIALES	PRECIO UNIDAD S/.	PRECIO GLOBAL S/.
1	Látex Negro 1 Galón	24	24
6	Listones de 3"x3"x2,5m	16,22	97,32
3	Listones de 3"x3"x1,7m	11	33
3	Listones de 3"x3"x2m	13	39
3	Listones de 2"x2"x2,62m	8	24
4	Listones de 2"x2"x2,62m	8	32
6	Tapajuntas de 2,5m	4	24
1	Jebe cámaras de bicicleta	10	10
1	1/2 kg de clavos de 1/2"	3	3
1	Clavo 4" (1kg)	5	5
36	Tornillo p/ aglomerado 6x120	0,32	11,52
1	Plástico de Invernadero (3x10)	130	130
TOTAL			S/ 432,84

Fuente: Elaboración Propia.

Algunos de los materiales no se comercializan a menor cantidad, de modo que el presupuesto de instalación del sistema, podría verse disminuido ligeramente, si se pretende instalar más de un sistema. A continuación se detallan las principales herramientas necesarias durante el proceso:

HERRAMIENTAS	
1	Brochas 2"
2	Brochas 4"
3	Brocas de madera
4	Llana de plástico 600x900 mm
5	Lija de madera 9"x11" grano medio
6	Pares de guantes

7	Taladro
8	Cubos
10	Palas
11	Picos
12	Sierra Madera
13	Nivel
14	Cúter

Fuente: Elaboración Propia.

Precios de Mano de Obra

Los costos de mano de obra se calcularon a través de una evaluación de remuneraciones de mercado con información proporcionada por la revista Capeco. A continuación se presentan los costos considerados y la determinación de las horas hombre del oficial y operario:

COSTO HORA - HOMBRE EN EDIFICACION DEL 01.06.2015 AL 31.05.2017			
DESCRIPCIÓN	OPERARIO	OFICIAL	PEON
Remuneración Básica del 01.06.2016 al 31.05.2017	61.40	50.30	44.90
Total de Beneficios Leyes Sociales sobre la Remuneración Básica.	71.81	58.75	52.43
Operario 116,96%			
Oficial 116,79%			
Peón 116,77%			
Bonificación Unificada de Construcción (BUC)	19.65	15.09	13.47
Seguro de Vida ESSALUD - Vida (S/.5.00/mes)	0.17	0.17	0.17
Bonificación Movilidad Acumulada (Res. Directoral N° 777-87-DR-LIM del 08.07.87)	7.20	7.20	7.20
Overol (Res. Direc. N° 777-87-DR-LIM de 08.07.87) (2 x S/.90,00)/302	0.60	0.60	0.60
Total por día de 8 horas	160.83	132.11	118.77
Costo de Hora Hombre (HH)	20.10	16.51	14.85

Fuente: Revista Capeco

El costo de hora-hombre del peón se considera un 90% a la del oficial de acuerdo a la proporción de costos de hora-hombre registrado en la revista Capeco. Al no disponerse del costo del capataz se ha calculado este costo tomando como base el costo hora-hombre del operario más un 10%, criterio que toma en cuenta la proporción de incremento de costos entre categorías de los recursos de mano de obra. En el proyecto se tiene el siguiente costo de mano de obra:

Tabla N°53: Costos de mano de obra

COSTOS DE MANO DE OBRA	Costo HH	N de horas	Costo
Capataz	22.11	6	132.66
Peón	14.85	6	89.10
Total S/.			S/ 221.76

Fuente: Elaboración Propia.

Precios de Transporte y Equipos

Los costos de transporte y equipos se determinaron tomando como referencia los costos considerados en la revista Capeco, presentándose el cálculo de la hora-máquina a continuación:

Cuadro N° 43 Costo de Transporte y Equipos

Recurso	Costo Neto (1) US\$/h-m	(1)+25%Contratista US\$/h-m
Camión 10Tn	13,25	16,56
Camión 4Tn	10,08	12,60
Camioneta	7,25	9,06
Moto	1,64	2,05
Acémila	2,64	3,30
Deslizador	17,86	22,33
Peque-Peque	3,69	4,61
Semi trailer 30 Tn	67,00	83,75
Motonave	43,84	54,80

Fuente: Revista Capeco

Cuadro N° 40 Costo Hora-Máquina de Acémila

Descripción	Costo (S/.)
Alquiler diario	35,00
Guía	25,00
Total día	60,00
H-m (S/.)	7,50
H-m (US\$)	2,64

Fuente: Revista Capeco

En el proyecto se tiene el siguiente costo de transporte:

Tabla N°54: Costos de Transporte

Costo de transporte				
Descripción	Costo (S/.)	N de días	N de acémilas	TOTAL
Alquiler diario	35	1	3	105.00
Guía	25	1		25.00
TOTAL				S/ 130.00

Fuente: Elaboración Propia.

Por lo tanto el costo total del proyecto será:

Tabla N°55: Costos total del proyecto

COSTO TOTAL DEL PROYECTO	
Costos de los materiales	432.84
Costo de mano de obra	221.76
Costos de transporte	130.00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO (A)	S/. 784.60

Fuente: Elaboración Propia.

5.3.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA TIPO II:

En esta evaluación es se agrega el precio del material que se utiliza para sellar agujeros en las paredes de la vivienda.

Tabla N°56: Costos de los materiales (Tipo II)

N°	MATERIALES	PRECIO UNIDAD S/.	PRECIO GLOBAL S/.
12	Triplay 1.22 x 2.44 m.	25.00	300.00
4	Tornillo m/aglomerada 6x2" x 200 und.	16.00	64.00
1	Látex Negro 1 Galón	21.00	21.00
6	Listones de 3"x3"x2,5m	16.22	97.32
3	Listones de 3"x3"x1,7m	11.00	33.00
3	Listones de 3"x3"x2m	13.00	39.00
3	Listones de 2"x2"x2,62m	8.00	24.00
4	Listones de 2"x2"x2,62m	8.00	32.00
6	Tapajuntas de 2,5m	4.00	24.00
1	Jebe 10 cámaras de bicicleta	6.00	6.00
1	1/2 kg de clavos de 1/2"	3.00	3.00
1	Clavo 4" (1kg)	5.00	5.00
36	Tornillo p/ aglomerado 6x120	0.32	11.52
1	Plástico de Invernadero (3x10)	130.00	130.00
TOTAL			S/. 789.84

Fuente: Elaboración Propia.

Por lo tanto el costo total del proyecto será:

Tabla N°57: Costos total del proyecto (Tipo II)

COSTO TOTAL DEL PROYECTO	
Costos de los materiales	789.84
Costo de mano de obra	221.76
Costos de transporte	130.00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO (A)	S/ 1141.60

Fuente: Elaboración Propia.

5.3.3. EVALUACIÓN ECONÓMICA TIPO III:

Se considera el precio del recubrimiento de yeso de 16mm de espesor.

Tabla N°58: Costos de los materiales (Tipo III)

N°	MATERIALES	PRECIO UNIDAD S/.	PRECIO GLOBAL S/.
12	Yeso 14kg.	25.00	300.00
5	Pintura 25kg	20.00	100.00
30	Masilla para madera de 1kg.	2.70	81.00
20	Lija p/madera 230x280 mm	1.70	34.00
1	Látex Negro 1 Galón	21.00	21.00
6	Listones de 3"x3"x2,5m	16.22	97.32
3	Listones de 3"x3"x1,7m	11.00	33.00
3	Listones de 3"x3"x2m	13.00	39.00
3	Listones de 2"x2"x2,62m	8.00	24.00
4	Listones de 2"x2"x2,62m	8.00	32.00
6	Tapajuntas de 2,5m	4.00	24.00
1	Jebe 10 cámaras de bicicleta	6.00	6.00
1	1/2 kg de clavos de 1/2"	3.00	3.00
1	Clavo 4" (1kg)	5.00	5.00
36	Tornillo p/ aglomerado 6x120	0.32	11.52
1	Plástico de Invernadero (3x10)	130.00	130.00
TOTAL			S/. 940.84

Fuente: Elaboración Propia.

Por lo tanto el costo total del proyecto será:

Tabla N°59: Costos total del proyecto (Tipo III)

COSTO TOTAL DEL PROYECTO	
Costos de los materiales	940.84
Costo de mano de obra	221.76
Costos de transporte	130.00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO (A)	S/. 1292.60

Fuente: Elaboración Propia.

VI. CONCLUSIONES GENERALES

- El muro Trombe es una tecnología adecuada para el calentamiento de viviendas gracias a la acción de la radiación solar. Sobre todo en proyectos de ayuda al desarrollo de comunidades precarias y con pocos recursos económicos.
- Existen diversos materiales, como para plantear su instalación en muchas localizaciones distintas, pudiéndose adaptar a las condiciones de temperatura, irradiancia, inclinación del sol, entorno, dimensiones de la vivienda y recursos económicos muy variables.
- El proceso de diseño de muros Trombe, es difícil de estandarizar, para cada localización, entorno y vivienda, se precisa de un proceso diferente e independiente (conocer coordenadas, latitud del lugar y trayectoria del sol.)
- Las temperaturas que se pueden obtener gracias a la instalación de los modelos analizados, pueden dotar a la vivienda de un confort térmico suficiente, si se realizan las capacitaciones oportunas, ya que los dos modelos cumplen con el objetivo de llegar a 12°C de confort térmico, en el día crítico (día más frío en la mejor posición con una temperatura mínima de 12.3°C).
- Si se analiza las opciones, la de mayor viabilidad es la vivienda con aislamiento de triplay ya que el segundo modelo analizado con recubrimiento de una capa de 16mm de espesor de yeso solo se consigue aumentar 0.2 grados y es de mayor costo.
- El proceso de instalación de dichos calefactores solares es perfectamente abordable por personal con nociones mínimas de trabajo con la madera, por ello, se entiende que es una tecnología replicable por los habitantes de la comunidad de manera independiente.
- Gracias al proceso de simulación descrito, podemos afrontar la implementación de estos sistemas con menos incertidumbre sobre su rendimiento, para cada caso.

VII. RECOMENDACIONES

- La falta de acceso a la electricidad combinada con la escasez de otros servicios de infraestructura, limita el desarrollo económico y obstaculiza las mejoras en los estándares de vida en los pobladores. Los elevados niveles de pobreza en las áreas rurales del Perú resaltan la importancia de invertir en infraestructura rural básica, tal como la electricidad.
- Las alternativas de energía renovable estuvieron totalmente integradas en los servicios de electricidad rural. La entidad regulatoria, el organismo supervisor de la inversión en energía y minería (OSINERGMIN), estableció una tarifa regulada para los servicios de electricidad para los sistemas solares fotovoltaicos (PV por sus siglas en inglés) y garantizó que los clientes de pv fueran elegibles para el subsidio cruzado de electricidad existente.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACMES. 2013. Electrificación de las localidades rurales del distrito de Cuispes empleando energía solar fotovoltaica.
- Allanegui G. 2013. Proceso de implementación de calefactores solares para proyectos de cooperación al desarrollo
- Aprovechamiento de la energía solar en el mundo:
http://www.cnea.gov.ar/pdfs/boletin_energetico/16/duran.pdf
- Aprovechamiento de la energía solar:
<http://es.scribd.com/doc/137017527/Energia-Solar>
- Archivo meteorológico de la Ciudad de Cuispes: Meteoblue.com
<http://www.meteoblue.com/es/per%C3%BA/tiempo-cuispes?day=6>
- Arroyo, Ch y Romaní, A. 2012. Matriz Energética en el Perú y Energías Renovables. Pag.44.
- Atlas de energía solar del Perú. 2003.
http://dger.minem.gob.pe/atlassolar/ATLAS_SOLAR.pdf
- Carlos, G. 2010. Universidad continental de ciencias e ingeniería: las heladas en el Perú y el mundo:
http://www.academia.edu/1770180/Las_heladas_en_el_Peru_y_el_mundo
- Contaminación Ambiental:
<http://www.g2m.mx/2011/09/%C2%ABgo-green%C2%BB-oms-presenta-mapa-de-la-contaminacion-en-el-mundo/>
- Infografía: Viviendas Bioclimáticas.
http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2003/03/18/140046.php
- Llovera, J. 2011. Proyecto de construcción sostenible: La casa solar inteligente. Enginesa ingeniería. Llovera@enginesa.ad.
- Santa María, R. 2008. La iniciativa de vivienda saludable en el Perú. Rev Perú Med Exp Salud Pública. 2008; 25(4): 419-30:
http://tecno.sostenibilidad.org/index.php?option=com_content&task=view&id=424&Itemid=50
- Soluciones Para Evitar Las Heladas:

<http://solucionessolares.blogspot.com/2012/08/soluciones-de-arquitectura-bioclimatica-para-combatir-heladas.html#more>

- Tecnología Solar Pasiva:
<http://www.dforcesolar.com/energia-solar/energia-solar-pasiva/>
- Türkan Göksal Özbalta y Semiha Kartal.2010. Heat gain through Trombe wall using solar energy in a cold region of Turkey. Scientific Research and Essays Vol. 5(18), pp. 2768-2778.
- Verstraete, J y Vilapriño, R. 2001. Evaluación económica de conservación de energía.
- wenfang He, Jianping Liu, Rongrong Hu. 2012. Field study on thermal environment of typical rural houses in Qin Ling Mountain. Key Engineering Materials Vol. 517 (2012) pp 2269-273.online available since Jun 26, 2012.
- World Health Organization Regional Office for Europe. 2007.Housing, Energy and Thermal Comfort.
- http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/plasticos.htm control climático en invernaderos curso on line.

IX. ANEXOS

ANEXO I

Tabla N°01: Datos De Temperatura y Precipitaciones (2008-2011).

RESUMEN DE TEMPERATURAS DE LOS AÑOS 2008-2011				
MES	TEMPERATURAS		PRECIPITACIONES (mm)	
	T°. MAX	T°. MIN	7	19
ENERO	16,41	6,00	-223,42	-376,94
FEBRERO	15,79	5,98	-127,27	-238,27
MARZO	15,69	6,00	-65,81	-174,02
ABRIL	15,35	5,82	-91,79	-155,29
MAYO	15,06	5,53	-55,51	-193,18
JUNIO	14,33	4,52	-56,60	-194,38
JULIO	14,85	3,86	-71,38	-214,62
AGOSTO	16,31	3,42	-210,72	-120,91
SEPTIEMBRE	15,91	3,98	-58,28	-198,63
OCTUBRE	17,35	4,99	-97,91	-235,93
NOVIEMBRE	17,67	5,48	-67,26	-122,09
DICIEMBRE	16,69	6,01	-103,92	-166,26

Fuente: Elaboración Propia.

En esta tabla se muestra las variaciones promedio de las temperaturas durante los años 2008-2011 para un mejor estudio de campo. Cabe resaltar que se tomara el mes de menor temperatura que sería el mes de agosto para realizar el primer cálculo.

Tabla N°02: Índices metabólicos.

Índices metabólicos durante diversas actividades (tomado del *Handbook of Fundamentals* de la ASHRAE, Ref. 1, Cap. 8, tabla 4)

Actividad	Índice metabólico* W/m ²
Reposo:	
Dormir	40
Reclinarse	45
Sentado, quieto	60
De pie, relajado	70
Caminar (a nivel):	
2 mph (0.89 m/s)	115
3 mph (1.34 m/s)	150
4 mph (1.79 m/s)	220

Fuente: Cengel 2007

Tabla N°03: Conductividad Térmica de los Materiales.

Conductividades térmicas de algunos materiales a la temperatura ambiente

Material	k, W/m · °C*
Diamante	2 300
Plata	429
Cobre	401
Oro	317
Aluminio	237
Hierro	80.2
Mercurio (l)	8.54
Vidrio	0.78
Ladrillo	0.72
Agua (l)	0.607
Piel humana	0.37
Madera (roble)	0.17
Helio (g)	0.152
Caucho suave	0.13
Fibra de vidrio	0.043
Aire (g)	0.026
Uretano, espuma rígida	0.026

Fuente: Cengel 2007

Tabla N°04: Conductividad Térmica de los Materiales.

Valores típicos del coeficiente de transferencia de calor por convección

Tipo de convección	$h, \text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}^*$
Convección libre de gases	2–25
Convección libre de líquidos	10–1 000
Convección forzada de gases	25–250
Convección forzada de líquidos	50–20 000
Ebullición y condensación	2 500–100 000

*Multiplíquese por 0.176 para convertir a $\text{Btu/h} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$.

Fuente: Cengel 2007

Tabla N°05: Emisividad de los Materiales.

Emisividades de algunos materiales a 300 K

Material	Emisividad
Hoja de aluminio	0.07
Aluminio anodizado	0.82
Cobre pulido	0.03
Oro pulido	0.03
Plata pulida	0.02
Acero inoxidable pulido	0.17
Pintura negra	0.98
Pintura blanca	0.90
Papel blanco	0.92–0.97
Pavimento de asfalto	0.85–0.93
Ladrillo rojo	0.93–0.96
Piel humana	0.95
Madera	0.82–0.92
Suelo	0.93–0.96
Agua	0.96
Vegetación	0.92–0.96

Fuente: Cengel 2007

Para el mes de Enero:

Primero se calculan diversos parámetros para el cálculo de la carga térmica y temperatura interna de la vivienda que es lo que nos interesa. Existen parámetros que no varían y que antes ya se han calculado estos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N°06: Parámetros que no varían.

Parámetros que no varían		
Área total	4,6	m ²
Área Expuesta	3,45	m ²
£	0,95	
h	4	W/m ² °C
T°.colcha	23,37	°C
σ	5,67E-08	W/m ² ,K ⁴
A total	81,22	m ²
espesor	0,06	m
Kmadera(roble)	0,17	W/m °C

Fuente: Elaboración Propia.

El único dato que varía es la temperatura mínima externa y por ende el cálculo de la transferencia de calor por radiación y convección.

La temperatura mínima externa es 6°C.

Para el cálculo de la transferencia de calor por radiación como por convección para el mes de enero se tiene que:

La transferencia de calor por radiación es de 307.64W.

$$Q_{rad} = \varepsilon \sigma A_s (T_s^4 - T_\infty^4) \quad (W)$$

Dónde:

Q_{rad} = es la transferencia de calor por radiación

ε = emisividad de una persona.

σ =coeficiente de Stefan-Boltzmann (5.67×10^{-8} W/m²)

A_s = área de la superficie expuesta de la persona.

T_s^4 = temperatura de la superficie de la colcha en K.

T_∞^4 = temperatura del exterior K.

Entonces:

$$Q_{rad} = (0.95) \times (5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2}) \times (3.45 m^2) \times (296.37K - 279K) \quad (W)$$

$$Q_{rad} = 307.64(W)$$

La transferencia de calor por convección es de 239.66W.

$$Q_{conv} = hA_s(T_s - T_\infty) \quad (W)$$

Dónde:

Q_{conv} = es la transferencia de calor por convección

h = coeficiente de transferencia de calor por convección.

A_s = área de la superficie expuesta de la persona.

T_s^4 = temperatura de la superficie de la colcha en K.

T_∞^4 = temperatura del exterior K.

Entonces:

$$Q_{conv} = (4 \frac{W}{m^2} \text{ } ^\circ C) \times (3.45 m^2) \times (296.37K - 279K) \quad (W)$$

$$Q_{conv} = 239.66 \quad (W)$$

Obteniéndose como carga térmica de transferencia de calor total de 547.30W

$$Q_{total} = Q_{conv} + Q_{rad} \quad (W)$$

Dónde:

Q_{rad} = es la transferencia de calor por radiación

Q_{conv} = es la transferencia de calor por convección

Entonces:

$$Q_{total} = (239.66W) + (307.64W) \quad (W)$$

$$Q_{total} = 547.30 \quad (W)$$

Finalmente para calcular la temperatura interna se tiene:

La conductividad térmica del material k.

$$T_{int} = T_{ext} + \left(\frac{Q_{total} \times e_{madera}}{k_{madera} \times A_{total}} \right) \quad (^\circ C)$$

Dónde:

T_{int} = Temperatura interior en la vivienda actual sin aislamiento.

T_{ext} = Temperatura exterior en el ambiente.

Q_{total} = es la carga térmica de la transferencia de calor total.

A_{total} = área total de la vivienda.

e_{madera} = espesor de los tablones de madera.

K_{madera} = conductividad térmica de la madera.

Entonces:

$$T_{int} = (6^\circ C) + \left(\frac{(547.30W) \times (0.06m)}{\left(\frac{0.17W}{m} \right) \times 69.84m^2} \right) \quad (^\circ C)$$

$$T_{int} = 8.8.77 \quad (^\circ C)$$

Para el mes de Febrero:

La temperatura mínima externa es 5.98°C.

Para el cálculo de la transferencia de calor por radiación como por convección para el mes de enero se tiene que:

La transferencia de calor por radiación es de 307.96W.

$$Q_{rad} = \varepsilon \sigma A_s (T_s^4 - T_\infty^4) \quad (W)$$

$$Q_{rad} = (0.95) \times (5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2}) \times (3.45 m^2) \times (296.37 K - 278.98 K) \quad (W)$$

$$Q_{rad} = 307.96 (W)$$

La transferencia de calor por convección es de 239.94W.

$$Q_{conv} = h A_s (T_s - T_\infty) \quad (W)$$

$$Q_{conv} = (4 \frac{W}{m^2} \text{ } ^\circ C) \times (3.45 m^2) \times (296.37 K - 278.98 K) \quad (W)$$

$$Q_{conv} = 239.94 \quad (W)$$

Obteniéndose como carga térmica de transferencia de calor total de 547.30W

$$Q_{total} = Q_{conv} + Q_{rad} \quad (W)$$

Entonces:

$$Q_{total} = (239.94 W) + (307.96 W) \quad (W)$$

$$Q_{total} = 547.90 \quad (W)$$

Finalmente para calcular la temperatura interna se tiene:

$$T_{int} = T_{ext} + \left(\frac{Q_{total} \times e_{madera}}{k_{madera} \times A_{total}} \right) \quad (^\circ C)$$

$$T_{int} = (5.98^\circ C) + \left(\frac{(547.90 W) \times (0.06 m)}{\left(\frac{0.17 W}{m} \text{ } ^\circ C \right) \times 69.84 m^2} \right) \quad (^\circ C)$$

$$T_{int} = 8.75 \quad (^\circ C)$$

Para el mes de Marzo:

La temperatura mínima externa es 6°C.

Para el cálculo de la transferencia de calor por radiación como por convección para el mes de enero se tiene que:

La transferencia de calor por radiación es de 307.64W.

$$Q_{rad} = \varepsilon \sigma A_s (T_s^4 - T_\infty^4) \quad (W)$$

$$Q_{rad} = (0.95) \times (5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2}) \times (3.45 m^2) \times (296.37K - 279K) \quad (W)$$

$$Q_{rad} = 307.64(W)$$

La transferencia de calor por convección es de 239.66W.

$$Q_{conv} = h A_s (T_s - T_\infty) \quad (W)$$

$$Q_{conv} = (4 \frac{W}{m^2} \text{ } ^\circ C) \times (3.45 m^2) \times (296.37K - 279K) \quad (W)$$

$$Q_{conv} = 239.66 \quad (W)$$

Obteniéndose como carga térmica de transferencia de calor total de 547.30W

$$Q_{total} = Q_{conv} + Q_{rad} \quad (W)$$

$$Q_{total} = (239.66W) + (307.64W) \quad (W)$$

$$Q_{total} = 547.30 \quad (W)$$

Finalmente para calcular la temperatura interna se tiene:

$$T_{int} = T_{ext} + \left(\frac{Q_{total} \times e_{madera}}{k_{madera} \times A_{total}} \right) \quad (^\circ C)$$

$$T_{int} = (6^\circ C) + \left(\frac{(547.30W) \times (0.06m)}{\left(\frac{0.17W}{m} \text{ } ^\circ C \right) \times 69.84m^2} \right) \quad (^\circ C)$$

$$T_{int} = 8.77 \quad (^\circ C)$$

Para el mes de Abril:

La temperatura mínima externa es 5.82°C.

Para el cálculo de la transferencia de calor por radiación como por convección para el mes de enero se tiene que:

La transferencia de calor por radiación es de 310.54W.

$$Q_{rad} = \varepsilon \sigma A_s (T_s^4 - T_\infty^4) \quad (W)$$

$$Q_{rad} = (0.95) \times (5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2}) \times (3.45 m^2) \times (296.37 K - 278.82 K) \quad (W)$$

$$Q_{rad} = 310.54 (W)$$

La transferencia de calor por convección es de 242.14W.

$$Q_{conv} = h A_s (T_s - T_\infty) \quad (W)$$

$$Q_{conv} = (4 \frac{W}{m^2} \text{ } ^\circ C) \times (3.45 m^2) \times (296.37 K - 278.82 K) \quad (W)$$

$$Q_{conv} = 242.14 \quad (W)$$

Obteniéndose como carga térmica de transferencia de calor total de 552.69W

$$Q_{total} = Q_{conv} + Q_{rad} \quad (W)$$

$$Q_{total} = (242.14 W) + (310.54 W) \quad (W)$$

$$Q_{total} = 552.69 \quad (W)$$

Finalmente para calcular la temperatura interna se tiene:

$$T_{int} = T_{ext} + \left(\frac{Q_{total} \times e_{madera}}{k_{madera} \times A_{total}} \right) \quad (^\circ C)$$

$$T_{int} = (5.82^\circ C) + \left(\frac{(552.69 W) \times (0.06 m)}{\left(\frac{0.17 W}{m} \text{ } ^\circ C \right) \times 69.84 m^2} \right) \quad (^\circ C)$$

$$T_{int} = 8.61 \quad (^\circ C)$$

Para el mes de Mayo:

La temperatura mínima externa es 5.53°C.

Para el cálculo de la transferencia de calor por radiación como por convección para el mes de enero se tiene que:

La transferencia de calor por radiación es de 315.21W.

$$Q_{rad} = \varepsilon \sigma A_s (T_s^4 - T_\infty^4) \quad (W)$$

$$Q_{rad} = (0.95) \times (5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2}) \times (3.45 m^2) \times (296.37 K - 278.53 K) \quad (W)$$

$$Q_{rad} = 315.21 (W)$$

La transferencia de calor por convección es de 246.15W.

$$Q_{conv} = h A_s (T_s - T_\infty) \quad (W)$$

$$Q_{conv} = (4 \frac{W}{m^2} \text{ } ^\circ C) \times (3.45 m^2) \times (296.37 K - 278.53 K) \quad (W)$$

$$Q_{conv} = 246.15 \quad (W)$$

Obteniéndose como carga térmica de transferencia de calor total de 547.30W

$$Q_{total} = Q_{conv} + Q_{rad} \quad (W)$$

$$Q_{total} = (246.15 W) + (315.21 W) \quad (W)$$

$$Q_{total} = 561.35 \quad (W)$$

Finalmente para calcular la temperatura interna se tiene:

$$T_{int} = T_{ext} + \left(\frac{Q_{total} \times e_{madera}}{k_{madera} \times A_{total}} \right) \quad (^\circ C)$$

$$T_{int} = (5.53^\circ C) + \left(\frac{(561.35 W) \times (0.06 m)}{\left(\frac{0.17 W}{m} \text{ } ^\circ C \right) \times 69.84 m^2} \right) \quad (^\circ C)$$

$$T_{int} = 8.37 \quad (^\circ C)$$

Para el mes de Junio:

La temperatura mínima externa es 4.52°C.

Para el cálculo de la transferencia de calor por radiación como por convección para el mes de enero se tiene que:

La transferencia de calor por radiación es de 331.34W.

$$Q_{rad} = \varepsilon \sigma A_s (T_s^4 - T_\infty^4) \quad (W)$$

$$Q_{rad} = (0.95) \times (5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2}) \times (3.45 m^2) \times (296.37 K - 277.52 K) \quad (W)$$

$$Q_{rad} = 331.34 (W)$$

La transferencia de calor por convección es de 260.08W.

$$Q_{conv} = h A_s (T_s - T_\infty) \quad (W)$$

$$Q_{conv} = (4 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}) \times (3.45 m^2) \times (296.37 K - 277.52 K) \quad (W)$$

$$Q_{conv} = 260.08 \quad (W)$$

Obteniéndose como carga térmica de transferencia de calor total de 547.30W

$$Q_{total} = Q_{conv} + Q_{rad} \quad (W)$$

$$Q_{total} = (260.08 W) + (331.34 W) \quad (W)$$

$$Q_{total} = 591.43 \quad (W)$$

Finalmente para calcular la temperatura interna se tiene:

$$T_{int} = T_{ext} + \left(\frac{Q_{total} \times e_{madera}}{k_{madera} \times A_{total}} \right) \quad (^\circ C)$$

$$T_{int} = (4.52^\circ C) + \left(\frac{(591.43 W) \times (0.06 m)}{\left(\frac{0.17 W}{m} \text{ } ^\circ C \right) \times 69.84 m^2} \right) \quad (^\circ C)$$

$$T_{int} = 7.51 \quad (^\circ C)$$

Para el mes de Julio:

La temperatura mínima externa es 3.86°C

Para el cálculo de la transferencia de calor por radiación como por convección para el mes de enero se tiene que:

La transferencia de calor por radiación es de 341.79W.

$$Q_{rad} = \varepsilon \sigma A_s (T_s^4 - T_\infty^4) \quad (W)$$

$$Q_{rad} = (0.95) \times (5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2}) \times (3.45 m^2) \times (296.37K - 276.86K) \quad (W)$$

$$Q_{rad} = 341.79(W)$$

La transferencia de calor por convección es de 239.66W.

$$Q_{conv} = h A_s (T_s - T_\infty) \quad (W)$$

$$Q_{conv} = (4 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}) \times (3.45 m^2) \times (296.37K - 276.86K) \quad (W)$$

$$Q_{conv} = 269.19 \quad (W)$$

Obteniéndose como carga térmica de transferencia de calor total de 547.30W

$$Q_{total} = Q_{conv} + Q_{rad} \quad (W)$$

$$Q_{total} = (269.19W) + (341.79W) \quad (W)$$

$$Q_{total} = 610.98 \quad (W)$$

Finalmente para calcular la temperatura interna se tiene:

$$T_{int} = T_{ext} + \left(\frac{Q_{total} \times e_{madera}}{k_{madera} \times A_{total}} \right) \quad (^\circ C)$$

$$T_{int} = (3.86^\circ C) + \left(\frac{(610.98W) \times (0.06m)}{\left(\frac{0.17W}{m} \text{ } ^\circ C \right) \times 69.84m^2} \right) \quad (^\circ C)$$

$$T_{int} = 6.95 \quad (^\circ C)$$

Para el mes de Septiembre:

La temperatura mínima externa es 3.98°C

Para el cálculo de la transferencia de calor por radiación como por convección para el mes de enero se tiene que:

La transferencia de calor por radiación es de 339.90W.

$$Q_{rad} = \varepsilon \sigma A_s (T_s^4 - T_\infty^4) \quad (W)$$

$$Q_{rad} = (0.95) \times (5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2}) \times (3.45 m^2) \times (296.37 K - 276.98 K) \quad (W)$$

$$Q_{rad} = 339.90 (W)$$

La transferencia de calor por convección es de 267.54W.

$$Q_{conv} = h A_s (T_s - T_\infty) \quad (W)$$

$$Q_{conv} = (4 \frac{W}{m^2} \text{ } ^\circ C) \times (3.45 m^2) \times (296.37 K - 276.98 K) \quad (W)$$

$$Q_{conv} = 267.54 \quad (W)$$

Obteniéndose como carga térmica de transferencia de calor total de 547.30W

$$Q_{total} = Q_{conv} + Q_{rad} \quad (W)$$

$$Q_{total} = (267.54 W) + (339.90 W) \quad (W)$$

$$Q_{total} = 607.43 \quad (W)$$

Finalmente para calcular la temperatura interna se tiene:

$$T_{int} = T_{ext} + \left(\frac{Q_{total} \times \varepsilon_{madera}}{k_{madera} \times A_{total}} \right) \quad (^\circ C)$$

$$T_{int} = (3.98^\circ C) + \left(\frac{(607.43 W) \times (0.06 m)}{\left(\frac{0.17 W}{m} \text{ } ^\circ C \right) \times 69.84 m^2} \right) \quad (^\circ C)$$

$$T_{int} = 7.05 \quad (^\circ C)$$

Para el mes de Octubre:

La temperatura mínima externa es 4.99°C.

Para el cálculo de la transferencia de calor por radiación como por convección para el mes de enero se tiene que:

La transferencia de calor por radiación es de 323.86W.

$$Q_{rad} = \varepsilon \sigma A_s (T_s^4 - T_\infty^4) \quad (W)$$

$$Q_{rad} = (0.95) \times (5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2}) \times (3.45 m^2) \times (296.37K - 277.99K) \quad (W)$$

$$Q_{rad} = 323.86(W)$$

La transferencia de calor por convección es de 253.60W.

$$Q_{conv} = h A_s (T_s - T_\infty) \quad (W)$$

$$Q_{conv} = (4 \frac{W}{m^2} \text{ } ^\circ C) \times (3.45 m^2) \times (296.37K - 277.99K) \quad (W)$$

$$Q_{conv} = 253.60 \quad (W)$$

Obteniéndose como carga térmica de transferencia de calor total de 577.45W

$$Q_{total} = Q_{conv} + Q_{rad} \quad (W)$$

$$Q_{total} = (253.60W) + (323.86W) \quad (W)$$

$$Q_{total} = 577.45 \quad (W)$$

Finalmente para calcular la temperatura interna se tiene:

$$T_{int} = T_{ext} + \left(\frac{Q_{total} \times \varepsilon_{madera}}{k_{madera} \times A_{total}} \right) \quad (^\circ C)$$

$$T_{int} = (4.99^\circ C) + \left(\frac{(577.45W) \times (0.06m)}{\left(\frac{0.17W}{m} \text{ } ^\circ C \right) \times 69.84 m^2} \right) \quad (^\circ C)$$

$$T_{int} = 7.91 \quad (^\circ C)$$

Para el mes de Noviembre:

La temperatura mínima externa es 5.48°C.

Para el cálculo de la transferencia de calor por radiación como por convección para el mes de enero se tiene que:

La transferencia de calor por radiación es de 316.01W.

$$Q_{rad} = \varepsilon \sigma A_s (T_s^4 - T_\infty^4) \quad (W)$$

Entonces:

$$Q_{rad} = (0.95) \times (5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2}) \times (3.45 m^2) \times (296.37 K - 278.48 K) \quad (W)$$

$$Q_{rad} = 316.01 (W)$$

La transferencia de calor por convección es de 246.84W.

$$Q_{conv} = h A_s (T_s - T_\infty) \quad (W)$$

$$Q_{conv} = (4 \frac{W}{m^2} \text{ } ^\circ C) \times (3.45 m^2) \times (296.37 K - 278.48 K) \quad (W)$$

$$Q_{conv} = 246.84 \quad (W)$$

Obteniéndose como carga térmica de transferencia de calor total de 562.85W

$$Q_{total} = Q_{conv} + Q_{rad} \quad (W)$$

$$Q_{total} = (246.84 W) + (316.01 W) \quad (W)$$

$$Q_{total} = 562.85 \quad (W)$$

Finalmente para calcular la temperatura interna se tiene:

$$T_{int} = T_{ext} + \left(\frac{Q_{total} \times \varepsilon_{madera}}{k_{madera} \times A_{total}} \right) \quad (^\circ C)$$

$$T_{int} = (5.48^\circ C) + \left(\frac{(562.85 W) \times (0.06 m)}{\left(\frac{0.17 W}{m} \text{ } ^\circ C \right) \times 69.84 m^2} \right) \quad (^\circ C)$$

$$T_{int} = 8.32 \quad (^\circ C)$$

Para el mes de Diciembre:

La temperatura mínima externa es 6.01°C.

Para el cálculo de la transferencia de calor por radiación como por convección para el mes de enero se tiene que:

La transferencia de calor por radiación es de 307.48W.

$$Q_{rad} = \varepsilon \sigma A_s (T_s^4 - T_\infty^4) \quad (W)$$

$$Q_{rad} = (0.95) \times (5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2}) \times (3.45 m^2) \times (296.37 K - 279.01 K) \quad (W)$$

$$Q_{rad} = 307.48 (W)$$

La transferencia de calor por convección es de 239.52W.

$$Q_{conv} = h A_s (T_s - T_\infty) \quad (W)$$

$$Q_{conv} = (4 \frac{W}{m^2} \text{ } ^\circ C) \times (3.45 m^2) \times (296.37 K - 279.01 K) \quad (W)$$

$$Q_{conv} = 239.52 \quad (W)$$

Obteniéndose como carga térmica de transferencia de calor total de 547.00W

$$Q_{total} = Q_{conv} + Q_{rad} \quad (W)$$

$$Q_{total} = (239.52 W) + (307.48 W) \quad (W)$$

$$Q_{total} = 547.00 \quad (W)$$

Finalmente para calcular la temperatura interna se tiene:

$$T_{int} = T_{ext} + \left(\frac{Q_{total} \times \varepsilon_{madera}}{k_{madera} \times A_{total}} \right) \quad (^\circ C)$$

$$T_{int} = (6.01 ^\circ C) + \left(\frac{(547.00 W) \times (0.06 m)}{\left(\frac{0.17 W}{m} \text{ } ^\circ C \right) \times 69.84 m^2} \right) \quad (^\circ C)$$

$$T_{int} = 8.77 \quad (^\circ C)$$

ANEXO II

TABLA N° 07: Insolación incidente promedio mensual sobre una superficie horizontal en Indicado GMT tiempos

Insolación incidente promediada mensual sobre una superficie horizontal en Indicado GMT tiempos (kW / m ²)												
-5,92 Lat Lon -77,94	Ene	Febr	Mar	Abr.	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Media @ 00	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
Media @ 03	n / a	n / a	n / a	n / a	n / a	n / a	n / a	n / a	n / a	n / a	n / a	n / a
Media @ 06	n / a	n / a	n / a	n / a	n / a	n / a	n / a	n / a	n / a	n / a	n / a	n / a
Media @ 09	n / a	n / a	n / a	n / a	n / a	n / a	n / a	n / a	n / a	n / a	n / a	n / a
Promedio @ 12	0,09	0,08	0,08	0,09	0,09	0,08	0,07	0,09	0,12	0,14	0,14	0,12
Promedio @ 15	0,37	0,37	0,41	0,44	0,45	0,42	0,44	0,5	0,54	0,52	0,51	0,44
Media @ 18	0,44	0,43	0,47	0,48	0,49	0,49	0,51	0,52	0,54	0,54	0,56	0,51
Media @ 21	0,3	0,28	0,27	0,25	0,24	0,25	0,27	0,27	0,26	0,25	0,27	0,28

Fuente: NASA

$$P_s = \frac{I_{t1} + I_{t2}}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2} / día \right) \quad \text{Ecuación (7)}$$

Dónde:

P_s potencial solar disponible sobre una superficie

I_{t1} insolación incidente en una hora determinada.

I_{t2} insolación incidente en una hora determinada consecutiva.

Y 3 representa el rango de 3 horas.

Entonces el potencial solar disponible sobre una superficie horizontal durante un día para cada mes sería:

ENERO

A las 4:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 90}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 135 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 7:00 horas será:

$$P_s = \frac{90 + 370}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 690 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 10:00 horas será:

$$P_s = \frac{370 + 440}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 1215 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 13:00 horas será:

$$P_s = \frac{440 + 300}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 1110 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 16:00 horas será:

$$P_s = \frac{300 + 10}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 465 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 19:00 horas será:

$$P_s = \frac{10 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 15 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 22:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 1:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

FEBRERO

A las 4:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 80}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 120 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 7:00 horas será:

$$P_s = \frac{80 + 370}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 675 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 10:00 horas será:

$$P_s = \frac{370 + 430}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 1200 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 13:00 horas será:

$$P_s = \frac{430 + 280}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 1065 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 16:00 horas será:

$$P_s = \frac{280 + 10}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 435 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 19:00 horas será:

$$P_s = \frac{10 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 15 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 22:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 1:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

MARZO

A las 4:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 80}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 120 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 7:00 horas será:

$$P_s = \frac{80 + 410}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 735 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 10:00 horas será:

$$P_s = \frac{410 + 470}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 1320 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 13:00 horas será:

$$P_s = \frac{470 + 270}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 1110 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 16:00 horas será:

$$P_s = \frac{270 + 10}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 420 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 19:00 horas será:

$$P_s = \frac{10 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 15 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 22:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 1:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

ABRIL

A las 4:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 90}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 135 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 7:00 horas será:

$$P_s = \frac{90 + 440}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 795 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 10:00 horas será:

$$P_s = \frac{440 + 480}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 1380 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 13:00 horas será:

$$P_s = \frac{480 + 250}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 1095 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 16:00 horas será:

$$P_s = \frac{250 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 375 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 19:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 22:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 1:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2/día}\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2/día}\right)$$

MAYO

A las 4:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 90}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2/día}\right)$$

$$P_s = 135 \quad \left(\frac{kWh}{m^2/día}\right)$$

A las 7:00 horas será:

$$P_s = \frac{90 + 450}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2/día}\right)$$

$$P_s = 810 \quad \left(\frac{kWh}{m^2/día}\right)$$

A las 10:00 horas será:

$$P_s = \frac{450 + 490}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2/día}\right)$$

$$P_s = 1410 \quad \left(\frac{kWh}{m^2/día}\right)$$

A las 13:00 horas será:

$$P_s = \frac{490 + 240}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2/día}\right)$$

$$P_s = 1095 \quad \left(\frac{kWh}{m^2/día}\right)$$

A las 16:00 horas será:

$$P_s = \frac{240 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2/día}\right)$$

$$P_s = 360 \quad \left(\frac{kWh}{m^2/día}\right)$$

A las 19:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2/día}\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 22:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 1:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

JUNIO

A las 4:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 80}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 120 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 7:00 horas será:

$$P_s = \frac{80 + 420}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 750 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 10:00 horas será:

$$P_s = \frac{420 + 490}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 1365 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 13:00 horas será:

$$P_s = \frac{490 + 250}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 1110 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 16:00 horas será:

$$P_s = \frac{250 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 375 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 19:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 22:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 1:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

JULIO

A las 4:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 70}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 105 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 7:00 horas será:

$$P_s = \frac{70 + 440}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 765 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 10:00 horas será:

$$P_s = \frac{440 + 510}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 1425 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 13:00 horas será:

$$P_s = \frac{510 + 270}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 1170 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 16:00 horas será:

$$P_s = \frac{270 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 405 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 19:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 22:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 1:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

AGOSTO

A las 4:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 70}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 105 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 7:00 horas será:

$$P_s = \frac{70 + 440}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 765 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 10:00 horas será:

$$P_s = \frac{440 + 510}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 1425 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 13:00 horas será:

$$P_s = \frac{510 + 270}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 1170 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 16:00 horas será:

$$P_s = \frac{270 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 405 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 19:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 22:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 1:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

SEPTIEMBRE

A las 4:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 120}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 180 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 7:00 horas será:

$$P_s = \frac{120 + 540}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 990 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 10:00 horas será:

$$P_s = \frac{540 + 540}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 1620 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 13:00 horas será:

$$P_s = \frac{540 + 260}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 1200 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 16:00 horas será:

$$P_s = \frac{260 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 390 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 19:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 22:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

A las 1:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{día}\right)$$

OCTUBRE

A las 4:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 140}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 210 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 7:00 horas será:

$$P_s = \frac{140 + 520}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 990 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 10:00 horas será:

$$P_s = \frac{520 + 540}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 1590 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 13:00 horas será:

$$P_s = \frac{540 + 250}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 1185 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 16:00 horas será:

$$P_s = \frac{250 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 375 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 19:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 22:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 1:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

NOVIEMBRE

A las 4:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 140}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 210 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 7:00 horas será:

$$P_s = \frac{140 + 510}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 975 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 10:00 horas será:

$$P_s = \frac{510 + 560}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 1605 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 13:00 horas será:

$$P_s = \frac{560 + 270}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 1245 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 16:00 horas será:

$$P_s = \frac{270 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 405 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 19:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 22:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 1:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

DICIEMBRE

A las 4:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 120}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 180 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 7:00 horas será:

$$P_s = \frac{120 + 440}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 840 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 10:00 horas será:

$$P_s = \frac{440 + 510}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 1425 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 13:00 horas será:

$$P_s = \frac{510 + 280}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 1185 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 16:00 horas será:

$$P_s = \frac{280 + 10}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 435 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 19:00 horas será:

$$P_s = \frac{10 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 15 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 22:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

A las 1:00 horas será:

$$P_s = \frac{0 + 0}{2} \times 3 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

$$P_s = 0 \quad \left(\frac{kWh}{m^2}/día\right)$$

Con los datos obtenidos se construye la tabla de potencial solar.

Para el cálculo de ña energía disponible se utiliza la siguiente ecuación:

$$E_{dis} = \frac{\sum_{m=1-12}^m P_s}{1000} \quad \left(\frac{Wh}{m^2}/día\right)$$

Dónde:

E_{dis} energía disponible en un día por mes.

P_s potencial solar

$m=1-12$ meses del año

Es decir la energía disponible es la sumatoria de los potenciales de los 12 meses del año y divididos entre mil para obtener en Wh/m²/día.

ANEXO III

$$T_{\text{real}} = T_{\text{est}} - \left[\frac{(h_{\text{cuispes}} - h_{\text{est}}) \times GT}{100} \right] \quad (^\circ\text{C})$$

Dónde:

T_{real} es la temperatura corregida.

T_{est} es la temperatura que proporciona la estación meteorológica.

H_{cuispes} altura que se encuentra la ciudad de Cuispes.

H_{est} altura que se encuentra la estación meteorológica.

GT es la gradiente de temperatura, 0.65°C .

Y es cada 100 metros.

Como se muestran en las tablas, también se realizó el tratamiento de precipitaciones y velocidades de vientos de cada mes por los cuatro años tratados. A continuación se detalla el tratamiento de los datos de los parámetros mencionados por año. Estos datos fueron bajados de la página del SENAMHI y tratados.

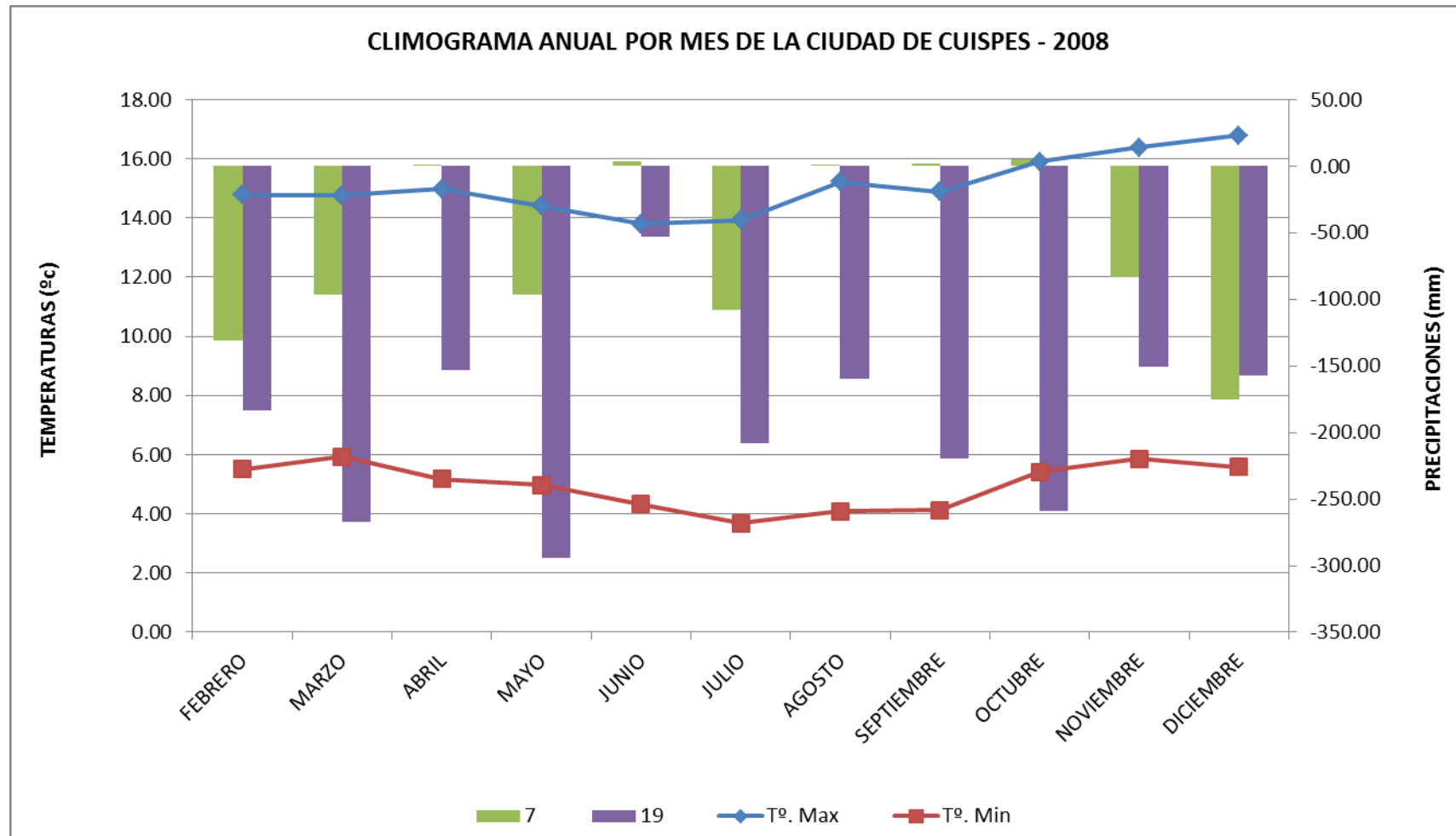
AÑO 2008

Tabla N°08: Datos promedio De Temperatura y Precipitaciones (2008).

PROMEDIO POR MES (Año 2008)				
MES	Temperaturas		Precipitaciones (mm)	
	T°. Max	T°. Min	7	19
FEBRERO	14,77	5,50	-131,05	-183,69
MARZO	14,77	5,94	-96,27	-267,43
ABRIL	14,98	5,18	0,39	-153,09
MAYO	14,41	4,98	-96,50	-294,43
JUNIO	13,79	4,33	3,75	-53,28
JULIO	13,92	3,69	-108,13	-207,98
AGOSTO	15,23	4,09	0,58	-159,32
SEPTIEMBRE	14,90	4,13	1,58	-219,23
OCTUBRE	15,90	5,42	5,04	-259,13
NOVIEMBRE	16,38	5,86	-83,56	-150,56
DICIEMBRE	16,79	5,59	-175,15	-157,18

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico N° 01: Climograma para el año 2008



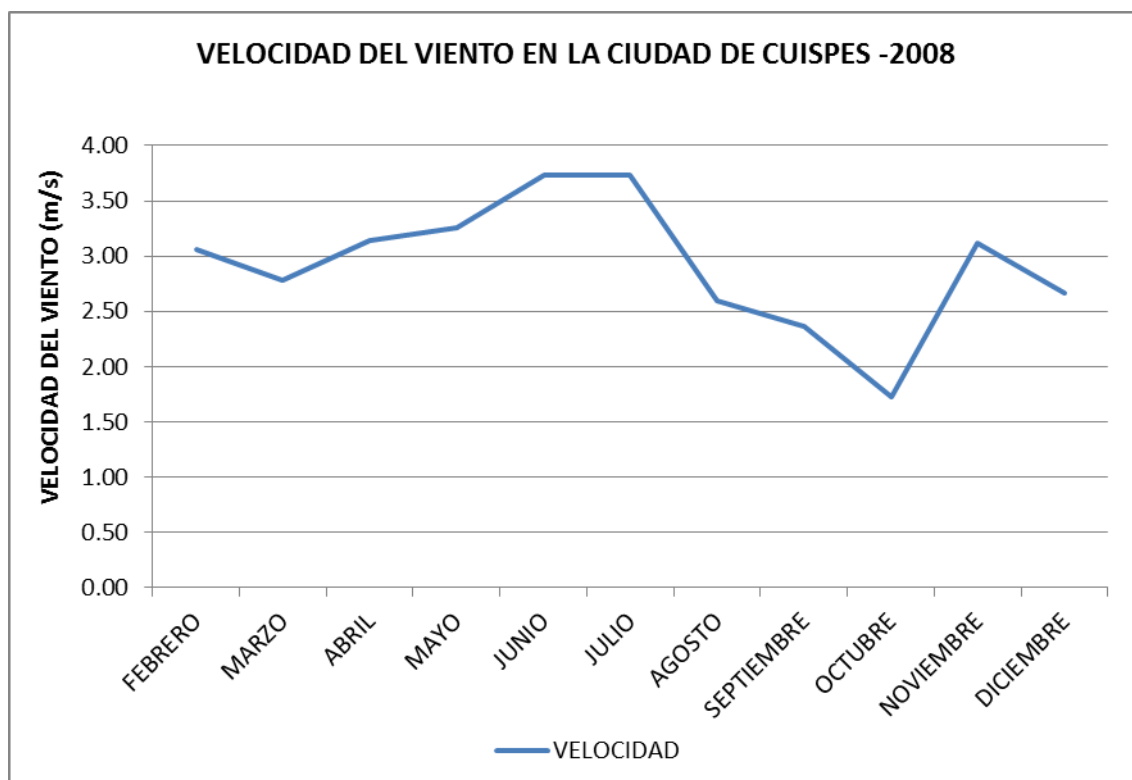
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°09: Datos promedio de velocidad de viento (2008).

MES	VELOCIDAD DEL VIENTO (2008)
FEBRERO	3,06
MARZO	2,78
ABRIL	3,14
MAYO	3,26
JUNIO	3,73
JULIO	3,74
AGOSTO	2,60
SEPTIEMBRE	2,36
OCTUBRE	1,73
NOVIEMBRE	3,12
DICIEMBRE	2,67

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico N° 02: Variación de velocidades de viento para el año 2008



Fuente: Elaboración Propia.

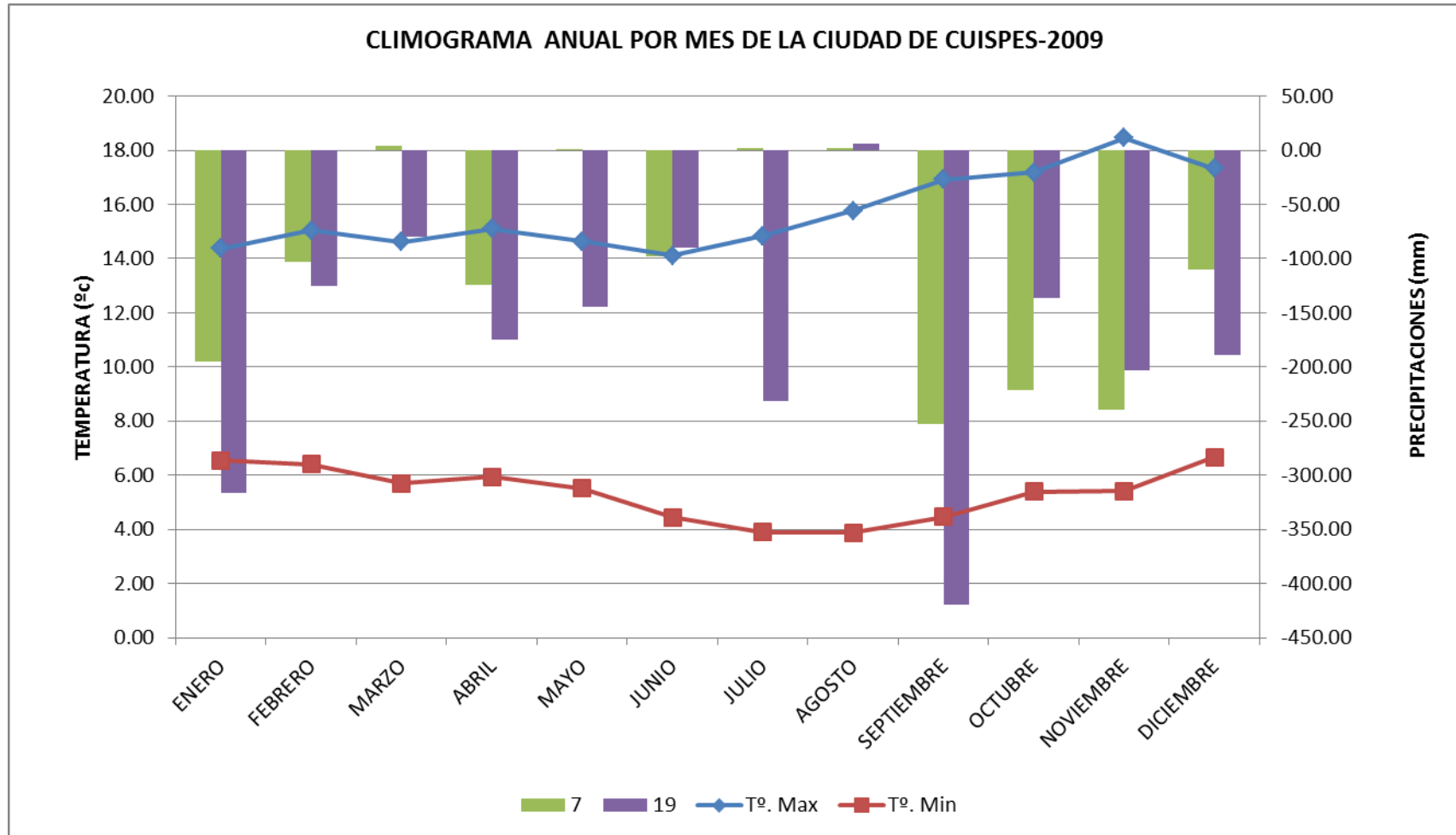
AÑO 2009

Tabla N°10: Datos promedio de temperatura y precipitaciones (2009).

PROMEDIO POR MES (Año 2009)				
MES	Temperaturas		Precipitaciones (mm)	
	T°. Max	T°. Min	7	19
ENERO	14,37	6,54	-194,61	-316,14
FEBRERO	15,04	6,41	-102,86	-125,11
MARZO	14,61	5,70	3,96	-80,23
ABRIL	15,10	5,93	-124,54	-174,60
MAYO	14,63	5,52	0,87	-144,32
JUNIO	14,12	4,45	-97,82	-89,66
JULIO	14,83	3,89	2,44	-232,00
AGOSTO	15,76	3,87	2,44	6,61
SEPTIEMBRE	16,93	4,47	-252,67	-419,72
OCTUBRE	17,18	5,39	-221,31	-136,80
NOVIEMBRE	18,45	5,42	-239,51	-203,36
DICIEMBRE	17,33	6,67	-109,66	-188,68

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico N° 03: Climograma para el año 2009



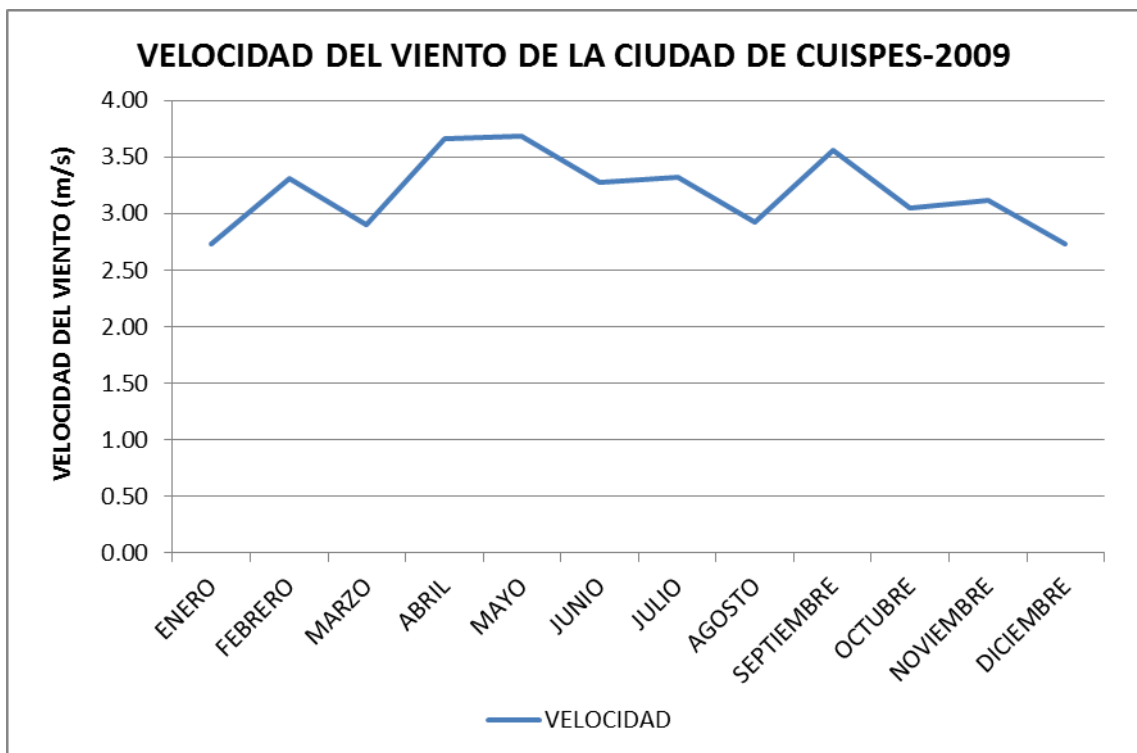
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°11: Datos promedio de velocidad de viento (2009).

MES	VELOCIDAD DEL VIENTO (2009)
ENERO	2,73
FEBRERO	3,31
MARZO	2,90
ABRIL	3,67
MAYO	3,68
JUNIO	3,28
JULIO	3,32
AGOSTO	2,92
SEPTIEMBRE	3,56
OCTUBRE	3,05
NOVIEMBRE	3,12
DICIEMBRE	2,73

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico N° 04: Variación de velocidades de viento para el año 2009



Fuente: Elaboración Propia.

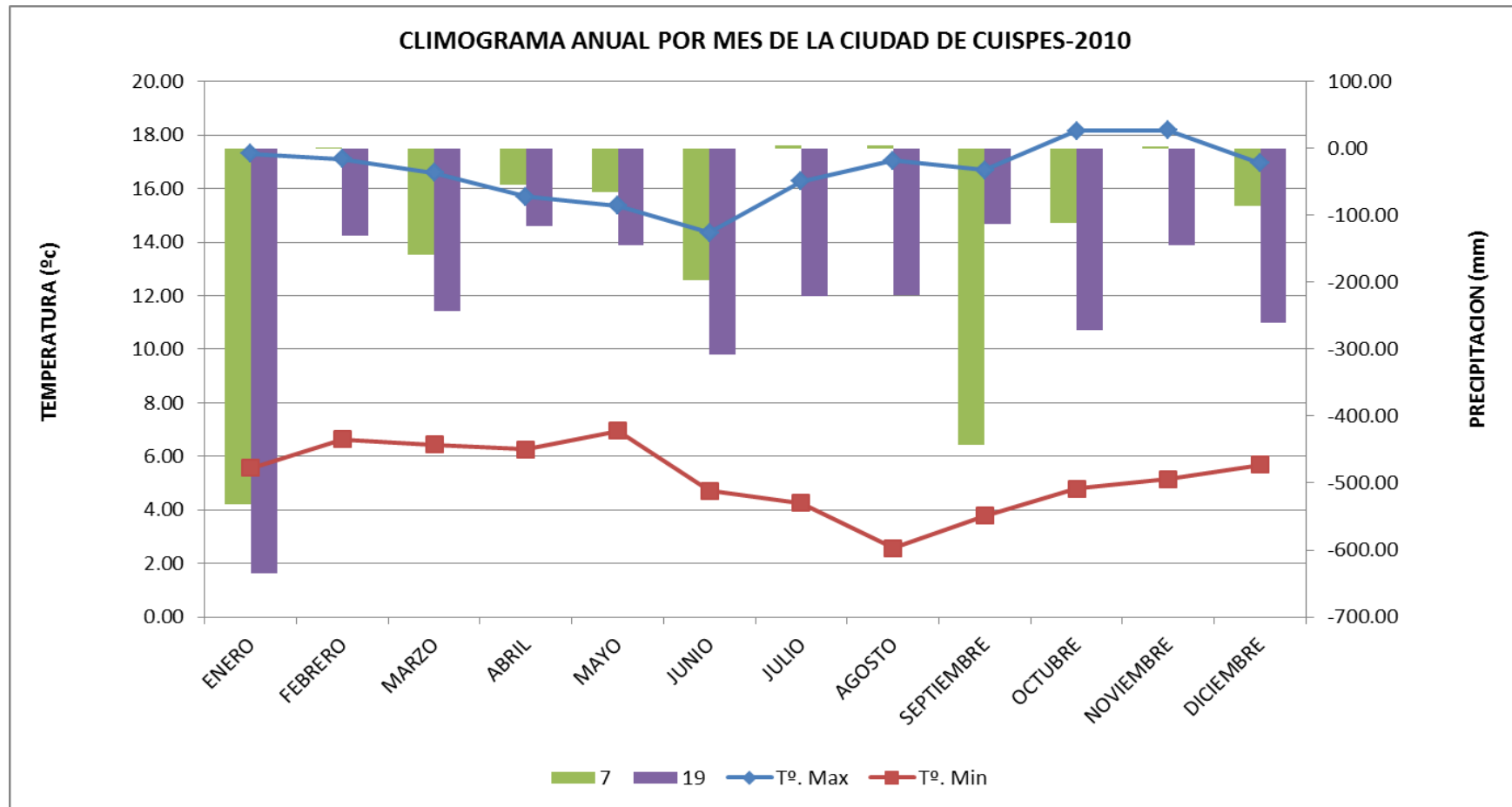
AÑO 2010

Tabla N°12: Datos promedio de temperatura y precipitaciones (2010).

PROMEDIO POR MES (Año 2010)				
MES	Temperaturas		Precipitaciones (mm)	
	T°. Max	T°. Min	7	19
ENERO	17,31	5,56	-532,42	-634,17
FEBRERO	17,11	6,64	1,58	-130,79
MARZO	16,59	6,45	-159,55	-243,29
ABRIL	15,70	6,26	-54,46	-115,29
MAYO	15,36	6,95	-65,43	-144,51
JUNIO	14,35	4,71	-196,71	-308,63
JULIO	16,29	4,27	5,26	-220,14
AGOSTO	17,05	2,57	5,26	-218,73
SEPTIEMBRE	16,70	3,79	-443,40	-112,42
OCTUBRE	18,16	4,79	-110,78	-271,16
NOVIEMBRE	18,18	5,15	2,31	-145,00
DICIEMBRE	16,95	5,68	-85,48	-259,77

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico N° 05: Climograma para el año 2010



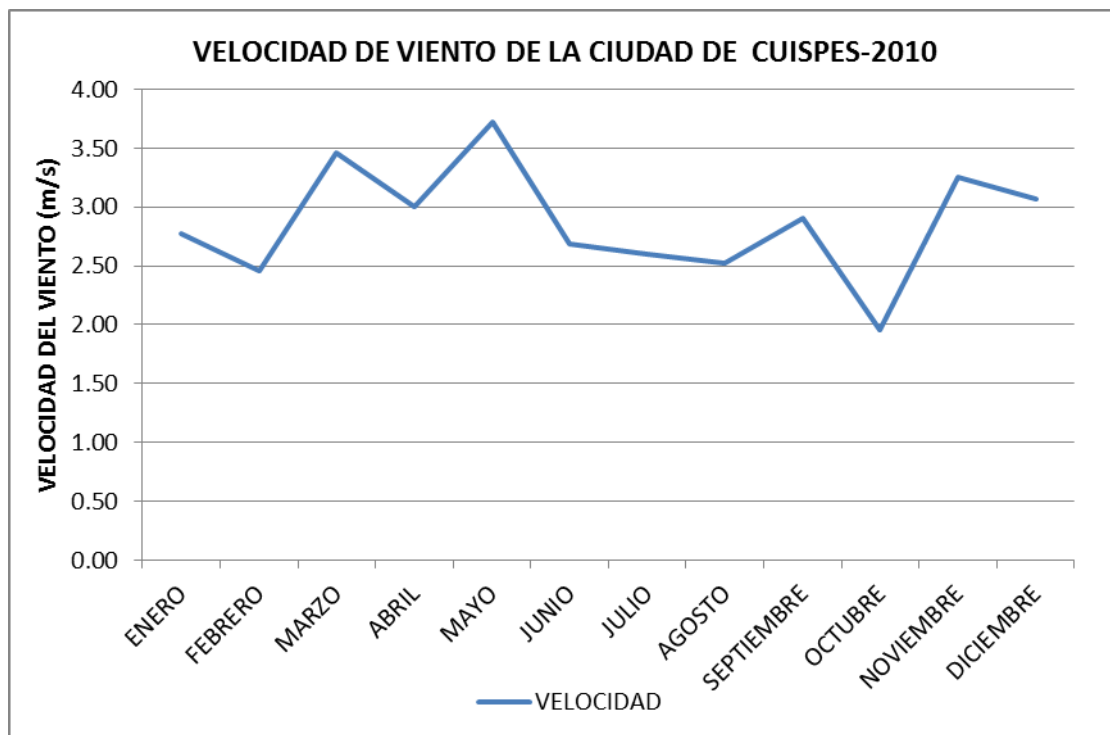
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°13: Datos promedio de velocidad de viento (2010).

MES	VELOCIDAD DEL VIENTO (2010)
ENERO	2,77
FEBRERO	2,45
MARZO	3,46
ABRIL	3,00
MAYO	3,73
JUNIO	2,60
JULIO	2,60
AGOSTO	2,52
SEPTIEMBRE	2,90
OCTUBRE	1,96
NOVIEMBRE	3,25
DICIEMBRE	3,07

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico N° 06: Variación de velocidades de viento para el año 2010



Fuente: Elaboración Propia.

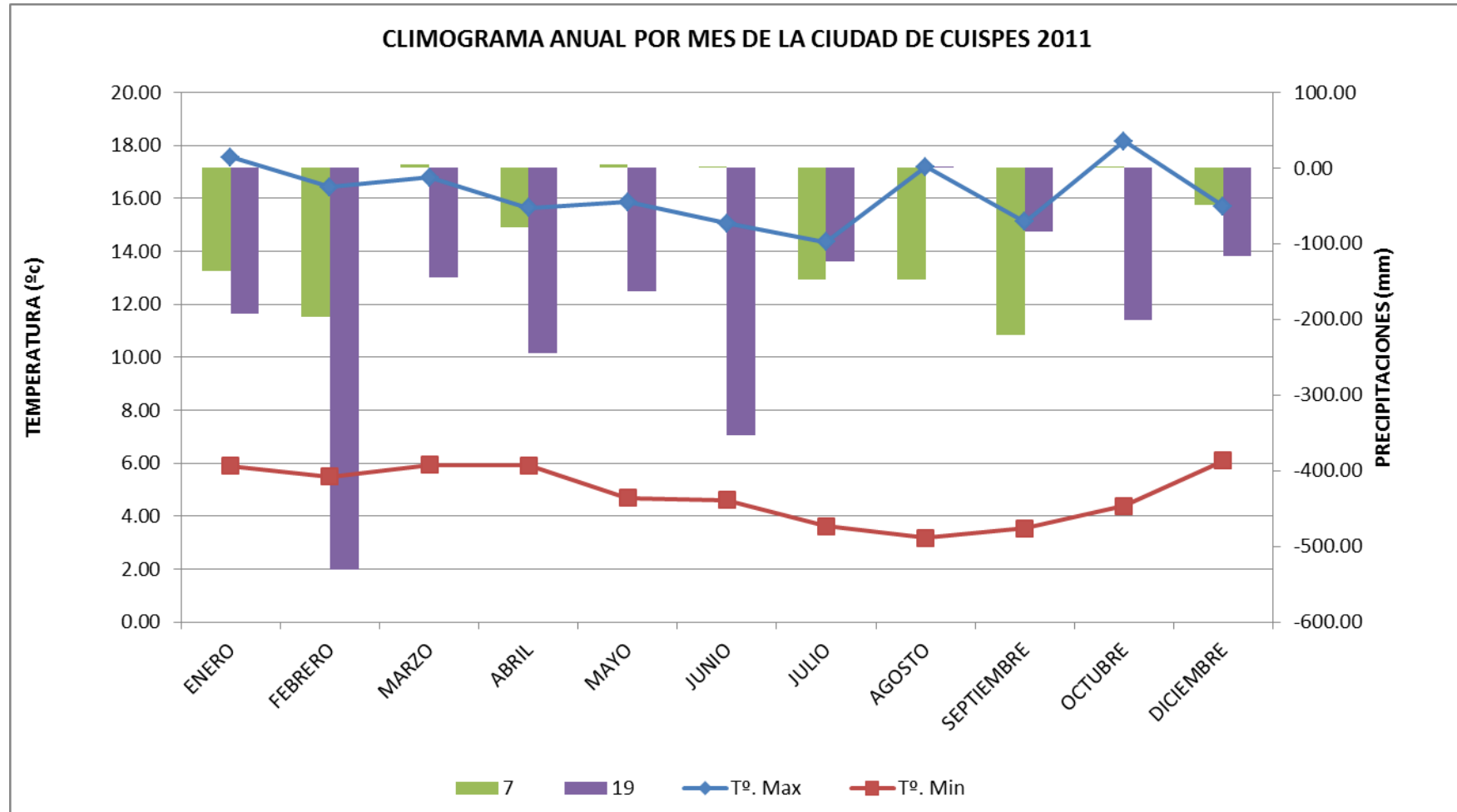
AÑO 2011

Tabla N°14: Datos promedio de temperatura y precipitaciones (2011).

Promedio por mes (Año 2011)				
MES	Temperaturas		Precipitaciones	
	T°. Max	T°. Min	7	19
ENERO	17,56	5,89	-135,71	-192,99
FEBRERO	16,42	5,49	-196,88	-531,33
MARZO	16,79	5,93	4,54	-145,07
ABRIL	15,64	5,91	-78,14	-244,55
MAYO	15,85	4,68	5,34	-163,00
JUNIO	15,05	4,60	0,91	-353,77
JULIO	14,34	3,61	-147,78	-123,56
AGOSTO	17,19	3,17	-147,78	2,60
SEPTIEMBRE	15,11	3,53	-220,75	-84,65
OCTUBRE	18,16	4,38	0,68	-201,47
DICIEMBRE	15,69	6,10	-49,05	-117,07

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico N° 07: Climograma para el año 2011



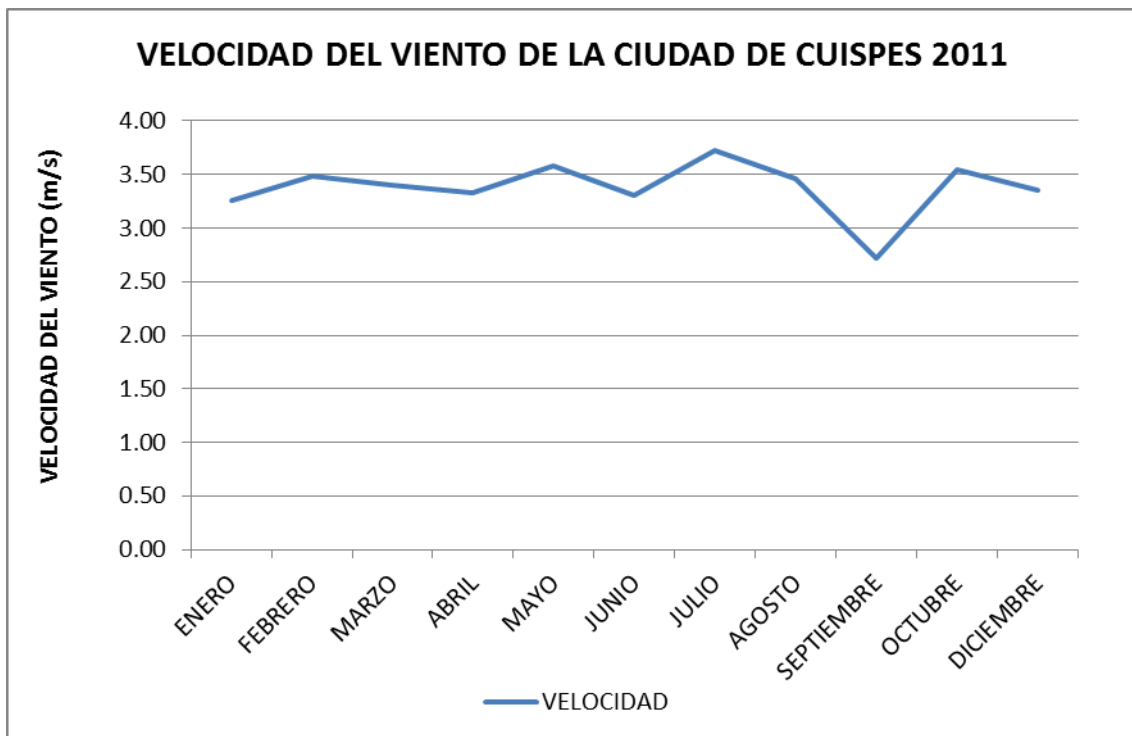
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°15: Datos promedio de velocidad de viento (2011).

MES	VELOCIDAD DEL VIENTO (2011)
ENERO	3,26
FEBRERO	3,48
MARZO	3,40
ABRIL	3,33
MAYO	3,58
JUNIO	3,31
JULIO	3,73
AGOSTO	3,46
SEPTIEMBRE	2,71
OCTUBRE	3,54
DICIEMBRE	3,35

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico N° 08: Variación de velocidades de viento para el año 2011



Fuente: Elaboración Propia.

**DATOS DE LA ESTACION METEOROLÓGICA SUYUBAMBA
OCTUBRE 2015 – SEPTIEMBRE 2016**

Se recopiló información de datos de la estación más próxima a la ciudad de Cuispes, para de esta manera realizar la simulación lo más exacta posible. De acuerdo a esta data de un año el mes de diseño es JUNIO, por tener la temperatura mínima. Asimismo se observa que conforme pasan los años el periodo de invierno se va extendiendo y el mes cambió de acuerdo al promedio con la data anterior.

Departamento	Amazonas	Altitud: 1412 m.s.n.m.	Tipo:	Meteorológica-Automática	Altura Jazan	1412	msnm
Provincia	Bongará	Latitud: 5° 55' 09"	Modelo:	WMR300PU	Altura Cuispes	3000	msnm
Distrito	Jazán	Longitud: 77° 57' 68"	Marca:	OREGON	Gradiente de T	0.65	°c

MES	TEMPERATURA PROMEDIO (2015 - 2016)
OCTUBRE 15	8.7
NOVIEMBRE 15	8.7
DICIEMBRE 15	8.9
ENERO 16	13.0
FEBRERO 16	9.0
MARZO 16	9.6
ABRIL 16	9.2
MAYO 16	9.0
JUNIO 16	6.7
JULIO 16	7.9
AGOSTO 16	10.0
SEPTIEMBRE 16	16.5

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO IV

NORMA E.020

CARGAS

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES

Artículo 1.- ALCANCE

Las edificaciones y todas sus partes deberán ser capaces de resistir las cargas que se les imponga como consecuencia de su uso previsto. Estas actuarán en las combinaciones prescritas y no deben causar esfuerzos ni deformaciones que excedan los señalados para cada material estructural en su Norma de diseño específica.

En ningún caso las cargas empleadas en el diseño serán menores que los valores mínimos establecidos en esta Norma.

Las cargas mínimas establecidas en esta Norma están dadas en condiciones de servicio.

Esta Norma se complementa con la NTE E-030 Diseño Sísmorresistente y con las Normas propias de diseño de los diversos materiales estructurales.

Artículo 2.- DEFINICIONES

Carga: Fuerza u otras acciones que resulten del peso de los materiales de construcción, ocupantes y sus pertenencias, efectos del medio ambiente, movimientos diferenciales y cambios dimensionales restringidos.

Carga Muerta: Es el peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación, incluyendo su peso propio, que sean permanentes o con una variación en su magnitud, pequeña en el tiempo.

Carga Viva: Es el peso de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos móviles soportados por la edificación.

CAPÍTULO 2 CARGA MUERTA

Artículo 3.- MATERIALES

Se considerará el peso real de los materiales que conforman y los que deberán soportar la edificación, calcula-

dos en base a los pesos unitarios que aparecen en el Anexo 1, pudiéndose emplear pesos unitarios menores cuando se justifiquen debidamente.

El peso real se podrá determinar por medio de análisis o usando los datos indicados en los diseños y catálogos de los fabricantes.

Artículo 4.- DISPOSITIVOS DE SERVICIO Y EQUIPOS

Se considerará el peso de todos los dispositivos de servicio de la edificación, incluyendo las tuberías, ductos, equipos de calefacción y aire acondicionado, instalaciones eléctricas, ascensores, maquinaria para ascensores y otros dispositivos fijos similares. El peso de todo este material se incluirá en la carga muerta.

El peso de los equipos con los que se amueble una zona dada, será considerado como carga viva.

Artículo 5.- TABIQUES

Se considerará el peso de todos los tabiques, usando los pesos reales en las ubicaciones que indican los planos. Cuando exista tabiquería móvil, se aplicará lo indicado en el Artículo 6 (§.3).

CAPÍTULO 3 CARGA VIVA

Artículo 6.- CARGA VIVA DEL PISO

6.1. Carga Viva Mínima Repartida.

Se usará como mínimo los valores que se establecen en la Tabla 1 para los diferentes tipos de ocupación o uso, valores que incluyen un margen para condiciones ordinarias de impacto. Su conformidad se verificará de acuerdo a las disposiciones en Artículo 6 (§.4).

a) Cuando la ocupación o uso de un espacio no sea conforme con ninguno de los que figuran en la Tabla 1, el proyectista determinará la carga viva justificándola ante las autoridades competentes.

b) Las cargas vivas de diseño deberán estar claramente indicadas en los planos del proyecto.



TABLA 1
CARGAS VIVAS MÍNIMAS REPARTIDAS

OCUPACION O USO	CARGA REPARTIDA kPa (kgf/m ²)
Almacenaje	5,0 (500) Ver 6.4
Baños	Igual a la carga principal del resto del área, sin que sea necesario que exceda de 3,0 (300)
Bibliotecas	Ver 6.4
Salas de lectura	3,0 (300)
Salas de almacenaje con estantes fijos (no apilables)	7,5 (750)
Comedores y escaleras	4,0 (400)
Centros de Educación	
Aulas	2,5 (250)
Talleres	3,5 (350) Ver 6.4
Auditorios, gimnasios, etc.	De acuerdo a lugares de asambleas
Laboratorios	3,0 (300) Ver 6.4
Comedores y escaleras	4,0 (400)
Garajes	
Para parqueo exclusivo de vehículos de pasajeros, con altura de entrada menor que 2,40 m	2,5 (250)
Para otros vehículos	Ver 9.3
Hospitales	
Salas de operación, laboratorios y zonas de servicio	3,0 (300)
Cuartos	3,0 (300)
Comedores y escaleras	4,0 (400)
Hoteles	
Cuartos	2,0 (200)
Salas públicas	De acuerdo a lugares de asamblea
Almacenaje y servicios	5,0 (500)
Comedores y escaleras	4,0 (400)
Industria	Ver 6.4
Instituciones Penales	
Celdas y zona de habitación	2,0 (200)
Zonas públicas	De acuerdo a lugares de asamblea
Comedores y escaleras	4,0 (400)
Lugares de Asamblea	
Con asientos fijos	3,0 (300)
Con asientos móviles	4,0 (400)
Salones de baile, restaurantes, museos, gimnasios y vestíbulos de teatros y cines.	4,0 (400)
Gradientes y tribunas	5,0 (500)
Comedores y escaleras	5,0 (500)
Oficinas (*)	
Exceptuando salas de archivo y computación	2,5 (250)
Salas de archivo	5,0 (500)
Salas de computación	2,5 (250) Ver 6.4
Comedores y escaleras	4,0 (400)
Teatros	
Vestidores	3,0 (300)
Cuarto de proyección	3,0 (300) Ver 6.4
Escenario	7,5 (750)
Zonas públicas	De acuerdo a lugares de asamblea
Tiendas	5,0 (500) Ver 6.4
Comedores y escaleras	5,0 (500)
Viviendas	2,0 (200)
Comedores y escaleras	2,0 (200)

(*) Estas cargas no incluyen la posible tabiquería móvil

8.2. Carga Viva Concentrada

a) Los pisos y techos que soporten cualquier tipo de maquinaria u otras cargas vivas concentradas en exceso de 5,0 kN (500 kgf) (incluido el peso de los apoyos o bases), serán diseñados para poder soportar tal peso como una carga concentrada o como grupo de cargas concentradas.

b) Cuando exista una carga viva concentrada, se puede omitir la carga viva repartida en la zona ocupada por la carga concentrada.

8.3. Tabiquería Móvil

El peso de los tabiques móviles se incluirá como carga viva equivalente uniformemente repartida por metro cuadrado, con un mínimo de 0,50 kPa (50 kgf/m²), para divisiones livianas móviles de media altura y de 1,0 kPa (100 kgf/m²) para divisiones livianas móviles de altura completa.

Cuando en el diseño se contemple tabiquerías móviles, deberá colocarse una nota al respecto, tanto en los planos de arquitectura como en los de estructuras.

8.4. Conformidad

Para determinar si la magnitud de la carga viva real es conforme con la carga viva mínima repartida, se hará una aproximación de la carga viva repartida real promediando la carga total que en efecto se aplica sobre una región rectangular representativa de 15 m² que no tenga ningún lado menor que 3,00 m.

Artículo 7.- CARGA VIVA DEL TECHO

Se diseñarán los techos y las marquesinas tomando en cuenta las cargas vivas, las de sismo, viento y otras prescritas a continuación.

7.1. Carga Viva.- Las cargas vivas mínimas serán las siguientes:

a) Para los techos con una inclinación hasta de 3° con respecto a la horizontal, 1,0 kPa (100 kgf/m²).

b) Para techos con inclinación mayor de 3°, con respecto a la horizontal 1,0 kPa (100 kgf/m²) reducida en 0,05 kPa (5 kgf/m²), por cada grado de pendiente por encima de 3°, hasta un mínimo de 0,50 kPa (50 kgf/m²).

c) Para techos curvos, 0,50 kPa (50 kgf/m²).

d) Para techos con coberturas livianas de planchas onduladas o plegadas, calaminas, fibrocemento, material plástico, etc., cualquiera sea su pendiente, 0,30 kPa (30 kgf/m²), excepto cuando en el techo pueda haber acumulación de nieve, en cuyo caso se aplicará lo indicado en el Artículo 11.

e) Cuando se trate de malecones o terrazas, se aplicará la carga viva correspondiente a su uso particular, según se indica en la Tabla 1.

f) Cuando los techos tengan jardines, la carga viva mínima de diseño de las porciones con jardín será de 1,0 kPa (100 kgf/m²). Excepto cuando los jardines puedan ser de uso común ó público, en cuyo caso la carga viva de diseño será de 4,0 kPa (400 kgf/m²).

El peso de los materiales del Jardín será considerado como carga muerta y se hará este cómputo sobre la base de tierra saturada.

Las zonas adyacentes a las porciones con Jardín serán consideradas como áreas de asamblea, a no ser que haya disposiciones específicas permanentes que impidan su uso.

g) Cuando se coloque algún anuncio o equipo en un techo, el diseño tomará en cuenta todas las acciones que dicho anuncio o equipo ocasione.

Artículo 8.- CARGA VIVA PARA ACERAS, PISTAS, BARANDAS, PARAPETOS Y COLUMNAS EN ZONAS DE ESTACIONAMIENTO

8.1. Aceras y Pistas

a) Todas las aceras y pistas o porciones de las mismas que no se apoyen sobre el suelo se diseñarán para una carga viva mínima repartida de 5,0 kPa (500 kgf/m²).

Cuando estén sujetas a la carga de rueda de camiones, intencional o accidental, se diseñarán tales tramos de aceras o pistas para la carga vehicular máxima que se pueda imponer. Ver 9.3.

b) Los registros de inspección, las tapas de registro y las rejillas, serán diseñados para las cargas prescritas en el inciso anterior.

8.2. Barandas y Parapetos

a) Las barandas y parapetos se diseñarán para las fuerzas indicadas en la NTE E.030 Diseño Sísmorresistente, las cargas de viento cuando sean aplicables y las que se indican a continuación.

b) Las barandas y parapetos serán diseñados para resistir la aplicación simultánea o no de las fuerzas indicadas en la Tabla 2, ambas aplicadas en su parte superior, tomándose la combinación más desfavorable.

En ningún caso, la fuerza horizontal y la fuerza vertical total serán menores que 1,0 kN (100 kgf).

TABLA 2

Barandas y Parapetos	Carga Horizontal (kNm (kgf/m))	Carga Vertical (kNm (kgf/m))
Pozo para escaleras, balcones y techos en general	0,60 (60)	0,60 (60)
Viviendas unifamiliares	0,30 (30)	0,30 (30)
Balcones de teatros y lugares de asamblea	0,75 (75)	1,50 (150)

c) Cuando las barandas y parapetos soporten equipos o instalaciones se tomarán en cuenta las cargas adicionales que éstos impongan.

d) Las barandas, parapetos o topes que se usan en zonas de estacionamiento para resistir el impacto de los vehículos de pasajeros en movimiento serán diseñados para soportar una carga horizontal de 5,0 kN (500 kgf) por metro lineal, aplicada por lo menos a 0,60 m encima de la pista; pero en ningún caso la carga total será inferior a 15,0 kN (1500 kgf).

8.3. Columnas en Zonas de Estacionamiento

A no ser que se les proteja de manera especial, las columnas en las zonas de estacionamiento o que estén expuestas a impacto de vehículos de pasajeros en movimiento serán diseñadas para resistir una carga lateral mínima debida al impacto de 15,0 kN (1500 kgf), aplicada por lo menos a 0,60 m encima de la pista.

Artículo 8.- CARGAS VIVAS MÓVILES

8.1. Generalidades

Se considerará que las cargas establecidas en el Artículo 6 (6.1) y Artículo 7 (7.1), incluyen un margen para las condiciones ordinarias de impacto.

8.2. Automóviles

Las zonas que se usen para el tránsito o estacionamiento de automóviles y que estén restringidas a este uso por limitaciones físicas se diseñarán para la carga repartida pertinente a las zonas de estacionamiento de tales vehículos, como se determina en la Tabla 1, aplicada sin impacto.

8.3. Camiones

Las cargas mínimas, su distribución y el diseño de barandas y topes, cumplirán con los requisitos aplicables a puentes cameteros.

8.4. Ferrocarriles

Las cargas mínimas y su distribución cumplirán con los requisitos aplicables a puentes ferrocarrileros.

8.6. Puentes – Grúa

a) Cargas Verticales

La carga vertical será la máxima real sobre rueda cuando la grúa esté izando a capacidad plena. Para tomar en cuenta el impacto, la carga izada se aumentará en 25 % o la carga sobre rueda se aumentará en 15 %, la que produzca mayores condiciones de esfuerzo.

b) Cargas Horizontales

La carga transversal total, debida a la traslación del carro del puente-grúa, será el 20% de la suma de la capacidad de carga y el peso del carro. Esta fuerza se supondrá colocada en la parte superior de los rieles, actuando en ambos sentidos perpendicularmente a la vía de rodadura y debe ser distribuida proporcionalmente a la rigidez lateral de las estructuras que soportan los rieles.

La carga longitudinal debida a la traslación de la grúa será el 10% de la reacción máxima total, sin incluir el impacto, aplicada en la parte superior del riel y actuando en ambos sentidos paralelamente a la vía de rodadura.

8.8. Techos Monorrieles

a) Cargas Verticales

La carga vertical será la suma de la capacidad de carga y el peso del tecele. Para tomar en cuenta el impacto, la carga vertical se aumentará en 10 % para techos manuales y en 25 % para techos eléctricos.

b) Cargas Horizontales

La carga transversal será el 20 % de la suma de la capacidad de carga y el peso del tecele.

8.7. Ascensores, Montacargas y Escaleras Mecánicas

Se aplicarán las cargas reales determinadas mediante análisis o usando los datos indicados en los diseños y especificaciones técnicas del fabricante.

8.8. Motores

Para tomar en cuenta el impacto, las reacciones de las unidades a motor de explosión se aumentarán por lo menos en 50 % y las de unidades a motor eléctrico se aumentarán por lo menos en 25 %. Adicionalmente se deberá considerar las vibraciones que estos puedan producir en las estructuras; para ello se tomarán en cuenta las especificaciones del fabricante.

Artículo 10.- REDUCCIÓN DE CARGA VIVA

Las cargas vivas mínimas repartidas indicadas en la Tabla 1 podrán reducirse para el diseño, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$L_r = L_s \left(0,25 + \frac{4,6}{\sqrt{A_i}} \right)$$

Donde:

L_r = Intensidad de la carga viva reducida.

L_s = Intensidad de la carga viva sin reducir (Tabla 1).

A_i = Área de influencia del elemento estructural en m², que se calculará mediante:

$$A_i = k A_t$$

A_t = Área tributaria del elemento en m².

k = Factor de carga viva sobre el elemento (Ver Tabla 3).

TABLA 3
Factor de Carga Viva sobre el Elemento

ELEMENTO	FACTOR k
Columnas y muros	2
Vigas interiores	2
Vigas de borde	2
Vigas en volado	1
Vigas de borde que soportan volados	1
Tijerales principales que soportan techos livianos	1
Losas macizas o nervadas en dos dirección	1
Losas macizas o nervadas en una dirección	1
Vigas prefabricadas aisladas o no conectadas monolíticamente a otros elementos paralelos	1
Vigas de acero o de madera no conectadas por corte al diafragma de piso	1
Vigas isotópicas	1

Las reducciones en la carga viva estarán sujetas a las siguientes limitaciones:

a) El área de influencia (A_i) deberá ser mayor que 40 m², en caso contrario no se aplicará ninguna reducción.

b) El valor de la carga viva reducida (L_r) no deberá ser menor que 0,5 L_s .

c) Para columnas ó muros que soporten más de un piso deben sumarse las áreas de influencia de los diferentes pisos.



d) No se permitirá reducción alguna de carga viva para el cálculo del esfuerzo de corte (punzonamiento) en el perímetro de las columnas en estructuras de losas sin vigas.

e) En estacionamientos de vehículos de pasajeros no se permitirá reducir la carga viva, salvo para los elementos (columnas, muros) que soporten dos o más pisos, para los cuales la reducción máxima será del 20%.

f) En los lugares de asamblea, bibliotecas, archivos, depósitos y almacenes, industrias, tiendas, teatros, cines y en todos aquellos en los cuales la sobrecarga sea de 5 kPa (500 kgf/m²) o más, no se permitirá reducir la carga viva, salvo para los elementos (columnas, muros) que soporten dos o más pisos para los cuales la reducción máxima será del 20%.

g) El valor de la carga viva reducida (L), para la carga viva de techo especificada en el capítulo 7, no será menor que $0,50 L$.

h) Para losas en una dirección, el área tributaria (A) que se emplee en la determinación de A , no deberá exceder del producto del claro libre por un ancho de 1,5 veces el claro libre.

Artículo 11.- CARGAS DE NIEVE

11.1. GENERALIDADES

La estructura y todos los elementos de techo que estén expuestos a la acción de carga de nieve serán diseñados para resistir las cargas producidas por la posible acumulación de la nieve en el techo. La sobrecarga de nieve en una superficie cubierta es el peso de la nieve que, en las condiciones climatológicas más desfavorables, puede acumularse sobre ella.

En zonas en las cuales exista posibilidad de nevadas importantes, deberá prestarse especial atención en la selección apropiada de las pendientes de los techos.

La carga de nieve debe considerarse como carga viva. No será necesario incluir en el diseño el efecto simultáneo de viento y carga de nieve.

11.2. CARGA BÁSICA DE NIEVE SOBRE EL SUELO (Q_s)

Para determinar este valor, deberá tomarse en cuenta las condiciones geográficas y climáticas de la región donde se ubicará la estructura. La carga básica se establecerá de un análisis estadístico de la información disponible en la zona, para un período medio de retorno de 50 años (probabilidad anual del 2% de ser excedida).

El valor mínimo de la carga básica de nieve sobre el suelo (Q_s) será de 0,40 kPa (40 kgf/m²) que equivalen a 0,40 m de nieve fresca (peso específico de 1 kN/m³ (100 kgf/m³)) ó a 0,20 m de nieve compactada (peso específico de 2 kN/m³ (200 kgf/m³)).

11.3. CARGA DE NIEVE SOBRE LOS TECHOS (Q_t)

a) Para techos a una o dos aguas con inclinaciones menores o iguales a 15° (pendiente \leq 27%) y para techos curvos con una relación fecha/luz \leq 0,1 o ángulo vertical menor o igual a 10° (calculado desde el borde hasta el centro) la carga de diseño (Q_t), sobre la proyección horizontal, será:

$$Q_t = Q_s$$

b) Para techos a una o dos aguas con inclinaciones comprendidas entre 15° y 30° la carga de diseño (Q_t), sobre la proyección horizontal, será:

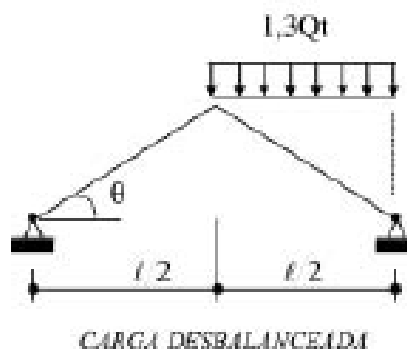
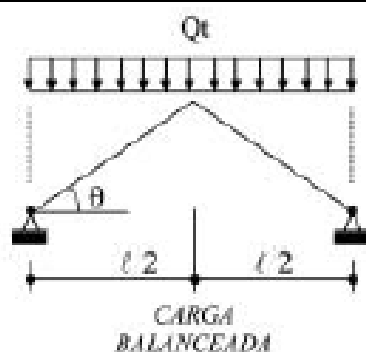
$$Q_t = 0,80 Q_s$$

c) Para techos a una o dos aguas con inclinaciones mayores que 30° la carga de diseño (Q_t), sobre la proyección horizontal, será:

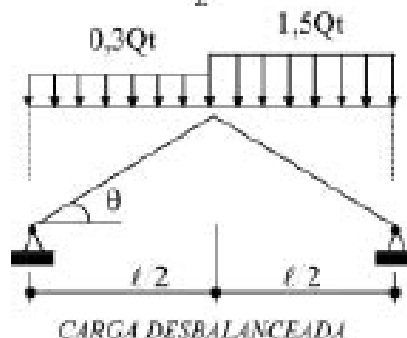
$$Q_t = C_s (0,80 Q_s) \text{ donde } C_s = 1 - 0,025(\theta - 30^\circ),$$

siendo C_s un factor adimensional.

d) Para los techos a dos aguas con inclinaciones mayores que 15° deberán investigarse los esfuerzos internos para las condiciones de carga balanceada y desbalanceada como se indica a continuación:

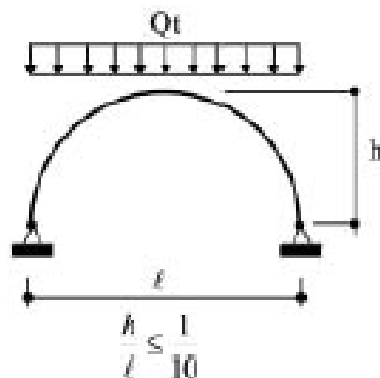


$$\frac{l}{2} \leq 6m$$

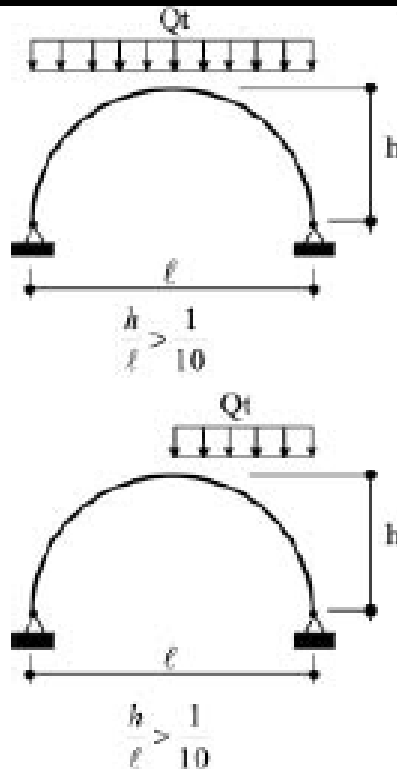


$$\frac{l}{2} > 6m$$

e) Para los techos curvos, dependiendo de la relación h/l , deberán investigarse los esfuerzos internos para las condiciones de cargas balanceada y desbalanceada, que se indica a continuación:



$$\frac{h}{l} \leq \frac{1}{10}$$



Artículo 12.- CARGAS DEBIDAS AL VIENTO

12.1. GENERALIDADES

La estructura, los elementos de cierre y los componentes exteriores de todas las edificaciones expuestas a la acción del viento, serán diseñados para resistir las cargas (presiones y succiones) exteriores e interiores debidas al viento, suponiendo que éste actúa en dos direcciones horizontales perpendiculares entre sí. En la estructura la ocurrencia de presiones y succiones exteriores serán consideradas simultáneamente.

12.2. CLASIFICACIÓN DE LAS EDIFICACIONES

Tipo 1. Edificaciones poco sensibles a las ráfagas y a los efectos dinámicos del viento, tales como edificios de poca altura o esbeltez y edificaciones cerradas con cobertura capaz de soportar las cargas sin variar su geometría. Para este tipo de edificaciones se aplicará lo dispuesto en los Artículos 12 (12.3) y 12 (12.4).

Tipo 2. Edificaciones cuya esbeltez las hace sensibles a las ráfagas, tales como tanques elevados y anuncios y en general estructuras con una dimensión corta en la dirección del viento. Para este tipo de edificaciones la carga exterior especificada en el Artículo 12 (12.4) se multiplicará por 1,2.

Tipo 3. Edificaciones que representan problemas aerodinámicos especiales tales como domos, arcos, antenas, chimeneas esbeltas y cubiertas colgantes. Para este tipo de edificaciones las presiones de diseño se determinarán a partir de procedimientos de análisis reconocidos en Ingeniería, pero no serán menores que las especificadas para el Tipo 1.

12.3. VELOCIDAD DE DISEÑO

La velocidad de diseño del viento hasta 10 m de altura será la velocidad máxima adecuada a la zona de ubicación de la edificación (Ver Anexo 2) pero no menos de 75 Km/h. La velocidad de diseño del viento en cada altura de la edificación se obtendrá de la siguiente expresión.

$$V_h = V(1/10)^{0,22}$$

donde:

- V_h : velocidad de diseño en la altura h en Km/h
- V : velocidad de diseño hasta 10 m de altura en Km/h
- h : altura sobre el terreno en metros

12.4. CARGA EXTERIOR DE VIENTO

La carga exterior (presión o succión) ejercida por el viento se supondrá estática y perpendicular a la superficie sobre la cual actúa. Se calculará mediante la expresión:

$$P_s = 0,005 C V_h^2$$

donde:

- P_s : presión o succión del viento a una altura h en Kg/m²
- C : factor de forma adimensional indicado en la Tabla 4
- V_h : velocidad de diseño a la altura h , en Km/h, definida en el Artículo 12 (12.3)

**TABLA 4
FACTORES DE FORMA (C) ***

CONSTRUCCIÓN	BARLOVENTO	SOTAVIENTO
Superficies verticales de edificios	+0,8	-0,5
Anuncios, muros alados, elementos con una dimensión corta en la dirección del viento	+1,5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0,7	
Tanques de agua, chimeneas, y otros de sección cuadrada o rectangular	+2,0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda 45°	±0,8	-0,5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0,3-0,7	-0,5
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0,7-0,3	-0,5
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0,8	-0,5
Superficies verticales ó inclinadas (planas ó curvas) paralelas a la dirección del viento	-0,7	-0,7

* El signo positivo indica presión y el negativo succión.

12.5. CARGA INTERIOR DE VIENTO

Para el diseño de los elementos de cierre, incluyendo sus fijaciones y anclajes, que limitan en cualquier dirección el nivel que se analiza, tales como paneles de vidrio, coberturas, alféizares y elementos de cerramiento, se adicionará a las cargas exteriores calculadas según el Artículo 12 (12.4), las cargas interiores (presiones y succiones) calculadas con los factores de forma para presión interior de la Tabla 5

**TABLA 5
FACTORES DE FORMA PARA DETERMINAR CARGAS ADICIONALES EN ELEMENTOS DE CIERRE (C)**

ABERTURAS		
Uniforme en lados a barlovento y sotavento	Principales en lado a barlovento	Principales en lado a sotavento o en los costados
±0,3	+0,8	-0,6

**CAPITULO 4
OTRAS CARGAS**

Artículo 13.- PRESIONES DE TIERRA

13.1. Todo muro de contención será diseñado para resistir, en adición a las cargas verticales que actúan sobre él, la presión lateral del suelo y sobrecargas, más la presión hidrostática correspondiente al máximo nivel freático probable.

13.2. Se considerarán las subpresiones causadas por la presión hidrostática

13.3. Para el cálculo de la magnitud y ubicación de las presiones laterales del suelo se podrá emplear cualquiera de los métodos aceptados en la Mecánica de Suelos.

13.4. Cuando la presión lateral del suelo se oponga a la acción estructural de otras fuerzas (ej. sistemas enterrados), no se tomará en cuenta en esta combinación de cargas, pero sí se debe considerar su acción en el diseño.

Artículo 14.- CARGAS DE CONSTRUCCIÓN

Previo al inicio de obra el profesional responsable de lo misma, evaluará las cargas reales que puedan producirse durante el proceso constructivo y verificará que no exceda de las cargas vivas de uso, indicadas en los documentos del proyecto.

Si las cargas reales en el proceso constructivo excedieran de las cargas vivas de uso, deberá consultar con el proyectista.

Artículo 16.- FUERZAS TÉRMICAS

El diseño de edificaciones tomará en cuenta las fuerzas y los movimientos que resulten de un cambio mínimo de temperatura de 20° C para construcciones de concreto y/o albañilería y de 30°C para construcciones de metal.

Artículo 18.- CONTRACCIÓN

En el diseño de estructuras de concreto armado, cuando se prevea que la contracción pueda originar esfuerzos importantes, se tomará en consideración las fuerzas y movimientos resultantes de la contracción del concreto en un cantidad 0,00025 veces la distancia entre juntas.

**CAPÍTULO 6
DISTRIBUCIÓN Y COMBINACIÓN DE CARGAS****Artículo 17.- DISTRIBUCIÓN DE LAS CARGAS VERTICALES**

La distribución de las cargas verticales a los elementos de soporte se establecerá sobre la base de un método reconocido de análisis o de acuerdo a sus áreas tributarias.

Se tendrá en cuenta el desplazamiento instantáneo y el diferido de los soportes cuando ellos sean significativos.

Artículo 18.- DISTRIBUCIÓN DE CARGAS HORIZONTALES EN COLUMNAS, PÓRTICOS Y MUROS

18.1. Se supondrá que las cargas horizontales sobre la estructura son distribuidas a columnas, pórticos y muros por los sistemas de pisos y techo que actúan como diafragmas horizontales. La proporción de la carga horizontal total que resistirá cualquier columna, pórtico ó muro se determinará sobre la base de su rigidez relativa, considerando la excentricidad natural y accidental de la carga aplicada.

18.2. Cuando la existencia de aberturas, la excesiva relación largo/ancho en las losas de piso ó techo o la flexibilidad del sistema de piso ó techo no permitan su comportamiento como diafragma rígido, la rigidez de cada columna y muro estructural tomará en cuenta las deflexiones adicionales de piso mediante algún método reconocido de análisis.

Artículo 19.- COMBINACIÓN DE CARGAS PARA DISEÑOS POR ESFUERZOS ADMISIBLES

Excepto en los casos indicados en las normas propias de los diversos materiales estructurales, todas las cargas consideradas en la presente Norma se considerará que actúan en las siguientes combinaciones, la que produzca los efectos más desfavorables en el elemento estructural considerando, con las reducciones, cuando sean aplicables, indicadas en el Artículo 10.

- (1) D
- (2) D + L
- (3) D + (W ó 0,70 E)
- (4) D + T
- (5) $\alpha [D + L + (W \text{ ó } 0,70 E)]$
- (6) $\alpha [D + L + T]$
- (7) $\alpha [D + (W \text{ ó } 0,70 E) + T]$
- (8) $\alpha [D + L + (W \text{ ó } 0,70 E) + T]$

Donde:

D = Carga muerta, según Capítulo 2

L = Carga viva, Capítulo 3

W = Carga de viento, según Artículo 12

E = Carga de sismo, según NTE E.030 Diseño Sísmo-resistente

T = Acciones por cambios de temperatura, contracciones y/o deformaciones diferidas en los materiales componentes, asentamientos de apoyos o combinaciones de ellos.

α = Factor que tendrá un valor mínimo de 0,75 para las combinaciones (5), (6) y (7); y de 0,67 para la combinación (8). En estos casos no se permitirá un aumento de los esfuerzos admisibles.

**CAPÍTULO 8
ESTABILIDAD****Artículo 20.- GENERALIDADES**

20.1. La estabilidad requerida será suministrada sólo por las cargas muertas más la acción de los anclajes permanentes que se provean.

20.2. El peso de la tierra sobre las zapatas o cimentaciones, calculado con el peso unitario mínimo de la tierra, puede ser considerado como parte de las cargas muertas.

Artículo 21.- VOLTEO

La edificación o cualquiera de sus partes, será diseñada para proveer un coeficiente de seguridad mínimo de 1,5 contra la falla por volteo.

Artículo 22.- DESLIZAMIENTO

22.1. La edificación o cualquiera de sus partes será diseñada para proveer un coeficiente de seguridad mínimo de 1,25 contra la falla por deslizamiento.

22.2. Los coeficientes de fricción serán establecidos por el proyectista a partir de valores usuales empleados en Ingeniería.

**CAPÍTULO 7
RIGIDEZ****Artículo 23.- MÉTODO DE CÁLCULO**

El cálculo de las deformaciones de la estructura o de sus componentes será efectuado por métodos aceptados en Ingeniería.

Artículo 24.- DESPLAZAMIENTOS LATERALES

En edificaciones el máximo desplazamiento relativo entre pisos, causado por las fuerzas de viento, será del 1% de la altura del piso.

En el caso de fuerzas de sismo el máximo desplazamiento será el indicado en los numerales pertinentes de la NTE E.030 Diseño Sísmo-resistente.

Artículo 26.- FLECHAS

26.1. Excepto en los casos expresamente cubiertos en las Normas propias de los diversos materiales estructurales, la flecha de cualquier elemento estructural no excederá los valores indicados en la Tabla 6, excepto cuando soporte paneles de vidrio en cuyo caso se aplicará lo indicado en el Artículo 25 (26.2).

**TABLA 6
FLECHAS MÁXIMAS PARA ELEMENTOS
ESTRUCTURALES**

TIPO DE ELEMENTO	FLECHA PRODUCIDA POR LA CARGA VIVA	FLECHA PRODUCIDA POR LA CARGA VIVA MÁS LAS FLECHAS DIFERIDAS
Pisos	L/360	L/240*
Techos	L/180	-
<p>L = Luz del elemento. Para volados se tomará como L, el doble de la longitud del elemento. Flecha diferida: Se establece en función de cada material de acuerdo a su Norma respectiva. La flecha diferida se calculará para las cargas permanentes más la fracción de sobrecarga que actúa permanentemente.</p>		
* No aplicable a estructuras metálicas.		

26.2. Excepto en los casos expresamente cubiertos en las Normas propias de los diversos materiales estructurales, la flecha para carga viva más la parte correspondiente a las flechas diferidas, de elementos estructurales que soportan paneles de vidrio no excederá en ningún caso 20 mm.

Artículo 28.- ACUMULACIÓN DE AGUA

Todos los techos tendrán suficiente pendiente o contra-fecha para asegurar el drenaje adecuado del agua, después de que ocurran las deformaciones diferidas. Alternativamente serán diseñados para soportar adicionalmente la posible acumulación de agua debida a la deflexión.

El límite de deflexión para techos indicados en la Tabla 6, no garantiza que no se produzca acumulación de agua debida a la deflexión.

**ANEXO 1
PESOS UNITARIOS**

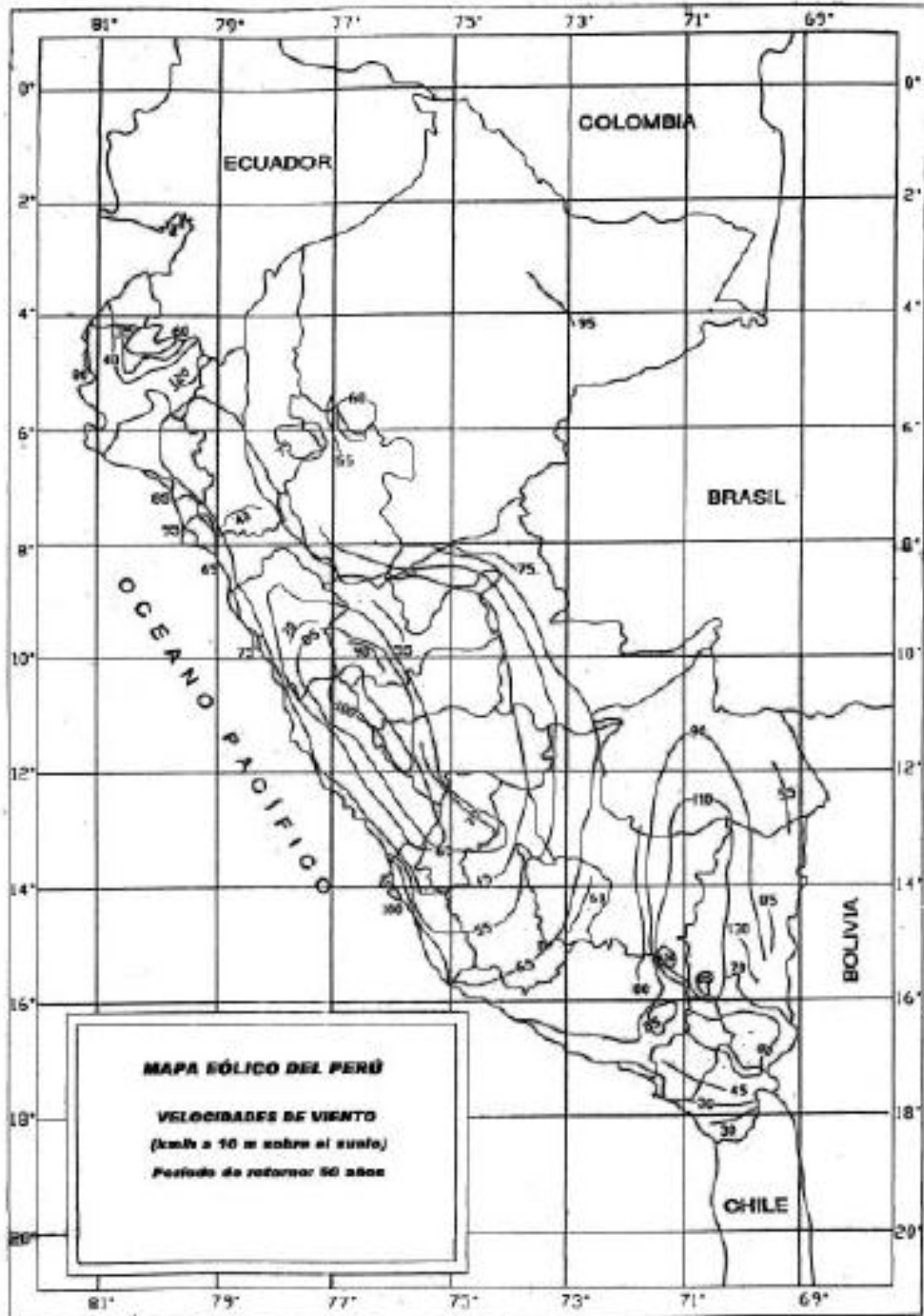
MATERIALES	PESOKN/m ² (Kg/m ²)
Aislamientos de:	
Corcho	2,0 (200)
Fibra de vidrio	3,0 (300)
Fibrocemento	6,0 (600)
Poluretano y poliestireno	2,0 (200)
Albañilería de:	
Adobe	16,0 (1600)
Unidades de arcilla cocida sólidas	16,0 (1600)
Unidades de arcilla cocida huecas	13,5 (1350)
Concreto Simple de:	
Casote de ladrillo	18,0 (1800)
Grava	23,0 (2300)
Pómez	16,0 (1600)
Concreto Armado	Añadir 1,0 (100) al peso del concreto simple.
Enlucido o Revoque de:	
Montero de cemento	20,0 (2000)
Montero de cal y cemento	18,5 (1850)
Montero de cal	17,0 (1700)
Yeso	10,0 (1000)
Líquidos:	
Aceites	9,3 (930)
Acido Murfático	12,0 (1200)
Acido Nítrico	15,0 (1500)
Acido Sulfúrico	18,0 (1800)
Agua dulce	10,0 (1000)
Agua de mar	10,3 (1030)
Alcohol	8,0 (800)
Gasolina	6,7 (670)
Kerosene	8,7 (870)
Petróleo	8,7 (870)
Soda Caustica	17,0 (1700)
Maderas:	
Coníferas	7,5 (750)
Grupo A*	11,0 (1100)
Grupo B*	10,0 (1000)
Grupo C*	9,0 (900)
* NTE E. 101 Agrupamiento de Madera para Uso Estructural	
Mampostería de:	
Bloques de Vidrio	10,0 (1000)
Caliza	24,0 (2400)
Granito	26,0 (2600)
Mármol	27,0 (2700)
Pómez	12,0 (1200)
Materiales almacenados:	
Azúcar	7,5 (750)
Basuras Domésticas	6,6 (660)
Briquetas de carbón de piedra	17,5 (1750)
Carbón de piedra	15,5 (1550)
Cebada	6,5 (650)
Cemento	14,5 (1450)
Coque	12,0 (1200)
Frutas	6,5 (650)

MATERIALES	PESOKN/m ² (Kg/m ²)	
Hornos	7,0 (700)	
Hielo	9,2 (920)	
Leña	6,0 (600)	
Lignito	12,5 (1250)	
Papas	7,0 (700)	
Papel	10,0 (1000)	
Pastos secos	4,0 (400)	
Sal	10,0 (1000)	
Trigo, frijoles, palares, amoz	7,5 (750)	
Turba	6,0 (600)	
Materiales amontonados:		
Arena húmeda	16,0 (1600)	
Caliza molida	16,0 (1600)	
Carburo	9,0 (900)	
Coque	5,2 (520)	
Escorias de altos hornos	15,0 (1500)	
Escorias de carbón	10,0 (1000)	
Grava y arena secas	16,0 (1600)	
Nieve fresca	1,0 (100)	
Piedra pómez	7,0 (700)	
Tierra seca	16,0 (1600)	
Tierra saturada	18,0 (1800)	
Metales:		
Acero	78,5 (7850)	
Aluminio	27,5 (2750)	
Bronce	88,0 (8800)	
Cobre	89,0 (8900)	
Estado	74,0 (7400)	
Fundición	72,5 (7250)	
Hierro dulce	78,0 (7800)	
Latón	86,0 (8600)	
Mercurio	136,0 (13600)	
Níquel	90,0 (9000)	
Plomo	114,0 (11400)	
Zinc	69,0 (6900)	
Otros:		
Acrílicos	12,0 (1200)	
Cartón bituminado	6,0 (600)	
Concreto asfáltico	24,0 (2400)	
Ladrillo pastelero	16,0 (1600)	
Losetas	24,0 (2400)	
Teja artesanal	16,0 (1600)	
Teja industrial	16,0 (1600)	
Vitrific	25,0 (2500)	
Losas aligeradas armadas en una sola dirección de Concreto Armado		
Con viga de 0,10 m de ancho y 0,40 m entre ejes.		
Espesor del aligerado (m)	Espesor de losa superior en metros	Peso propio kPa (kg/m ²)
0,17	0,05	2,8 (280)
0,20	0,05	3,0 (300)
0,25	0,05	3,5 (350)
0,30	0,05	4,2 (420)

**ANEXO 2
MAPA EÓLICO DEL PERÚ**

Este mapa sirve de guía, para establecer las velocidades básicas del viento en la zona donde se ubica la estructura; sin embargo, se debe tener en cuenta la variabilidad debida a las condiciones locales (topográficas, climáticas).

Si hubiera mediciones confiables en la zona en cuestión, podrá adoptarse la velocidad proveniente del estudio.



4. Materiales

4.1 Madera maciza

1. Dentro de la madera maciza se incluye la madera aserrada y la madera de rollizo.
2. La madera aserrada, para su uso en estructuras, estará clasificada quedando asignada a una clase resistente (ver procedimiento de asignación en el Anejo C).
3. Las clases resistentes son:
 - a. para coníferas y chopo: C14, C16, C18, C20, C22, C24, C27, C30, C35, C40, C45 y C50;
 - b. para frondosas: D30, D35, D40, D50, D60 y D70.

En las cuales los números indican el valor de la resistencia característica a flexión, $f_{m,k}$, expresada en N/mm².

4. En el anejo E figuran los valores de las propiedades de resistencia, rigidez y densidad asociados a cada clase resistente de madera laminada aserrada.

C.2 Asignación de clase resistente a partir de la Calidad de la especie arbórea.

- 1 En la tabla C.1 se establece para la madera aserrada, con carácter informativo y no exhaustivo, la asignación de clase resistente, en función de la calidad según la norma de clasificación la especie arbórea y la procedencia consideradas (véase apartado C.3)

Tabla C.1. Asignación de clase resistente para diferentes especies arbóreas y procedencias según normas de clasificación.

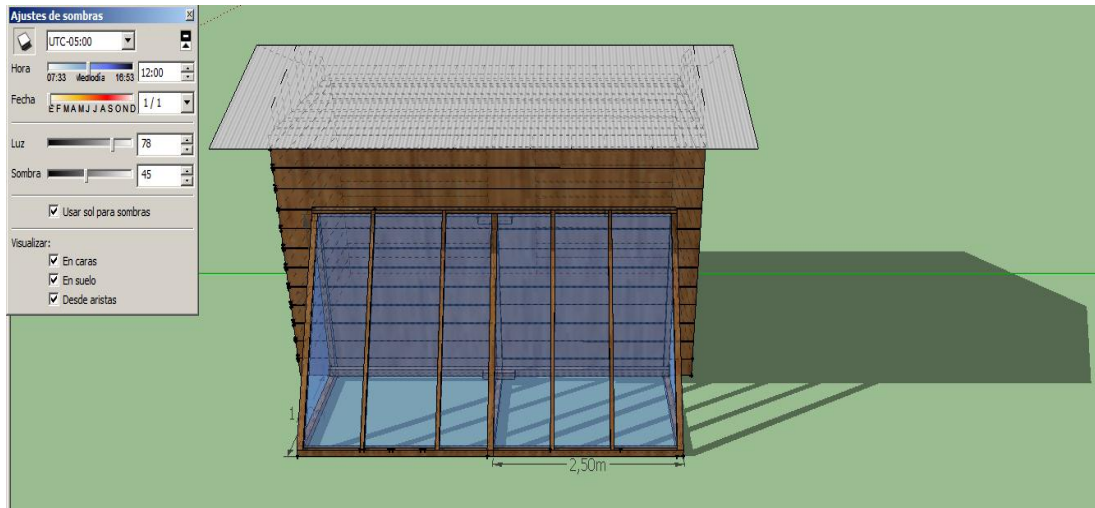
Norma	Especie (Procedencia)	Clase resistente									
		C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	D35	D40
UNE 56.544	Pino silvestre (España)	-	-	ME-2	-	-	ME-1	-	-	-	-
	Pino pinaster (España)	-	-	ME-2	-	ME-1	-	-	-	-	-
	Pino insignis (España)	-	-	ME-2	-	ME-1	-	-	-	-	-
	Pino laricio (España)	-	-	ME-2	-	-	-	ME-1	-	-	-
NF B 52.001-4	Abeto (Francia)	-	-	-	ST-III	ST-II	-	ST-I	-	-	-
	Falso abeto (Francia)	-	-	-	ST-III	ST-II	-	ST-I	-	-	-
	Pino oregón (Francia)	-	-	-	ST-III	ST-II	-	-	-	-	-
	Pino pinaster (Francia)	-	-	ST-III	-	ST-II	-	-	-	-	-
DIN 4074	Abeto (Europa: Central, N y E)	-	S7	-	-	S10	-	S13	-	-	-
	Falso abeto (Europa: Central, N y E)	-	S7	-	-	S10	-	S13	-	-	-
	Pino silvestre (Europa: Central, N y E)	-	S7	-	-	S10	-	S13	-	-	-
INSTA 142	Abeto (Europa: N y NE)	T0	-	T1	-	T2	-	T3	-	-	-
	Falso abeto (Europa: N y NE)	T0	-	T1	-	T2	-	T3	-	-	-
	Pino silvestre (Europa: N y NE)	T0	-	T1	-	T2	-	T3	-	-	-
BS 4978	Abeto (Reino Unido)	-	GS	-	-	SS	-	-	-	-	-
	Pino silvestre (Reino Unido).	-	GS	-	-	SS	-	-	-	-	-
BS 5756	Iroko (Africa)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	HS
	Jarrah (Australia)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	HS
	Teca (Africa y Asia SE)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	HS

Nota: La norma UNE EN 14081-4 establece para las distintas especies maderables europeas, las cuales son las asignaciones de clases resistentes aplicables a las maderas clasificadas mecánicamente mediante el uso de máquinas tipo Cook-Bolinder y Computermatic.

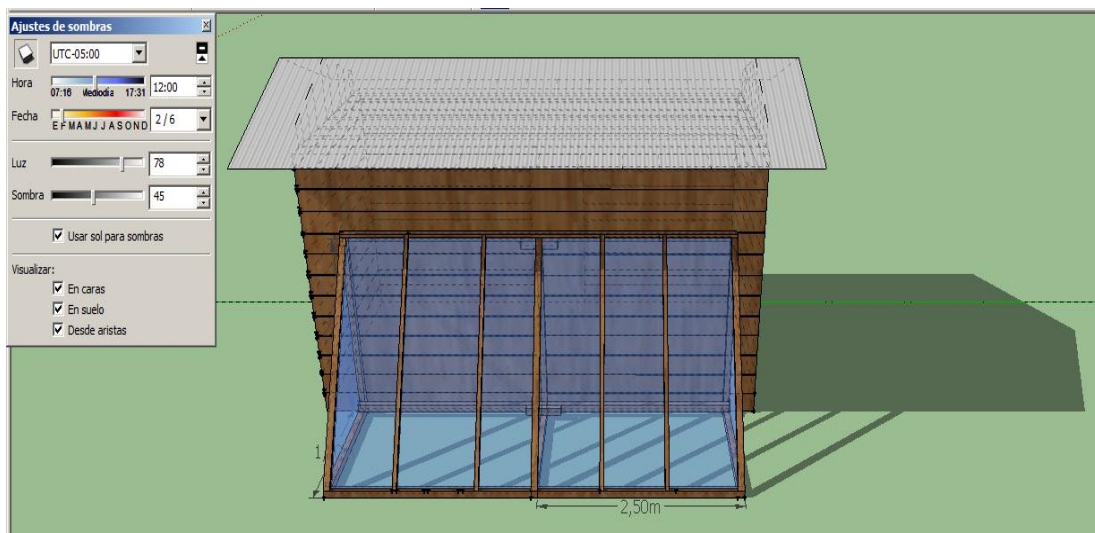
ANEXO V:

Sombreamientos en cada mes del año para comprobar que en casi todos los meses nuestro muro recibirá la radiación correcta.

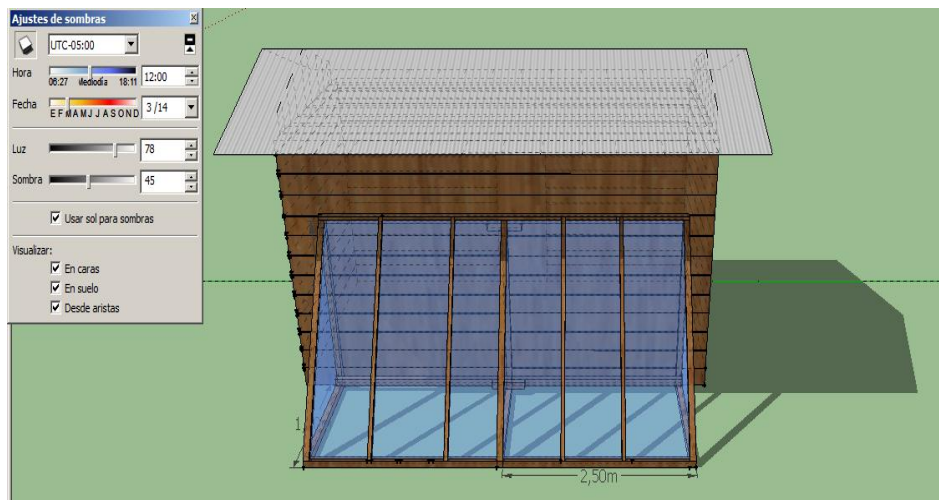
ENERO



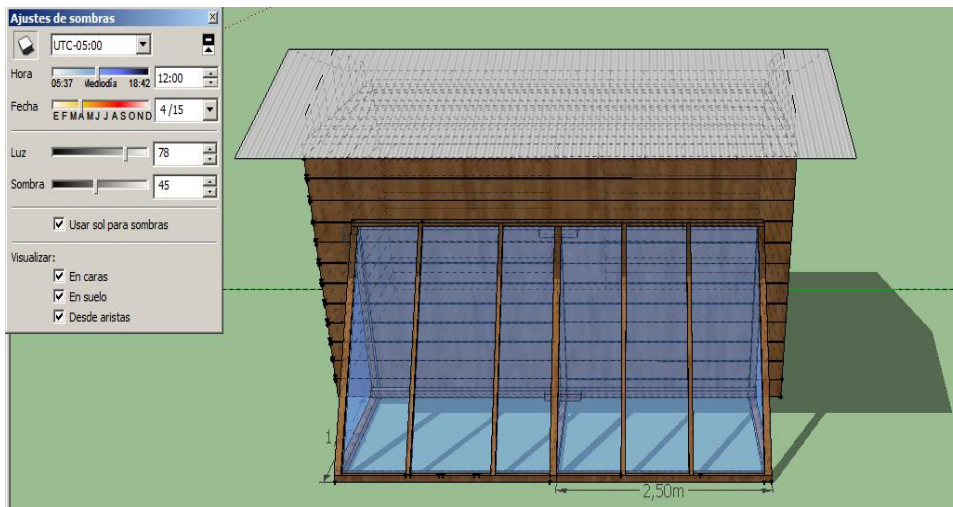
FEBRERO



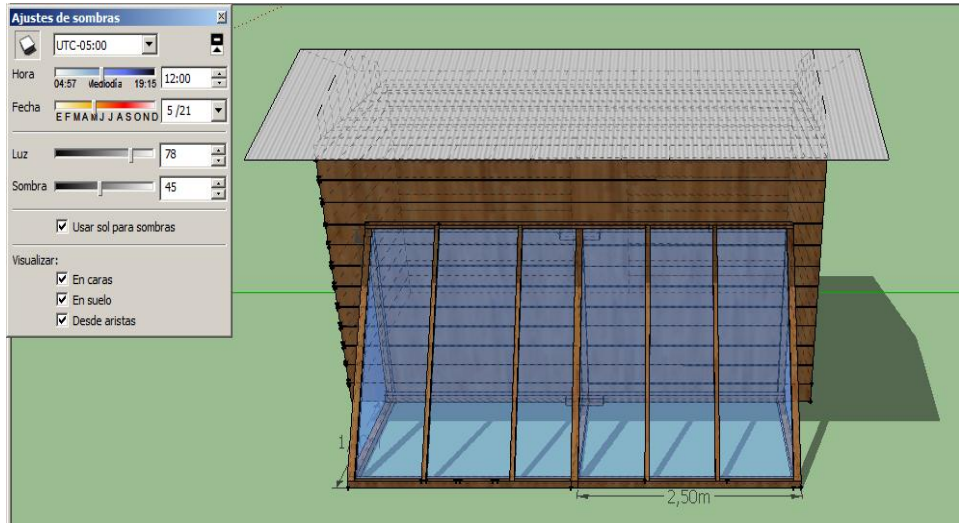
MARZO



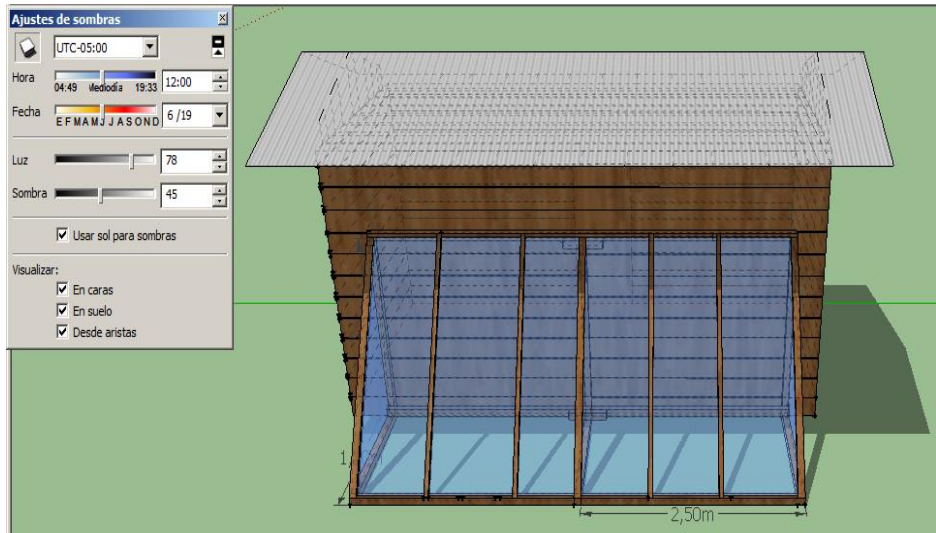
ABRIL



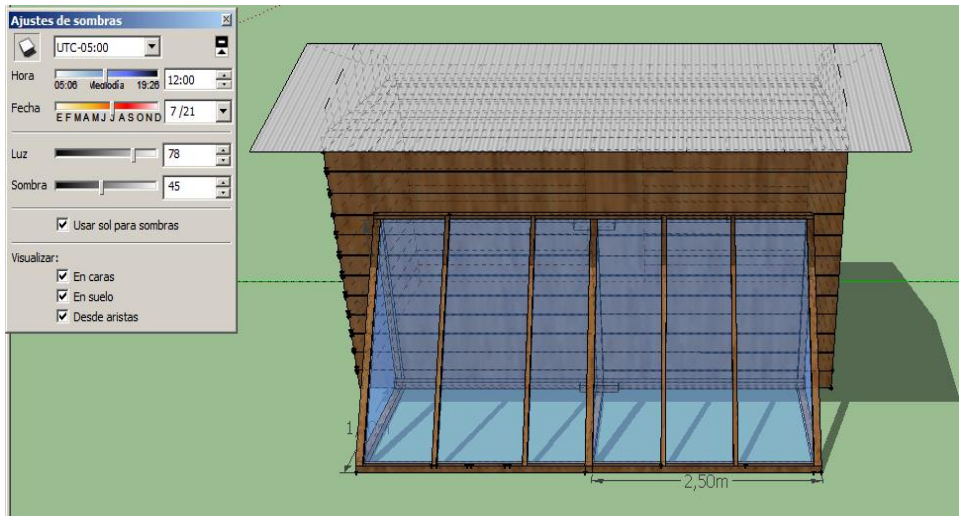
MAYO



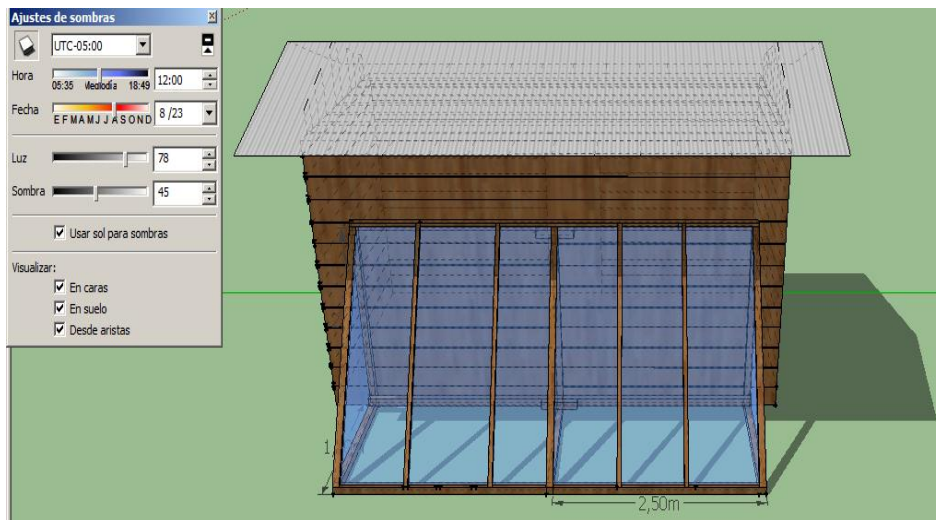
JUNIO



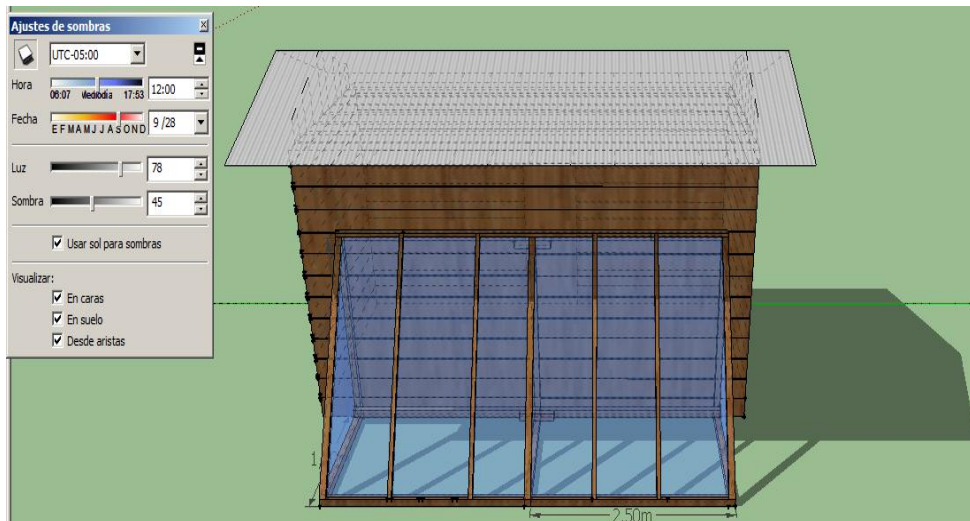
JULIO



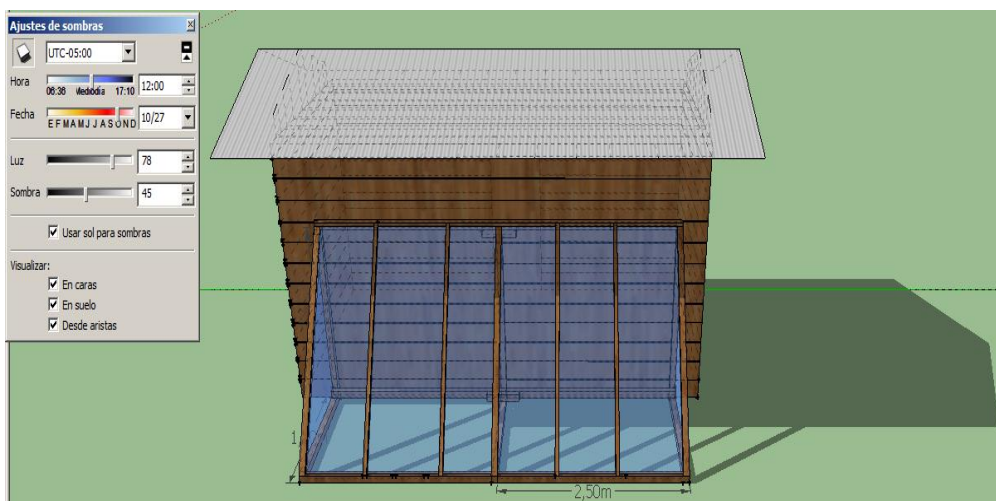
AGOSTO



SEPTIEMBRE



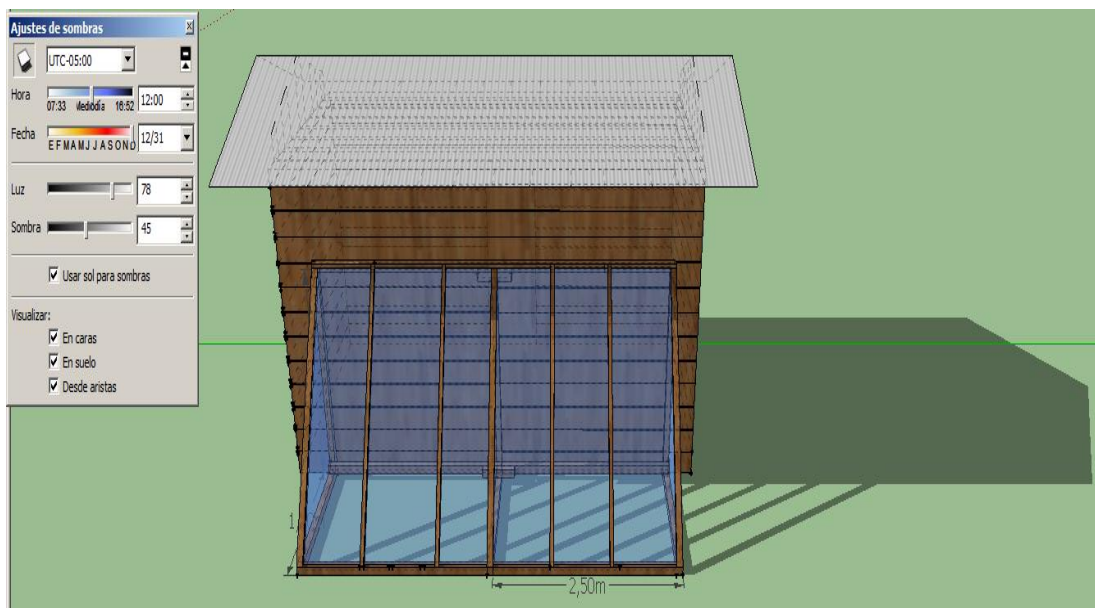
OCTUBRE



NOVIEMBRE



DICIEMBRE



ANEXO VI

ASIGNACIÓN DE MATERIALES:

Autodesk Ecotect - Elements in Current Model

Model Library

- Cameras
- Ceilings
- Doors
- Floors
- Lights
- Lines
- Panels
- Partitions
- Points
- Roofs
 - ClayTiledRoof
 - ClayTiledRoof_Ref_Foil_Gypr
 - ConcreteRoof_Aspphalt
 - CorrugatedMetalRoof
 - CorrugatedMetalRoof1
 - MetalDeck
 - MetalDeck_Insulated
 - Plaster_Foil_HeatRetention_C

Properties

CorrugatedMetalRoof

[No Description]

Building Element: ROOF

Values given per: Unit Area (m²)

Cost per Unit:	64.3
Greenhouse Gas Emmission (kg):	0
Initial Embodied Energy (Wh):	0
Annual Maintenance Energy (Wh):	0
Annual Maintenance Costs:	0
Expected Life (yrs):	0
External Reference 1:	0
External Reference 2:	0
LCAd Reference:	0

U-Value (W/m2.K):	7.140
Admittance (W/m2.K):	7.100
Solar Absorption (0-1):	1
Visible Transmittance (0-1):	0
Thermal Decrement (0-1):	1
Thermal Lag (hrs):	0
[SBEM] CM 1:	0
[SBEM] CM 2:	0
Thickness (mm):	0.3
Weight (kg):	0.000

	Internal	External
Colour (Reflect.):	(R:0.851)	(R:0.824)
Emissivity:	0.84	0.89
Specularity:	0	0
Roughness:	0	0

Selection Information

Objects

BASIC DATA

OBJECT No. 14

Element: Roof

Pri Material: Corrugate

Alt Material: CorrugatedM

Zone: CALAMINA

GEOMETRY

Links: None

Surface Area: 22.750 m²

Exposed Area: 22.750 m²

Nodes: 5

EXTRUSION VECTOR

X Axis: 0.0

Y Axis: 0.0

Z Axis: 0.0

ATTRIBUTES

Attribute 1: 37.7611

Attribute 2: 0

Attribute 3: 37.7611

ACTIVATION

Time On: 0:00

Time Off: 24:00

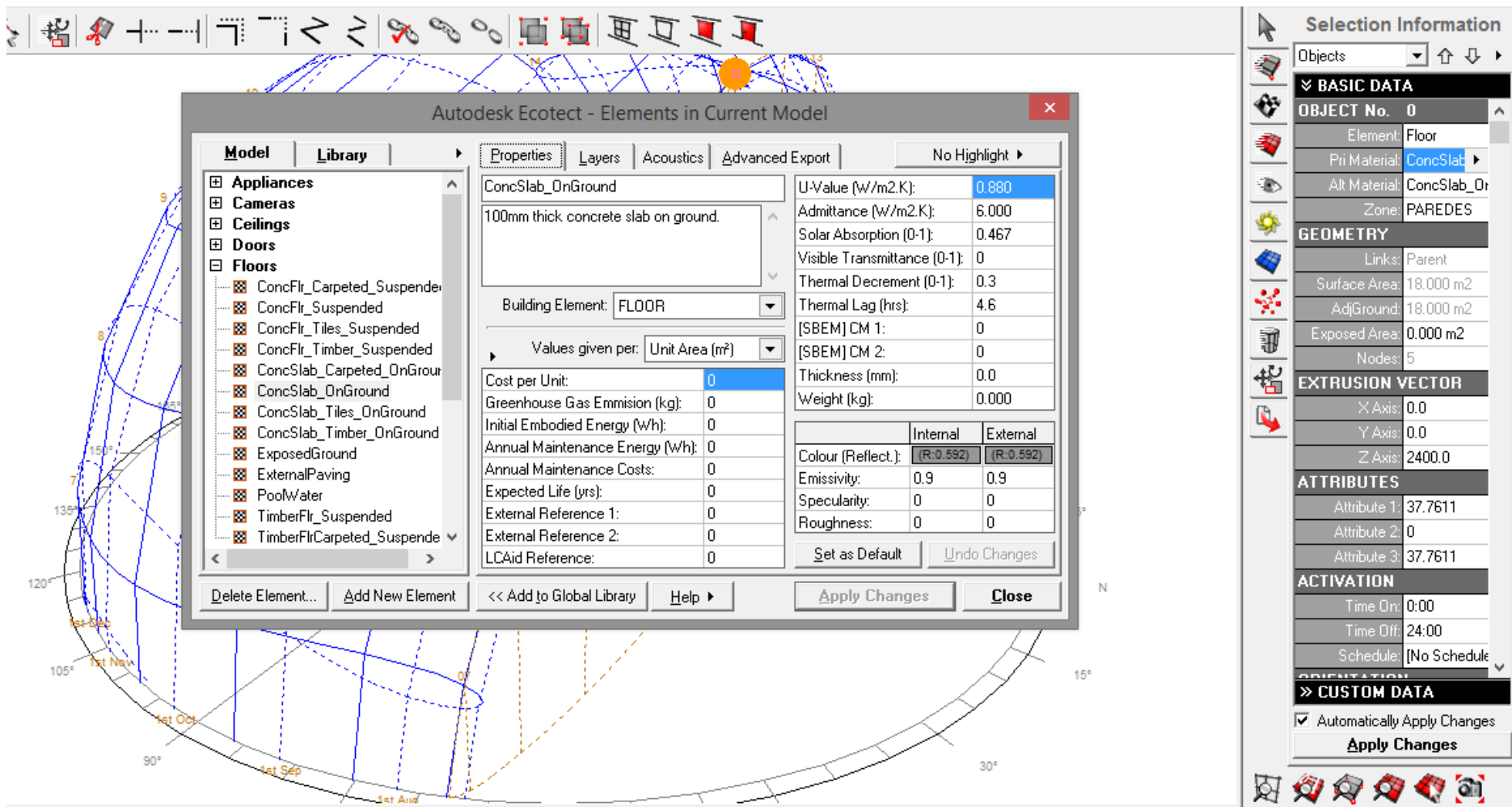
Schedule: [No Schedule]

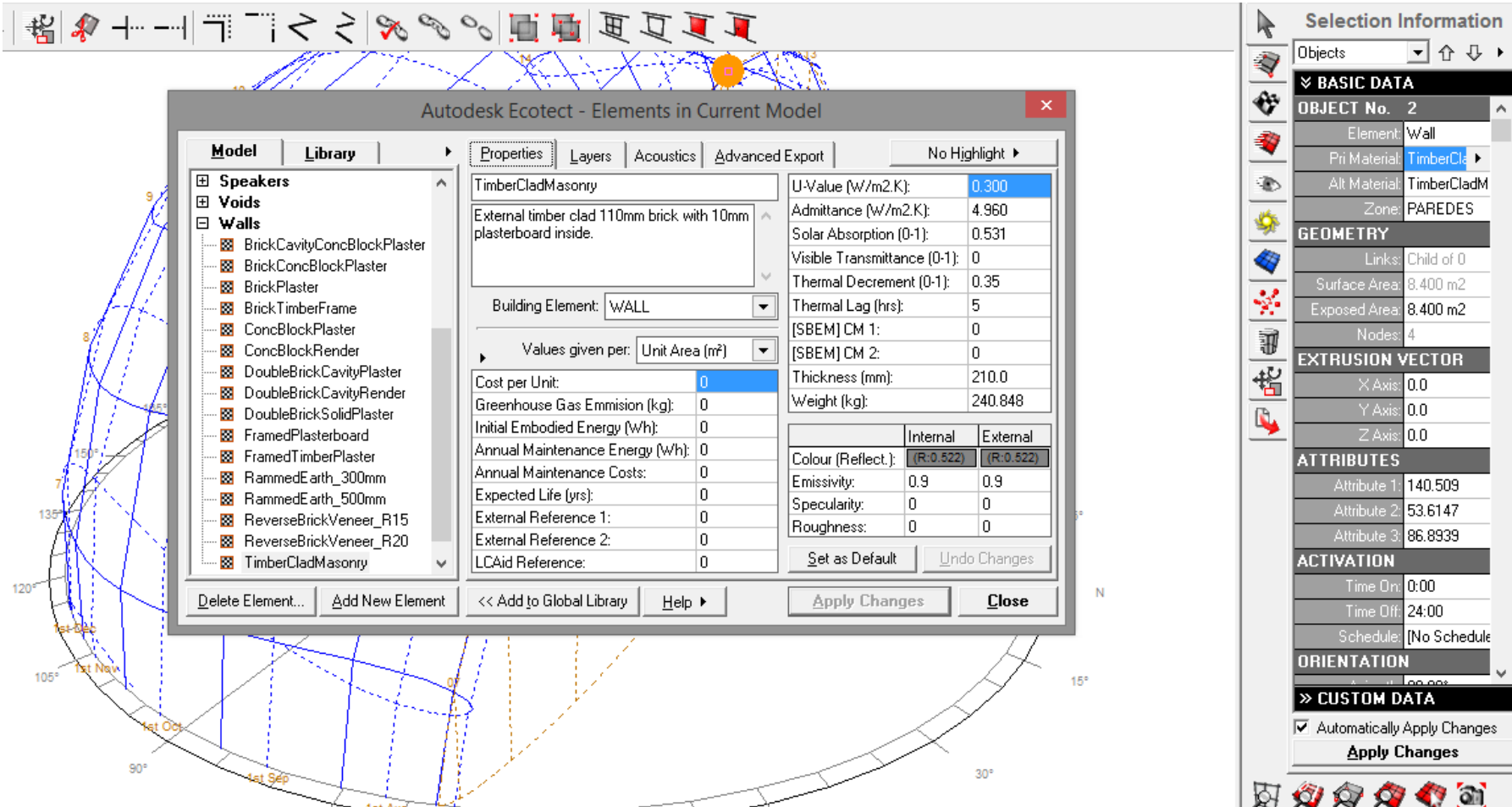
ORIENTATION

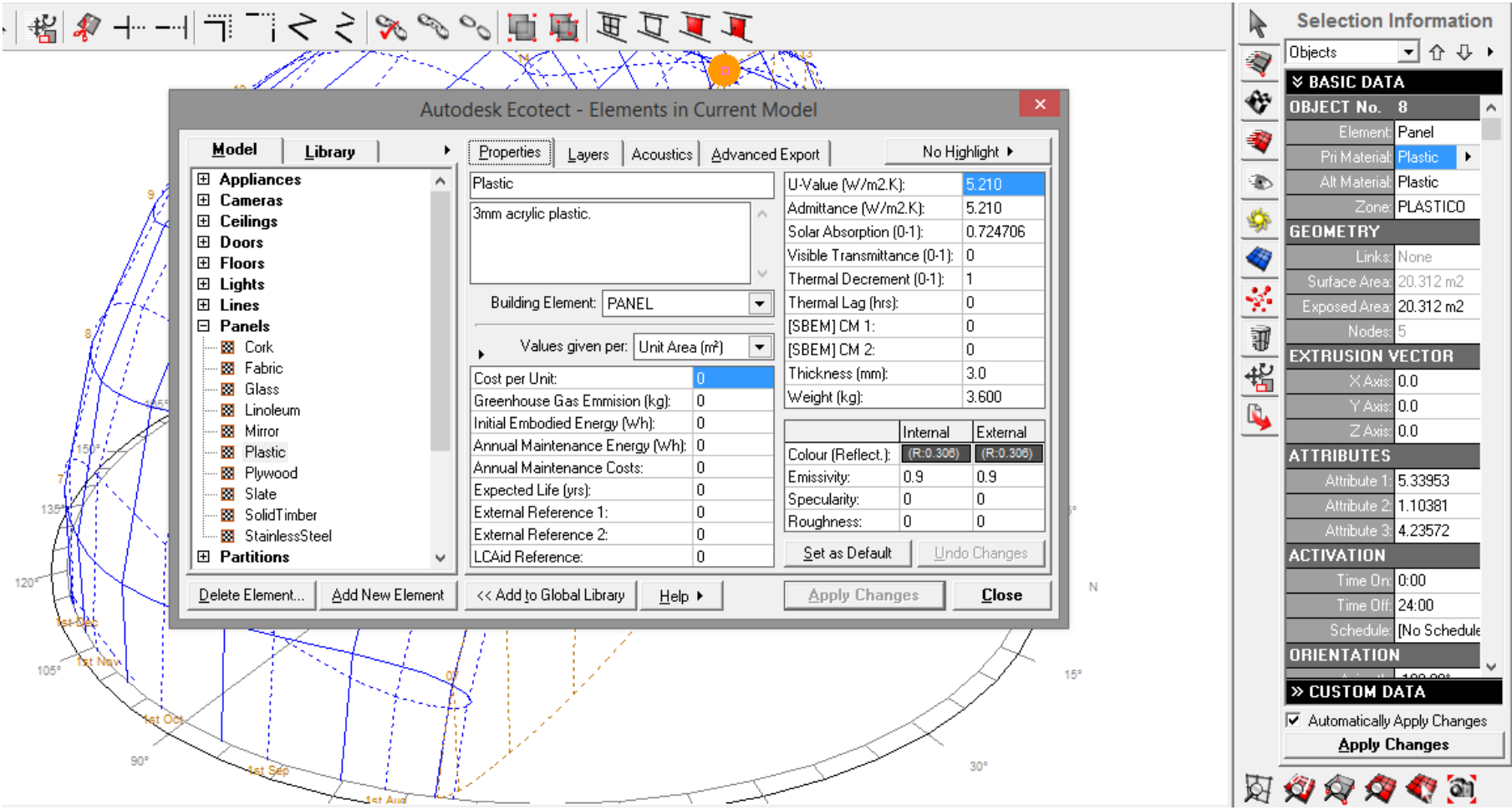
CUSTOM DATA

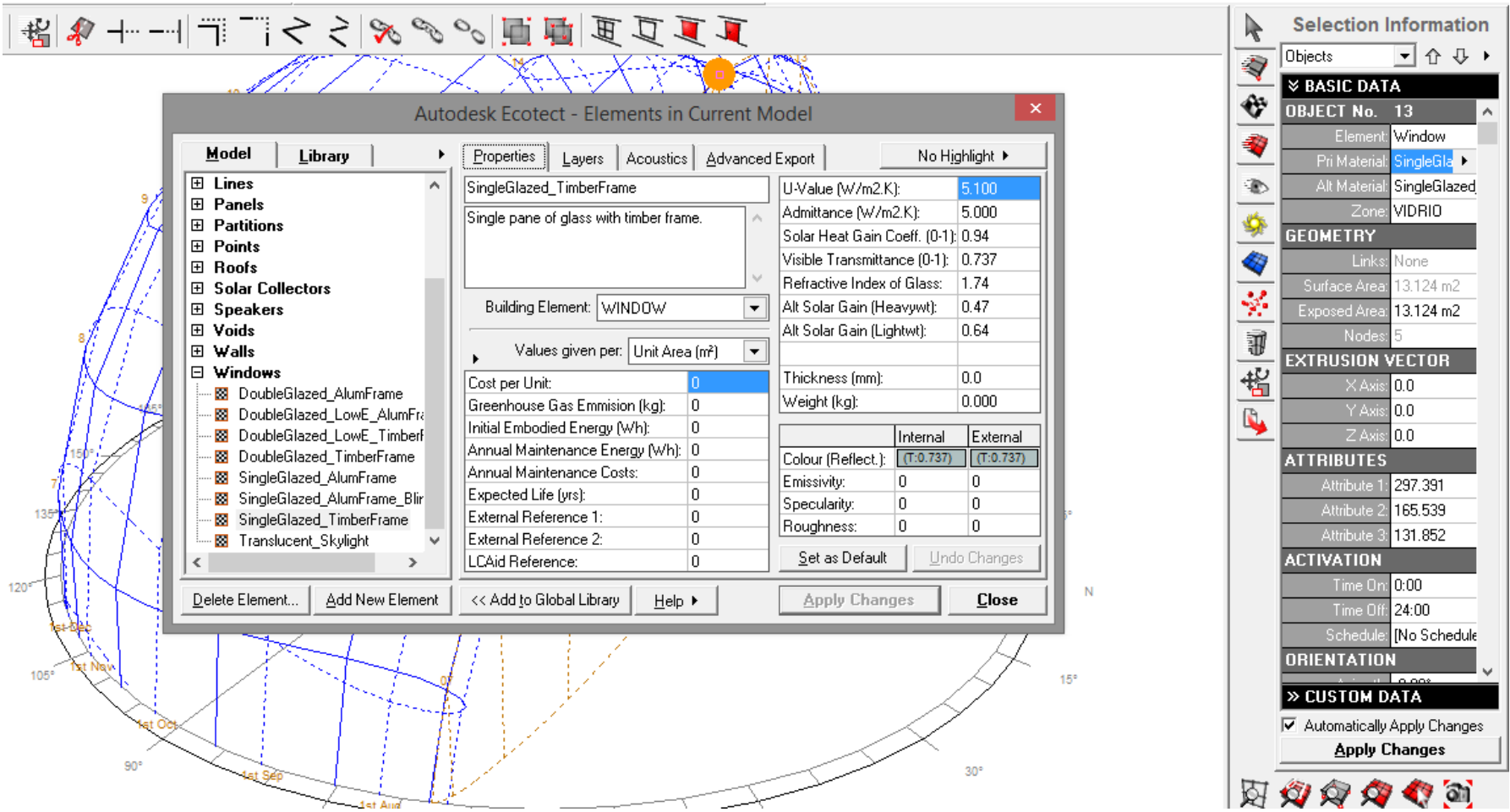
Automatically Apply Changes

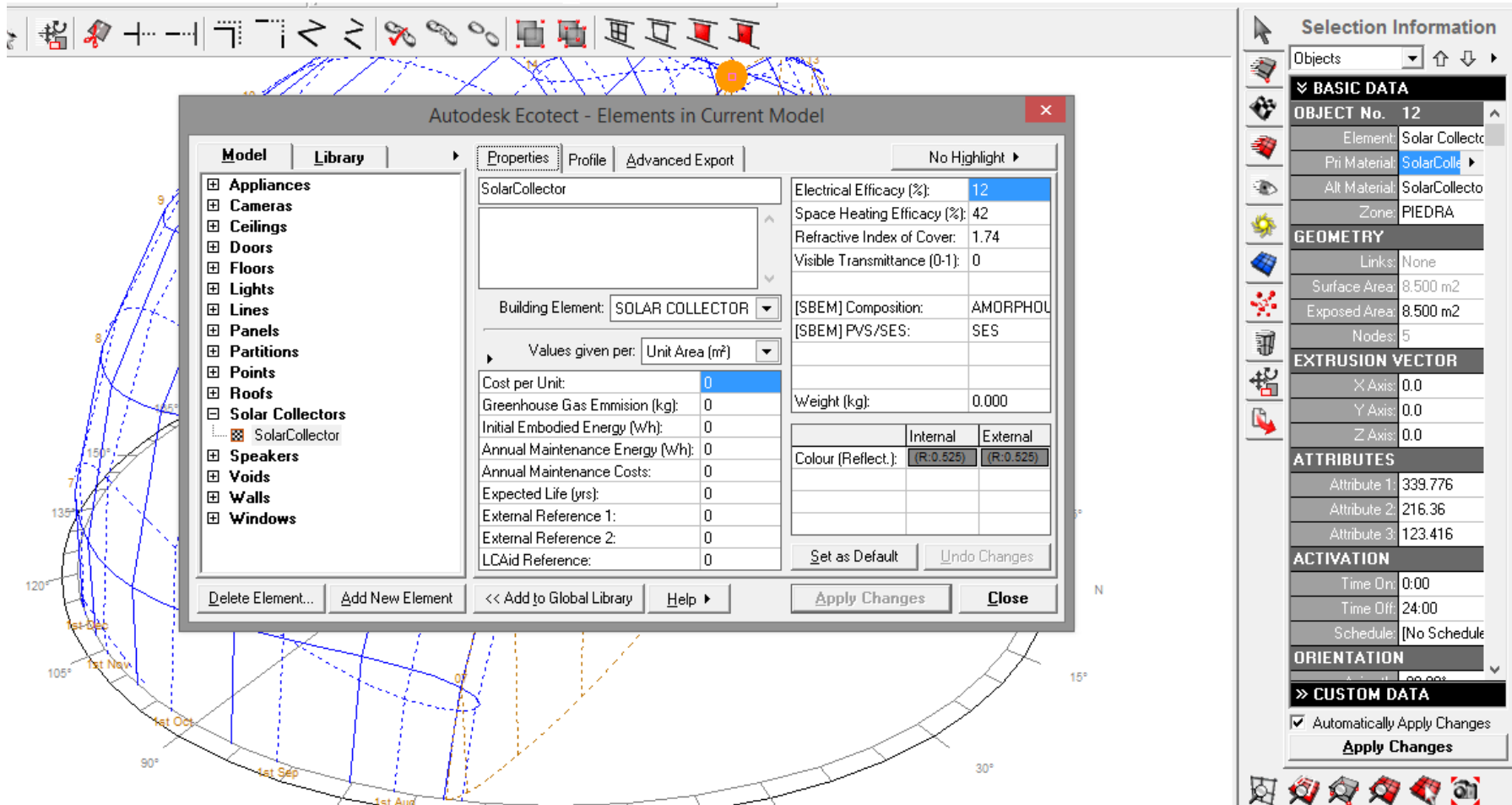
Apply Changes











Selection Information

Objects: [Dropdown] [Up] [Down]

▼ BASIC DATA

OBJECT No. 12

Element: Solar Collector

Pri Material: SolarCollector

Alt Material: SolarCollector

Zone: PIEDRA

GEOMETRY

Links: None

Surface Area: 8.500 m2

Exposed Area: 8.500 m2

Nodes: 5

EXTRUSION VECTOR

X Axis: 0.0

Y Axis: 0.0

Z Axis: 0.0

ATTRIBUTES

Attribute 1: 339.776

Attribute 2: 216.36

Attribute 3: 123.416

ACTIVATION

Time On: 0:00

Time Off: 24:00

Schedule: [No Schedule]

ORIENTATION

» CUSTOM DATA

Automatically Apply Changes

Apply Changes

ANEXO VII

SIMULACIONES:

1. Simulaciones del Muro Trombe:

1.1. Día más frío: 02 de Junio.

PEOR ORIENTACION DE MURO			
HOUR	INSIDE	OUTSIDE	TEMP.DIFF
	(C)	(C)	(C)
0	6.7	5.9	0.8
1	6	4.8	1.2
2	5.4	3.8	1.6
3	5	3.1	1.9
4	4.6	2.4	2.2
5	4.4	2	2.4
6	4.2	1.4	2.8
7	5.1	3.1	2
8	7.4	6.9	0.5
9	10.6	11.2	-0.6
10	13.4	14.5	-1.1
11	15.5	17.4	-1.9
12	15.6	16.9	-1.3
13	16	16.9	-0.9
14	15.1	16.1	-1
15	14.5	15.8	-1.3
16	14.3	14.7	-0.4
17	13.7	13.3	0.4
18	9.9	10.7	-0.8
19	8.5	8.3	0.2
20	7.8	7.1	0.7
21	7.1	6	1.1
22	6.3	4.8	1.5
23	5.9	4.2	1.7

MEJOR ORIENTACION DE MURO			
HOUR	INSIDE	OUTSIDE	TEMP.DIFF
	(C)	(C)	(C)
0	7.2	5.9	1.3
1	6.6	4.8	1.8
2	6	3.8	2.2
3	5.7	3.1	2.6
4	5.3	2.4	2.9
5	5.1	2	3.1
6	4.9	1.4	3.5
7	5.8	3.1	2.7
8	7.9	6.9	1
9	10.7	11.2	-0.5
10	13.2	14.5	-1.3
11	14.9	17.4	-2.5
12	14.9	16.9	-2
13	15.2	16.9	-1.7
14	14.4	16.1	-1.7
15	13.6	15.8	-2.2
16	12.6	14.7	-2.1
17	11.5	13.3	-1.8
18	10	10.7	-0.7
19	8.7	8.3	0.4
20	8.1	7.1	1
21	7.5	6	1.5
22	6.8	4.8	2
23	6.4	4.2	2.2

Fuente: Data de Ecotect.

HOURLY TEMPERATURES - Saturday 2nd June (153)
 Zone: MURO TROMBE
 Avg. Temperature: 9.2 C (Ground 10.3 C)
 Total Surface Area: 35.024 m2
 Total Exposed Area: 25.164 m2
 Total North Window: 0.000 m2
 Total Window Area: 13.124 m2
 Total Conductance (AU): 109 W/°K
 Total Admittance (AY): 162 W/°K
 Response Factor: 1.48

HOURLY TEMPERATURES - Saturday 2nd June (153)
 Zone: MURO TROMBE
 Avg. Temperature: 9.2 C (Ground 10.3 C)
 Total Surface Area: 35.024 m2
 Total Exposed Area: 25.164 m2
 Total North Window: 0.000 m2
 Total Window Area: 13.124 m2
 Total Conductance (AU): 102 W/°K
 Total Admittance (AY): 170 W/°K
 Response Factor: 1.66

1.2. Día de mayor calor: 26 de Enero.

PEOR ORIENTACION DE MURO			
HOUR	INSIDE	OUTSIDE	TEMP.DIFF
	(C)	(C)	(C)
0	9.4	8.3	1.1
1	8.9	7.5	1.4
2	8.6	7	1.6
3	8	6.1	1.9
4	8	6.1	1.9
5	8	6.3	1.7
6	8.5	6.9	1.6
7	9.2	8.1	1.1
8	11.2	11.3	-0.1
9	13.8	14.5	-0.7
10	16.2	17.1	-0.9
11	17.2	17.6	-0.4
12	17.7	17.8	-0.1
13	18.7	19.4	-0.7
14	18.7	20.2	-1.5
15	17.4	18.9	-1.5
16	16.8	18.3	-1.5
17	16	16.7	-0.7
18	15	15.8	-0.8
19	13.4	14.9	-1.5
20	12.9	14.2	-1.3
21	12.3	13.1	-0.8

MEJOR ORIENTACION DE MURO			
HOUR	INSIDE	OUTSIDE	TEMP.DIFF
	(C)	(C)	(C)
0	9.8	8.3	1.5
1	9.4	7.5	1.9
2	9.1	7	2.1
3	8.6	6.1	2.5
4	8.6	6.1	2.5
5	8.7	6.3	2.4
6	9.1	6.9	2.2
7	9.7	8.1	1.6
8	11.6	11.3	0.3
9	13.9	14.5	-0.6
10	16	17.1	-1.1
11	16.7	17.6	-0.9
12	17	17.8	-0.8
13	17.9	19.4	-1.5
14	18	20.2	-2.2
15	16.9	18.9	-2
16	16.1	18.3	-2.2
17	14.8	16.7	-1.9
18	14.3	15.8	-1.5
19	13.4	14.9	-1.5
20	13	14.2	-1.2
21	12.5	13.1	-0.6

22	11.6	12.1	-0.5	22	11.9	12.1	-0.2
23	11.2	11.4	-0.2	23	11.4	11.4	0

Fuente: Data de Ecotect.

<p>HOURLY TEMPERATURES - Friday 26th January (26) Zone: MURO TROMBE Avg. Temperature: 11.8 C (Ground 10.3 C) Total Surface Area: 35.024 m2 Total Exposed Area: 25.164 m2 Total North Window: 0.000 m2 Total Window Area: 13.124 m2 Total Conductance (AU): 109 W/°K Total Admittance (AY): 162 W/°K Response Factor: 1.48</p>	<p>HOURLY TEMPERATURES - Friday 26th January (26) Zone: MURO TROMBE Avg. Temperature: 11.8 C (Ground 10.3 C) Total Surface Area: 35.024 m2 Total Exposed Area: 25.164 m2 Total North Window: 0.000 m2 Total Window Area: 13.124 m2 Total Conductance (AU): 102 W/°K Total Admittance (AY): 170 W/°K Response Factor: 1.66</p>
---	---

2. Simulaciones del techo doble:

2.1. Día más frío: 02 de Junio.

PEOR ORIENTACION DE MURO			
HOUR	INSIDE	OUTSIDE	TEMP.DIF
	(C)	(C)	(C)
0	8.8	5.9	2.9
1	7.7	4.8	2.9
2	6.7	3.8	2.9
3	6	3.1	2.9
4	5.2	2.4	2.8
5	4.8	2	2.8
6	4.2	1.4	2.8
7	6	3.1	2.9
8	9.8	6.9	2.9
9	18.7	11.2	7.5
10	27.1	14.5	12.6
11	32.4	17.4	15
12	33.5	16.9	16.6
13	33.7	16.9	16.8
14	29.2	16.1	13.1
15	24.1	15.8	8.3
16	19.3	14.7	4.6
17	16.3	13.3	3
18	13.6	10.7	2.9

MEJOR ORIENTACION DE MURO			
HOUR	INSIDE	OUTSIDE	TEMP.DIF
	(C)	(C)	(C)
0	9	5.9	3.1
1	7.9	4.8	3.1
2	6.9	3.8	3.1
3	6.2	3.1	3.1
4	5.5	2.4	3.1
5	5.1	2	3.1
6	4.5	1.4	3.1
7	6.2	3.1	3.1
8	10	6.9	3.1
9	19.1	11.2	7.9
10	27.7	14.5	13.2
11	32.9	17.4	15.5
12	33.9	16.9	17
13	34.2	16.9	17.3
14	29.6	16.1	13.5
15	24.5	15.8	8.7
16	19.6	14.7	4.9
17	16.4	13.3	3.1
18	13.8	10.7	3.1

19	11.2	8.3	2.9	19	11.4	8.3	3.1
20	10	7.1	2.9	20	10.2	7.1	3.1
21	8.9	6	2.9	21	9.1	6	3.1
22	7.7	4.8	2.9	22	7.9	4.8	3.1
23	7.1	4.2	2.9	23	7.3	4.2	3.1

Fuente: Data de Ecotect.

HOURLY TEMPERATURES - Saturday 2nd June (153) Zone: TECHO Avg. Temperature: 9.2 C (Ground 10.3 C) Total Surface Area: 18.000 m2 Total Exposed Area: 18.000 m2 Total North Window: 0.000 m2 Total Window Area: 0.000 m2 Total Conductance (AU): 109 W/°K Total Admittance (AY): 108 W/°K Response Factor: 0.99	HOURLY TEMPERATURES - Saturday 2nd June (153) Zone: TECHO Avg. Temperature: 9.2 C (Ground 10.3 C) Total Surface Area: 18.000 m2 Total Exposed Area: 18.000 m2 Total North Window: 0.000 m2 Total Window Area: 0.000 m2 Total Conductance (AU): 108 W/°K Total Admittance (AY): 109 W/°K
--	---

2.2. Día de mayor calor: 26 de Enero.

PEOR ORIENTACION DE MURO			
HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
0	11.4	8.3	3.1
1	10.6	7.5	3.1
2	10.1	7	3.1
3	9.2	6.1	3.1
4	9.2	6.1	3.1
5	9.4	6.3	3.1
6	10	6.9	3.1
7	11.2	8.1	3.1
8	14.7	11.3	3.4
9	22.7	14.5	8.2
10	29.9	17.1	12.8
11	33.3	17.6	15.7
12	34.8	17.8	17
13	36	19.4	16.6
14	34.1	20.2	13.9
15	28.9	18.9	10
16	25.1	18.3	6.8

MEJOR ORIENTACION DE MURO			
HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
0	11.6	8.3	3.3
1	10.8	7.5	3.3
2	10.3	7	3.3
3	9.4	6.1	3.3
4	9.4	6.1	3.3
5	9.6	6.3	3.3
6	10.2	6.9	3.3
7	11.4	8.1	3.3
8	15.2	11.3	3.9
9	23.2	14.5	8.7
10	30.4	17.1	13.3
11	33.6	17.6	16
12	35.1	17.8	17.3
13	36.3	19.4	16.9
14	34.4	20.2	14.2
15	29.4	18.9	10.5
16	25.5	18.3	7.2

17	19.9	16.7	3.2	17	20	16.7	3.3
18	19	15.8	3.2	18	19.1	15.8	3.3
19	18.1	14.9	3.2	19	18.2	14.9	3.3
20	17.4	14.2	3.2	20	17.5	14.2	3.3
21	16.2	13.1	3.1	21	16.4	13.1	3.3
22	15.2	12.1	3.1	22	15.4	12.1	3.3
23	14.5	11.4	3.1	23	14.7	11.4	3.3

Fuente: Data de Ecotect.

<p>HOURLY TEMPERATURES - Friday 26th January (26) Zone: TECHO Avg. Temperature: 11.8 C (Ground 10.3 C) Total Surface Area: 18.000 m2 Total Exposed Area: 18.000 m2 Total North Window: 0.000 m2 Total Window Area: 0.000 m2 Total Conductance (AU): 109 W/°K Total Admittance (AY): 108 W/°K Response Factor: 0.99</p>	<p>HOURLY TEMPERATURES - Friday 26th January (26) Zone: TECHO Avg. Temperature: 11.8 C (Ground 10.3 C) Total Surface Area: 18.000 m2 Total Exposed Area: 18.000 m2 Total North Window: 0.000 m2 Total Window Area: 0.000 m2 Total Conductance (AU): 108 W/°K Total Admittance (AY): 109 W/°K Response Factor: 1.01</p>
--	--

3. Simulaciones con una capa de recubrimiento de 16mm de yeso.

3.1. Día más frío: 02 de Junio.

3.1.1. Muro trombe

PEOR ORIENTACION DE MURO			
HOU R	INSID E	OUTSID E	TEMP.DI F
	(C)	(C)	(C)
0	7	5.9	1.1
1	6.2	4.8	1.4
2	5.6	3.8	1.8
3	5.1	3.1	2
4	4.7	2.4	2.3
5	4.4	2	2.4
6	4.2	1.4	2.8
7	5.2	3.1	2.1
8	7.6	6.9	0.7
9	10.7	11.2	-0.5
10	13.5	14.5	-1

MEJOR ORIENTACION DE MURO			
HOU R	INSID E	OUTSID E	TEMP.DI F
	(C)	(C)	(C)
0	7.4	5.9	1.5
1	6.7	4.8	1.9
2	6.1	3.8	2.3
3	5.7	3.1	2.6
4	5.3	2.4	2.9
5	5.1	2	3.1
6	4.9	1.4	3.5
7	5.8	3.1	2.7
8	8	6.9	1.1
9	10.8	11.2	-0.4
10	13.2	14.5	-1.3

11	15.5	17.4	-1.9
12	15.6	16.9	-1.3
13	15.6	16.9	-1.3
14	14.4	16.1	-1.7
15	13.8	15.8	-2
16	13.7	14.7	-1
17	13.5	13.3	0.2
18	9.8	10.7	-0.9
19	8.6	8.3	0.3
20	7.9	7.1	0.8
21	7.3	6	1.3
22	6.6	4.8	1.8
23	6.2	4.2	2

11	15	17.4	-2.4
12	14.9	16.9	-2
13	15	16.9	-1.9
14	14	16.1	-2.1
15	13.1	15.8	-2.7
16	12.1	14.7	-2.6
17	11.3	13.3	-2
18	9.8	10.7	-0.9
19	8.8	8.3	0.5
20	8.1	7.1	1
21	7.7	6	1.7
22	7	4.8	2.2
23	6.7	4.2	2.5

Fuente: Data de Ecotect.

HOURLY TEMPERATURES - Saturday 2nd June (153)
 Zone: MURO TROMBE
 Avg. Temperature: 9.2 C (Ground 10.3 C)
 Total Surface Area: 35.024 m2
 Total Exposed Area: 25.164 m2
 Total North Window: 0.000 m2
 Total Window Area: 13.124 m2
 Total Conductance (AU): 109 W/°K
 Total Admittance (AY): 162 W/°K
 Response Factor: 1.48

HOURLY TEMPERATURES - Saturday 2nd June (153)
 Zone: MURO TROMBE
 Avg. Temperature: 9.2 C (Ground 10.3 C)
 Total Surface Area: 35.024 m2
 Total Exposed Area: 25.164 m2
 Total North Window: 0.000 m2
 Total Window Area: 13.124 m2
 Total Conductance (AU): 102 W/°K
 Total Admittance (AY): 170 W/°K
 Response Factor: 1.66

3.1.2. Techo doble

PEOR ORIENTACION DE MURO			
HOUR	INSIDE	OUTSIDE	TEMP.DIFF
	(C)	(C)	(C)
0	8.8	5.9	2.9
1	7.7	4.8	2.9
2	6.7	3.8	2.9
3	6	3.1	2.9
4	5.2	2.4	2.8
5	4.8	2	2.8

MEJOR ORIENTACION DE MURO			
HOUR	INSIDE	OUTSIDE	TEMP.DIFF
	(C)	(C)	(C)
0	9	5.9	3.1
1	7.9	4.8	3.1
2	6.9	3.8	3.1
3	6.2	3.1	3.1
4	5.5	2.4	3.1
5	5.1	2	3.1

6	4.2	1.4	2.8	6	4.5	1.4	3.1
7	6	3.1	2.9	7	6.2	3.1	3.1
8	9.8	6.9	2.9	8	10	6.9	3.1
9	18.7	11.2	7.5	9	19.1	11.2	7.9
10	27.1	14.5	12.6	10	27.7	14.5	13.2
11	32.4	17.4	15	11	32.9	17.4	15.5
12	33.5	16.9	16.6	12	33.9	16.9	17
13	33.7	16.9	16.8	13	34.2	16.9	17.3
14	29.2	16.1	13.1	14	29.6	16.1	13.5
15	24.1	15.8	8.3	15	24.5	15.8	8.7
16	19.3	14.7	4.6	16	19.6	14.7	4.9
17	16.3	13.3	3	17	16.4	13.3	3.1
18	13.6	10.7	2.9	18	13.8	10.7	3.1
19	11.2	8.3	2.9	19	11.4	8.3	3.1
20	10	7.1	2.9	20	10.2	7.1	3.1
21	8.9	6	2.9	21	9.1	6	3.1
22	7.7	4.8	2.9	22	7.9	4.8	3.1
23	7.1	4.2	2.9	23	7.3	4.2	3.1

Fuente: Data de Ecotect.

<p>HOURLY TEMPERATURES - Saturday 2nd June (153) Zone: TECHO Avg. Temperature: 9.2 C (Ground 10.3 C) Total Surface Area: 18.000 m2 Total Exposed Area: 18.000 m2 Total North Window: 0.000 m2 Total Window Area: 0.000 m2 Total Conductance (AU): 109 W/°K Total Admittance (AY): 108 W/°K Response Factor: 0.99</p>	<p>HOURLY TEMPERATURES - Saturday 2nd June (153) Zone: TECHO Avg. Temperature: 9.2 C (Ground 10.3 C) Total Surface Area: 18.000 m2 Total Exposed Area: 18.000 m2 Total North Window: 0.000 m2 Total Window Area: 0.000 m2 Total Conductance (AU): 108 W/°K Total Admittance (AY): 109 W/°K Response Factor: 1.01</p>
---	---

3.2. Día más calor: 26 de Enero.

3.2.1. Muro trombe

PEOR ORIENTACION DE MURO			
HOUR	INSIDE	OUTSIDE	TEMP.DIFF
	(C)	(C)	(C)

MEJOR ORIENTACION DE MURO			
HOUR	INSIDE	OUTSIDE	TEMP.DIFF
	(C)	(C)	(C)

0	9.5	8.3	1.2	0	9.9	8.3	1.6
1	9	7.5	1.5	1	9.4	7.5	1.9
2	8.7	7	1.7	2	9.2	7	2.2
3	8.1	6.1	2	3	8.7	6.1	2.6
4	8.1	6.1	2	4	8.7	6.1	2.6
5	8.2	6.3	1.9	5	8.7	6.3	2.4
6	8.6	6.9	1.7	6	9.2	6.9	2.3
7	9.3	8.1	1.2	7	9.8	8.1	1.7
8	11.3	11.3	0	8	11.7	11.3	0.4
9	13.9	14.5	-0.6	9	14	14.5	-0.5
10	16.3	17.1	-0.8	10	16	17.1	-1.1
11	17.1	17.6	-0.5	11	16.6	17.6	-1
12	17.5	17.8	-0.3	12	16.9	17.8	-0.9
13	18.3	19.4	-1.1	13	17.7	19.4	-1.7
14	18.3	20.2	-1.9	14	17.7	20.2	-2.5
15	16.9	18.9	-2	15	16.5	18.9	-2.4
16	16.5	18.3	-1.8	16	15.9	18.3	-2.4
17	15.9	16.7	-0.8	17	14.7	16.7	-2
18	15	15.8	-0.8	18	14.2	15.8	-1.6
19	13.3	14.9	-1.6	19	13.3	14.9	-1.6
20	12.9	14.2	-1.3	20	12.9	14.2	-1.3
21	12.4	13.1	-0.7	21	12.5	13.1	-0.6
22	11.9	12.1	-0.2	22	12	12.1	-0.1
23	11.4	11.4	0	23	11.7	11.4	0.3

Fuente: Data de Ecotect.

3.2.2. Techo doble:

PEOR ORIENTACION DE MURO			
HOUR	INSIDE	OUTSIDE	TEMP.DIFF
	(C)	(C)	(C)
0	11.4	8.3	3.1
1	10.6	7.5	3.1
2	10.1	7	3.1
3	9.2	6.1	3.1
4	9.2	6.1	3.1
5	9.4	6.3	3.1
6	10	6.9	3.1

MEJOR ORIENTACION DE MURO			
HOUR	INSIDE	OUTSIDE	TEMP.DIFF
	(C)	(C)	(C)
0	11.6	8.3	3.3
1	10.8	7.5	3.3
2	10.3	7	3.3
3	9.4	6.1	3.3
4	9.4	6.1	3.3
5	9.6	6.3	3.3
6	10.2	6.9	3.3

7	11.2	8.1	3.1
8	14.7	11.3	3.4
9	22.7	14.5	8.2
10	29.9	17.1	12.8
11	33.3	17.6	15.7
12	34.8	17.8	17
13	36	19.4	16.6
14	34.1	20.2	13.9
15	28.9	18.9	10
16	25.1	18.3	6.8
17	19.9	16.7	3.2
18	19	15.8	3.2
19	18.1	14.9	3.2
20	17.4	14.2	3.2
21	16.2	13.1	3.1
22	15.2	12.1	3.1
23	14.5	11.4	3.1

7	11.4	8.1	3.3
8	15.2	11.3	3.9
9	23.2	14.5	8.7
10	30.4	17.1	13.3
11	33.6	17.6	16
12	35.1	17.8	17.3
13	36.3	19.4	16.9
14	34.4	20.2	14.2
15	29.4	18.9	10.5
16	25.5	18.3	7.2
17	20	16.7	3.3
18	19.1	15.8	3.3
19	18.2	14.9	3.3
20	17.5	14.2	3.3
21	16.4	13.1	3.3
22	15.4	12.1	3.3
23	14.7	11.4	3.3

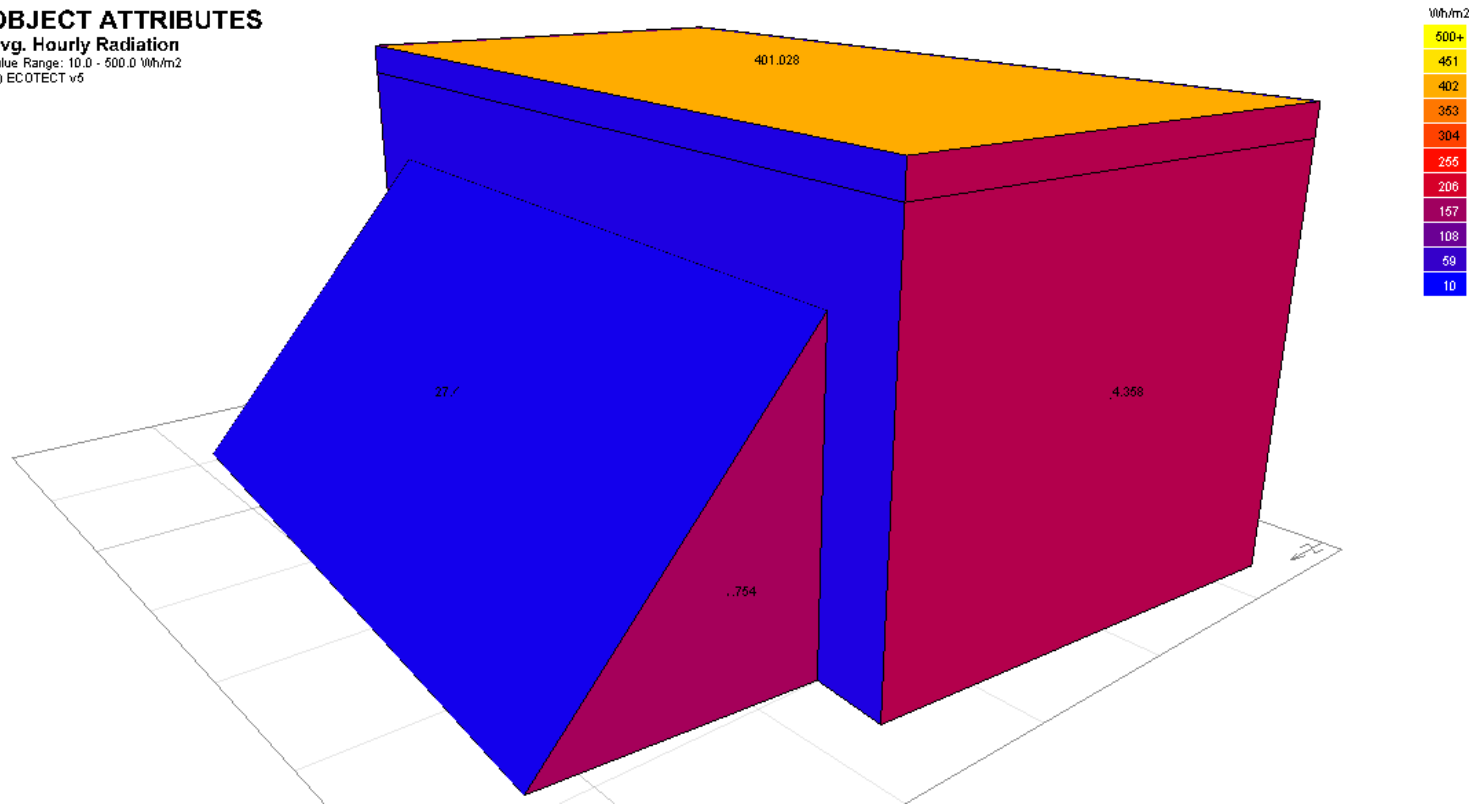
Fuente: Data de Ecotect.

4. Simulaciones de Radiación:

4.1. Mejor posición:

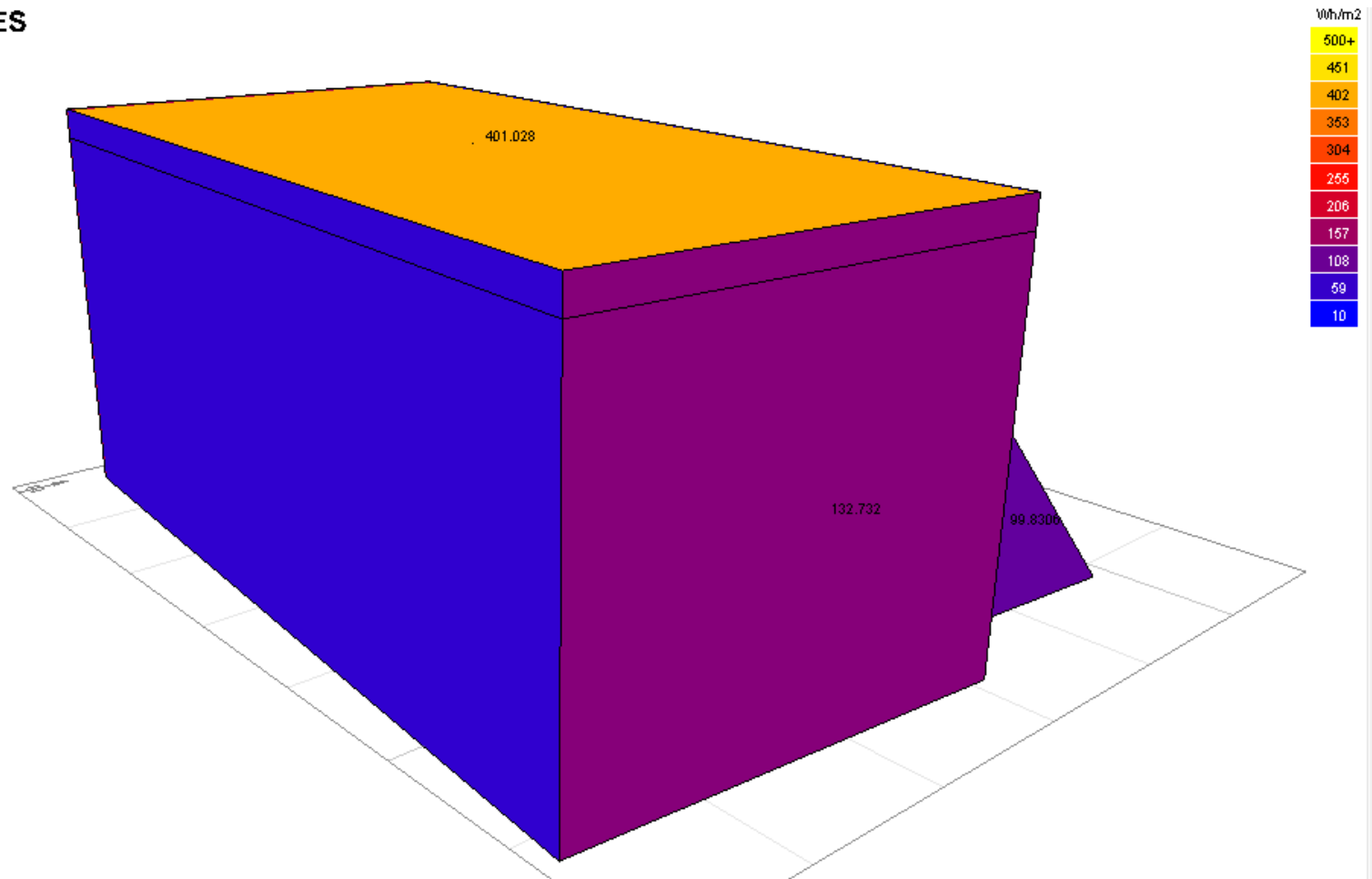
4.1.1. Simulación en el día más frío: (8:00 – 17:00)

OBJECT ATTRIBUTES
Avg. Hourly Radiation
Value Range: 10.0 - 500.0 Wh/m2
(c) ECOTECH v6



OBJECT ATTRIBUTES

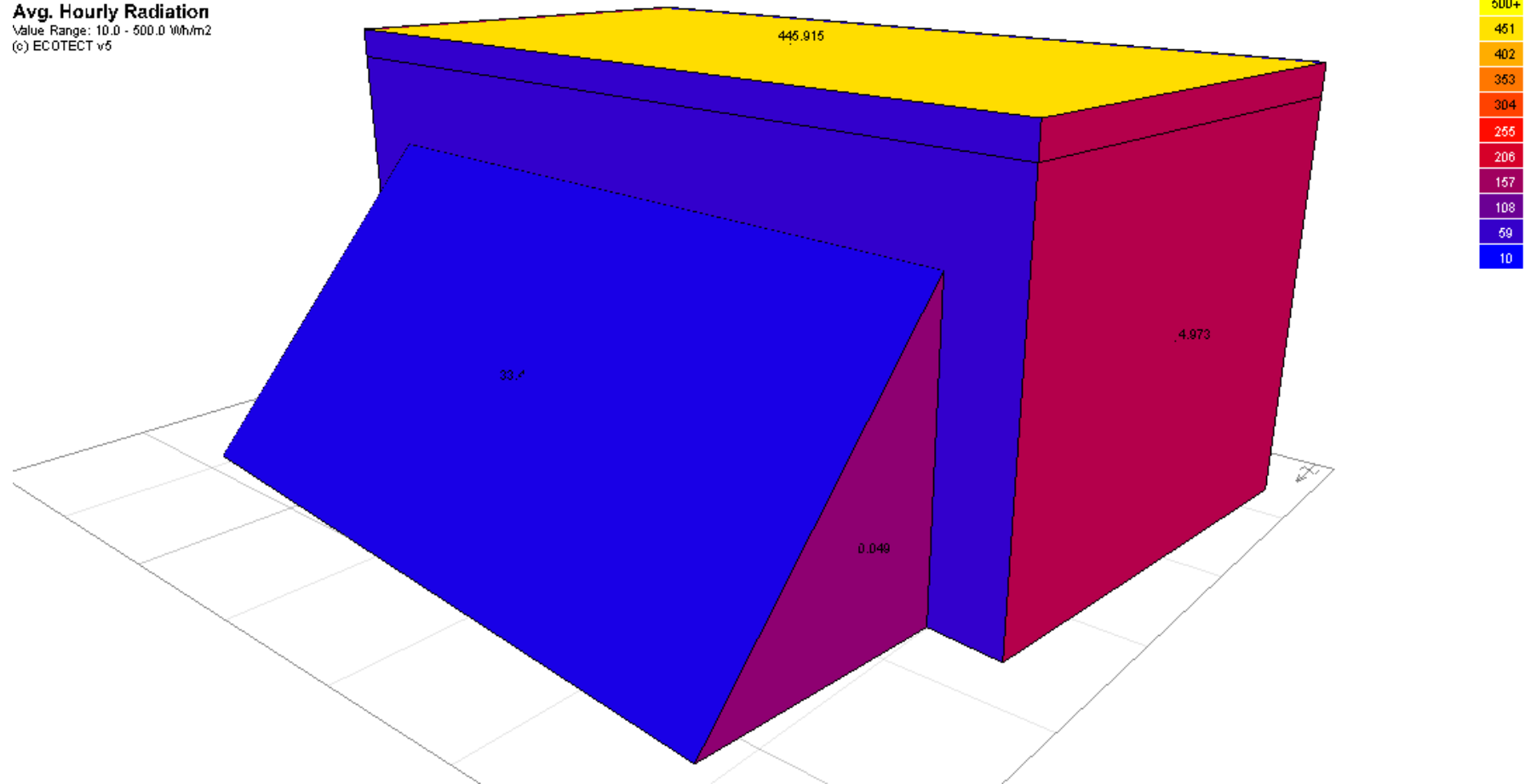
Avg. Hourly Radiation
Value Range: 10.0 - 500.0 Wh/m2
(c) ECOTECT v5



4.1.2. Simulación en el día de mayor calor: (8:00 – 17:00)

OBJECT ATTRIBUTES

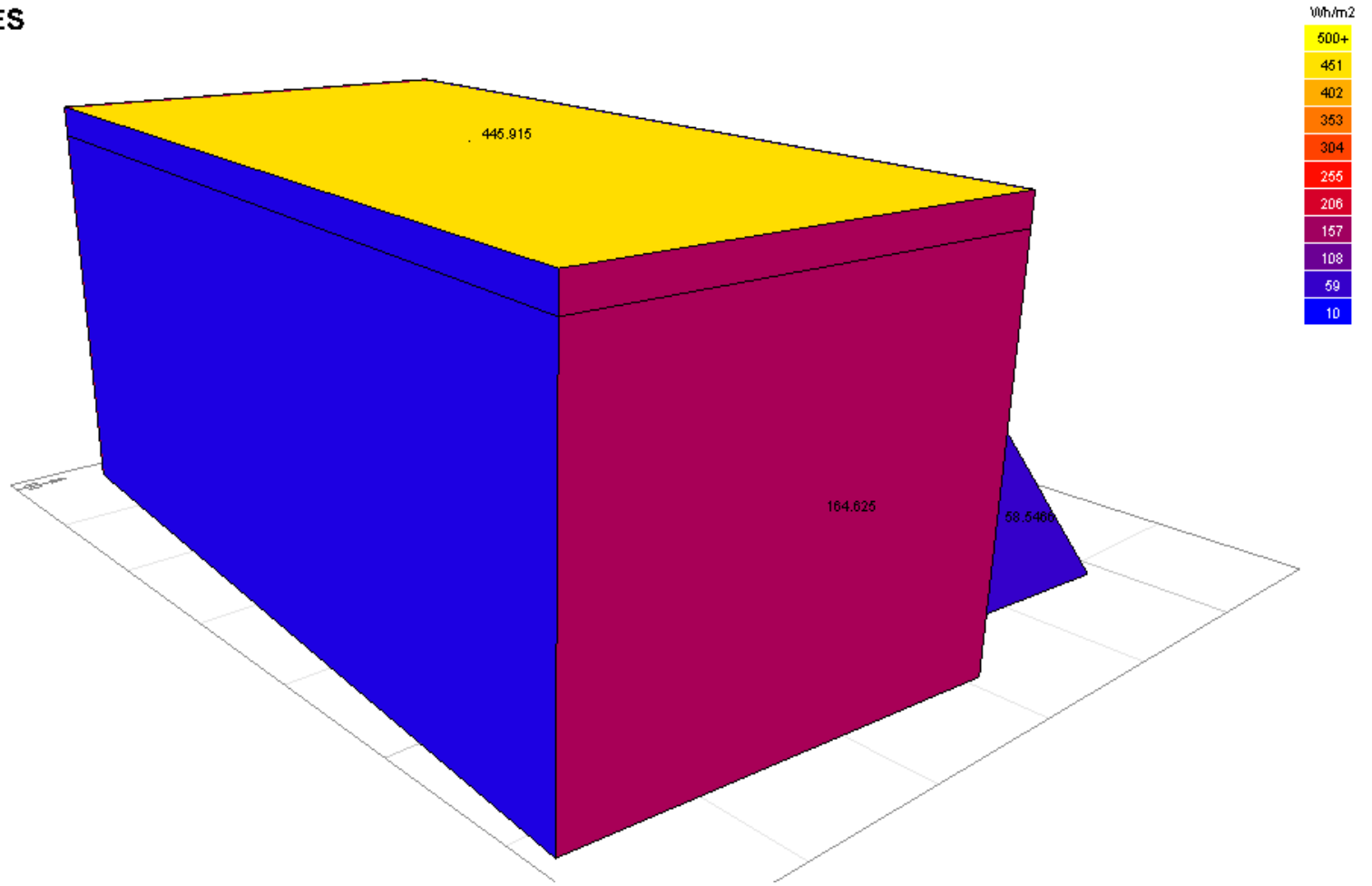
Avg. Hourly Radiation
Value Range: 10.0 - 500.0 Wh/m²
(c) ECOTECH v5



OBJECT ATTRIBUTES

Avg. Hourly Radiation

Value Range: 10.0 - 500.0 Wh/m2
(c) ECOTECH v6

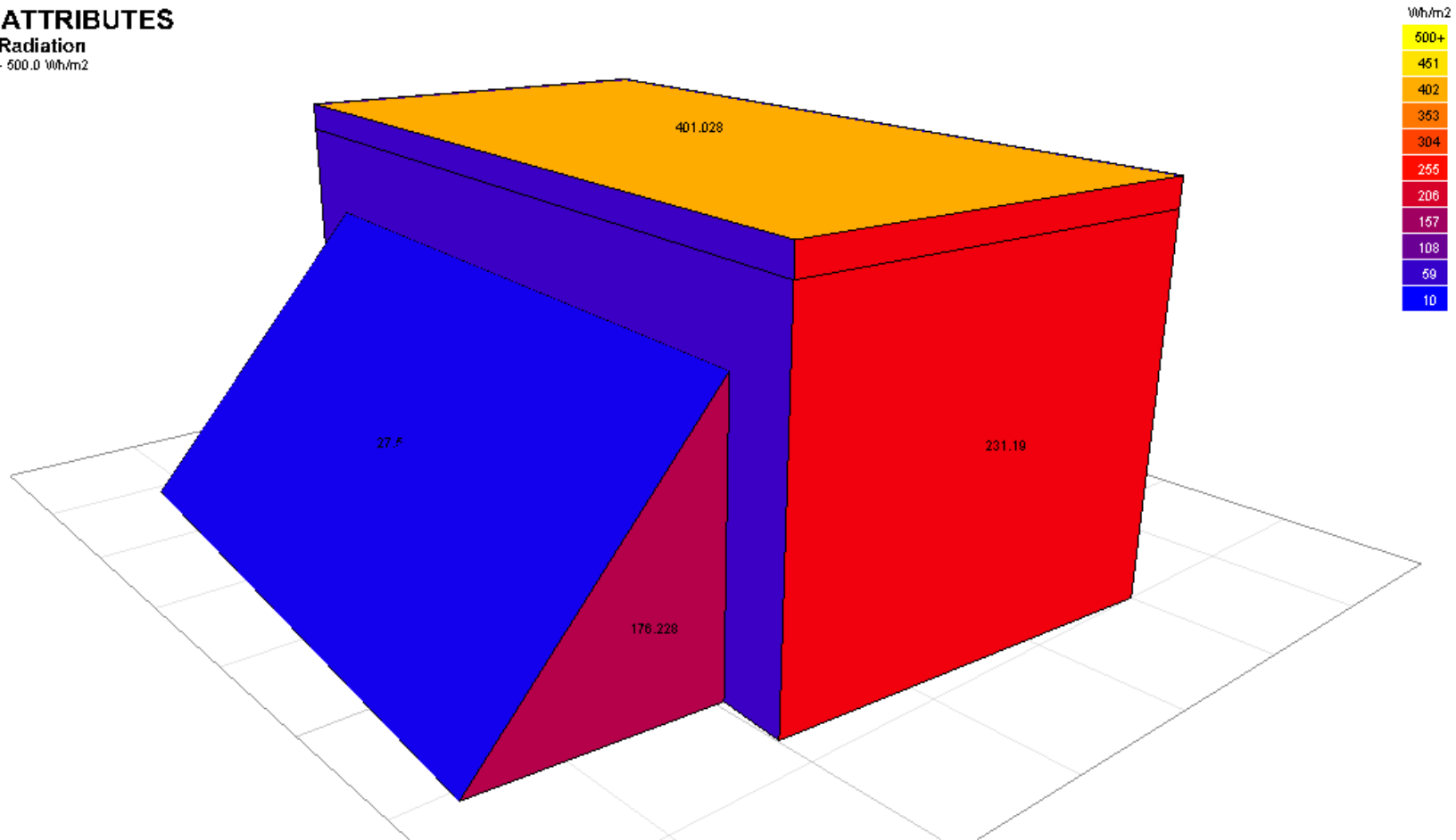


4.2. Peor posición:

4.2.1. Simulación en el día más frío: (8:00 – 17:00)

OBJECT ATTRIBUTES

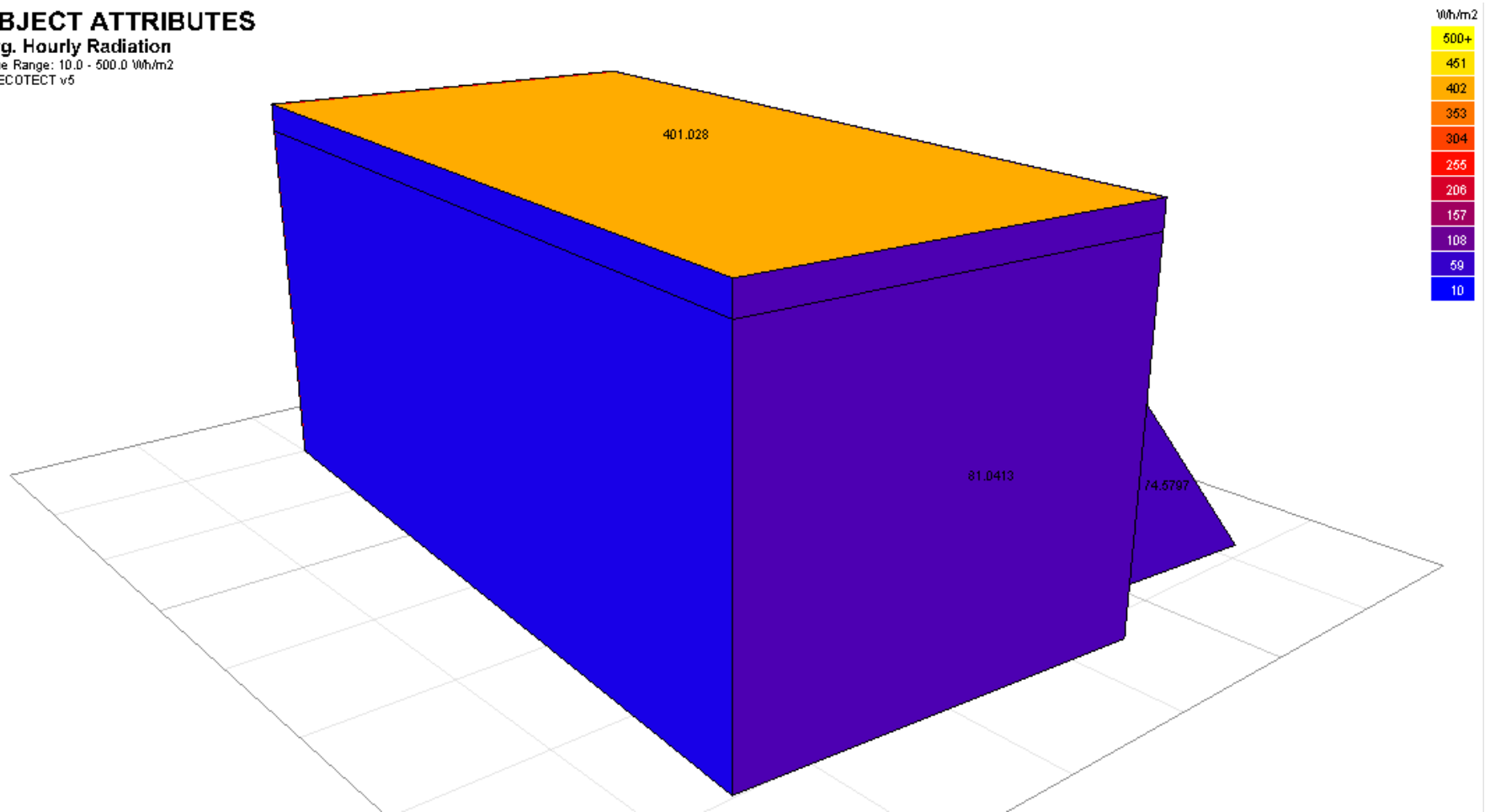
Avg. Hourly Radiation
Value Range: 10.0 - 500.0 Wh/m²
(c) ECOTECH v5



OBJECT ATTRIBUTES

Avg. Hourly Radiation

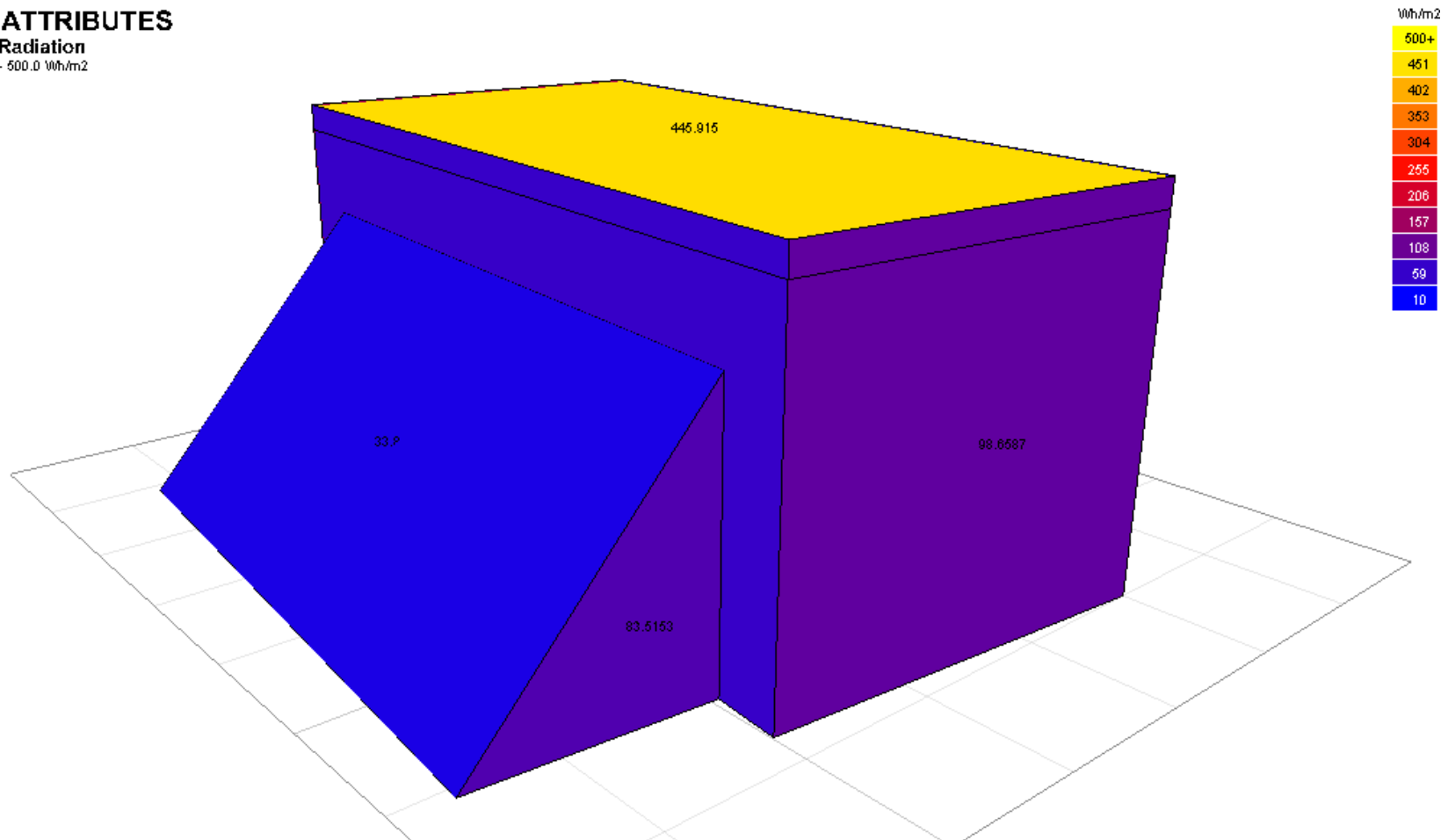
Value Range: 10.0 - 500.0 Wh/m²
(c) ECOTECT v5



4.2.2. Simulación en el día de mayor calor: (8:00 – 17:00)

OBJECT ATTRIBUTES

Avg. Hourly Radiation
Value Range: 10.0 - 500.0 Wh/m2
(c) ECOTECH v5



OBJECT ATTRIBUTES

Avg. Hourly Radiation
Value Range: 10.0 - 500.0 Wh/m²
(c) ECOTECH v5

