

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

MÁSTER UNIVERSITARIO EN EDIFICACIÓN

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

**Aplicación del estándar Passive House
en climas cálidos, caso de estudio Santo
Domingo, República Dominicana**

Autor:

Samuel Abdías Morla Barrera

Tutores:

Ignacio Enrique Guillén Guillamón
& Milagro Iborra Lucas



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
INGENIERÍA DE
EDIFICACIÓN

Resumen

El concepto casa pasiva ha tenido un crecimiento bastante significativo en las últimas décadas ya que su aplicación presenta mejoras en confort para el usuario y reducción en emisiones que afectan el medio ambiente. Aunque este concepto se ha aplicado más en climas donde existe un verdadero contraste entre el invierno y el verano, en el siguiente trabajo se estudia un modelo virtual de una vivienda unifamiliar en un clima cálido tropical, como lo es, la República Dominicana. Para lograr esto, se exponen los métodos constructivos más utilizados en la República Dominicana y los puntos clave donde ameritan un cambio en busca del confort. Se selecciona la orientación adecuada de la vivienda, los materiales apropiados y las soluciones constructivas para garantizar que una vivienda en Santo Domingo cumpla con los estándares Passive House. Los costos para alcanzar estos objetivos ascienden al 90% de la inversión inicial, pero son recuperables a partir de los 9 años de uso.

Palabras clave:

Casa Pasiva, edificación, confort, soluciones constructivas

Abstract

The passive house concept has had a significant growth in the last decades, since its application presents improvements in comfort for the user and reduction in emissions that affect the environment. Although this concept has been applied more in climates where there is a real contrast between winter and summer, the following work studies a virtual model of a single family house in a warm tropical climate, such as, the Dominican Republic. To achieve this, the most used constructive methods in the Dominican Republic and the key points where they merit a change in search of comfort are exposed. The appropriate orientation of the dwelling, the appropriate materials and the constructive solutions are selected to guarantee that a house in Santo Domingo complies with Passive House standards. The costs to reach these goals is estimated to 90% of the initial investment but it is recoverable after 9 years of use.

Keywords:

Passive House, building, comfort, constructive solutions

Agradecimientos

Primero que todo gracias a Dios por brindarme la oportunidad de completar una de mis metas más deseadas de realizar mi maestría en el extranjero. Gracias al Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (MESCYT) por ser el organismo que me otorgó la beca para estos estudios. Gracias a la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), en especial a todos los profesores que aportaron de su conocimiento y experiencia para convertirme en el profesional que soy hoy.

Gracias a mi familia por siempre brindarme el apoyo personal y económico en cada momento de este trayecto y a lo largo de mi vida. Gracias a mis compañeros y nuevos amigos que hice en Valencia, ustedes hicieron que vivir lejos de la familia y en otro país no fuera una experiencia difícil sino bastante agradable, que esta relación perdure por siempre ya que son mi nueva familia.

También dar las gracias a Jonathan, por abrirse como compañero a ayudarme en este proyecto y por facilitarme las herramientas de calculo que iba a utilizar. Gracias por las horas dedicadas a mí y por estar siempre atento a mis dudas en el proceso. Especial mención a Esteban, Ernesto, Romaira, Leimis, Paola, y tal vez otros que no mencione pero que me dedicaron de su tiempo para poder completar este proyecto.

Gracias a Estefany por su atención y preocupación durante todo mi tiempo lejos, por siempre estar pendiente y muchas veces sacrificar su sueño debido al cambio horario para poder acompañarme en los momentos no tan buenos; tú haces que todo sea más sencillo para mí.

Agradecer por último a mis tutores, Ignacio Guillen y Milagros Ibarra, por abrirme las puertas de realizar este proyecto junto a ellos. Gracias por sus consejos y pautas sobre como orientarlo y por la paciencia durante la realización del trabajo. Gracias por todo su tiempo dedicado.

Acrónimos utilizados

Cm – Centímetros

m² – Metros cuadrados

Kwh – Kilovatio hora

PHI – Passive House Institute

PHPP – Passive House Planning Package

°C – Grados Celsius

W – Vatios

N/m² – Newton por cada metro cuadrado

m²a – Metros cuadrados año

OSB – “Oriented strand board” – Tablero de virutas orientadas

Km² – Kilómetro cuadrados

PER – Energía Primaria Renovable

GLP – Gas licuado de petróleo

Ug – Transmitancia térmica del vidrio

Uf – Transmitancia térmica de los perfiles de las ventanas

CTE – Código Técnico Español

DOP – Peso Dominicano

Índice

Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1 Objetivos	1
1.2 Metodología a utilizar.....	2
Capítulo 2. Antecedentes	4
2.1 Estado del Arte.....	4
2.2 Revisión de Casos en Climas Cálidos	5
2.2.1 Passivhaus Herrera	5
2.2.2 Rehabilitación del departamento en la Ciudad de México.....	7
2.2.3 Primera casa autónoma sostenible de los Emiratos Árabes Unidos	8
2.2.4 Aplicación de técnicas de enfriamiento pasivo en Malasia	10
2.3 Métodos constructivos de la República Dominicana.....	11
2.4 Passive House	13
2.4.1 Definición	13
2.4.2 Requerimientos	15
Capítulo 3. Caso de estudio.....	17
3.1 Diseño de la vivienda	17
3.2 Clima	18
3.3 Modelados.....	19
3.3.1 Modelado Básico.....	20
3.3.2 Modelado de Alta Masa Térmica.	34
3.3.3 Modelado de Baja Masa Térmica.....	48
Capítulo 4. Resultados	63
4.1 Modelado Básico.....	63
4.2 Modelado de Alta Masa Térmica	64
4.3 Modelado de Baja Masa Térmica.....	65
4.4 Costo del Proyecto.....	66
4.4.1 Modelado Básico.....	66
4.4.2 Modelado de Alta Masa Térmica	66
4.4.3 Modelado Baja Masa Térmica	67
4.5 Coste Energético	67
Capítulo 5. Conclusiones	72
Capítulo 6. Bibliografía	74
Procedencia de Figuras, tablas y anexos	76
Anexos	82
1. Modelado Básico.....	82
2. Modelado de Alta Masa Térmica	94
3. Modelado de Baja Masa Térmica	104
4. Presupuesto Modelado Básico	113
5. Presupuesto Modelado de Alta Masa Térmica	115
6. Presupuesto Modelado de Baja Masa Térmica	117

Índice de figuras

Figura 1: Mapa de edificaciones certificadas por el PHI.	4
Figura 2: Vista superior de Passivhaus Herrera.	5
Figura 3: Fachada ventilada Passivhaus Herrera.	6
Figura 4: Aislamiento interior en Passivhaus Herrera.	6
Figura 5: Suelo radiante colocado en Passivhaus Herrera.	6
Figura 6: Primera Passivhaus en México.	7
Figura 7: Vista frontal de las oficinas de MBRSC.	8
Figura 8: Casa tradicional de la República Dominicana.	12
Figura 9: Bohío-Vivienda de los nativos antes del descubrimiento de América.	12
Figura 10: Proceso constructivo de una vivienda de mampostería.	12
Figura 11: Los cinco principios básicos para la construcción de casas pasivas.	15
Figura 12: Plano de distribución de la vivienda.	17
Figura 13: Elevación frontal de vivienda.	18
Figura 14: Flujo de Calor en PT_01_MB .....23	23
Figura 15: Distribución de Temperatura en PT_01_MB.....23	23
Figura 16: Flujo de Calor en PT_02_MB .....24	24
Figura 17: Distribución de Temperatura en PT_02_MB.....24	24
Figura 18: Flujo de Calor en PT_03_MB .....25	25
Figura 19: Distribución de Temperatura en PT_03_MB.....25	25
Figura 20: Flujo de Calor en PT_04_MB .....26	26
Figura 21: Distribución de Temperatura en PT_04_MB.....26	26
Figura 22: Flujo de Calor en PT_05_MB .....27	27
Figura 23: Distribución de Temperatura en PT_05_MB.....27	27
Figura 24: Flujo de Calor en PT_06_MB .....28	28
Figura 25: Distribución de Temperatura en PT_06_MB.....28	28
Figura 26: Distribución de viviendas en complejo residencial.	32
Figura 27: Sección completa Modelado Básico .....33	33
Figura 28: Flujo de Calor en PT_01_AM .....37	37
Figura 29: Distribución de Temperatura en PT_01_AM.....37	37
Figura 30: Flujo de Calor en PT_02_AM .....38	38
Figura 31: Distribución de Temperatura en PT_02_AM.....38	38
Figura 32: Flujo de Calor en PT_03_AM .....39	39
Figura 33: Distribución de Temperatura en PT_03_AM.....39	39
Figura 34: Flujo de Calor en PT_04_AM .....40	40
Figura 35: Distribución de Temperatura en PT_04_AM.....40	40
Figura 36: Flujo de Calor en PT_05_AM .....41	41
Figura 37: Distribución de Temperatura en PT_05_AM.....41	41
Figura 38: Flujo de Calor en PT_06_AM .....42	42
Figura 39: Distribución de Temperatura en PT_06_AM.....42	42
Figura 40: Sección completa Modelado de Alta Masa Térmica.	46

Figura 41: Flujo de Calor en PT_01_BM	51
Figura 42: Distribución de Temperatura en PT_01_BM.....	52
Figura 43: Flujo de Calor en PT_02_BM	52
Figura 44: Distribución de Temperatura en PT_02_BM.....	53
Figura 45: Flujo de Calor en PT_03_BM	53
Figura 46: Distribución de Temperatura en PT_03_BM.....	54
Figura 47: Flujo de Calor en PT_04_BM	54
Figura 48: Distribución de Temperatura en PT_04_BM.....	55
Figura 49: Flujo de Calor en PT_05_BM	55
Figura 50: Distribución de Temperatura en PT_05_BM.....	56
Figura 51: Flujo de Calor en PT_06_BM	56
Figura 52: Distribución de Temperatura en PT_06_BM.....	57
Figura 53: Sección completa Modelado de Baja Masa Térmica.....	60

Índice de tablas

Tabla 1: Comparación entre Santo Domingo y Brasilia. Fuente: Oficina Nacional de Meteorología (ONAMET) y PHPP.	19
Tabla 2: Aparatos eléctricos utilizados en todos los modelados. (<i>«Lavadora eficiente de 6,5kg | LG», s. f.; «LG Refrigerador Bottom Freezer con Motor Inverter Linear Compressor y Capacidad Total de 441 LTS | LG», s. f.»</i>).....	19
Tabla 3: Lista de materiales y conductividades térmicas utilizadas en Modelado Básico.....	20
Tabla 4: Composición de muros en Modelado Básico	21
Tabla 5: Composición de solera en Modelado Básico.....	21
Tabla 6: Composición de cubierta en Modelado Básico.....	22
Tabla 7: Puentes térmicos en Modelado Básico	30
Tabla 8: Resultados de confort de las ventanas en Modelado Básico.....	31
Tabla 9: Lista de materiales y conductividades térmicas utilizadas en modelado alta energía.....	34
Tabla 10: Composición de muros en Modelado de Alta Masa Térmica	35
Tabla 11: Composición de solera en Modelado de Alta Masa Térmica.....	35
Tabla 12: Composición de cubierta en Modelado de Alta Masa Térmica.	36
Tabla 13: Puentes térmicos en Modelado de Alta Masa Térmica	44
Tabla 14: Resultados de confort de las ventanas en Modelado de Alta Masa Térmica.	45
Tabla 15: Lista de materiales y conductividades térmicas utilizadas en Modelado de Baja Masa Térmica.....	48
Tabla 16: Composición de muros en Modelado de Baja Masa Térmica.	49
Tabla 17: Composición de solera en Modelado de Baja Masa Térmica.....	49
Tabla 18: Composición de cubierta en Modelado de Baja Masa Térmica.....	50
Tabla 19: Puentes térmicos en Modelado de Baja Masa Térmica.....	58
Tabla 20: Resultados de confort de las ventanas en Modelado de Baja Masa Térmica.	59
Tabla 21: Comprobación del PHPP en Modelado Básico.....	63
Tabla 22: Comprobación del PHPP en Modelado de Alta Masa Térmica	64
Tabla 23: Comprobación del PHPP en Modelado de Baja Masa Térmica	65
Tabla 24: Resumen de presupuesto de Modelado Básico.....	66
Tabla 25: Resumen de presupuesto de Modelado de Alta Masa Térmica.	66
Tabla 26: Resumen de presupuesto de Modelado de Baja Masa Térmica	67
Tabla 27: Tarifario de consumo eléctrico.....	68
Tabla 28: Tarifa de factura eléctrica por mes para Modelado Básico.	68
Tabla 29: Tarifa de factura eléctrica por mes para Modelado Alta Masa Térmica.	68
Tabla 30: Tarifa de factura eléctrica por mes para Modelado de Alta Masa Térmica.	69
Tabla 31: Comparación de resultados económicos.	69

Tabla 32: Costo de la tarifa eléctrica durante la vida útil de la vivienda considerando el subsidio del Estado.....	70
Tabla 33: Costo de la tarifa eléctrica durante la vida útil de la vivienda sin el subsidio del Estado.....	71

Capítulo 1. Introducción

El término casa pasiva en las últimas décadas transporta las mentes al estadounidense Edward Mazria y su manual de aplicación "Passive Solar Energy Book" donde reúne distintas viviendas que hacen mínimo el uso de sistemas de calefacción y refrigeración aprovechando el emplazamiento de dicha vivienda para satisfacer sus necesidades de confort.

Por otro lado, hace que no se deje de mencionar a los profesores Bo Adamson y Wolfgang Feist y su concepto de "Passivhaus" desarrollado en Alemania; donde tomando en cuenta las propiedades térmicas de los materiales de construcción, la minimización de las pérdidas y factores climáticos y de ubicación, provocan que la demanda de calefacción y refrigeración de una vivienda no supere los 15 kWh/m² al año y en la mayoría de los casos esta demanda puede satisfacerse con energía limpia.

Pero un punto importante en este tema es que la búsqueda de soluciones constructivas que garanticen el confort del usuario no es una iniciativa de los profesionales de las últimas décadas. Es tanto así que la arquitectura pasiva, definida como aquella que se adapta a las condiciones de su ubicación, existe desde la antigüedad. (Wassouf, 2014) escribe que Sócrates (469-399 a.C.) fue el primero en describir esta arquitectura por escrito: el megaron que propone parte de la casa griega, pero modifica su planta para darle una forma trapezoidal, y conseguir una mayor captación de energía solar en invierno y el mantenimiento del confort en verano por medio de los voladizos del porche.

1.1 Objetivos

Todos los intentos de conseguir una edificación confortable con la mínima necesidad de sistemas convencionales de calefacción y refrigeración son la solución para los usuarios que exigen condiciones placenteras con un impacto ambiental reducido; garantizando también de esta manera una reducción tanto de emisiones dañinas al medio ambiente, como también, reducción en el consumo eléctrico y gastos de operación.

En la República Dominicana este concepto aun es un tabú, ya que se considera que las únicas soluciones para un clima cálido-tropical con altas temperaturas durante prácticamente todo el año es la ventilación manual y el uso de aire acondicionado de forma desmedida. Aunque dichas soluciones no son en sí incorrectas, no se usan de forma óptima. Al momento del diseño y ejecución del proyecto se utilizan materiales que funcionen estructuralmente y accesorios que sean atractivos al cliente, dejando el confort a sistemas convencionales que luego son reflejados en la factura eléctrica.

Por lo mencionado anteriormente, y la necesidad mundial de realizar construcciones que tengan un impacto mínimo en el medio ambiente, se realiza este proyecto; aplicando un estándar que logre aprovechar al máximo los materiales, la ubicación y el clima. La creación de una vivienda que cumpla el estándar Passive House en la República Dominicana supone un reto, ya que hasta el momento no se ha certificado un proyecto en el caribe con estas especificaciones. Para lograrlo se deberán encontrar los puntos débiles de los métodos constructivos y aplicar soluciones que conlleven una mejora en el funcionamiento de la vivienda.

1.2 Metodología a utilizar

Para la realización del proyecto presentado se modelará una vivienda en la República Dominicana especificando sus materiales, equipos y soluciones constructivas, así como también, el clima al que será expuesto. Todos esos datos serán introducidos a la herramienta de cálculo Passive House Planning Package (PHPP) del Passive House Institute (PHI) donde se evaluarán los resultados obtenidos al estudiar una vivienda con los métodos constructivos habituales de Santo Domingo. Este modelado será denominado "Modelado Básico".

Además, se modelará la misma vivienda añadiendo elementos que mejoren las soluciones constructivas para determinar qué mejoras se tendrían que hacer al método tradicional para cumplir con las especificaciones del PHI. Se prevé que

este modelado requerirá grandes espesores por lo que se le denominará "Modelado de alta masa térmica".

Por último, se realizará un tercer modelado, con la diferencia que este intentará buscar una solución completamente diferente a las anteriores, utilizando como parámetro soluciones basadas en sistemas ligeros con baja masa térmica ejecutadas en casas pasivas ya certificadas que tengan condiciones climáticas similares a la estudiada. A este modelado se le denominará "Modelado de baja masa térmica".

Luego de tener los tres modelados evaluados en el PHPP se compararán los resultados, se evaluará la diferencia de inversión inicial de cada vivienda y se mostrará la diferencia mensual en coste energético entre ellas.

Capítulo 2. Antecedentes

2.1 Estado del Arte



Figura 1: Mapa de edificaciones certificadas por el PHI.

La figura 1 muestra el estado actual a la fecha (4 de octubre de 2018) de las edificaciones certificadas por el Passive House Institute (PHI). En total son 4.438 construcciones certificadas («Certified Buildings Map», s. f.), donde como era de esperarse, la gran mayoría se encuentran en Europa.

Por otro lado, Norteamérica ha aplicado bastante este estándar provocando que América sea el segundo continente con más certificaciones; aunque habría que destacar que en América solo existen dos certificaciones que no se encuentran en Norteamérica y es en Chile, América del Sur. En Oceanía y Asia también se pueden encontrar edificaciones certificadas, aunque en menor proporción; hasta llegar a África donde aún no se ha realizado la primera.

A pesar de haber tantas edificaciones con certificación Passive House, este estándar nació en climas fríos y para estos climas. Aun así, dicho estándar puede

ser aplicado en condiciones similares para climas con necesidades únicamente de refrigeración, con menos conflictos que en el caso de los climas templados.

Para este estudio solo se presentarán algunos ejemplos de aquellas que por sus condiciones climáticas o por las soluciones constructivas realizadas aportan una base para este proyecto.

2.2 Revisión de Casos en Climas Cálidos

2.2.1 Passivhaus Herrera

En Andalucía, España, en la localidad de Herrera, muy cerca de la comúnmente llamada "la sartén de Andalucía" por sus temidas temperaturas en verano que pueden alcanzar fácilmente los 45°C, se crea esta vivienda (Figura 2). Su promotor, Juan Manuel Aragón, utilizando ladrillos de arcilla cocida por ser un negocio familiar de décadas y por su interés por la construcción sostenible se emprendió en este reto (Ecoconstrucción, 2018).



Figura 2: Vista superior de Passivhaus Herrera.

Para conseguir el confort óptimo y reducir el consumo energético del proyecto la primera solución constructiva de la vivienda fue la orientación de su fachada hacia el norte. La composición de los muros está dispuesta por una fachada ventilada de ladrillo macizo hacia el exterior como se muestra en la figura 3. En el centro del muro posee una capa de aislamiento de lana de roca y una capa de

poliestireno extruido y reflexivo como se muestra en la figura 4. Todo esto encerrado con una capa de ladrillo hueco doble interior.



Figura 3: Fachada ventilada Passivhaus
Herrera.



Figura 4: Aislamiento interior en Passivhaus
Herrera.

Para garantizar la estanqueidad del aire se utilizan cintas adhesivas de alto rendimiento al aire que evitan infiltraciones en paredes y ventanas. Por otro lado, la cubierta se utilizó como quinta fachada ventilada debido a la instalación de un suelo flotante.

Otro detalle constructivo importante es que la vivienda cuenta con suelo radiante, el cual, mediante captadores solares cubre la energía necesaria en invierno y el mismo es refrescante en verano mediante un intercambiador geotérmico como se observa en la figura 5. La "Passivhaus Herrera" logró certificarse en noviembre 2017 como una casa pasiva consiguiendo una demanda de calefacción y refrigeración por debajo de los 13,20 kWh/m² al año cada una. También se destacó por aportar un consumo de energía primaria de 101 kWh/m² al año (Ecoconstrucción, 2018).



Figura 5: Suelo radiante colocado en Passivhaus Herrera.

2.2.2 Rehabilitación del departamento en la Ciudad de México

Este proyecto nace luego de que los arquitectos Marisa Egea y Alejandro Herrera se capacitaran sobre temas de sostenibilidad y eficiencia energética, y conocieran el estándar Passive House. Para su empresa llevar a cabo este reto era de suma importancia ya que, no solo podían vender a los clientes ideas de eficiencia energética y confort, sino que lograban demostrar con un modelo tangible que dicho estándar era alcanzable en México (Lozano, 2015).

Se trataba de un departamento en un cuarto nivel con orientación sur lo que provocaba que se alcanzaran altas temperaturas durante la primavera y el verano por los rayos solares como se muestra adelante en la figura 6.

La rehabilitación consistió en colocar una estructura de acero como nueva estructura para todo el inmueble; los nuevos muros tienen una composición de madera aglomerada, poliestireno expandido, una barrera de vapor y pintura reflectiva.

La cubierta es de concreto con cimbra aparente, además tiene 7,5 centímetros de poliestireno expandido. En el piso también se colocó dicho aislamiento y se dejó una capa de aire de 30 centímetros donde se encuentran las instalaciones (Lozano, 2015).



Figura 6: Primera Passivhaus en México.

Esta remodelación dio como resultado que el departamento redujera en un 96% la demanda por refrigeración y un 68% el consumo de energía primaria.

2.2.3 Primera casa autónoma sostenible de los Emiratos Árabes Unidos

Este edificio de oficinas realizado por el Mohammed Bin Rashid Space Centre (MBRSC), que es una organización del gobierno de Dubái que trabaja activamente para promover la ciencia espacial y la investigación en la región, es el primer proyecto en los Emiratos Árabes Unidos que cumple con los estándares Passive House (Figura 7). Lograron garantizar un confort óptimo y condiciones de vida saludables durante todo el año en un clima cálido y húmedo como el de esta ciudad («La primera casa pasiva fuera de la red», 2017).



Figura 7: Vista frontal de las oficinas de MBRSC.

Las soluciones constructivas y las tecnologías utilizadas hacen que la casa sea independiente de la red eléctrica. La alta eficiencia de sus paneles solares satisface todas sus necesidades energéticas como lo son: refrigeración, iluminación y productos electrónicos.

La composición de los muros por la parte interna cuenta con 7,5cm de aislamiento de fibra mineral embebido por dos placas de yeso de 1,25 cm cada una. En el

centro del muro posee un entramado de madera de 20 cm con aislamiento térmico y acústico de fibra mineral en su interior. Por último, en la cara del muro que da al exterior cuenta un sistema SATE de 18 cm de poliestireno expandido revestido con un mortero armado con una malla.

El suelo está compuesto por una solera 6 cm de concreto que da al interior, 2 cm de poliestireno extruido, 15,5 cm de mortero de perlita y 22,5 cm de poliestireno extruido en contacto con el terreno.

La cubierta cuenta con una lámina de elastómero termoplástico en el exterior, 20 cm de poliestireno extruido, 1,5 cm de OSB ("Oriented strand board" que traducido al español sería un tablero de virutas orientadas), 28 cm de aislamiento de fibra mineral entre las vigas y 2,5 cm de una placa de yeso por el interior para un acabado homogéneo.

Para la refrigeración del edificio desde un inicio se descartó el uso de sistemas convencionales. Se utilizó un sistema de enfriamiento que reduce la temperatura del aire al tocar el agua enfriada que pasa a través de la red de tuberías distribuida por el piso de la casa. El enfriamiento del agua está a cargo de una bomba de calor y esta bomba de calor es alimentada por los paneles solares instalados. A diferencia de los sistemas convencionales, el colocado controla la temperatura, la humedad y la calidad del aire para garantizar el confort establecido («La primera casa pasiva fuera de la red», 2017).

Los Emiratos Árabes Unidos presentan un clima cálido con muy altas temperaturas, lo que produce que la necesidad de refrigeración en las edificaciones sea imprescindible. Es tanto así, que el 70% de la energía consumida en las viviendas es destinada al enfriamiento. Con este proyecto, la MBRSC consiguió reducir un 85% el consumo en comparación con las casas convencionales, demostrando así que el estándar Passive House no va atado con climas específicos sino con soluciones constructivas para conseguir confort y menos emisiones dañinas al medio ambiente.

2.2.4 Aplicación de técnicas de enfriamiento pasivo en Malasia

El enfriamiento en una casa pasiva en un clima cálido será la causa del mayor consumo energético porque será primordial para garantizar el confort dentro de la vivienda. El objetivo principal de este estudio fue determinar las posibles estrategias de enfriamiento pasivo para casas en Malasia. Con esta ventilación se proyectaba que se reduciría las molestias térmicas que experimentan los hogares existentes.

Los descubrimientos claves de las mediciones de campo se resumen en los siguientes puntos:

- La temperatura del aire interior en las casas tradicionales de Malasia en promedio es más alta que la temperatura del aire exterior en 1 °C durante el día en condiciones de ventana abierta y 2 °C en la noche en condiciones de ventana cerrada.
- Las temperaturas del aire interior adyacentes a los pequeños patios son más bajas que las del exterior inmediato durante el día hasta 5-6 °C. Por la noche, las temperaturas del aire interior mantienen valores similares al exterior.
- Los patios pequeños son efectivos para mejorar la ventilación nocturna y el enfriamiento radiante nocturno.
- La aplicación de ventilación nocturna es una de las estrategias de enfriamiento pasivo más prometedoras para las casas de estructuras de alta masa térmica. Se ha informado que la ventilación nocturna sola puede reducir la temperatura máxima del aire interior en 2,5°C y la temperatura nocturna del aire en un promedio de 2 °C en comparación con la ventilación diurna actual.
- En particular, en este estudio de las casas de Malasia, el aislamiento para el techo sería importante ya que la altitud solar durante el día es siempre alta en Malasia. (Kubota & Toe, 2015)

2.3 Métodos constructivos de la República Dominicana

La República Dominicana es un país de la zona central de las Antillas ubicado en la isla La Española, compartiendo terreno con Haití. Cuenta con 48.430 km², los cuales tienen al norte y al este el Océano Atlántico, al sur el Mar Caribe y al oeste Haití («Sobre República Dominicana - GoDominicanRepublic.com», s. f.).

El sector de la construcción representa un alto porcentaje del producto interno bruto del país, alcanzando un 9,8% en el 2017 (CDN, 2018). A pesar de esto, los avances que presenta este sector son más notorios en cantidad que en calidad; sin obviar que en varias ciudades del país y en mayor cantidad en la capital del país, Santo Domingo, a la fecha se construyen obras de edificación de gran envergadura que cuentan con presupuestos y equipos que permiten aplicar métodos constructivos más avanzados.

Las viviendas unifamiliares de la República Dominicana se pueden dividir en dos grandes grupos, dependiendo en mayor parte de las posibilidades económicas de la familia. El grupo numero 1 como se muestra en la figura 8, familias de bajos recursos, son viviendas completas de madera con losa de piso de hormigón y cubierta de planchas de zinc o paja. La ventilación de estas viviendas es principalmente satisfecha por ventanas, también de madera, que permanecen siempre abiertas al menos que se presenten tiempos de fuertes lluvias. Este tipo de vivienda se encuentra de manera más habitual en las provincias menos desarrolladas del país, aunque en las provincias más desarrolladas también se encuentran en ciertos sectores.

En la figura 9 se muestra un bohío, la típica casa de los tainos (los primeros habitantes de la isla La Española). Se observa que la esencia todavía se mantiene y que solo han cambiado los materiales, antes hecha completa de paja y en la actualidad hecha de madera por la facilidad de obtener.



Figura 8: Casa tradicional de la República Dominicana.



Figura 9: Bohío-Vivienda de los nativos antes del descubrimiento de América.

El grupo número 2, y el cual será el objeto del presente trabajo, como se muestra en la figura 10, familias con más recursos. Son viviendas de bloques de hormigón, columnas y vigas de hormigón armado, losa de piso de hormigón y cubiertas de hormigón o planchas de zinc. Estas viviendas llevan en enlucido de mortero tanto en el interior como en el exterior para brindar un acabado más homogéneo y luego proceder a la pintura.

Este tipo de vivienda ya tiene un reglamento técnico a nivel nacional que indica procedimientos y cálculos que deben ser cumplidos, como también, límites de altura dependiendo la zona sísmica en la que se construyan.



Figura 10: Proceso constructivo de una vivienda de mampostería.

Como es típico en las viviendas de República Dominicana, estas también cuentan con ventanas para su ventilación, pero a diferencia del tipo de viviendas mencionadas en el grupo 1, en estas viviendas se puede encontrar una gran

variedad de tipo de ventanas (de celosía, correderas, proyectable, etc.). Asimismo, en estas viviendas es común encontrar ventiladores de techo o pared y/o sistemas de refrigeración, que son muy necesarios para contrarrestar las altas temperaturas que se presentan durante casi todo el año.

En los últimos años se ha desarrollado la construcción ligera por lo que es posible conseguir en estas viviendas, más aún cuando son de dos o más niveles, el sistema constructivo basado en módulos de poliestireno expandido con un recubrimiento de mortero de cemento en sus caras. Para estos casos, ya que estos muros no son estructurales, se realizan estructuras aporticadas.

2.4 Passive House

2.4.1 Definición

El PHI define Passive House como "un estándar de construcción que es verdaderamente eficiente en energía, cómodo y asequible al mismo tiempo. Las casas pasivas permiten un ahorro de energía relacionado con la calefacción y la refrigeración de espacios de hasta un 90% en comparación con el inventario de construcción típico y más del 75% en comparación con las nuevas construcciones promedio.

Las casas pasivas utilizan menos de 1,5 litros de petróleo o 1,5 m³ de gas para calentar un metro cuadrado de espacio habitable por un año, sustancialmente menos que los edificios comunes de "baja energía". Se han demostrado grandes ahorros de energía en climas cálidos donde los edificios típicos también requieren enfriamiento activo."(PHI, 2017)

Para poder cumplir con el estándar Passive House Mary James and James Bill (James & Bill, 2016) proporcionan un resumen de los cinco principios que no pueden faltar en el proyecto y ejecución de una casa pasiva, y son los siguientes:

1. **Nivel óptimo de aislamiento térmico.** La mayor parte de la energía se desperdicia en el recalentamiento y el enfriamiento de los espacios, ya que la mayor parte del calor y el frío se pierden a través de las paredes. El aislamiento mantiene el calor o el frío dentro del edificio, lo que reduce la demanda de energía de los sistemas de ventilación, calefacción y aire acondicionado.

2. **Eliminar los puentes térmicos.** Las conexiones son los puntos más débiles de la envolvente de un edificio, permitiendo que el calor innecesario escape hacia el interior.

3. **Crear una estructura hermética.** Una capa continua de barrera de aire alrededor de toda la envolvente del edificio reduce la necesidad de calefacción y refrigeración, elimina las corrientes de aire y hace que el edificio sea más duradero.

4. **Ventilación mecánica con recuperación de calor o energía.** Un sistema de ventilación mecánica suministra aire fresco y extrae el aire viciado en volúmenes específicos, proporcionando una excelente calidad del aire interior.

5. **Instalación de ventanas y puertas de alto rendimiento.** Las ventanas y puertas bien aisladas, que sellan herméticamente, reducen significativamente las pérdidas térmicas a través de la envoltura del edificio, eliminando las corrientes de aire frío y las pérdidas de calor por convección que comúnmente se sienten cuando se está cerca de ventanas de bajo rendimiento.

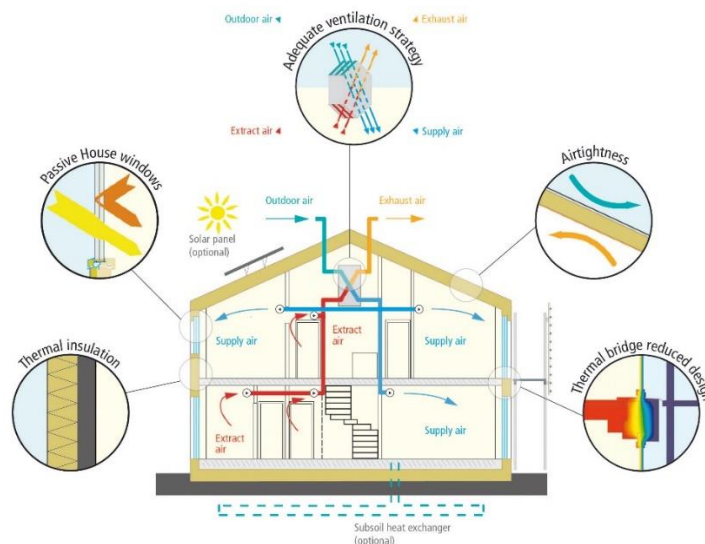


Figura 11: Los cinco principios básicos para la construcción de casas pasivas.

Estos cinco principios ya mencionados son los principios estándares para conseguir una Passive House según el PHI como se ve en la figura 11.

2.4.2 Requerimientos

Para que un edificio se considere una casa pasiva, debe cumplir con los siguientes criterios:

- ✓ La demanda de energía de la calefacción de espacio no debe exceder los 15 kWh por metro cuadrado de espacio habitable neto (área de piso tratada) por año o 10 W por metro cuadrado de demanda máxima.

- ✓ En climas donde se necesita refrigeración activa, el requisito de demanda de enfriamiento de espacios coincide aproximadamente con los requisitos de demanda de calor mencionados anteriormente, con un margen adicional para la deshumidificación.

- ✓ La demanda de energía primaria renovable (PER, según el método PHI), la energía total que se utilizará para todas las aplicaciones domésticas (calefacción, agua caliente y electricidad doméstica) no debe superar los 60 kWh por metro cuadrado de superficie tratada por año. Para la casa pasiva clásica.

✓ En términos de hermeticidad, un máximo de 0,6 cambios de aire por hora a una presión de 50 N/m², que se verifica con una prueba de presión in situ mejor conocida como "Blower Door".

✓ El confort térmico debe cumplirse en todas las áreas de vivienda tanto en invierno como en verano, con no más del 10% de las horas en un año determinado, por encima de los 25 ° C. (PHI, 2017)

Capítulo 3. Caso de estudio

La herramienta de cálculo del PHI exige la introducción de datos climáticos, datos de la vivienda a certificar (dimensiones, materiales, etc.), elementos que rodean la vivienda estudiada y equipos que satisfarán todas las necesidades de los usuarios de la vivienda.

3.1 Diseño de la vivienda

Se realizó un diseño de una vivienda unifamiliar común en la República Dominicana. Esta cuenta con 76,8 metros cuadrados de construcción los cuales se distribuyen en: dos habitaciones, dos baños completos, sala-comedor, cocina y área de lavado como se muestra en las figuras 12 y 13.

La vivienda está diseñada para una pareja con dos hijos. Se tomaron estos parámetros basados en el último censo realizado en el país. (Nacional, 2010).

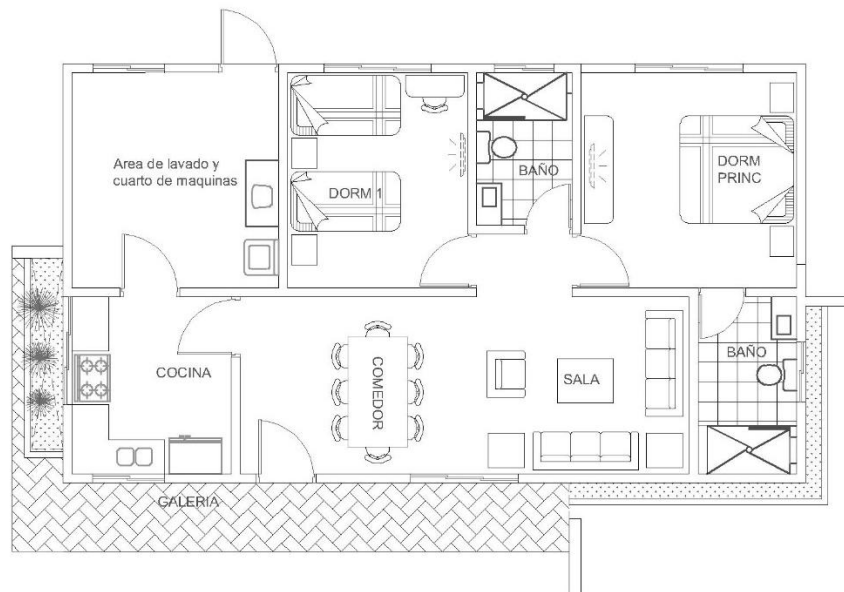


Figura 12: Plano de distribución de la vivienda.



Figura 13: Elevación frontal de vivienda.

3.2 Clima

El clima dominante en la República Dominicana es el Tropical Húmedo de Sabana por lo que se caracteriza por tener elevadas temperaturas, muchas precipitaciones y humedad alta. La herramienta de cálculo del PHI da dos opciones al usuario para establecer el clima donde se ubicará la edificación estudiada: seleccionando una región del país a estudiar de los que trae consigo el PHPP o si no se encuentra la región deseada, introduciendo los datos climáticos.

Los datos climáticos que se deben introducir en el caso de no encontrar la región en el PHPP son: latitud, longitud, altitud, fluctuación diaria de temperatura, temperatura exterior, radiación norte, radiación este, radiación sur, radiación oeste, radiación horizontal, punto de rocío y temperatura del cielo. Todos estos datos se introducen como promedios mensuales.

Para el presente caso de estudio los datos climáticos no se encuentran en el PHPP, pero tampoco fue posible conseguirlos todos a través de la Oficina Nacional de Meteorología, quién es la institución responsable de ellos en la República Dominicana. Esto se debe a que los datos de radiación específica por los puntos cardinales no estaban.

Como solución a este problema se eligió una región con un clima muy parecido al de Santo Domingo y que compartieran zona latitudinal. Para ello se optó por

Brasilia, ciudad de Brasil que se caracteriza por tener un clima tropical de sabana. Debajo en la tabla 1 se presenta la comparación entre los datos de las dos ciudades.

Cabe destacar, que sí existe una diferencia significativa en la humedad de ambas ciudades por lo que la humedad introducida en el PHPP fue la de Santo Domingo.(Oficina Nacional de Meteorología, s. f.)

Temperatura promedio (° C)													
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
República Dominicana	27	27	28	28	28	30	30	30	30	30	29	27	28.67
Brasilia	25	28	29	30	29	29	28	28	28	28	27	25	27.82
Diferencia	2	-1	-1	-2	-1	1	2	2	2	2	2	2	0.84
Radiacion horizontal (kWh/m²mes)													
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
República Dominicana	151	148	175	168	171	171	174	159	153	159	147	146	160.18
Brasilia	154	170	158	145	142	147	145	154	141	150	147	143	149.67
Diferencia	-3	-22	17	23	29	24	29	5	12	9	0	3	10.52

Tabla 1: Comparación entre Santo Domingo y Brasilia. Fuente: Oficina Nacional de Meteorología (ONAMET) y PHPP.

3.3 Modelados

Como se propuso en la metodología del proyecto, se harán tres modelados distintos y cada uno se evaluará en la herramienta de cálculo del PHI. En los distintos modelos solo será alterada la envolvente y las soluciones de climatización. Las condiciones del clima, del terreno, las medidas internas y el uso se mantendrán igual. Cada vivienda contará con lavadora de ropa y refrigerador, con los consumos descritos debajo en la tabla 2 y la estufa será de GLP. Los demás aparatos conectados a la electricidad como la iluminación, la electrónica y aparatos pequeños son asumidos como valores estándares y por el PHPP.

Aparato	Modelo	Demanda Estándar (kWh/uso)
Lavadora	LG F2J5WN3W	1.10
Refrigerador	LG LB44SVP2	0.76

Tabla 2: Aparatos eléctricos utilizados en todos los modelados. («Lavadora eficiente de 6,5kg / LG», s. f.; «LG Refrigerador Bottom Freezer con Motor Inverter Linear Compressor y Capacidad Total de 441 LTS / LG», s. f.)

3.3.1 Modelado Básico

El modelado básico, como su nombre lo indica, es el modelo donde se estudia el comportamiento de una vivienda típica en Santo Domingo. Para este modelado, como se muestra en los anexos en la Tabla PHPP 1, los muros exteriores están compuestos por bloques de hormigón cubiertos en ambos lados con mortero de áridos ligeros.

La cubierta es de hormigón armado con una capa de formación de pendientes de mortero de áridos ligeros y por el interior un enlucido de yeso. La solera es también de hormigón armado con un mortero autonivelante por encima para la colocación de una capa de baldosa de granito.

En la siguiente tabla, tabla 3, se resume los materiales utilizados:

Material	λ [W/(mK)]
Mortero de áridos ligeros	0,41
Bloque de hormigón de 20cm Prefhorvisa 1.150kg/m ³	1,18
Baldosa de granito de 2.500-2.700 kg/m ³	2,8
Mortero autonivelante	2,0
Hormigón armado 2.300-2.500 kg/m ³	2,5
Enlucido de yeso	0,25

Tabla 3: Lista de materiales y conductividades térmicas utilizadas en Modelado Básico.

(PREFHORVISA, s. f.)

Cálculo de la Transmitancia Térmica:

La fórmula general para calcular el Valor U, es:

$$U = \frac{1}{R_t}$$

Donde:

- U = Transmitancia Térmica (W/m²k)
- R_t = Resistencia Térmica Total del elemento compuesto por capas (m²k/W), que se obtiene según:

$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n + R_{se}$$

Donde:

- Rsi = Resistencia Térmica Superficial Interior
- Rse = Resistencia Térmica Superficial Exterior

R1, R2, R3, Rn = Resistencia Térmica de capa, que se obtiene según:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Donde:

- e = Espesor del Material (m)
- λ = Conductividad Térmica del Material (W/mk)

Muros exteriores:

Capa	Conductividad Térmica (W/mK)	Espesor (mm)
Enlucido de mortero de áridos ligeros	0.41	20
Bloque de hormigón	1.18	200
Enlucido de mortero de áridos ligeros	0.41	20

Tabla 4: Composición de muros en Modelado Básico

$$R_t = 0.13^* + \frac{0.02}{0.41} + \frac{0.2}{1.18} + \frac{0.02}{0.41} + 0.04^* = 0.437 \text{ m}^2\text{k/w}$$

$$U = \frac{1}{0.437} = 2.288 \text{ W/m}^2\text{k}$$

Solera en contacto con el terreno:

Capa	Conductividad Térmica W/mK	Espesor (mm)
Baldosa de granito	2.80	20
Mortero autonivelante	2.00	50
Hormigón armado	2.50	120

Tabla 5: Composición de solera en Modelado Básico

$$R_t = 0.10^* + \frac{0.02}{2.8} + \frac{0.05}{2.0} + \frac{0.12}{2.5} + 0.00^* = 0.180 \text{ m}^2\text{k/w}$$

$$U = \frac{1}{0.180} = 5.551 \text{ W/ m}^2\text{k}$$

Cubierta plana:

Capa	Conductividad Térmica W/mK	Espesor (mm)
Mortero de cemento	2.00	60
Hormigón Armado	2.50	150
Enlucido de Yeso	0.25	5

Tabla 6: Composición de cubierta en Modelado Básico

$$R_t = 0.17^* + \frac{0.6}{2.00} + \frac{0.15}{2.5} + \frac{0.05}{0.25} + 0.04^* = 0.320 \text{ m}^2\text{k/w}$$

$$U = \frac{1}{0.320} = 3.125 \text{ W/ m}^2\text{k}$$

*Valores de Rsi y Rse arrojados por el PHPP dependiendo los datos climáticos introducidos.

Con estas características de los tres sistemas constructivos utilizados en este modelado se introdujeron las superficies detallando la orientación a la que estaba dirigida cada una como se muestra en los anexos en la Tabla PHPP 2.

Luego de introducidas las superficies el programa tiene un cálculo no preciso del flujo de energía a través de la envolvente ya que en todo lugar de la construcción donde haya una variación de la uniformidad, cambios de espesores, uniones de diferentes elementos, etc., habrá un puente térmico que tendrá que ser estudiado e introducido.

En el caso estudiado se denominaron seis puentes térmicos. Utilizando la herramienta gratuita para el cálculo y simulación energética de puentes térmicos THERM se procedió a su cálculo.

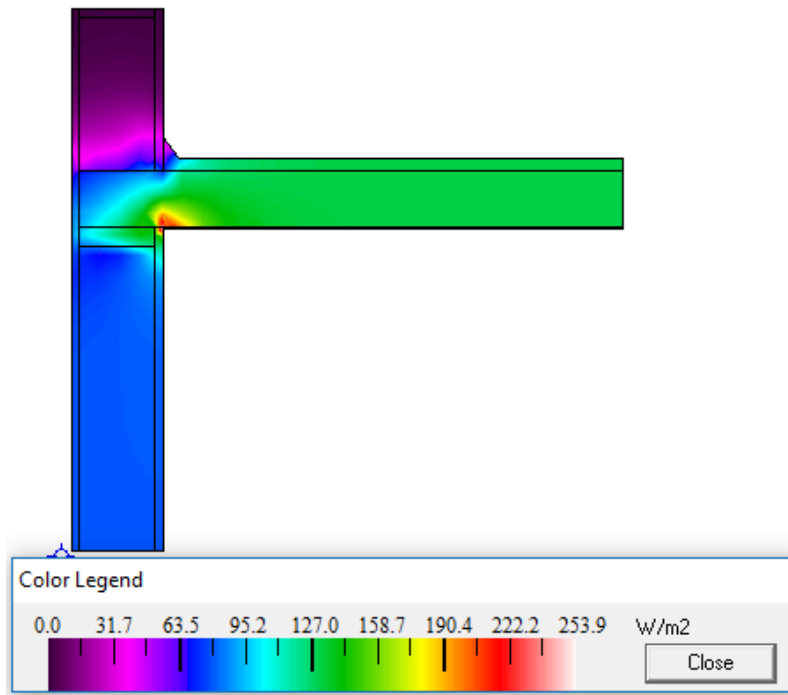


Figura 14: Flujo de Calor en PT_01_MB

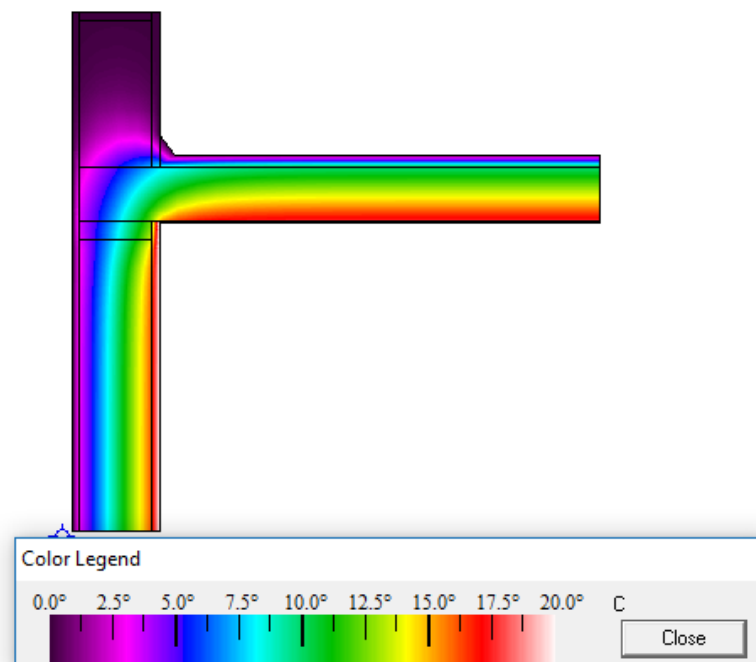


Figura 15: Distribución de Temperatura en PT_01_MB

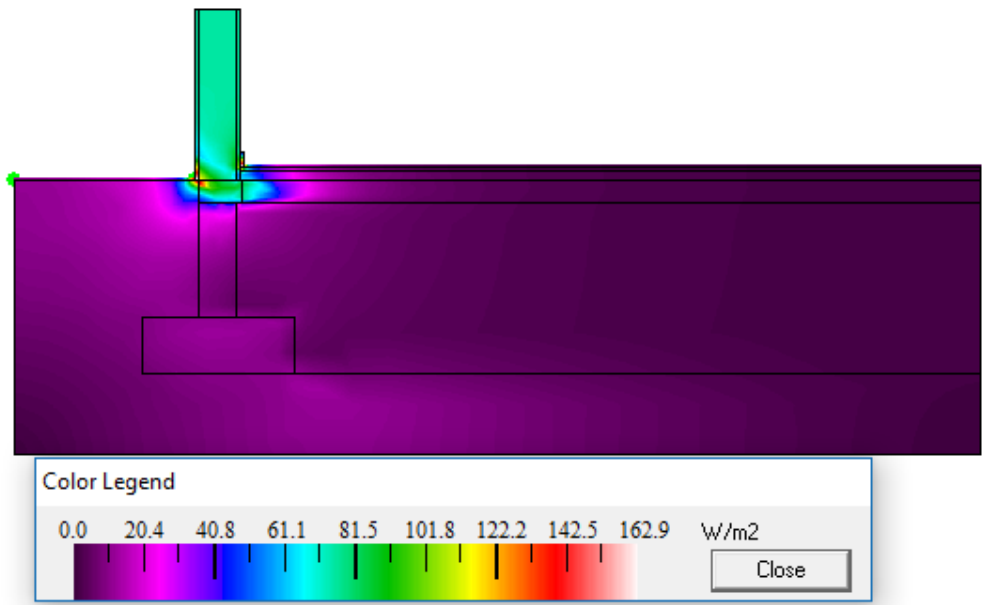


Figura 16: Flujo de Calor en PT_02_MB

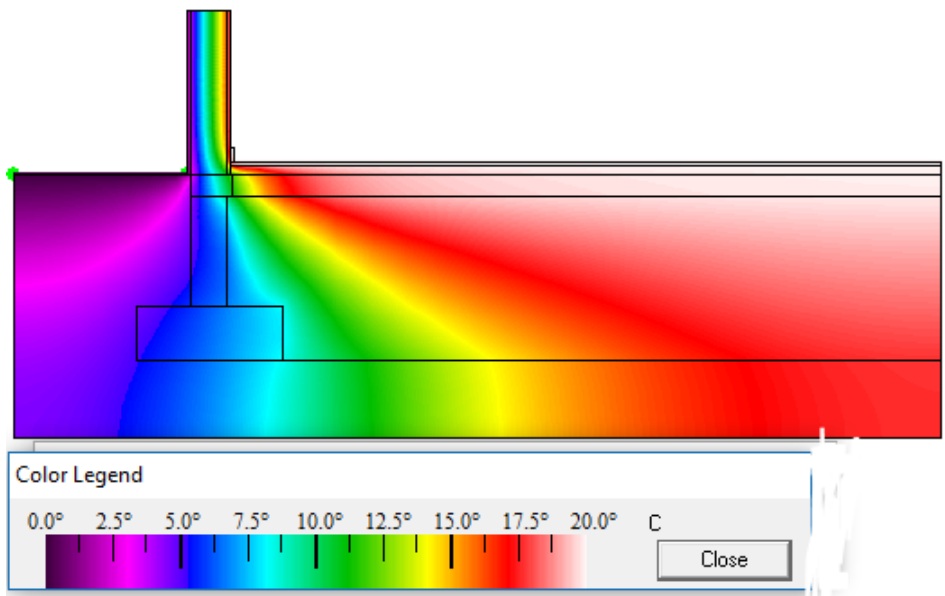


Figura 17: Distribución de Temperatura en PT_02_MB

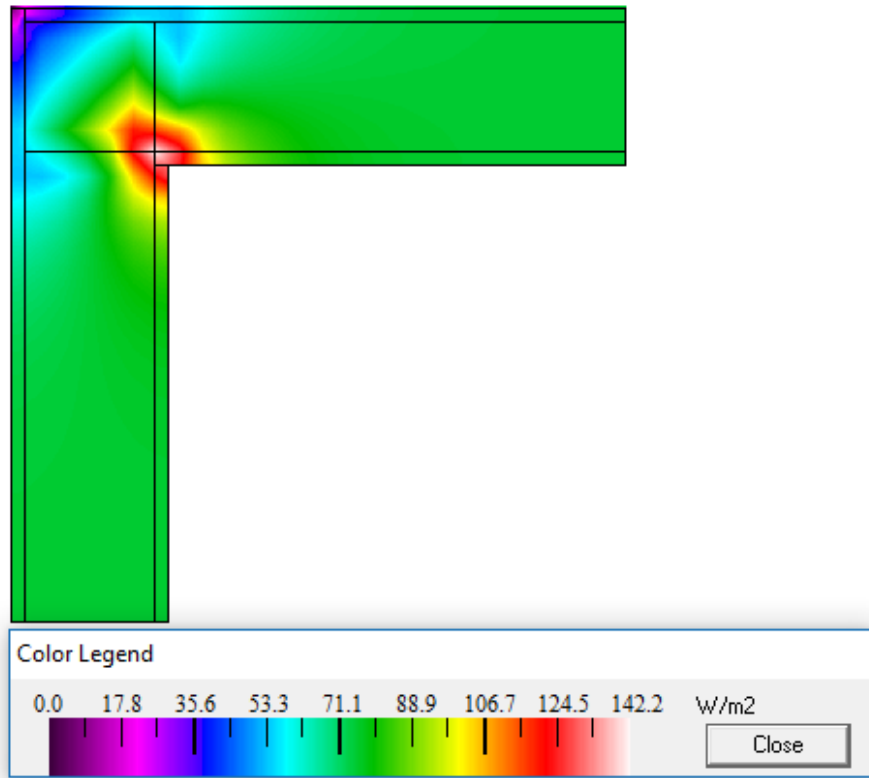


Figura 18: Flujo de Calor en PT_03_MB

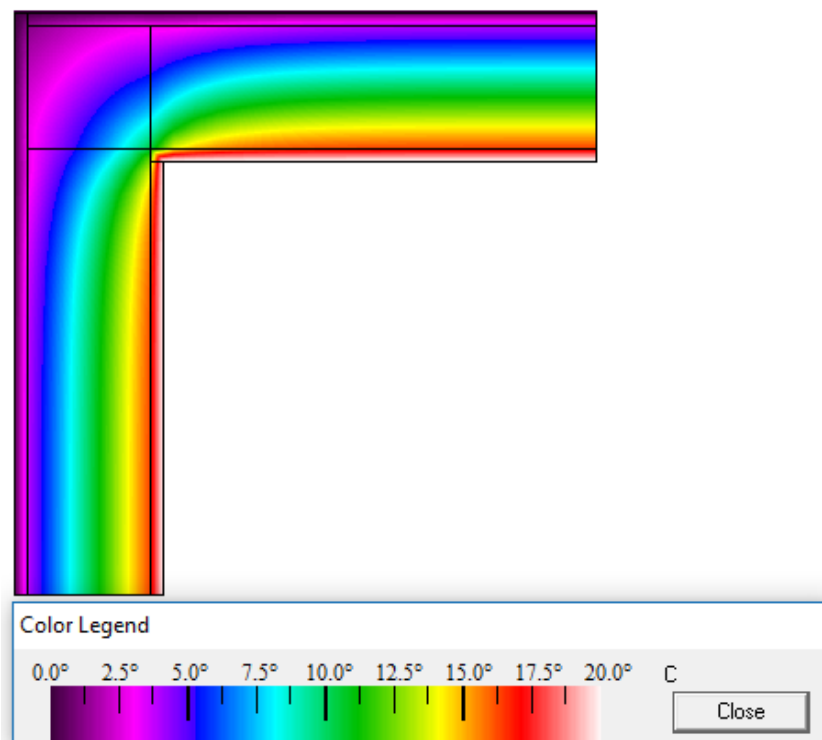


Figura 19: Distribución de Temperatura en PT_03_MB

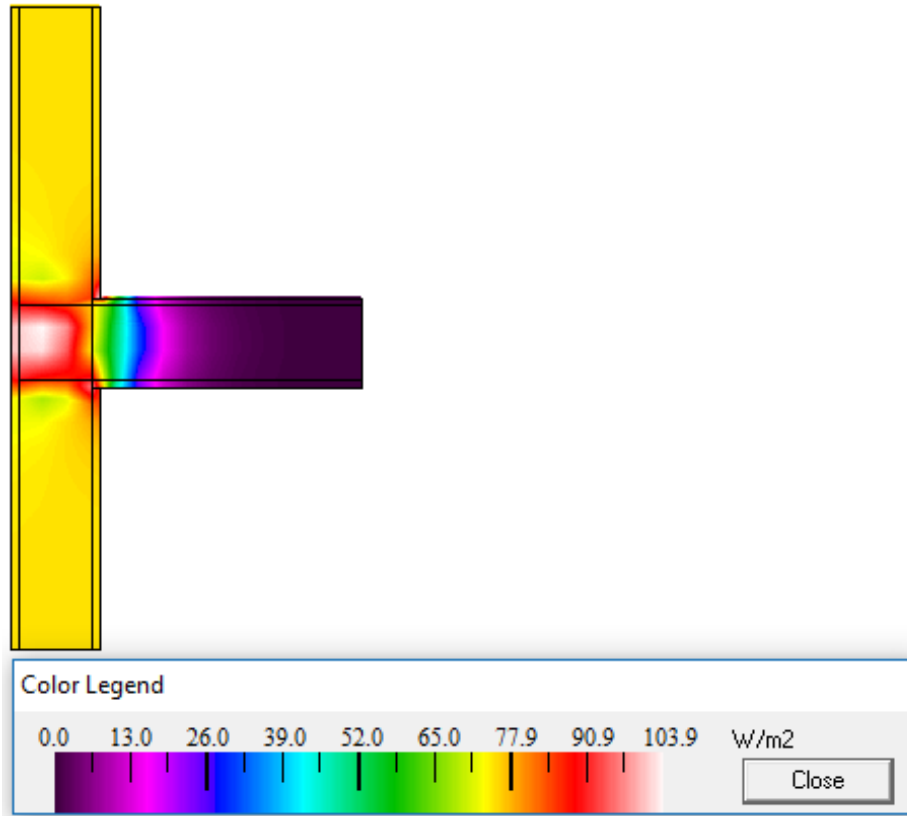


Figura 20: Flujo de Calor en PT_04_MB

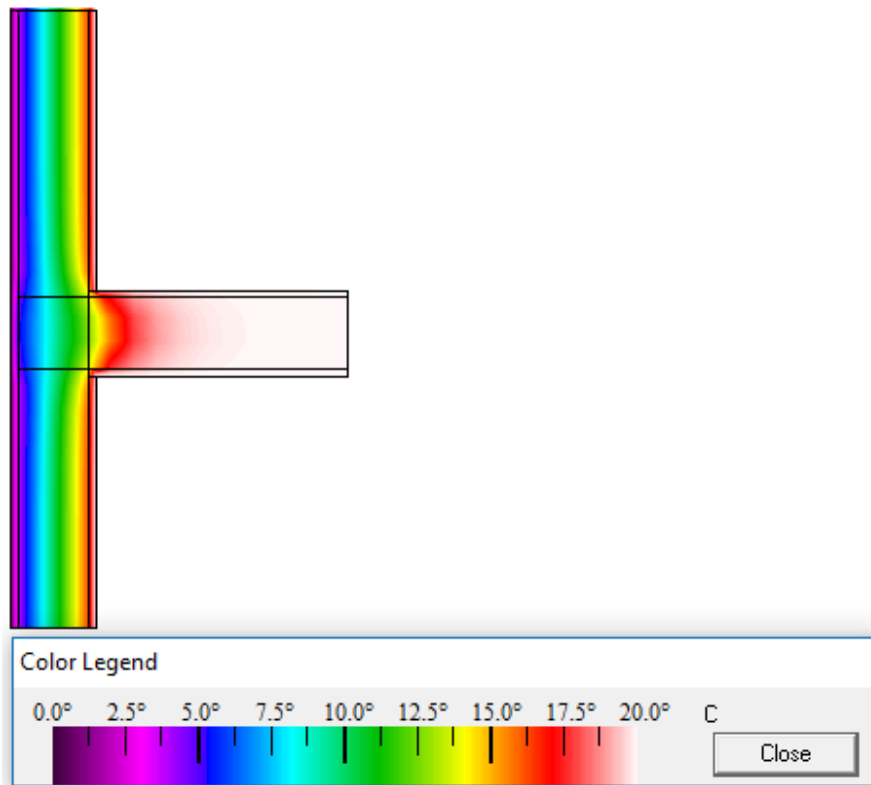


Figura 21: Distribución de Temperatura en PT_04_MB

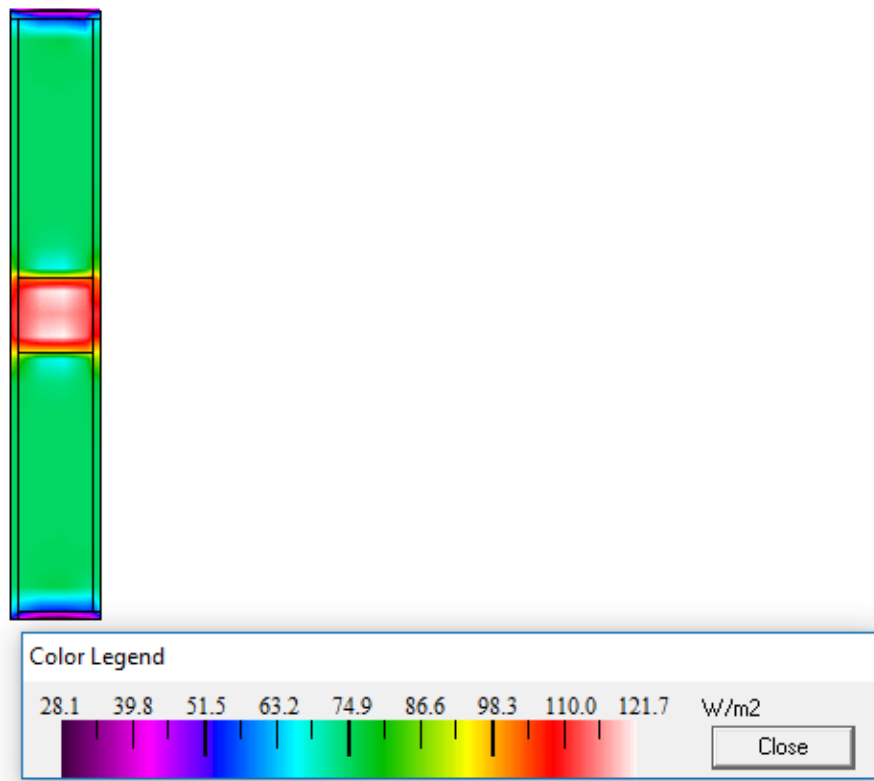


Figura 22: Flujo de Calor en PT_05_MB

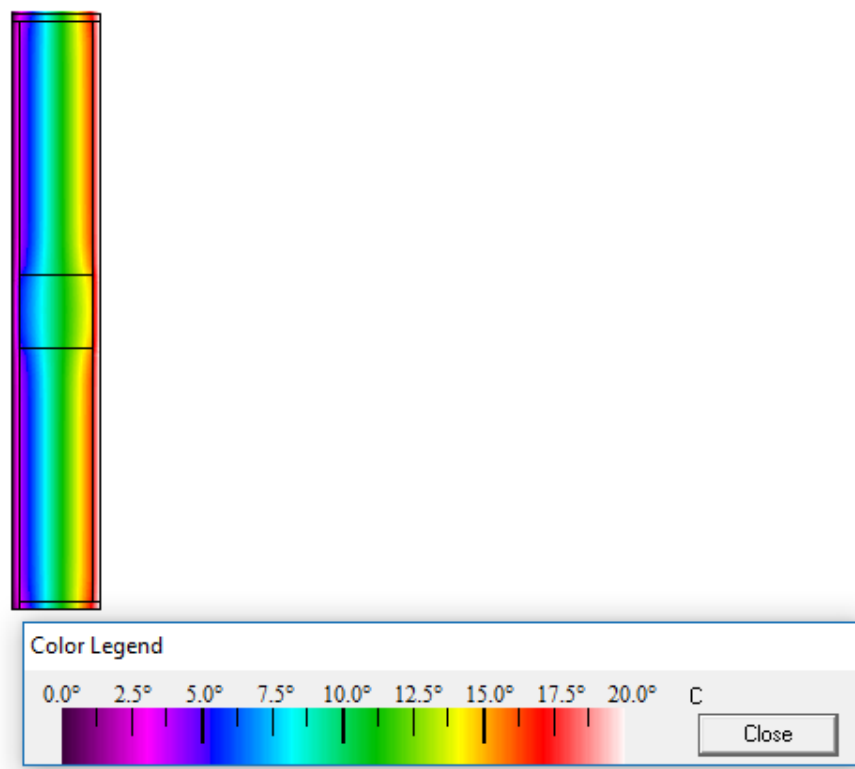


Figura 23: Distribución de Temperatura en PT_05_MB

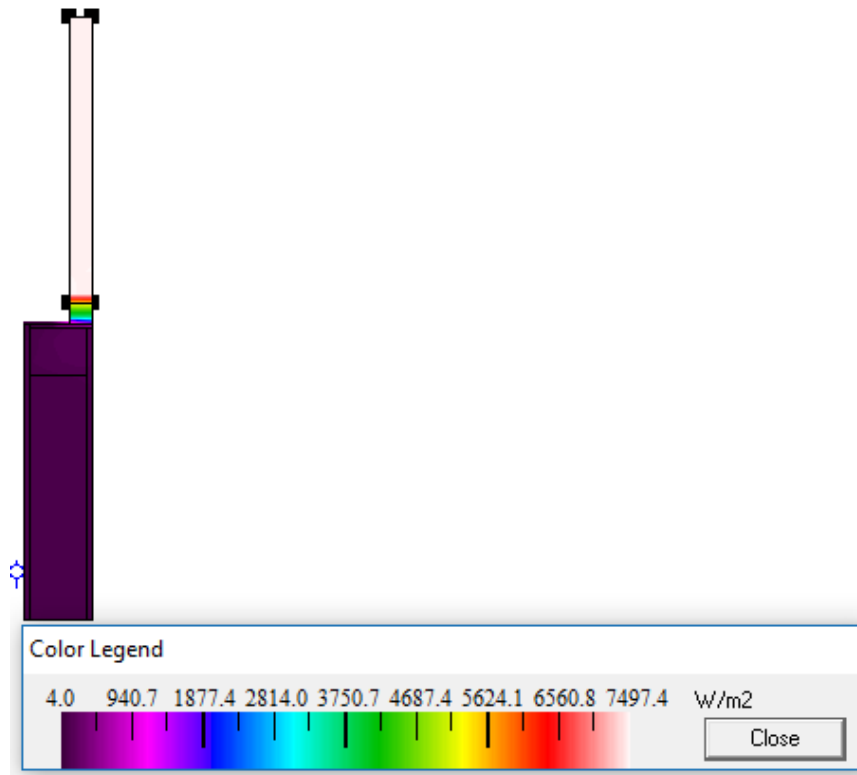


Figura 24: Flujo de Calor en PT_06_MB

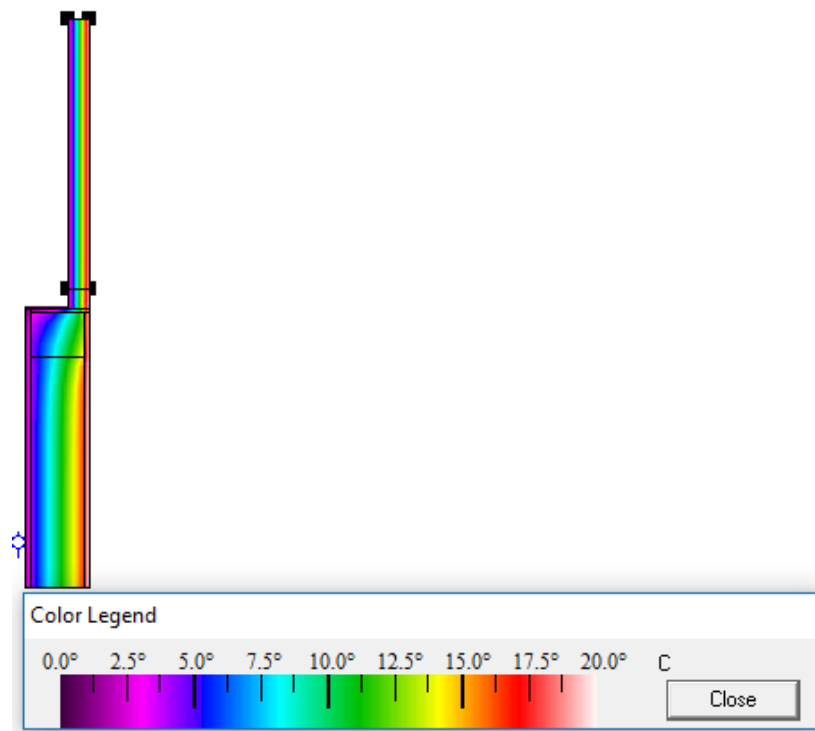


Figura 25: Distribución de Temperatura en PT_06_MB

Del THERM se extrajeron dos tipos de graficas para cada puente térmico. La primera gráfica, las figuras 14, 16, 18, 20, 22 y 24, muestra el flujo del calor a lo largo del detalle, marcando de rojo los puntos o zonas por donde más tiene movimiento el mismo. Esto muestra los puntos que menos resistencia presentan al flujo del calor del elemento y lo que posiblemente sea un puente térmico.

La segunda gráfica, las figuras 15, 17, 19, 21, 23 y 25, muestra el flujo de la temperatura a largo del detalle. Los colores más cálidos (rojos, anaranjados y amarillos) mostrarán las zonas calientes y los colores fríos (azules y violeta) las zonas frías.

Luego de modelar los distintos puentes térmicos en el THERM, como se observa desde la figura 14 hasta la 25, se obtuvieron valores de transmitancia térmica bidimensional para cada caso. Como estos valores arrojados incluyen los sistemas constructivos ya introducidos en el PHPP se deben restar la transmitancia térmica de estos para solo obtener el valor del puente térmico. Para ello, se utilizó la siguiente fórmula para el cálculo de la transmitancia térmica lineal del puente térmico que muestra el CTE (*DA-DB-HE-3 - Puentes térmicos*, s. f.):

$$\psi = \frac{\Phi_{2D}}{L(\theta_i - \theta_e)} - \sum (A_i U_i)$$

Donde:

- ψ = Transmitancia térmica lineal (W/Mk)
- Φ_{2D} = Flujo de calor a través del elemento analizado mediante un modelo bidimensional (W)
- L = Longitud del encuentro (m)
- $\theta_i - \theta_e$ = Diferencia de temperaturas entre interior y exterior (K)
- U_i = Transmitancia térmica del elemento adyacente i (W/m²K)
- A_i = Superficie a la que se le aplica el valor U_i (m²)

Este procedimiento se realizó en una hoja de cálculo con los detalles de valor U de los elementos que componen cada puente térmico, se muestra en los anexos

tabla 1-6 del modelado básico, y en la tabla 7 siguiente se muestra un resumen de los resultados. La cantidad y longitud de dichos puentes térmicos se introdujo en la hoja de cálculo del PHI como se muestra en los anexos en la tabla PHPP 3.

Denominación de puente térmico	Valor Ψ [W/(mK)]
PT_01_UNION_MURO_LOSA_MB	4.134
PT_02_PERIMETRAL_ZOCALO_MB	1.853
PT_03_COLUMNAS_EN_ESQUINA_MB	1.583
PT_04_COLUMNAS_EN_T_MB	0.577
PT_05_COLUMNAS_CENTRADAS_MB	2.719
PT_06_VENTANAS_MB	6.839

Tabla 7: Puentes térmicos en Modelado Básico

El modelado básico, al ser una representación de los sistemas constructivos habituales de Santo Domingo, se le colocó una ventana de vidrio sencillo con Valor U_g de 5.7 W/m²k, con marco metálico con Valor U_f de 5.7 W/m²k («Tabla de Marcos de Ventanas», s. f.). Dicha solución desobedece la recomendación del PHPP de empezar la planificación con un acristalamiento triple. Las dimensiones de todas las ventanas y su orientación fueron introducidas como se muestra en el anexo Tabla PHPP 4, y sus resultados arrojaron una llamada de advertencia al confort que se tendría dentro de esa vivienda presentados más adelante en la tabla 8.









Resultados				Indicador de temperatura en la superficie de la ventana		
Superficie de ventana	Superficie de vidrio	Uv instalada	Proporción de acristalamiento por ventana	Confort		Balance de energía
m ²	m ²	W/(m ² K)	%	Excepción		kWh/a
0.5	0.29	46.93	57%			-2
1.6	1.19	27.73	76%			-4
3.4	2.85	20.58	83%			-7
1.0	0.70	33.47	70%			-3
1.3	0.98	29.66	74%			-4
4.0	3.08	25.84	78%			-10
1.3	0.98	29.66	74%			-4
0.5	0.29	46.93	57%			-2

Tabla 8: Resultados de confort de las ventanas en Modelado Básico

Las sombras juegan un papel muy importante en el intento de crear una casa pasiva, y en un clima muy caluroso como el estudiado no es la excepción ya que evitan ganancias internas de calor indeseadas. El PHPP exige la introducción de objetos en el horizonte que causen sombra, los telares o remetimientos laterales y los voladizos que causan sombra, cada uno con su distancia como se muestra en los anexos en la Tabla PHPP 5. El cálculo para los factores de reducción adicional para sombreado en invierno y verano se encuentran en los anexos en la tabla 7.

Para el estudio de las sombras se consideró un complejo de viviendas iguales equidistantes como se muestra en la figura 26, tomando en cuenta que solo las viviendas en los alrededores producen alguna sombra a las ventanas. Estas ventanas corredizas serian abiertas por el usuario para ventilar la casa cuando lo crea necesario ya que no se tiende a tener una unidad de extracción de aire en viviendas unifamiliares.

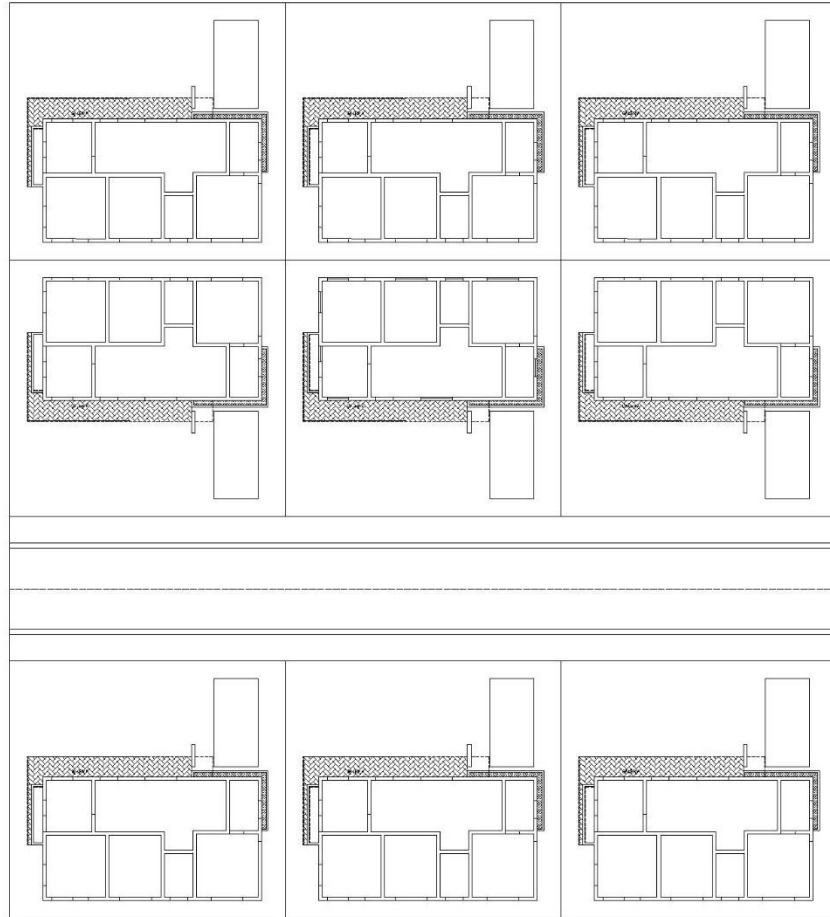


Figura 26: Distribución de viviendas en complejo residencial.

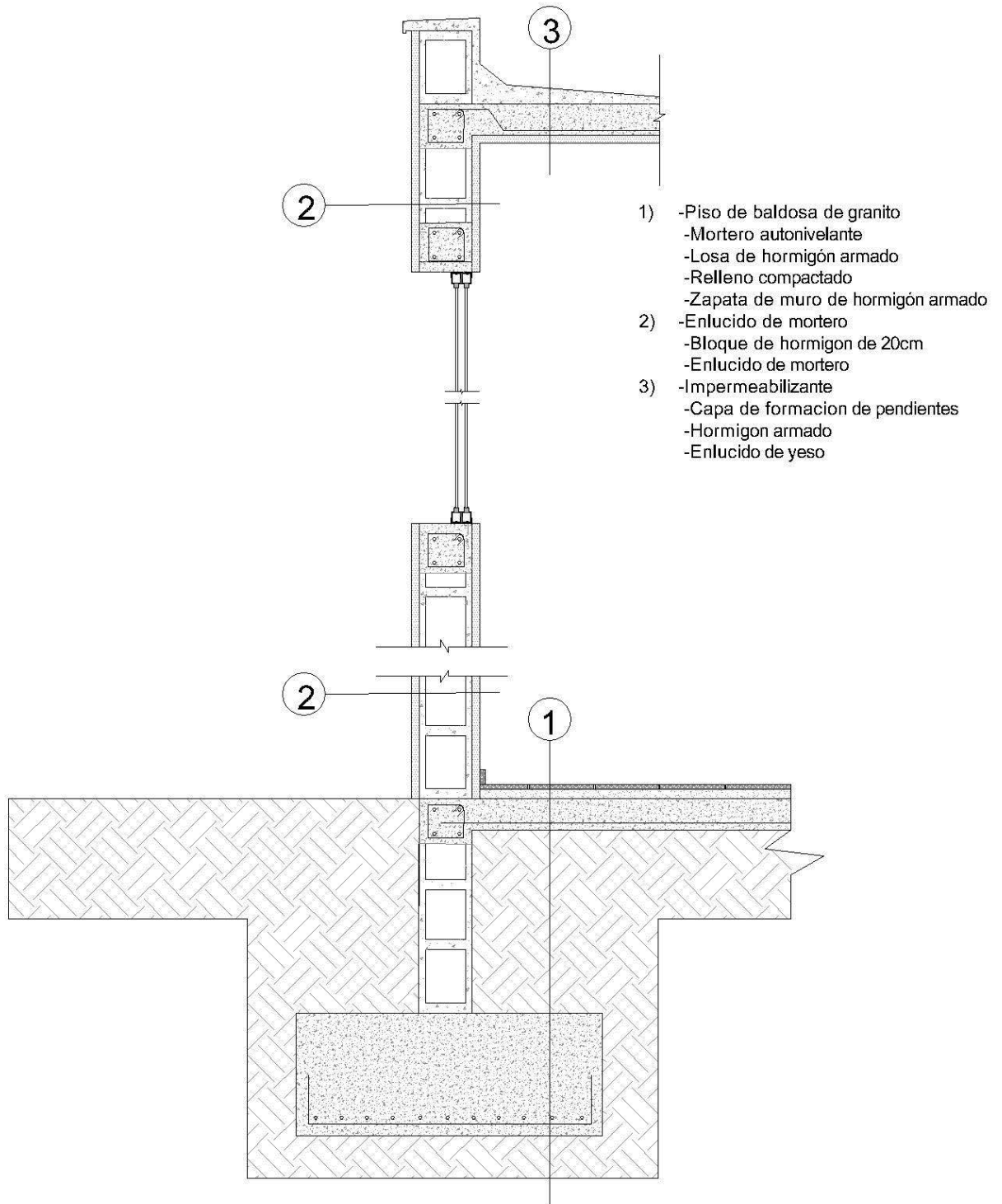


Figura 27: Sección completa Modelado Básico

En la figura 27 se muestra una sección completa del Modelado Básico para así estudiar las uniones de los diferentes elementos y verificar el comportamiento de la hermeticidad. Para este caso no se considera que se logre cumplir con el requerimiento del PHPP con relación a la hermeticidad ya que los materiales que

componen los muros de este modelado no garantizan la estanqueidad del aire. Esto provoca que sea imposible controlar las infiltraciones de aire, lo que a su vez provocaría pérdidas significativas de temperatura.

3.3.2 Modelado de Alta Masa Térmica.

El Modelado de Alta Masa Térmica hace referencia al intento de cumplir con los requerimientos del PHPP modificando las soluciones constructivas del modelado básico sin quitar la estructura elemental del método constructivo habitual de Santo Domingo. Para conseguir esto la solución fue colocar un buen aislamiento por el exterior en el caso del muro y la cubierta, y aislamiento debajo de la solera como se muestra en los anexos en la tabla PHPP 6. En la siguiente tabla, tabla 9, se resume los materiales utilizados:

Material	λ [W/(mK)]
Mortero de áridos ligeros	0,41
Bloque de hormigón de 20cm Prefhorvisa 1.150kg/m ³	1,18
Baldosa de granito de 2.500-2.700 kg/m ³	2,8
Mortero autonivelante	2,0
Hormigón armado 2.300-2.500 kg/m ³	2,5
Enlucido de yeso	0,25
Panel de lana de roca de doble densidad VENTIROCK DUO ROCKWOOL	0,034
REDArt Capa Base Casa	0,67
Lana de Roca Hardrock 393 ROCKWOOL	0,039
Hormigón celular	0,088
Panel de lana de roca HARDROCK 391	0,039

Tabla 9: Lista de materiales y conductividades térmicas utilizadas en modelado alta energía. («PROPIEDADES TERMICAS DE ALGUNOS MATERIALES DE CONSTRUCCION Y AISLANTES», s. f.; «ROCKWOOL aislamiento de lana de roca», s. f.)

Cálculo de la Transmitancia Térmica:

Muros exteriores:

Capa	Conductividad Térmica (W/mK)	Espesor (mm)
Enlucido de yeso	0.25	15
Bloque de hormigón	1.18	200
Panel de lana de roca de Doble Densidad VENTIROCK DUO ROCKWOOL	0.034	200
REDArt Capa Base	0.67	5
Enlucido de mortero de áridos ligeros	0.41	20

Tabla 10: Composición de muros en Modelado de Alta Masa Térmica

$$R_t = 0.13^* + \frac{0.015}{0.25} + \frac{0.2}{1.18} + \frac{0.2}{0.034} + \frac{0.005}{0.67} + \frac{0.02}{0.41} + 0.04^* = 6.338 \text{ m}^2\text{k/w}$$
$$U = \frac{1}{6.338} = 0.158 \text{ W/m}^2\text{k}$$

Solera en contacto con el terreno:

Capa	Conductividad Térmica W/Mk	Espesor (mm)
Baldosa de granito	2.80	20
Mortero autonivelante	2.00	50
Hormigón armado	2.50	120
Hardrock 393 Rockwool	0.039	150

Tabla 11: Composición de solera en Modelado de Alta Masa Térmica

$$R_t = 0.10^* + \frac{0.02}{2.8} + \frac{0.05}{2.0} + \frac{0.12}{2.5} + \frac{0.15}{0.039} + 0.00^* = 4.026 \text{ m}^2\text{k/w}$$
$$U = \frac{1}{4.026} = 0.248 \text{ W/m}^2\text{k}$$

Cubierta plana:

Capa	Conductividad Térmica (W/mK)	Espesor (mm)
Hormigón celular para formación de pendientes	0.088	50
REDArt Capa Base	0.67	5
Lana de roca Hardrock 391	0.034	230
Hormigón armado	2.50	150
Enlucido de yeso	0.25	5

Tabla 12: Composición de cubierta en Modelado de Alta Masa Térmica.

$$R_t = 0.17^* + \frac{0.05}{0.088} + \frac{0.005}{0.67} + \frac{0.23}{0.034} + \frac{0.15}{2.5} + \frac{0.005}{0.25} + 0.04^* = 7.63 \text{ m}^2\text{k/w}$$

$$U = \frac{1}{7.63} = 0.131 \text{ W/m}^2\text{k}$$

*Valores de Rsi y Rse arrojados por el PHPP dependiendo los datos climáticos introducidos.

Igual que en el modelado anterior, con estas características de los tres sistemas constructivos utilizados en este modelado se introdujeron las superficies detallando la orientación a la que estaba dirigida cada una como se muestra en los anexos en la Tabla PHPP 2, las superficies son las mismas ya que se parte de la premisa que el espesor de los muros y cubiertas crecen hacia el exterior para dejar el área y volumen de la vivienda intactos.

Ya introducidas las superficies el programa tiene un cálculo no preciso del flujo de energía a través de la envolvente ya que en todo lugar de la construcción donde haya una variación de la uniformidad, cambios de espesores, uniones de diferentes elementos, etc., habrá un puente térmico que tendrá que ser estudiado e introducido.

En el caso estudiado se denominaron seis puentes térmicos. Utilizando la herramienta gratuita para el cálculo y simulación energética de puentes térmicos THERM se procedió a su cálculo.

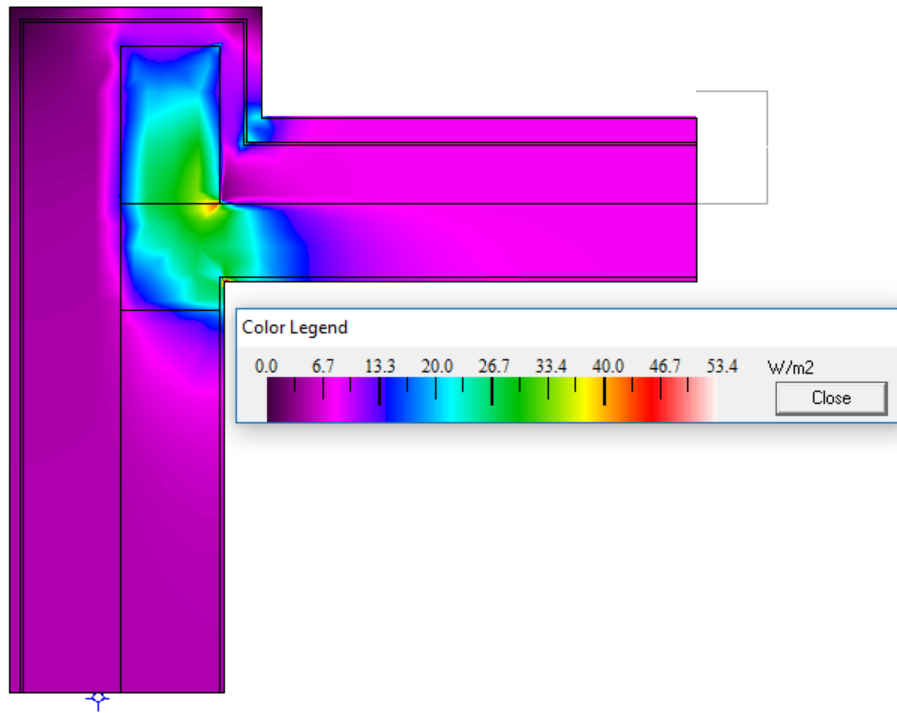


Figura 28: Flujo de Calor en PT_01_AM

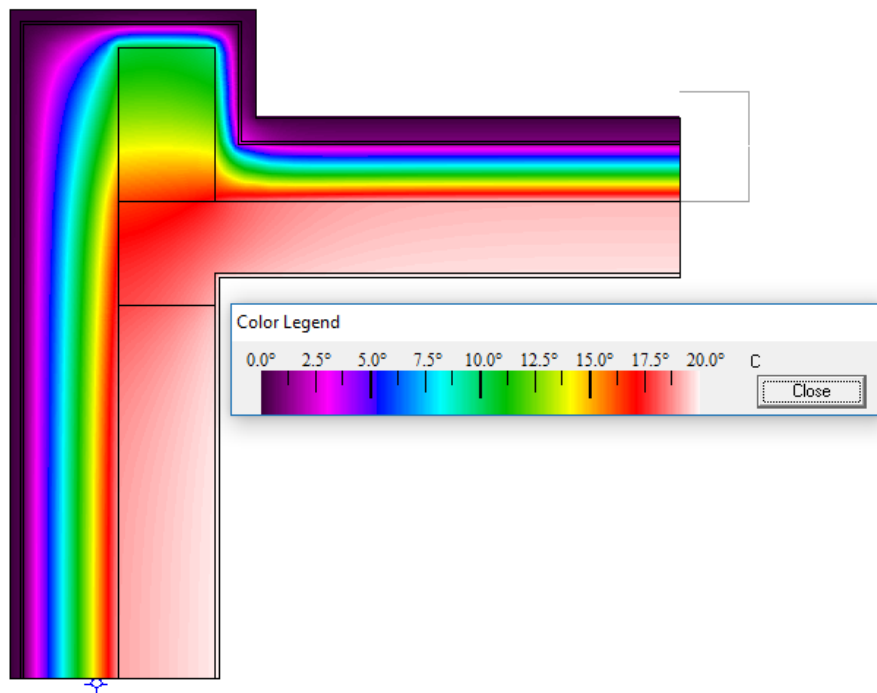


Figura 29: Distribución de Temperatura en PT_01_AM

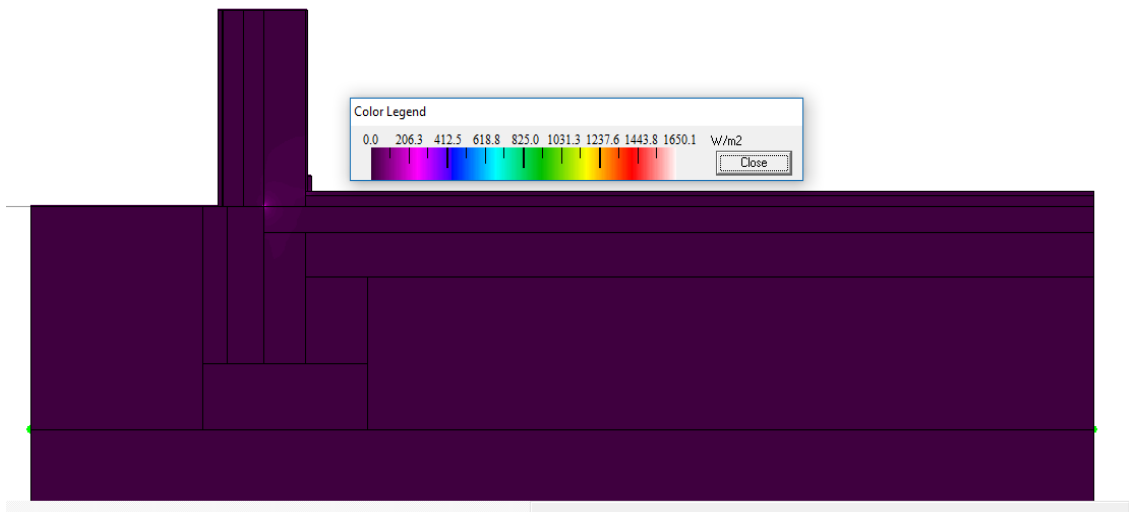


Figura 30: Flujo de Calor en PT_02_AM

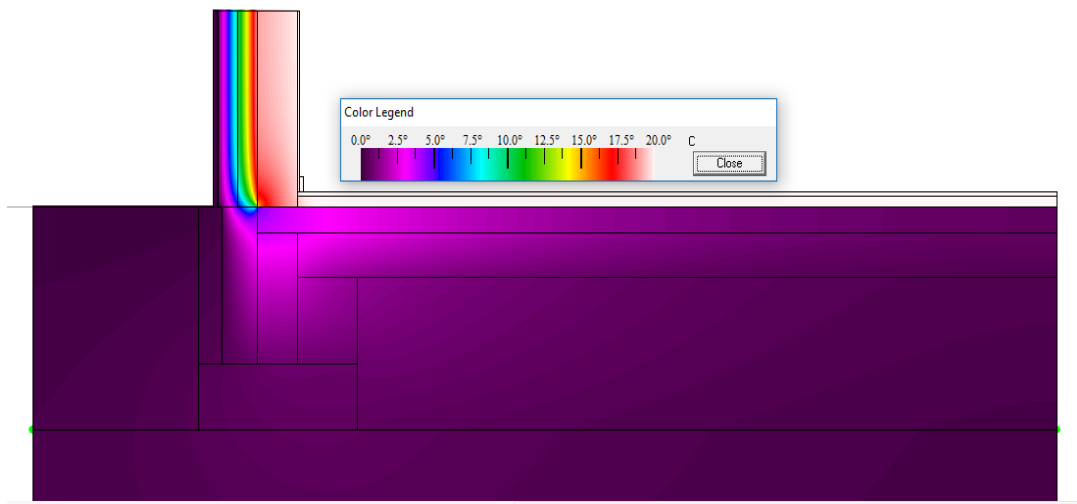


Figura 31: Distribución de Temperatura en PT_02_AM

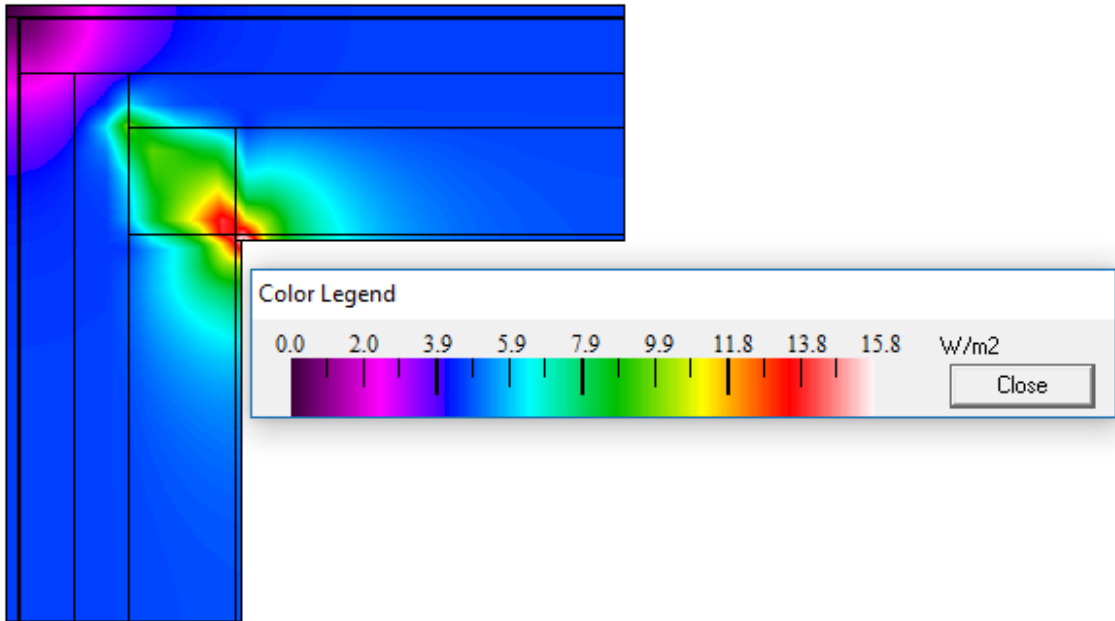


Figura 32: Flujo de Calor en PT_03_AM

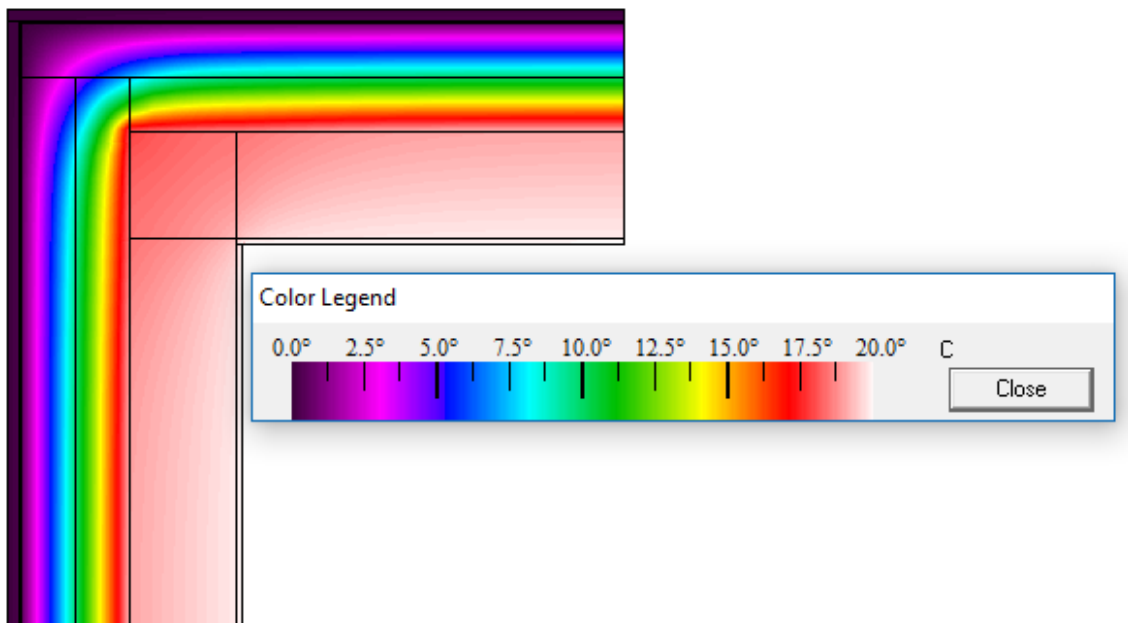


Figura 33: Distribución de Temperatura en PT_03_AM

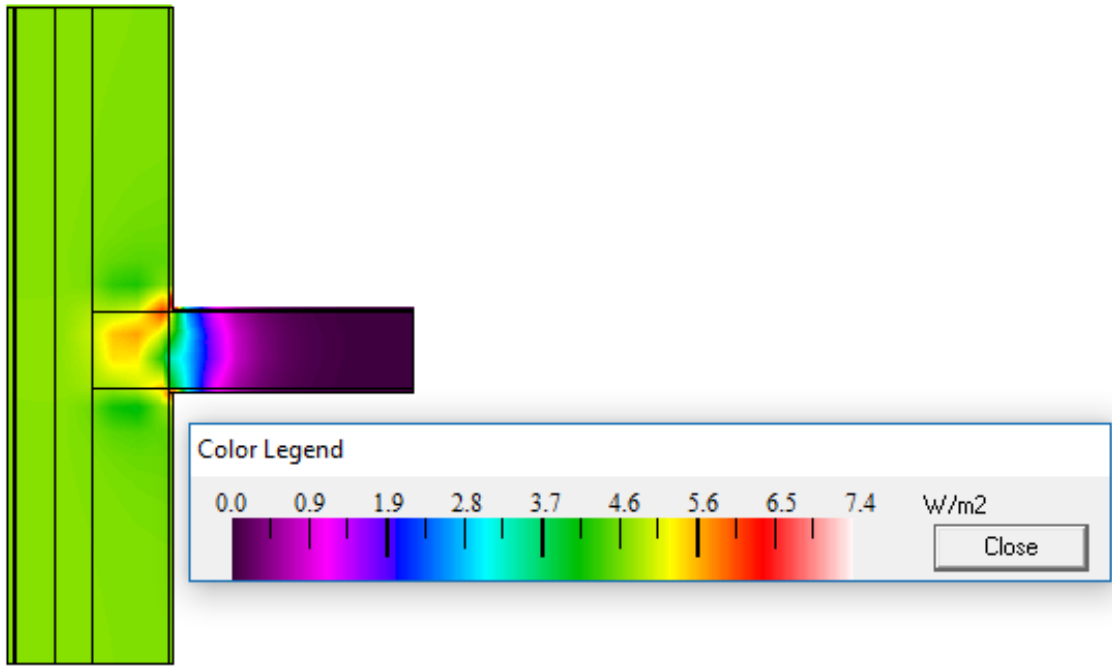


Figura 34: Flujo de Calor en PT_04_AM

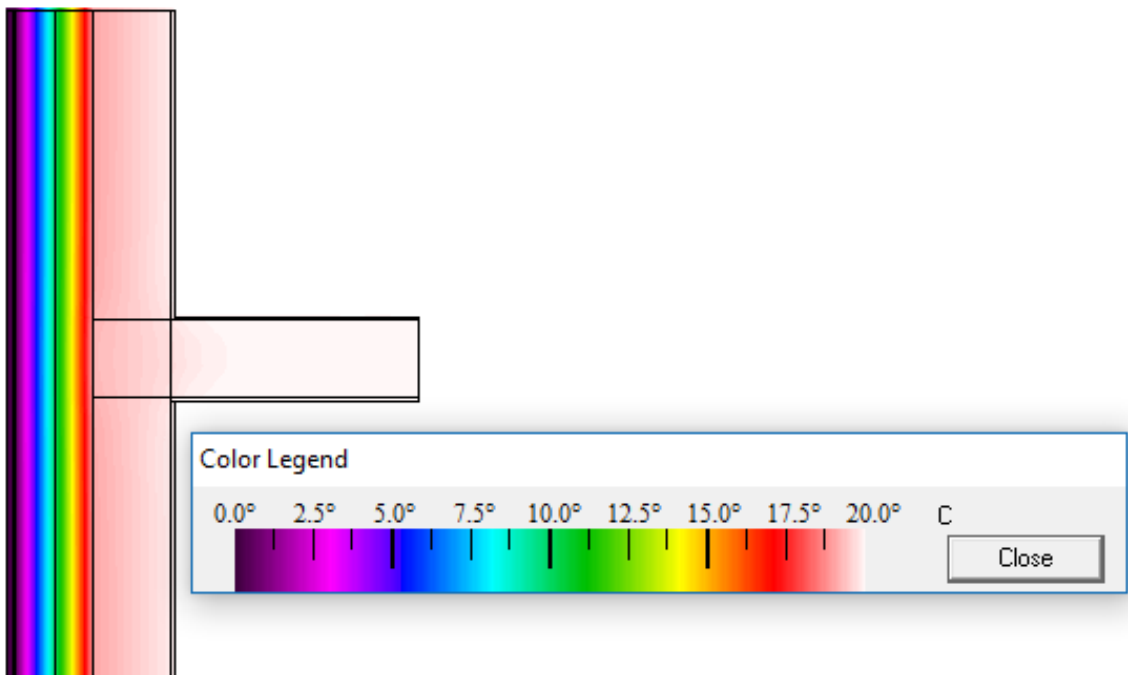


Figura 35: Distribución de Temperatura en PT_04_AM



Figura 36: Flujo de Calor en PT_05_AM

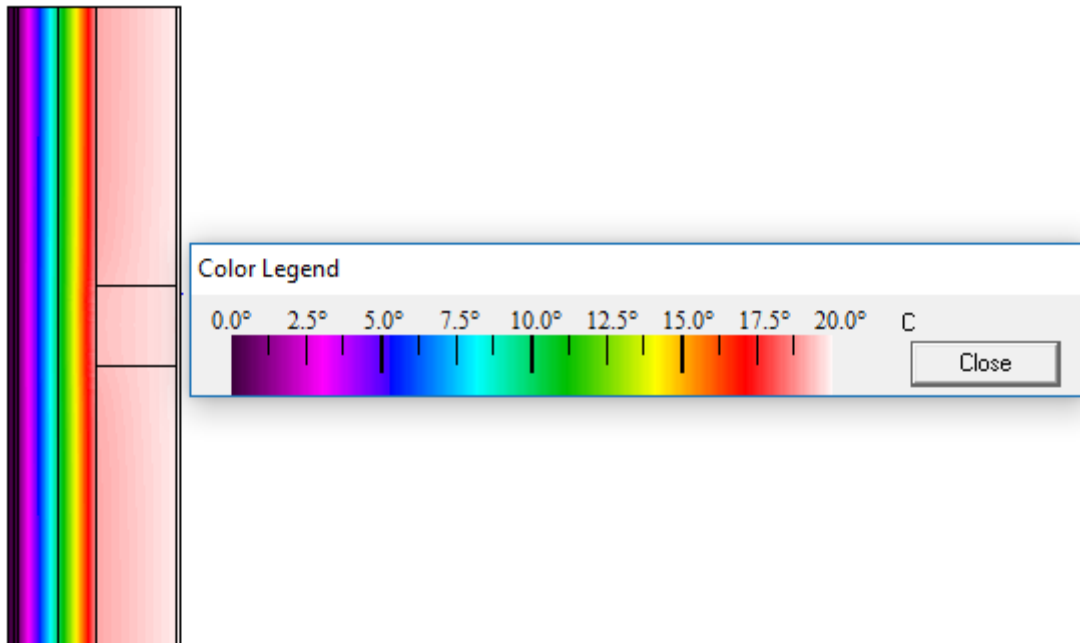


Figura 37: Distribución de Temperatura en PT_05_AM

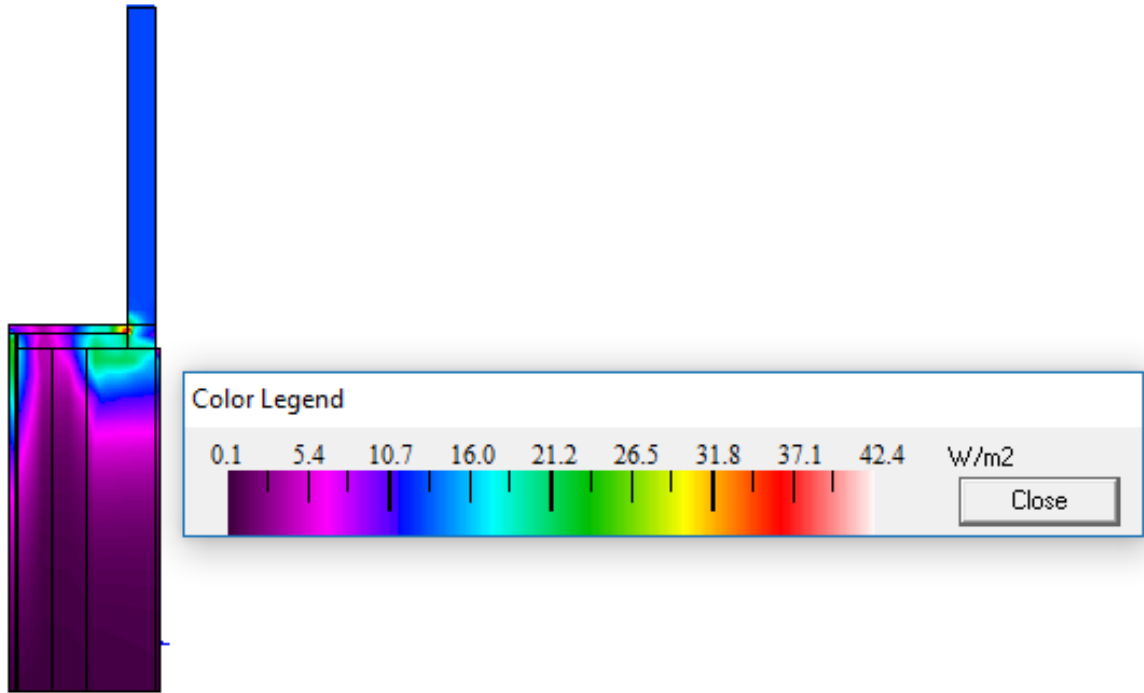


Figura 38: Flujo de Calor en PT_06_AM

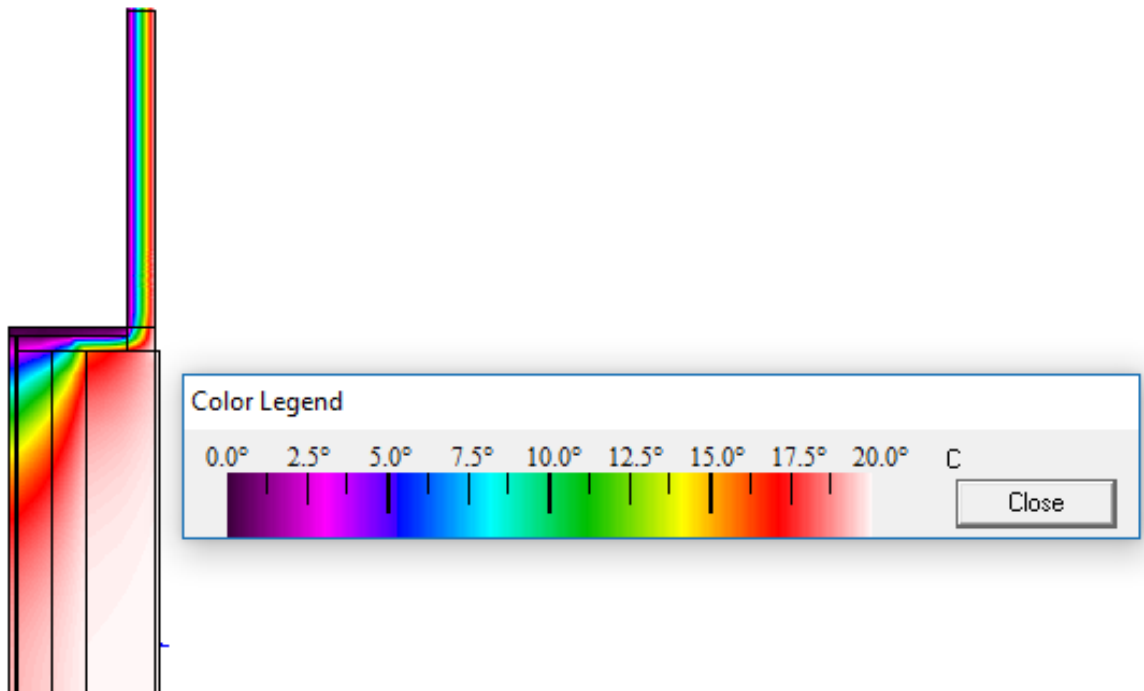


Figura 39: Distribución de Temperatura en PT_06_AM

Del THERM se extrajeron dos tipos de graficas para cada puente térmico. La primera gráfica, las figuras 28, 30, 32, 34, 36 y 38, muestra el flujo del calor a lo largo del detalle, marcando de rojo los puntos o zonas por donde más tiene movimiento el mismo. Esto muestra los puntos que menos resistencia presentan al flujo del calor del elemento y lo que posiblemente sea un puente térmico. En este modelado se nota la disminución sustancial de la cantidad de flujo de calor por lo que sus puentes térmicos serán menores que en el modelado anterior.

La segunda gráfica, las figuras 29, 31, 33, 35, 37 y 39, muestra el flujo de la temperatura a largo del detalle. Los colores más cálidos (rojos, anaranjados y amarillos) mostrarán las zonas calientes y los colores fríos (azules y violeta) las zonas frías.

Luego de modelar los distintos puentes térmicos en el THERM, como se observa desde la figura 28 hasta la 39, se obtuvieron valores de transmitancia térmica bidimensional para cada caso. Como estos valores arrojados incluyen los sistemas constructivos ya introducidos en el PHPP se deben restar la transmitancia térmica de estos para solo obtener el valor del puente térmico. Para ello, se utilizó la siguiente fórmula para el cálculo de la transmitancia térmica lineal del puente térmico que muestra el CTE:

$$\psi = \frac{\Phi_{2D}}{L(\theta_i - \theta_e)} - \sum (A_i U_i)$$

Donde:

- ψ = Transmitancia térmica lineal (W/Mk)
- Φ_{2D} = Flujo de calor a través del elemento analizado mediante un modelo bidimensional (W)
- L = Longitud del encuentro (m)
- $\theta_i - \theta_e$ = Diferencia de temperaturas entre interior y exterior (K)
- U_i = Transmitancia térmica del elemento adyacente i (W/m²K)
- A_i = Superficie a la que se le aplica el valor U_i (m²)

Este procedimiento se realizó en una hoja de cálculo con los detalles de valor U de los elementos que componen cada puente térmico como se muestra en los anexos desde la tabla 8 hasta la tabla 13 del Modelado de Alta Masa Térmica, y en la tabla 13 siguiente se muestra un resumen de los resultados. La cantidad y longitud de dichos puentes térmicos se introdujo en la hoja de cálculo del PHI como se muestra en los anexos en la tabla PHPP 7.

Denominación de puente térmico	Valor Ψ [W/(mK)]
PT_01_UNION_MURO_LOSA_AM	0.482
PT_02_PERIMETRAL_ZOCALO_AM	0.000
PT_03_COLUMNS_EN_ESQUINA_AM	0.043
PT_04_COLUMNS_EN_T_AM	0.090
PT_05_COLUMNS_CENTRADAS_AM	0.093
PT_06_VENTANAS_AM	0.000

Tabla 13: Puentes térmicos en Modelado de Alta Masa Térmica

El Modelado de Alta Masa Térmica, al ser una mejora de los sistemas constructivos habituales de Santo Domingo, se le reemplazó la ventana con vidrio sencillo con marco metálico por una ventana con acristalamiento triple de 4mm separadas por cámaras de argón de 18mm, con Valor Ug de 0.47 W/m²k con un marco de aluminio con rotura de puente térmico, con Valor Uf de 0.78 W/m²k. Las dimensiones de todas las ventanas y su orientación fueron introducidas como se muestra en el anexo Tabla PHPP 8, y sus resultados fueron los esperados con respecto al confort que se tendría dentro de esa vivienda presentados más adelante en la tabla 14.









Resultados				Indicador de temperatura en la superficie de la ventana		
Superficie de ventana	Superficie de vidrio	Uv instalada	Proporción de acristalamiento por ventana	Excepción	Confort	Balance de energía
m ²	m ²	W/(m ² K)	%			kWh/a
0.5	0.09	1.04	19%			0
1.6	0.80	0.81	51%			0
3.4	2.23	0.71	65%			0
1.0	0.40	0.88	41%			0
1.3	0.63	0.83	48%			0
4.0	2.15	0.78	54%			0
1.3	0.63	0.83	48%			0
0.5	0.09	1.04	19%			0

Tabla 14: Resultados de confort de las ventanas en Modelado de Alta Masa Térmica.

Al igual que en el modelado básico se dejaron los mismos objetos en el horizonte que causan sombra, los telares o remetimientos laterales y los voladizos que causan sombra, cada uno con la misma distancia como se muestra en los anexos en la Tabla PHPP 5. El cálculo para los factores de reducción adicional para sombreamiento en invierno y verano se encuentran en los anexos en la tabla 6.

Un cambio significativo en la ventilación es que ya en este modelado la ventilación no será a través de las ventanas, sino que será una ventilación equilibrada con recuperación de calor.

En la figura 40, 40a y 40b se muestra una sección completa del Modelado de Alta Masa Térmica y sus detalles para así estudiar las uniones de los diferentes elementos y verificar el comportamiento de la hermeticidad. Para este caso se prevé que se logre cumplir con el requerimiento del PHPP con relación a la hermeticidad ya que a los muros de este modelado se les colocó un enlucido de

yeso de 1.5 centímetros y en las ventanas y puertas se les colocó una cinta adhesiva de alto rendimiento al aire.

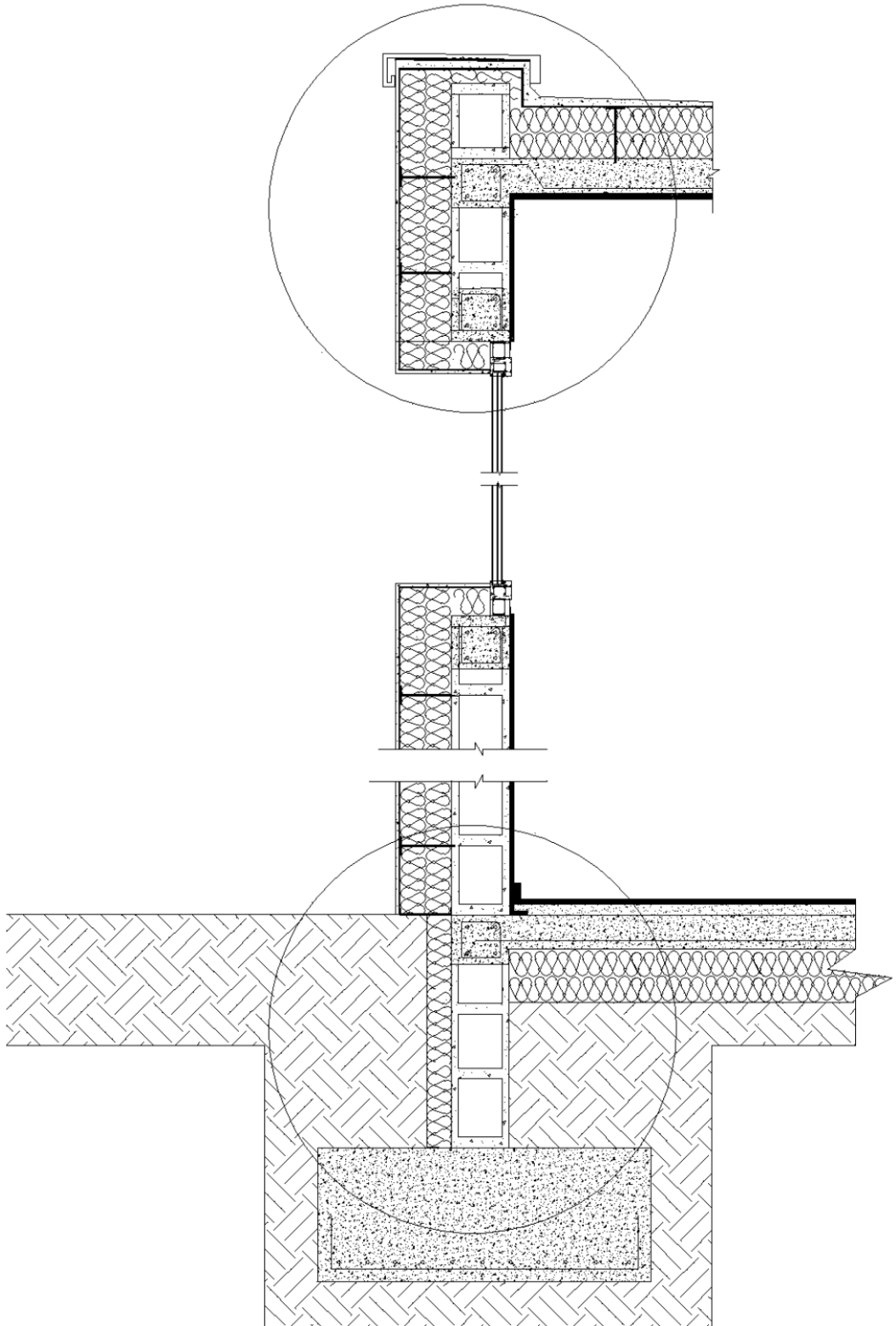


Figura 40: Sección completa Modelado de Alta Masa Térmica.

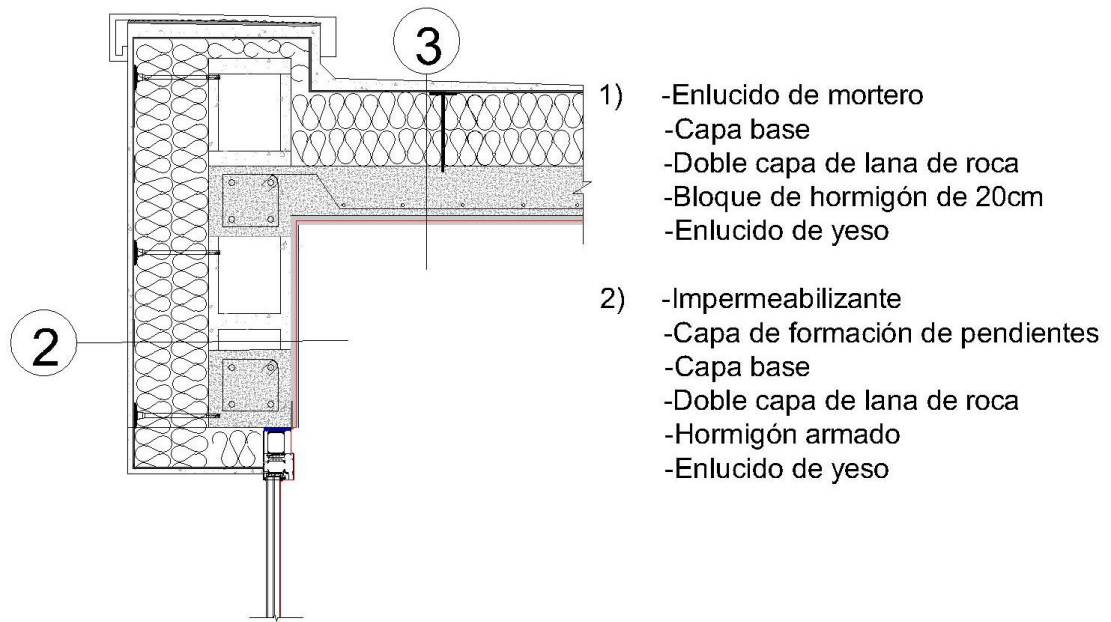


Figura 41a: Unión muro-losa Modelado de Alta Masa Térmica.

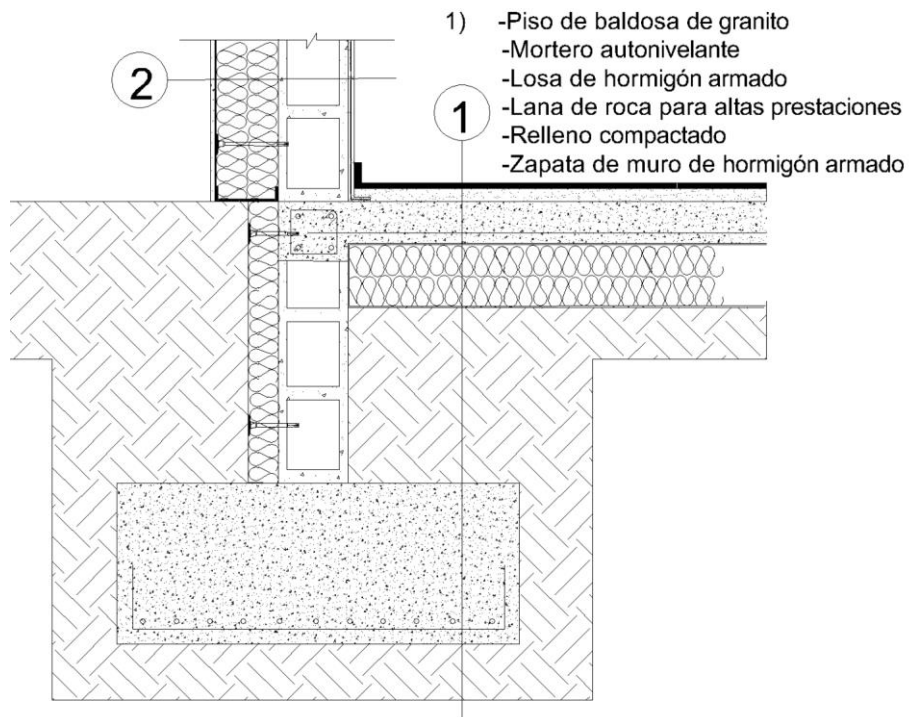


Figura 42b: Unión muro-solera Modelado de Alta Masa Térmica.

3.3.3 Modelado de Baja Masa Térmica

El Modelado de Baja Masa Térmica es el modelo donde se propone hacer un cambio drástico al método constructivo de una vivienda típica en Santo Domingo. Para este modelado, como se muestra en los anexos en la Tabla PHPP 9, los muros exteriores y la cubierta están compuestos por paneles de tableros de virutas orientadas con lana de roca en su interior y asilamiento adicional por el exterior de la vivienda.

La solera es de hormigón armado ligero con lana de roca de alta densidad por debajo y un piso de madera. En la siguiente tabla, tabla 15, se resume los materiales utilizados:

Material	λ [W/(mK)]
Panel de cartón yeso	0,250
Panel de lana de roca de Doble Densidad VENTIROCK DUO ROCKWOOL	0,034
Tablero de OSB estructural	0,130
Madera IPE	0,130
Piso de madera congona semi terminado	0,210
Espuma niveladora	0,330
Impermeabilizante Sikalastic -560	0,190
Hormigón armado ligero	0,700
Lana de Roca Hardrock 393 ROCKWOOL	0,039
Placa Opalit	0,07

Tabla 15: Lista de materiales y conductividades térmicas utilizadas en Modelado de Baja Masa Térmica. (Abrir Y Cerrar De Ojos, s. f.; «Ficha Técnica Madera IPE», s. f.; *HORMIGÓN LIGERO Aspectos técnicos y estéticos*, s. f.; «Sikalastic - 560», s. f.)

Cálculo de la Transmitancia Térmica:

Muros exteriores:

Capa	Conductividad Térmica (W/mK)	Espesor (mm)
Panel de cartón yeso	0.25	15
Tablero de OSB estructural	0.13	11
Panel de lana de roca de Doble Densidad VENTIROCK DUO ROCKWOOL	0.034	120
Tablero de OSB estructural	0.13	11
Panel de lana de roca de Doble Densidad VENTIROCK DUO ROCKWOOL	0.034	100
REDArt Capa Base	0.67	5
Madera IPE	0.13	25

Tabla 16: Composición de muros en Modelado de Baja Masa Térmica.

$$R_t = 0.13^* + \frac{0.015}{0.25} + \frac{0.11}{0.13} + \frac{0.12}{0.034} + \frac{0.011}{0.13} + \frac{0.10}{0.034} + \frac{0.005}{0.67} + \frac{0.025}{0.13} + 0.04^*$$

$$R_t = 7.069 \text{ m}^2\text{k/w}$$

$$U = \frac{1}{7.069} = 0.141 \text{ W/m}^2\text{k}$$

Solera en contacto con el terreno:

Capa	Conductividad Térmica W/Mk	Espesor (mm)
Piso de madera congona	0.21	19
Espuma niveladora	0.33	20
Impermeabilizante Sikalastic	0.19	3
Hormigón armado ligero	0.7	120
Hardrock 393 Rockwool	0.039	200

Tabla 17: Composición de solera en Modelado de Baja Masa Térmica.

$$R_t = 0.10^* + \frac{0.019}{0.21} + \frac{0.02}{0.33} + \frac{0.003}{0.19} + \frac{0.12}{0.7} + \frac{0.20}{0.039} + 0.00^* = 5.566 \text{ m}^2\text{k/w}$$

$$U = \frac{1}{5.566} = 0.18 \text{ W/m}^2\text{k}$$

Cubierta plana:

Capa	Conductividad Térmica (W/mK)	Espesor (mm)
Placa Opalit	0.07	2
Tablero de OSB estructural	0.13	11
Panel de lana de roca de Doble Densidad VENTIROCK DUO ROCKWOOL	0.034	120
Tablero de OSB estructural	0.13	11
Panel de lana de roca de Doble Densidad VENTIROCK DUO ROCKWOOL	0.034	100
Tablero de OSB estructural	0.13	11
Panel de cartón yeso	0.25	15

Tabla 18: Composición de cubierta en Modelado de Baja Masa Térmica.

$$R_t = 0.17^* + \frac{0.002}{0.07} + \frac{0.011}{0.13} + \frac{0.12}{0.034} + \frac{0.011}{0.13} + \frac{0.10}{0.034} + \frac{0.011}{0.13} + \frac{0.015}{0.25} + 0.04^*$$

$$R_t = 7.023 \text{ m}^2\text{k/w}$$

$$U = \frac{1}{7.023} = 0.142 \text{ W/m}^2\text{k}$$

*Valores de Rsi y Rse arrojados por el PHPP dependiendo los datos climáticos introducidos.

Del mismo modo que en los modelados anteriores, con estas características de los tres sistemas constructivos utilizados en este modelado se introdujeron las superficies detallando la orientación a la que estaba dirigida cada una, como se muestra en los anexos en la Tabla PHPP 2. Las superficies son las mismas ya que se parte de la premisa que el espesor de los muros y cubiertas crecen disminuyen desde el exterior para dejar el área y volumen de la vivienda intactos.

Ya introducidas las superficies el programa tiene un cálculo no preciso del flujo de energía a través de la envolvente ya que en todo lugar de la construcción donde haya una variación de la uniformidad, cambios de espesores, uniones de diferentes elementos, etc., habrá un puente térmico que tendrá que ser estudiado e introducido.

En el caso estudiado se denominaron seis puentes térmicos. Utilizando la herramienta gratuita para el cálculo y simulación energética de puentes térmicos THERM se procedió a su cálculo.

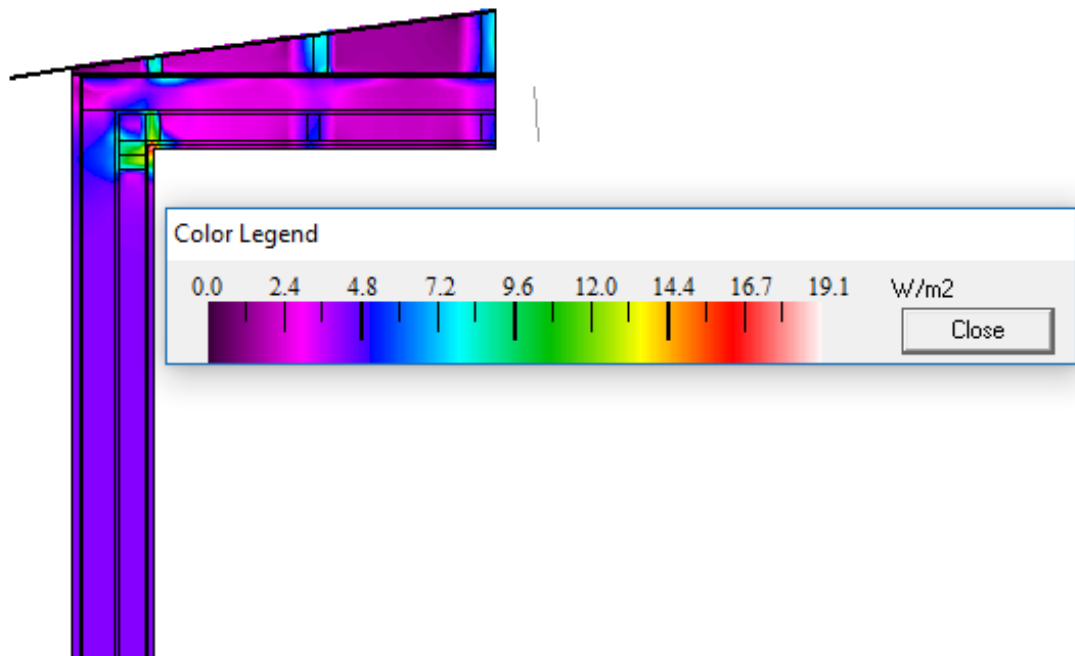


Figura 43: Flujo de Calor en PT_01_BM

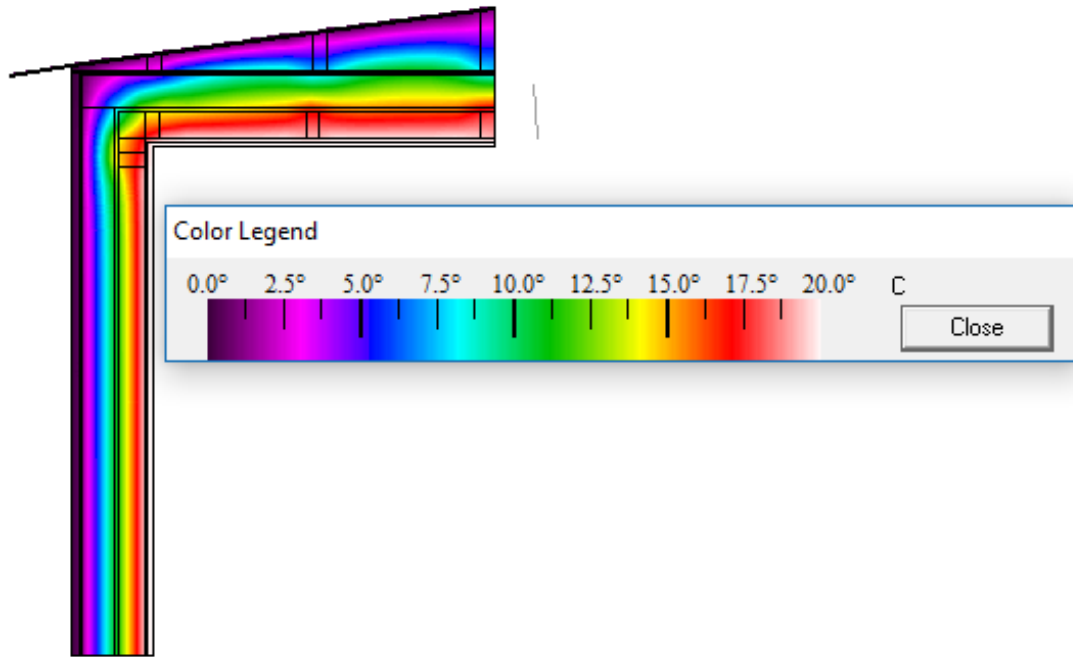


Figura 44: Distribución de Temperatura en PT_01_BM

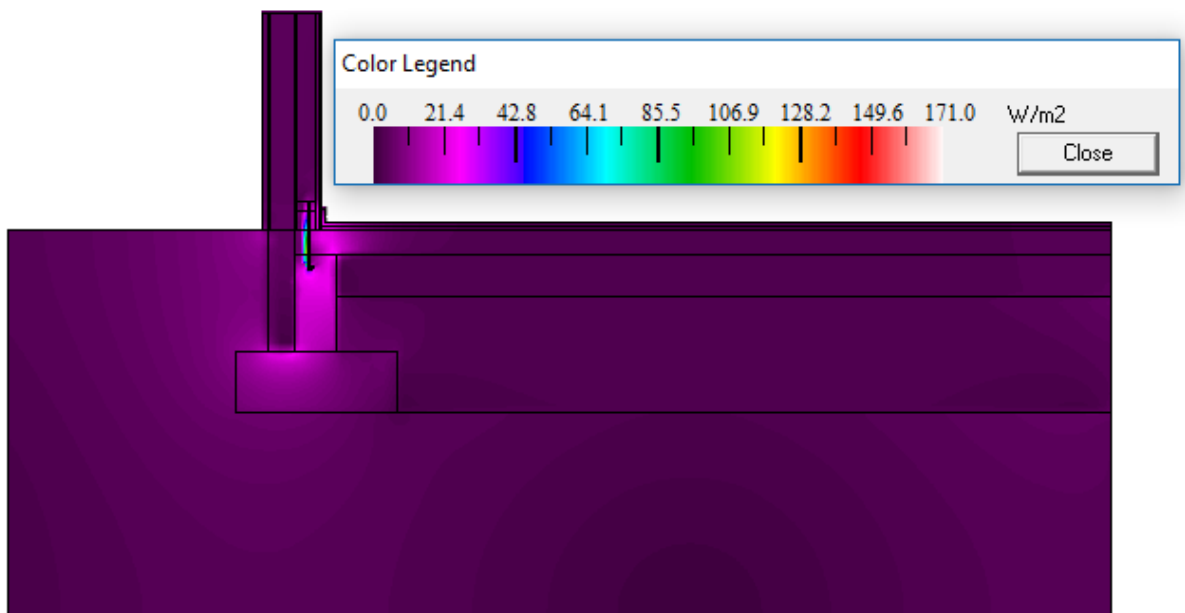


Figura 45: Flujo de Calor en PT_02_BM

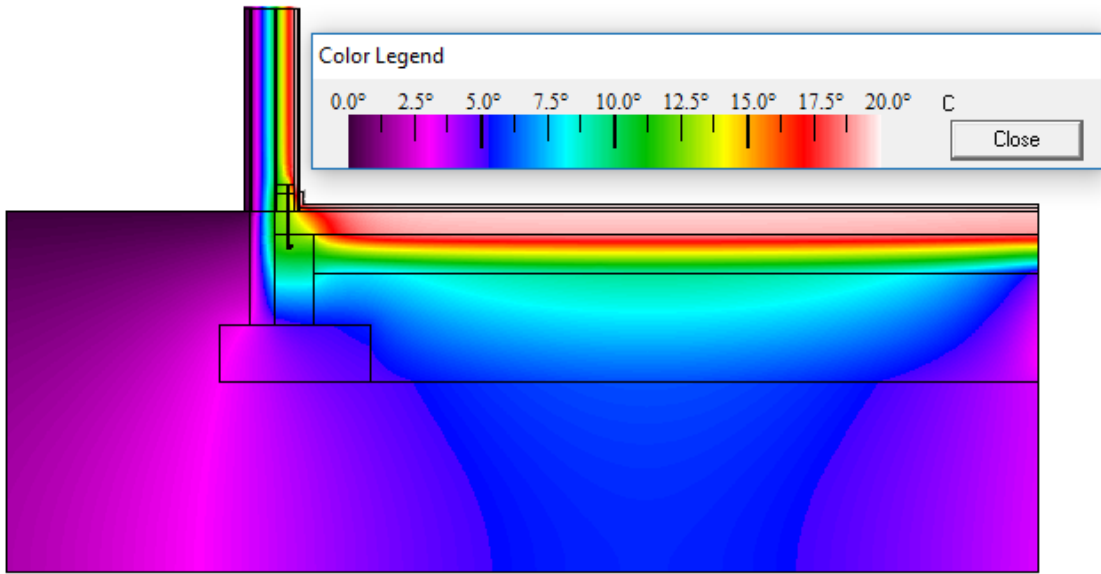


Figura 46: Distribución de Temperatura en PT_02_BM

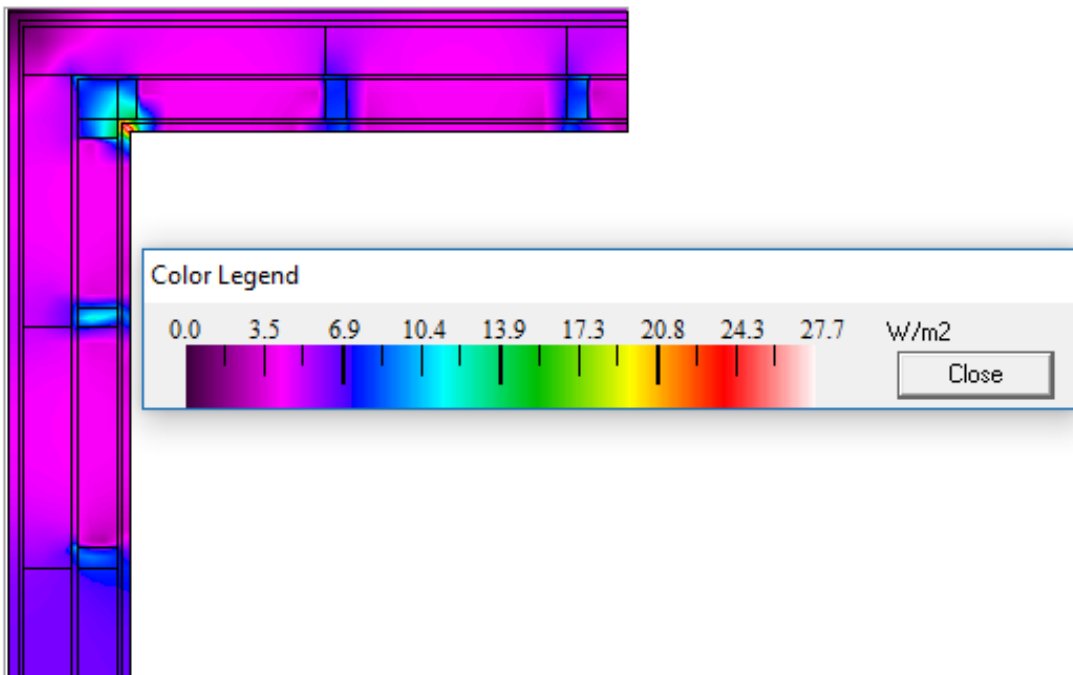


Figura 47: Flujo de Calor en PT_03_BM

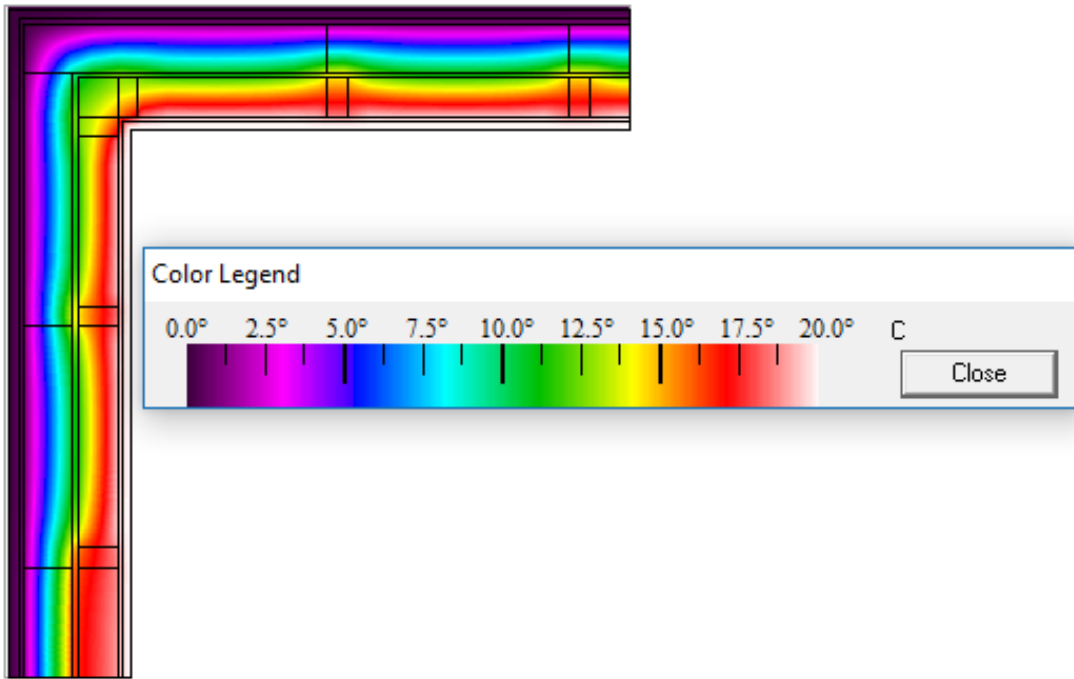


Figura 48: Distribución de Temperatura en PT_03_BM

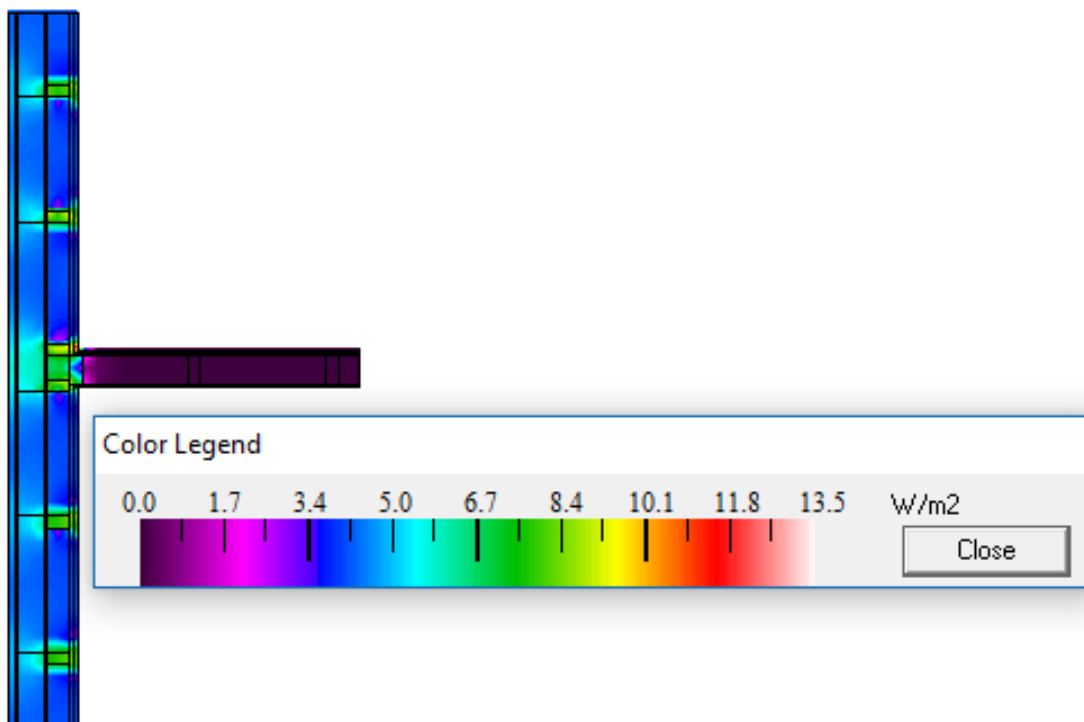


Figura 49: Flujo de Calor en PT_04_BM

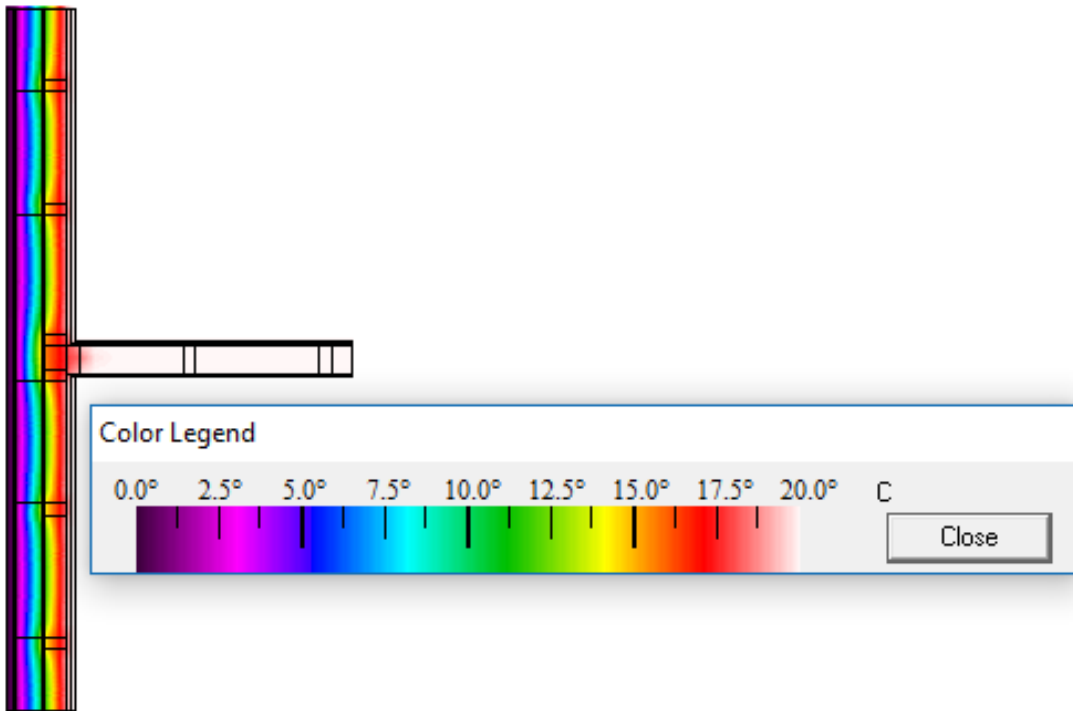


Figura 50: Distribución de Temperatura en PT_04_BM

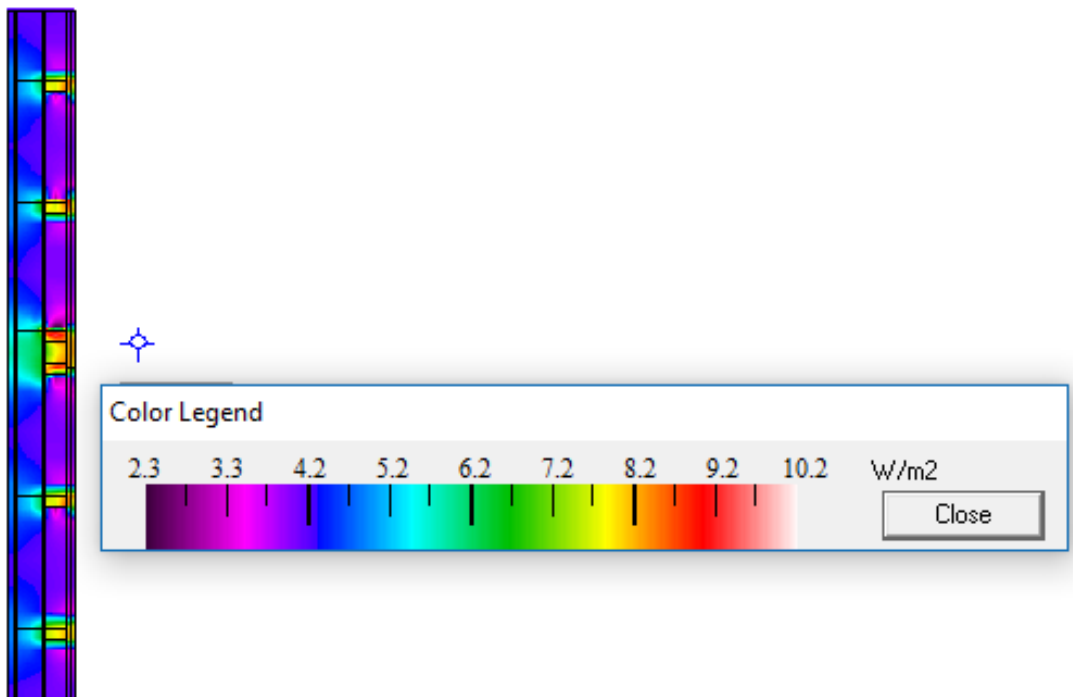


Figura 51: Flujo de Calor en PT_05_BM

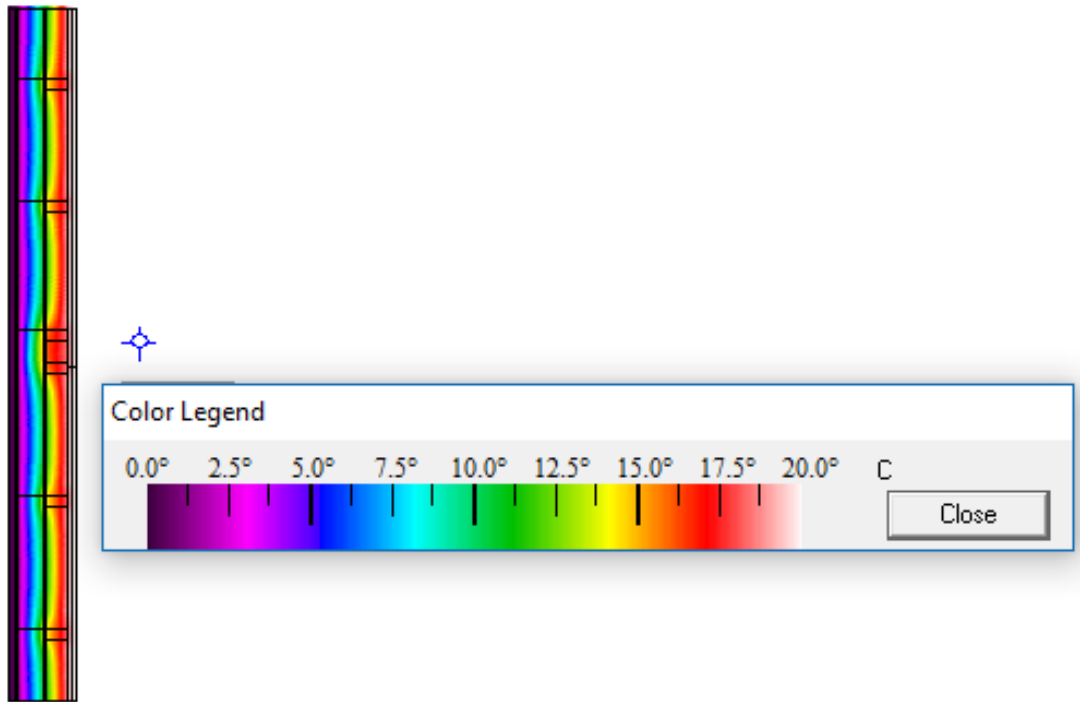


Figura 52: Distribución de Temperatura en PT_05_BM

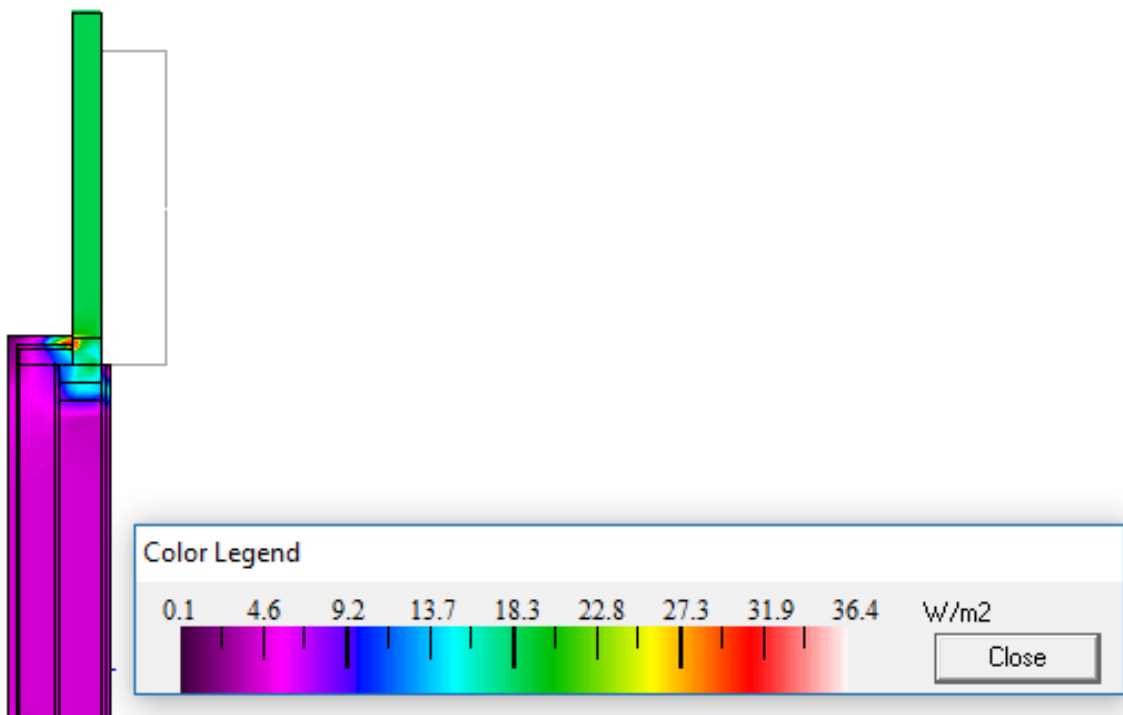


Figura 53: Flujo de Calor en PT_06_BM

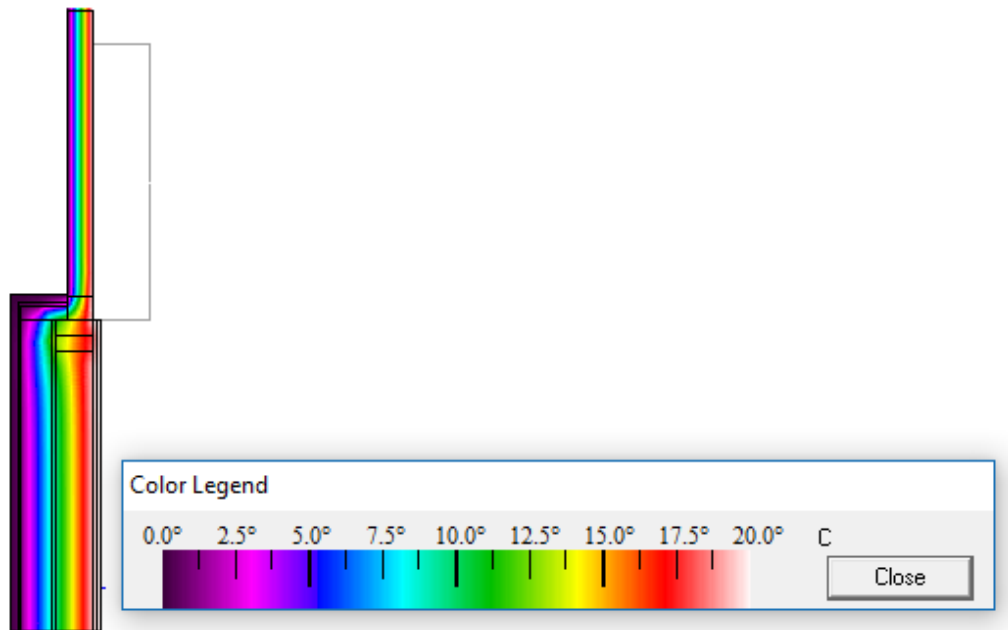


Figura 54: Distribución de Temperatura en PT_06_BM

Del THERM se extrajeron dos tipos de graficas para cada puente térmico. La primera gráfica, las figuras 41, 43, 45, 47, 49 y 51, muestra el flujo del calor a lo largo del detalle, marcando de rojo los puntos o zonas por donde más tiene movimiento el mismo. Esto muestra los puntos que menos resistencia presentan al flujo del calor del elemento y lo que posiblemente sea un puente térmico. Este modelado es similar al anterior y se nota que el flujo de calor es bajo en las zonas críticas por lo que sus puentes térmicos, si los hay, serán pequeños.

La segunda gráfica, las figuras 42, 44, 46, 48, 50 y 52, muestra el flujo de la temperatura a largo del detalle. Los colores más cálidos (rojos, anaranjados y amarillos) mostrarán las zonas calientes y los colores fríos (azules y violeta) las zonas frías.

Al modelar los distintos puentes térmicos en el THERM, como se observa desde la figura 41 hasta la 52, se obtuvieron valores de transmitancia térmica bidimensional para cada caso. Como estos valores arrojados incluyen los sistemas constructivos ya introducidos en el PHPP se deben restar la transmitancia térmica de estos para solo obtener el valor del puente térmico. Para ello, se utilizó la

siguiente fórmula para el cálculo de la transmitancia térmica lineal del puente térmico que muestra el CTE:

$$\psi = \frac{\Phi_{2D}}{L(\theta_i - \theta_e)} - \sum (A_i U_i)$$

Donde:

- ψ = Transmitancia térmica lineal (W/Mk)
- Φ_{2D} = Flujo de calor a través del elemento analizado mediante un modelo bidimensional (W)
- L = Longitud del encuentro (m)
- $\theta_i - \theta_e$ = Diferencia de temperaturas entre interior y exterior (K)
- U_i = Transmitancia térmica del elemento adyacente i (W/m²K)
- A_i = Superficie a la que se le aplica el valor U_i (m²)

Este procedimiento se realizó en una hoja de cálculo con los detalles de valor U de los elementos que componen cada puente térmico como se muestra en los anexos desde la tabla 14 hasta la tabla 19 del modelado de baja energía, y en la tabla 19 siguiente se muestra un resumen de los resultados. La cantidad y longitud de dichos puentes térmicos se introdujo en la hoja de cálculo del PHI como se muestra en los anexos en la tabla PHPP 10.

Denominación de puente térmico	Valor Ψ [W/(mK)]
PT_01_UNION_MURO_LOSA_BM	0.024
PT_02_PERIMETRAL_ZOCALO_BM	0.000
PT_03_COLUMNS_EN_ESQUINA_BM	0.065
PT_04_COLUMNS_EN_T_BM	0.000
PT_05_COLUMNS_CENTRADAS_BM	0.146
PT_06_VENTANAS_BM	0.129

Tabla 19: Puentes térmicos en Modelado de Baja Masa Térmica.

La ventana utilizada en el Modelado de Baja Masa Térmica es una con acristalamiento triple de 4 mm separadas por cámaras de argón de 14 mm, con

Valor Ug de 0.75 W/m²k con un marco de madera, con Valor Uf de 1.01 W/m²k. Las dimensiones de todas las ventanas y su orientación se mantuvieron igual que en los modelados anteriores como se muestra en los anexos en la Tabla PHPP 8, y sus resultados fueron los esperados con respecto al confort que se tendría dentro de esa vivienda presentados más adelante en la tabla 20.









Resultados				Indicador de temperatura en la superficie de la ventana		
Superficie de ventana	Superficie de vidrio	Uv instalada	Proporción de acristalamiento por ventana	Confort		Balance de energía
m ²	m ²	W/(m ² K)	%	Excepción		kWh/a
0.5	0.24	1.24	48%			0
1.6	1.10	1.02	71%			0
3.4	2.72	0.94	80%			0
1.0	0.63	1.09	64%			0
1.3	0.90	1.04	68%			0
4.0	2.88	1.00	73%			0
1.3	0.90	1.04	68%			0
0.5	0.24	1.24	48%			0

Tabla 20: Resultados de confort de las ventanas en Modelado de Baja Masa Térmica.

Como en el Modelado Básico y en el de Alta Masa Térmica, en este también se dejaron los mismos objetos en el horizonte que causan sombra, los telares o remetimientos laterales y los voladizos que causan sombra, cada uno con la misma distancia como se muestra en los anexos en la Tabla PHPP 5. El cálculo para los factores de reducción adicional para sombreado en invierno y verano se encuentran en los anexos en la tabla 6. La ventilación para este modelado será una ventilación equilibrada con recuperación de calor.

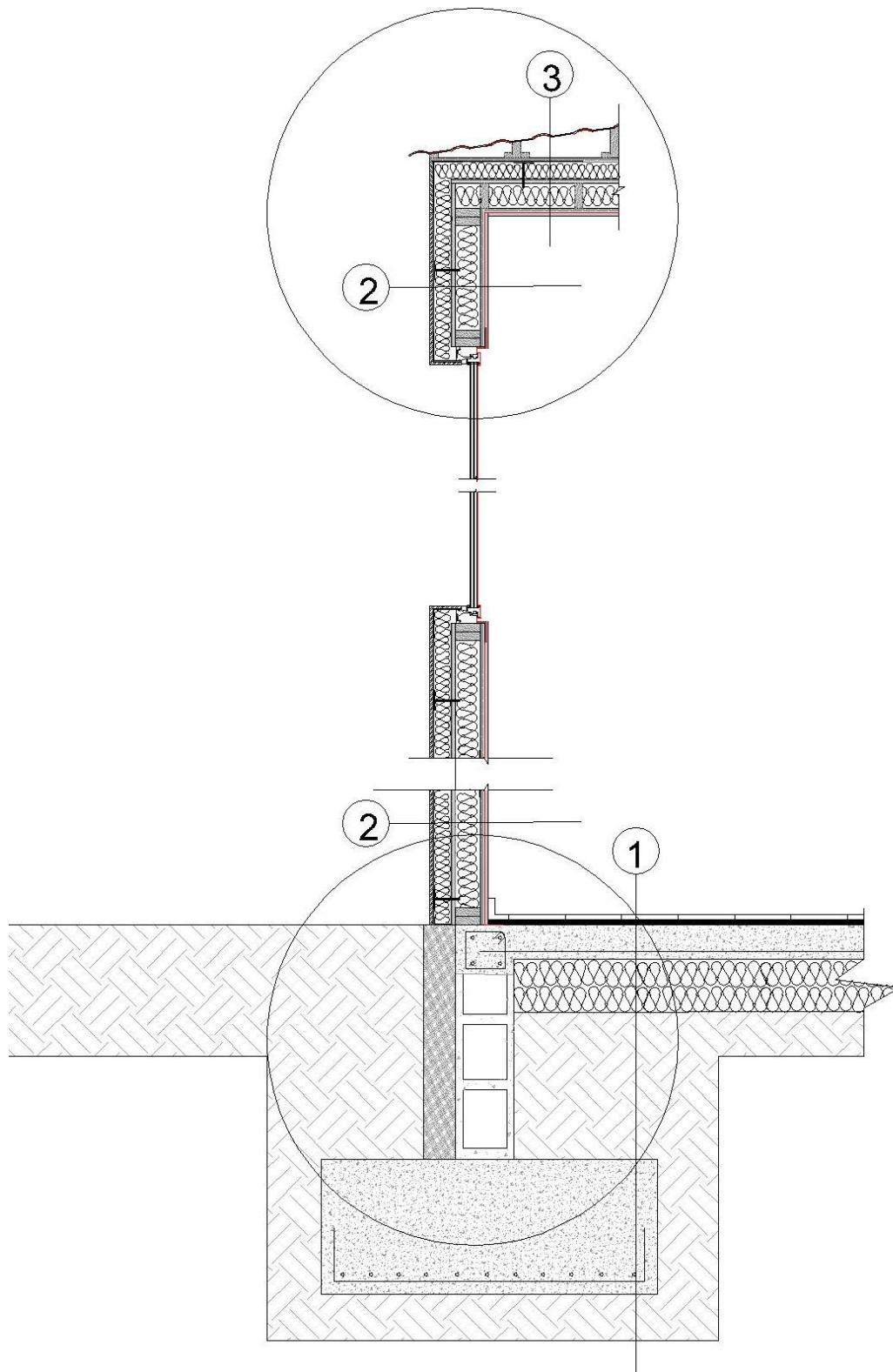


Figura 55: Sección completa Modelado de Baja Masa Térmica.

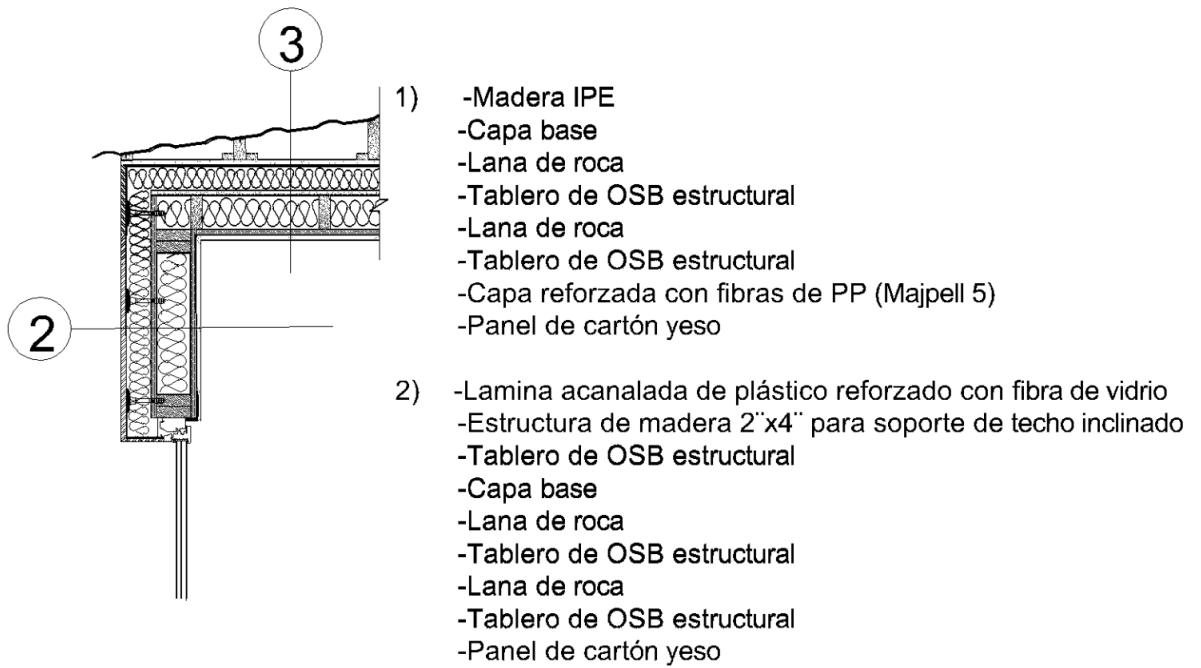


Figura 56a: Unión muro-losa Modelado de Baja Masa Térmica.

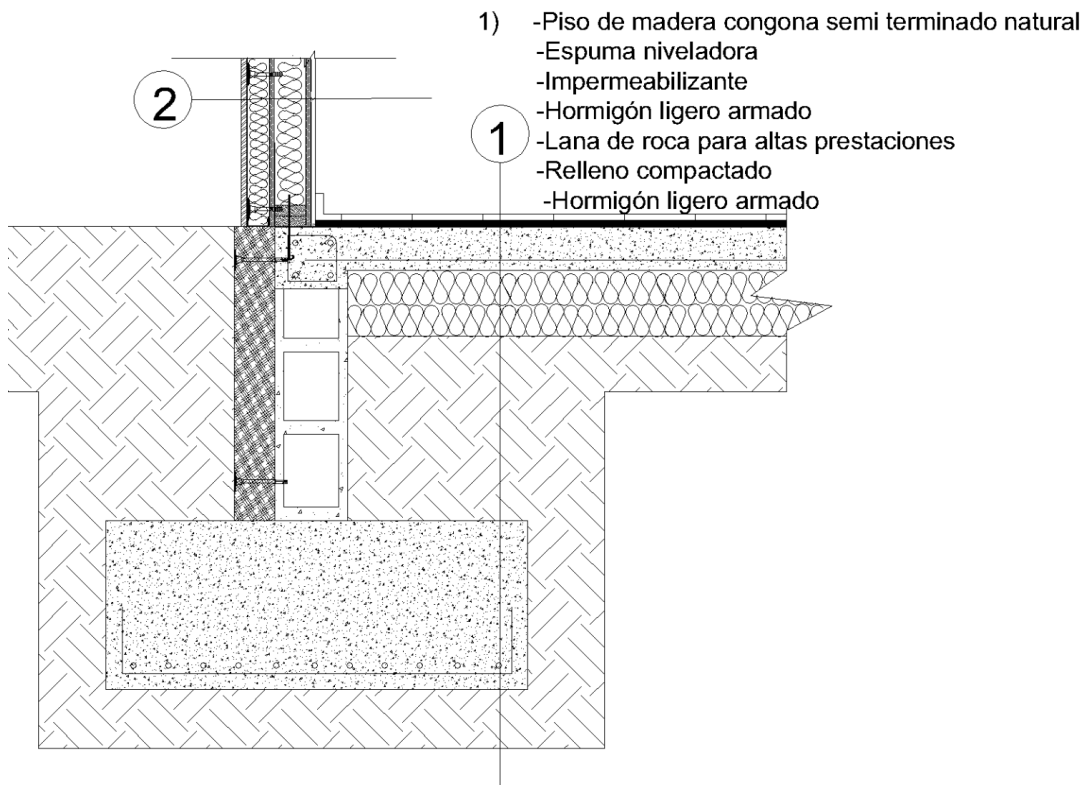


Figura 57b: Unión muro-solera Modelado de Baja Masa Térmica.

En la figura 53, 53a y 53b se muestra una sección completa del Modelado de Baja Masa Térmica y sus detalles para estudiar las uniones de los diferentes elementos y verificar el comportamiento de la hermeticidad. Para este caso, se prevé que se logre cumplir con el requerimiento del PHPP con relación a la hermeticidad, ya que, a los muros y cubierta de este modelado se les colocó en su interior una barrera de vapor, y en las ventanas y puertas se les colocó una cinta adhesiva de alto rendimiento al aire.

Capítulo 4. Resultados

El siguiente capítulo expone los resultados arrojados por el PHPP y las soluciones de climatización que se llevaron a cabo para que en los modelados de alta y baja energía se lograra cumplir con los criterios para alcanzar una casa pasiva.

4.1 Modelado Básico

Valores específicos referenciados a la superficie de referencia energética			El PHPP no se ha completado totalmente; no es válido como comprobación				
		Superficie de referencia energética m ²		Criterio	Criterios alternativos	¿Cumplido? ²	
Calefacción	Demanda de calefacción	kWh/(m ² a)	0	≤	15	-	Sí
	Carga de calefacción	W/m ²	-	≤	-	-	
Refrigeración	Demanda refrigera. & deshum.	kWh/(m ² a)	220	≤	36	68	No
	Carga de refrigeración	W/m ²	108	≤	-	11	
	Frecuencia de sobrecalentamiento (> 25 °C)	%	-	≤	-	-	-
	Frecuencia excesivamente alta humedad (> 12 g/kg)	%	28	≤	10	-	No
Hermeticidad	Resultado ensayo presión n ₅₀	1/h		≤	0.6	-	
Energía Primaria no renovable (EP)	Demanda EP	kWh/(m ² a)	346	≤	120	-	No
Energía Primaria Renovable (PER)	Demanda PER	kWh/(m ² a)	166	≤	-	-	-
	Generación de Energía Renovable	kWh/(m ² a)	0	≥	-	-	

² Celda vacía: Falta dato; '-': No requerimiento

Tabla 21: Comprobación del PHPP en Modelado Básico.

Como era de esperarse, con el método constructivo tradicional de la República Dominicana, que no tiene en cuenta la hermeticidad de la vivienda ni se consideran materiales que aporten al aislamiento térmico, no se cumple con los requerimientos como se muestra en la tabla 21.

La demanda de refrigeración y deshumidificación asciende a los 220 kWh/m²a en este caso excediendo por 152 kWh/m²a el criterio del PHI y la carga de refrigeración es 108 W/m², 97 W/m² más que lo recomendado. Para cumplir con lo requerido en refrigeración fue necesaria la colocación de tres aires acondicionados, marca Lennox, modelo LM024CI-100P232-1X. (Sistemas Mini-Split de pared Solo frío y Bomba de Calor 60Hz, s. f.). Estos aparatos satisfacen las necesidades de refrigeración, pero no son capaces de controlar la humedad por lo que un 28% del tiempo la vivienda se encuentra con excesiva humedad (más de 12 g/kg que es el límite recomendado por el PHPP para asegurar el confort y evitar daños estructurales).

Como último resultado, la demanda de energía primaria no renovable fue de 346 kWh/m²a, casi 3 veces más que los 120 kWh/m²a que tiene como límite el PHPP.

4.2 Modelado de Alta Masa Térmica

Valores específicos referenciados a la superficie de referencia energética					criterio	Criterios alternativos	¿Cumplido? ²
	Superficie de referencia energética	m ²	76.8				
Calefacción	Demanda de calefacción	kWh/(m ² a)	0	≤	15	-	Sí
	Carga de calefacción	W/m ²	-	≤	-	-	Sí
Refrigeración	Demanda refrigera. & deshum.	kWh/(m ² a)	59	≤	36	68	Sí
	Carga de refrigeración	W/m ²	10	≤	-	11	Sí
	Frecuencia de sobrecalentamiento (> 25 °C)	%	-	≤	-	-	-
	Frecuencia excesivamente alta humedad (> 12 g/kg)	%	0	≤	10	-	Sí
Hermeticidad	Resultado ensayo presión n ₅₀	1/h	0.6	≤	0.6	-	Sí
Energía Primaria no renovable (EP)	Demanda EP	kWh/(m ² a)	120	≤	120	-	Sí
Energía Primaria Renovable (PER)	Demanda PER	kWh/(m ² a)	58	≤	-	-	-
	Generación de Energía Renovable	kWh/(m ² a)	0	≥	-	-	-

² Celda vacía: Falta dato; '-': No requerimiento

Tabla 22: Comprobación del PHPP en Modelado de Alta Masa Térmica

Con las mejores realizadas al modelo básico que se han mostrado anteriormente en este proyecto se alcanzó el objetivo, cumplir los requerimientos del PHPP como se muestra en la tabla 22. En este modelado la demanda de refrigeración y deshumidificación descendió a 59 kWh/m²a, 9 kWh/m²a menos que el límite que tiene como criterio el PHI, y la carga de refrigeración es 10 W/m², 1 W/m² menos que el limite recomendado.

Para cumplir con lo requerido en refrigeración fue necesaria la colocación de un aire acondicionado, marca Lennox, modelo LI009CI-230P432. (Sistemas Mini-Split de pared Solo frío y Bomba de Calor 60Hz, s. f.). Estos aparatos satisfacen las necesidades de refrigeración, pero no son capaces de controlar la humedad por lo que también fue necesaria la colocación de un deshumidificador marca FRIGIDAIRE, modelo FAD504DWD. («Frigidaire Frigidaire Deshumidificador de capacidad de 50 pintas Blanco-FAD504DWD», s. f.)

Como último resultado, la demanda de energía primaria no renovable fue de 120 kWh/m²a, el valor límite que tiene como criterio el PHI.

4.3 Modelado de Baja Masa Térmica

Valores específicos referenciados a la superficie de referencia energética				Criterios alternativos		¿Cumplido? ²	
Superficie de referencia energética	m ²		Criterio				
Calefacción	Demanda de calefacción	kWh/(m ² a)	0	≤	15	-	Sí
	Carga de calefacción	W/m ²	-	≤	-	-	
Refrigeración	Demanda refrigera. & deshum.	kWh/(m ² a)	59	≤	36	68	Sí
	Carga de refrigeración	W/m ²	10	≤	-	11	
	Frecuencia de sobrecalentamiento (> 25 °C)	%	-	≤	-	-	-
	Frecuencia excesivamente alta humedad (> 12 g/kg)	%	0	≤	10	-	Sí
Hermeticidad	Resultado ensayo presión n ₅₀	1/h	0.6	≤	0.6	-	Sí
Energía Primaria no renovable (EP)	Demanda EP	kWh/(m ² a)	116	≤	120	-	Sí
Energía Primaria Renovable (PER)	Demanda PER	kWh/(m ² a)	56	≤	-	-	-
	Generación de Energía Renovable	kWh/(m ² a)	0	≥	-	-	

² Celda vacía: Falta dato; '-': No requerimiento

Tabla 23: Comprobación del PHPP en Modelado de Baja Masa Térmica

Cambiando de una manera drástica el método constructivo de la República Dominicana también se alcanzó el objetivo de cumplir los requerimientos del PHPP como se muestra en la tabla 23. En este modelado la demanda de refrigeración y deshumidificación descendió a 59 kWh/m²a, 9 kWh/m²a menos que el límite que tiene como criterio el PHI, y la carga de refrigeración es 10 W/m², 1 W/m² menos que el límite recomendado.

Para cumplir con lo requerido en refrigeración fue necesaria la colocación de tres un aire acondicionados, marca Lennox, modelo LI009CI-230P432. (Sistemas Mini-Split de pared Solo frío y Bomba de Calor 60Hz, s. f.). Estos aparatos satisfacen las necesidades de refrigeración, pero no son capaces de controlar la humedad por lo que también fue necesaria la colocación de un deshumidificador marca FRIGIDAIRE, modelo FAD504DWD.

Como último resultado, la demanda de energía primaria no renovable fue de 116 kWh/m²a, solo unos 4 kWh/m²a menos que los 120 kWh/m²a que tiene como criterio el PHI.

Es importante señalar que esta pequeña diferencia que presenta el Modelado de Baja Masa Térmica con respecto al Modelado de Alta Masa Térmica en la demanda de energía es dada por la diferencia de inercia térmica entre ambos.

En el Modelado de Baja Masa Térmica la inercia térmica del hormigón desfavorece a la demanda, ya que las altas temperaturas que se presentan durante todo el año y la poca variación entre la temperatura del día y la noche provocarían que estos elementos retengan las altas temperaturas y las mismas penetren al interior de la vivienda aumentando la necesidad de refrigeración, mientras que en el caso de estructura de madera no sucedería así.

4.4 Costo del Proyecto

A continuación, se presenta el coste de ejecución de cada uno de los modelos. El presupuesto se realizó en Pesos Dominicanos (DOP) y fue llevado a Euros utilizando la tasa que en el momento (14 de febrero del 2019) presentaba el Banreservas, banco del gobierno dominicano, donde 1 Euro equivale a 61 Pesos Dominicanos. («Divisas | Banreservas», s. f.)

4.4.1 Modelado Básico

RESUMEN DE PRESUPUESTO				
PASSIVE HOUSE MORLA - MODELADO BASICO				
CAPITULO	RESUMEN		IMPORTE	%
PHM00	BAJO NIVEL DE PISO.....	DOP	377,659.55	21.42%
PHM01	SOBRE NIVEL DE PISO.....	DOP	1,241,349.13	70.41%
PHM16	CLIMATIZACION.....	DOP	143,970.00	8.17%
TOTAL EJECUCIÓN (PESOS DOMINICANOS)		DOP	1,762,978.68	
TOTAL EJECUCIÓN (EUROS)		€	28,901.29	

Tabla 24: Resumen de presupuesto de Modelado Básico.

4.4.2 Modelado de Alta Masa Térmica

RESUMEN DE PRESUPUESTO				
PASSIVE HOUSE MORLA - MODELADO ALTA MASA TÉRMICA				
CAPITULO	RESUMEN		IMPORTE	%
PHM00	BAJO NIVEL DE PISO.....	DOP	684,616.25	15.54%
PHM01	SOBRE NIVEL DE PISO.....	DOP	3,594,476.91	81.61%
PHM16	CLIMATIZACION.....	DOP	125,299.99	2.84%
TOTAL EJECUCIÓN (PESOS DOMINICANOS)		DOP	4,404,393.15	
TOTAL EJECUCIÓN (EUROS)		€	72,203.17	

Tabla 25: Resumen de presupuesto de Modelado de Alta Masa Térmica.

4.4.3 Modelado Baja Masa Térmica

RESUMEN DE PRESUPUESTO				
PASSIVE HOUSE MORLA - MODELADO DE BAJA MASA TÉRMICA				
CAPITULO	RESUMEN		IMPORTE	%
PHM00	BAJO NIVEL DE PISO.....	DOP	738,738.79	22.11%
PHM01	SOBRE NIVEL DE PISO.....	DOP	2,476,747.19	74.14%
PHM16	CLIMATIZACION.....	DOP	125,299.99	3.75%
TOTAL EJECUCIÓN (PESOS DOMINICANOS)		DOP	3,340,785.97	
TOTAL EJECUCIÓN (EUROS)		€	54,766.98	

Tabla 26: Resumen de presupuesto de Modelado de Baja Masa Térmica

4.5 Coste Energético

Realizar una casa pasiva es sobre todas las cosas intentar conseguir el confort dentro de la vivienda en todo el año generando las pocas emisiones dañinas al medio ambiente. Pero, detrás de todo ese esfuerzo siempre debe haber una evaluación económica del proyecto que trae consigo las preguntas: ¿La inversión inicial para conseguir una casa pasiva es recuperable en el tiempo?, ¿En qué tiempo se consigue recuperar la inversión? o ¿Es la casa pasiva solo un aporte al medio ambiente sacrificando el capital del usuario?

Para el cálculo de la factura eléctrica de cada modelado se utilizará la última resolución a la fecha (14 de febrero del 2019) de la Superintendencia de Electricidad de la República Dominicana (Superintendencia de Electricidad, s. f.- b), organismo regulador del subsector eléctrico dominicano. Para una vivienda de las características estudiadas la resolución plantea lo que se muestra en la tabla 27:

Concepto	Tarifas a aplicar a usuarios (DOP)
Cargo fijo por rangos de consumo:	
(i) Consumo mensual de 0 hasta 100kWh	37.95
(ii) Consumo mensual de 101 kWh en adelante	137.25
Cargos por energía:	
(i) Los primeros kWh entre 0 y 200	4.44
(ii) Los siguientes kWh entre 201 y 300	6.97
(iii) Los siguientes kWh entre 301 y 700	10.86
(iv) Consumo de 701 kWh o mayor, todos los kWh a	11.10

Tabla 27: Tarifario de consumo eléctrico.

Para el Modelado Básico, donde su demanda de energía primaria no renovable es de 345 kWh/m²a se obtendría lo presentado en la tabla 28. Esta demanda se traduciría en un total de 296,605.08 Pesos Dominicanos al año (4,862.38 euros).

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Consumo mensual (kWh)	2256.87	2038.46	2256.87	2184.07	2256.87	2184.07	2256.87	2256.87	2184.07	2256.87	2184.07	2256.87
Tarifa Mensual (DOP)	25188.48	22764.17	25188.48	24380.38	25188.48	24380.38	25188.48	25188.48	24380.38	25188.48	24380.38	25188.48

Tabla 28: Tarifa de factura eléctrica por mes para Modelado Básico.

Para el Modelado de Alta Masa Térmica, donde su demanda de energía primaria no renovable es de 120 kWh/m²a se obtendría lo presentado en la tabla 29. Esta demanda se traduciría en un total de 103,944.60 Pesos Dominicanos al año (1,704.01 euros).

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Consumo mensual (kWh)	782.73	706.98	782.73	757.48	782.73	757.48	782.73	782.73	757.48	782.73	757.48	782.73
Tarifa Mensual (DOP)	8825.54	7984.74	8825.54	8545.27	8825.54	8545.27	8825.54	8825.54	8545.27	8825.54	8545.27	8825.54

Tabla 29: Tarifa de factura eléctrica por mes para Modelado Alta Masa Térmica.

Para el Modelado de Baja Masa Térmica, donde su demanda de energía primaria no renovable es de 116 kWh/m²a se obtendría lo presentado en la tabla 30. Esta demanda se traduciría en un total de 100,534.68 Pesos Dominicanos al año (1,648.11 euros).

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Consumo mensual (kWh)	756.64	683.41	756.64	732.23	756.64	732.23	756.64	756.64	732.23	756.64	732.23	756.64
Tarifa Mensual (DOP)	8535.93	7723.15	8535.93	8265.00	8535.93	8265.00	8535.93	8535.93	8265.00	8535.93	8265.00	8535.93

Tabla 30: Tarifa de factura eléctrica por mes para Modelado de Alta Masa Térmica.

	Modelado Básico	Modelado de Alta Masa Térmica	Modelado de Baja Masa Térmica
Costo de ejecución	DOP 1,762,978.68	DOP 4,404,393.15	DOP 3,340,785.97
	€ 28,901.29	€ 72,203.17	€ 54,766.98
Monto más que modelado básico		DOP 2,641,414.47	DOP 1,577,807.29
		€ 43,301.88	€ 25,865.69
Porcentaje adicional		150%	89%
Costo tarifa eléctrica al año			
Costo tarifa eléctrica al año	DOP 296,605.08	DOP 103,944.60	DOP 100,534.68
	€ 4,862.38	€ 1,704.01	€ 1,648.11
Ahorro anual estimado		DOP 192,660.48	DOP 196,070.40
		€ 3,158.37	€ 3,214.27
Porcentaje adicional		65%	66%

Tabla 31: Comparación de resultados económicos.

En la tabla 31 se comparan los resultados tanto de costo de ejecución como de costo de tarifa eléctrica anual en cada uno de los modelados. Los resultados arrojan una diferencia en los costos de ejecución bastante alta pero que se ve reflejada inmediatamente en la tarifa eléctrica.

Tomando en cuenta que a una vivienda unifamiliar se le prevé una vida útil de 50 años, el costo de la tarifa eléctrica por ese periodo de tiempo sería el calculado en la tabla 32. Se considera para este cálculo que el Estado Dominicano continuaría con el subsidio para el sector eléctrico, el cual ha asumido desde junio del 2011 hasta la fecha (febrero 2019) todos los aumentos de la producción de la energía manteniendo la tarifa eléctrica igual para el consumidor. (Superintendencia de Electricidad, s. f.-a).

	Modelado Básico	Modelado de Alta Masa Térmica	Modelado de Baja Masa Térmica
Costo tarifa eléctrica al año	DOP 296,605.08	DOP 103,944.60	DOP 100,534.68
	€ 4,862.38	€ 1,704.01	€ 1,648.11
Costo tarifa eléctrica durante la vida útil (50 años)	DOP 14,830,254	DOP 5,197,230	DOP 5,026,734
	€ 243,118.92	€ 85,200.49	€ 82,405.48
Ahorro durante vida útil		DOP 9,633,024	DOP 9,803,520
		€ 157,918.43	€ 160,713.44

Tabla 32: Costo de la tarifa eléctrica durante la vida útil de la vivienda considerando el subsidio del Estado.

Asumiendo que el Estado Dominicano mantuviera dicha política, se puede estimar que la amortización de la inversión inicial adicional para el Modelado de Alta Masa Térmica (DOP 2,641,414.47) ya sería recuperada para el decimocuarto año de uso. En el caso del Modelado de Baja Masa Térmica la inversión inicial adicional (DOP 1,577,807.29) sería recuperada en el noveno año de uso.

Por otra parte, en el caso que el Estado Dominicano elimine el actual subsidio al sector eléctrico, para el cálculo del costo de la tarifa durante los 50 años se tomó como aumento mínimo anual un 3.71%, que fue el promedio del Índice de Precios al Consumidor Nacional de la República Dominicana en el año 2018 (Banco Central de la República Dominicana, s. f.). El costo de la tarifa eléctrica por ese periodo de tiempo sería el calculado en la siguiente tabla 33:

	Modelado Básico	Modelado de Alta Masa Térmica	Modelado de Baja Masa Térmica
Costo tarifa eléctrica al año	DOP 296,605.08	DOP 103,944.60	DOP 100,534.68
	€ 4,862.38	€ 1,704.01	€ 1,648.11
Costo tarifa eléctrica durante la vida útil (50 años)	DOP 41,417,703.97	DOP 14,514,743.55	DOP 14,038,584.96
	€ 678,978.75	€ 237,946.62	€ 230,140.74
Ahorro durante vida útil		DOP 26,902,960.42	DOP 27,379,119.01
		€ 441,032.14	€ 448,838.02

Tabla 33: Costo de la tarifa eléctrica durante la vida útil de la vivienda sin el subsidio del Estado

Con estos cálculos se puede estimar que la amortización de la inversión inicial adicional, si el Estado Dominicano elimina el subsidio del sector eléctrico, para el Modelado de Alta Masa Térmica (DOP 2,641,414.47) ya sería recuperada para el decimotercer año de uso. En el caso del Modelado de Baja Masa Térmica la inversión inicial adicional (DOP 1,577,807.29) sería recuperada en el octavo año de uso.

Cabe destacar que reduciendo la demanda a 107 kWh/m²a se estaría por debajo de los 701 kWh mensuales, lo que provocaría que el cargo por energía solo sea hasta el tipo (iii) y la factura anual sea de aproximadamente 70,000.00 Pesos Dominicanos (1,147.54 euros), reduciendo más de 30% dicho gasto.

Capítulo 5. Conclusiones

➤ La aplicación del concepto “casa pasiva” no se reduce a una ubicación o un clima, son principios aplicados que dependiendo las necesidades a satisfacer en la vivienda buscarán soluciones distintas, pero con los mismos objetivos: confort y bajo consumo energético. Para un clima cálido tropical con alta humedad como la ciudad de Santo Domingo, República Dominicana, no es la excepción.

➤ El método constructivo tradicional de la República Dominicana no se preocupa por garantizar confort a través de su envolvente. Esto provoca una baja inversión inicial, pero costes exagerados en la factura eléctrica que para ser disminuidos debe ser sacrificado el confort de los usuarios.

➤ Una inversión adicional de un 150% al método constructivo tradicional de la República Dominicana lograría que una vivienda en Santo Domingo cumpla con todos los requerimientos para certificarse como una casa pasiva clásica por el Passive House Institute. Aunque el monto es sumamente exagerado, esta inversión se recuperaría en aproximadamente 13 años ya que el ahorro energético también es bastante significativo.

➤ Cambiando el método constructivo presentado por otra solución como paneles de madera con aislamiento se consigue alcanzar el estándar de casa pasiva con menores espesores de la envolvente y con un coste menor que una mejora al método tradicional. Con una inversión de un 89% adicional se certificaría esta vivienda con el PHI y esta inversión elevada sería recuperada en aproximadamente 9 años ya que, igual que en el segundo modelado, el ahorro energético es muy elevado.

➤ Los sobrecostes que implicaron las soluciones propuestas en el presente proyecto no serían muy llamativos para un cliente por ser tan elevadas. En futuras investigaciones se deberían estudiar materiales de consumo local que realicen las

funciones deseadas para el aislamiento térmico y la hermeticidad, y del mismo modo estudiar ventanas comerciales y sus propiedades para disminuir los costos de ejecución.

➤ Ninguno de los modelados posee instalaciones de aparatos de energía renovable, ya que, aunque estos iban reducir las emisiones dañinas al medio ambiente y también iban a disminuir el gasto en tarifa eléctrica anual, los mismos aumentarían los costes de ejecución aún más.

Capítulo 6. Bibliografía

- Abriu Y Cerrar De Ojos, E. U. (s. f.). *LAMINADO OPACO, IDEAL PARA AMBIENTES CORROSIVOS CLASIFICACIÓN AL FUEGO B s2 d0*. Recuperado de https://www.stabiliteuropa.com/sites/default/files/3-opalit_castellano.pdf
- Banco Central de la República Dominicana. (s. f.). *Índice de Precios al Consumidor Nacional, 2018*. Recuperado de <https://www.bancentral.gov.do/a/d/2534-precios>
- CDN. (2018). Sector construcción representa el 9.8 del PIB generando el 7% de los empleos del país. Recuperado de <https://www.cdn.com.do/2018/07/24/sector-construccion-representa-9-8-del-pib-generando-7-los-empleos-del-pais/>
- Certified Buildings Map. (s. f.). Recuperado 3 de octubre de 2018, de <https://database.passivehouse.com/buildings/map/>
- DA-DB-HE-3 - Puentes térmicos. (s. f.). Recuperado de http://www.arquitectura-tecnica.com/hit/Hit2016-2/DA-DB-HE-3_Puentes_termicos.pdf
- Divisas | Banreservas. (s. f.). Recuperado 14 de febrero de 2019, de <https://www.banreservas.com/calculators/divisas>
- Ecoconstrucción. (2018). La excelencia del ladrillo en una casa pasiva construida en un clima cálido extremo | Artículos Online. Recuperado 15 de septiembre de 2018, de <http://www.ecoconstruccion.net/articulos-online/la-excelencia-del-ladrillo-en-una-casa-pasiva-construida-en-un-clima-calido-extremo-3FY4J>
- Ficha Técnica Madera IPE. (s. f.). Recuperado de https://www.lopezpigueiras.com/sites/default/files/2017-10/ficha_tecnca_ipe.pdf
- Frigidaire Frigidaire Deshumidificador de capacidad de 50 pintas Blanco-FAD504DWD. (s. f.). Recuperado 21 de febrero de 2019, de <https://www.frigidaire.com/Home-Comfort/Dehumidifiers/FAD504DWD/>
- HORMIGÓN LIGERO Aspectos técnicos y estéticos. (s. f.). Recuperado de <http://www.hormigonespecial.com/archivos/publicaciones/archivo-00010.pdf>
- James, M., & Bill, J. (2016). *Passive House in different climates: the path to net zero*. (W. Fuller & E. Davies, Eds.). New York: Routledge.
- Kubota, T., & Toe, D. H. C. (2015). Application of Passive Cooling Techniques in Vernacular Houses to Modern Urban Houses: A Case Study of Malaysia. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 179, 29-39. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.02.408>
- La primera casa pasiva fuera de la red. (2017). Recuperado 24 de septiembre de 2018, de <https://mbrsc.ae/en/page/the-first-autonomous-house-in-uae>
- Lavadora eficiente de 6,5kg | LG. (s. f.). Recuperado 14 de febrero de 2019, de <https://www.lg.com/es/lavado-y-secado/lg-F2J5WN3W>
- LG Refrigerador Bottom Freezer con Motor Inverter Linear Compressor y Capacidad Total de 441 LTS | LG. (s. f.). Recuperado 14 de febrero de 2019, de <https://www.lg.com/cl/refrigeradores/lg-LB44SVP2>
- Lozano, D. (2015). La arquitectura pasiva reclama su lugar en México. Recuperado 15 de septiembre de 2018, de <https://www.mundohvacr.com.mx/2015/06/la-arquitectura-pasiva-reclama->

- su-lugar-en-mexico/
Nacional, I. X. C. (2010). Características de la Vivienda y del Hogar. Oficina Nacional de Meteorología. (s. f.). Historial Meteorológico. Recuperado 5 de noviembre de 2018, de <https://drive.google.com/drive/folders/0BwAerU-5PW6haTJKUki2ZTI5MEE>
- PHI. (2017). Passivhaus Institut. Recuperado 3 de octubre de 2018, de https://passivehouse.com/02_informations/01_what_is_a_passive_house/01_what_is_a_passive_house.htm
- PREFHORVISA. (s. f.). *FICHAS TÉCNICAS DECLARACIÓN DE PRESTACIONES BLOQUES DE HORMIGÓN*. Recuperado de <https://prefhorvisa.files.wordpress.com/2014/05/fichas-tecnicas1.pdf>
- PROPIEDADES TERMICAS DE ALGUNOS MATERIALES DE CONSTRUCCION Y AISLANTES. (s. f.). Recuperado 24 de enero de 2019, de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://materias.fi.uba.ar/6731/Tablas/Tabla6.pdf>
- ROCKWOOL aislamiento de lana de roca. (s. f.). Recuperado 21 de febrero de 2019, de <https://www.rockwool.es/>
- Sikalastic - 560. (s. f.). Recuperado de https://neufert-cdn.archdaily.net/uploads/product_file/file/9295/HT-Sikalastic_-560.pdf
- Sobre República Dominicana - GoDominicanRepublic.com. (s. f.). Recuperado 28 de septiembre de 2018, de <http://www.godominicanrepublic.com/es/sobre-rd/>
- Superintendencia de Electricidad. (s. f.-a). *Evolutivo Tarifas Aplicadas*.
Superintendencia de Electricidad. Fijación tarifas a usuarios regulados por las empresas distribuidoras: (i) Edesur Dominicana, S.A. (EDESUR) (ii) Empresa distribuidora de electricidad del este, S.A. (EDEESTE) y, (iii) EDENORTE Dominicana, para el mes de febrero 2019. Recuperado de http://sie.gob.do/images/sie-documentos-pdf/marco-legal/resoluciones-sie/2019/SIE-005-2019-TF_-_FIJACION_TF_UR_EDES_FEBRERO_2019.pdf
- Tabla de Marcos de Ventanas. (s. f.). Recuperado de <https://ovcis.castillalamancha.es/OVCISEficienciaEnergetica/manuales/ventanas/CalculoTransmitancia.pdf>
- Wassouf, M. (2014). *De la casa pasiva al estándar Passivhaus; La arquitectura pasiva en climas cálidos*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

Procedencia de Figuras, tablas y anexos

Figuras y tablas:

Figura 1: Mapa de edificaciones certificadas por el PHI. Fuente: <https://database.passivehouse.com/buildings/map/>

Figura 2: Vista superior de Passivhaus Herrera. Fuente: <http://www.ecoconstruccion.net/articulos-online/la-excelencia-del-ladrillo-en-una-casa-pasiva-construida-en-un-clima-calido-extremo-3FY4J>

Figura 3: Fachada ventilada Passivhaus Herrera. Fuente: <http://www.ecoconstruccion.net/articulos-online/la-excelencia-del-ladrillo-en-una-casa-pasiva-construida-en-un-clima-calido-extremo-3FY4J>

Figura 4: Aislamiento interior en Passivhaus Herrera. Fuente: <http://www.ecoconstruccion.net/articulos-online/la-excelencia-del-ladrillo-en-una-casa-pasiva-construida-en-un-clima-calido-extremo-3FY4J>

Figura 5: Suelo radiante colocado en Passivhaus Herrera. Fuente: <http://www.ecoconstruccion.net/articulos-online/la-excelencia-del-ladrillo-en-una-casa-pasiva-construida-en-un-clima-calido-extremo-3FY4J>

Figura 6: Primera Passivhaus en México. Fuente:

https://passivhausprojekte.de/#d_2959

Figura 7: Vista frontal de las oficinas de MBRSC. Fuente: https://passivhausprojekte.de/index.php?lang=en#d_5065

Figura 8: Casa tradicional de la República Dominicana. Fuente: <https://listindiario.com/la-vida/2009/2/21/91977/Samana-es-una-joya-arquitectonica>

Figura 958: Bohío-Vivienda de los nativos antes del descubrimiento de América. Fuente: <https://www.historiadelnuevomundo.com/index.php/2010/03/los-tainos/>

Figura 10: Proceso constructivo de vivienda de mampostería. Fuente: <http://acoprovi.org/costo-de-la-construccion-de-viviendas-sube-3-71/>

Figura 11: Los cinco principios básicos para la construcción de casas pasivas. Fuente: https://passivehouse.com/02_informations/02_passive-house-requirements/02_passive-house-requirements.htm

Figura 12: Plano de distribución de la vivienda. Fuente: Elaboración propia

Figura 13: Elevación frontal de vivienda. Fuente: Elaboración propia

Tabla 1: Comparación entre Santo Domingo y Brasilia. Fuente: Oficina Nacional de Meteorología (ONAMET) y PHPP.

Tabla 2: Aparatos eléctricos utilizados en todos los modelados. («Lavadora eficiente de 6,5kg | LG», s. f.; «LG Refrigerador Bottom Freezer con Motor Inverter Linear Compressor y Capacidad Total de 441 LTS | LG», s. f.)

Tabla 3: Lista de materiales y conductividades térmicas utilizadas en modelado básico. Fuente: Elaboración propia

Tabla 4: Composición de muros en Modelado Básico. Fuente: Elaboración propia

Tabla 5: Composición de solera en Modelado Básico. Fuente: Elaboración propia

Tabla 6: Composición de cubierta en Modelado Básico. Fuente: Elaboración propia

Figura 14: Flujo de Calor en PT_01_MB. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 15: Distribución de Temperatura en PT_01_MB. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 16: Flujo de Calor en PT_02_MB. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 17: Distribución de Temperatura en PT_02_MB Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 18: Flujo de Calor en PT_03_MB. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 19: Distribución de Temperatura en PT_03_MB. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 20: Flujo de Calor en PT_04_MB. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 21: Distribución de Temperatura en PT_04_MB. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 22: Flujo de Calor en PT_05_MB. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 23: Distribución de Temperatura en PT_05_MB. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 24: Flujo de Calor en PT_06_MB. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 25: Distribución de Temperatura en PT_06_MB. Fuente: Elaboración propia en THERM

Tabla 7: Puentes térmicos en Modelado Básico. Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Resultados de confort de las ventanas en Modelado Básico. Fuente: Extraído de Hoja "Ventanas" del PHPP

Figura 26: Distribución de viviendas en complejo residencial. Fuente: Elaboración propia

Figura 27: Sección completa Modelado Básico. Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Lista de materiales y conductividades térmicas utilizadas en Modelado de Alta Masa Térmica. Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Composición de muros en Modelado de Alta Masa Térmica. Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Composición de solera en Modelado de Alta Masa Térmica. Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Composición de cubierta en Modelado de Alta Masa Térmica. Fuente: Elaboración propia.

Figura 28: Flujo de Calor en PT_01_AM. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 29: Distribución de Temperatura en PT_01_AM. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 30: Flujo de Calor en PT_02_AM. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 31: Distribución de Temperatura en PT_02_AM. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 32: Flujo de Calor en PT_03_AM. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 33: Distribución de Temperatura en PT_03_AM. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 34: Flujo de Calor en PT_04_AM. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 35: Distribución de Temperatura en PT_04_AM. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 36: Flujo de Calor en PT_05_AM. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 37: Distribución de Temperatura en PT_05_AM. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 38: Flujo de Calor en PT_06_AM. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 39: Distribución de Temperatura en PT_06_AM. Fuente: Elaboración propia en THERM

Tabla 13: Puentes térmicos en Modelado de Alta Masa Térmica. Fuente: Elaboración propia

Figura 40: Sección completa Modelado de Alta Masa Térmica. Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Resultados de confort de las ventanas en Modelado de Alta Masa Térmica. Fuente: Extraído de Hoja "Ventanas" del PHPP

Tabla 15: Lista de materiales y conductividades térmicas utilizadas en Modelado de Baja Masa Térmica. Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Composición de muros en Modelado de Baja Masa Térmica. Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: Composición de solera en Modelado de Baja Masa Térmica. Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: Composición de cubierta en Modelado de Baja Masa Térmica. Fuente: Elaboración propia

Figura 41: Flujo de Calor en PT_01_BM. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 42: Distribución de Temperatura en PT_01_BM. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 43: Flujo de Calor en PT_02_BM. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 44: Distribución de Temperatura en PT_02_BM. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 45: Flujo de Calor en PT_03_BM. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 46: Distribución de Temperatura en PT_03_BM. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 47: Flujo de Calor en PT_04_BM. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 48: Distribución de Temperatura en PT_04_BM. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 49: Flujo de Calor en PT_05_BM. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 50: Distribución de Temperatura en PT_05_BM. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 51: Flujo de Calor en PT_06_BM. Fuente: Elaboración propia en THERM

Figura 52: Distribución de Temperatura en PT_06_BM. Fuente: Elaboración propia en THERM

Tabla 19: Puentes térmicos en Modelado de Baja Masa Térmica. Fuente: Elaboración propia.

Figura 53: Sección completa Modelado de Baja Masa Térmica. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20: Resultados de confort de las ventanas en Modelado de Baja Masa Térmica. Fuente: Extraído de Hoja "Ventanas" del PHPP

Tabla 21: Comprobación del PHPP en Modelado Básico. Fuente: Extraído de Hoja "Comprobación" del PHPP

Tabla 22: Comprobación del PHPP en Modelado de Alta Masa Térmica. Fuente: Extraído de Hoja "Comprobación" del PHPP

Tabla 23: Comprobación del PHPP en Modelado de Baja Masa Térmica. Fuente: Extraído de Hoja "Comprobación" del PHPP

Tabla 24: Resumen de presupuesto de Modelado Básico. Fuente: Elaboración propia en Presto

Tabla 25: Resumen de presupuesto de Modelado de Alta Masa Térmica. Fuente: Elaboración propia en Presto

Tabla 26: Resumen de presupuesto de Modelado de Baja Masa Térmica. Fuente: Elaboración propia en Presto

Tabla 27: Tarifario de consumo eléctrico. Fuente: (Superintendencia de Electricidad, s. f.-b)

Tabla 28: Tarifa de factura eléctrica por mes para Modelado Básico. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 29: Tarifa de factura eléctrica por mes para Modelado Alta Masa Térmica. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 30: Tarifa de factura eléctrica por mes para Modelado de Alta Masa Térmica. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31: Comparación de resultados económicos. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 32: Costo de la tarifa eléctrica durante la vida útil de la vivienda considerando el subsidio del Estado

Tabla 33: Costo de la tarifa eléctrica durante la vida útil de la vivienda sin el subsidio del Estado

Anexos:

Tabla PHPP 1: Valores U de los sistemas constructivos en Modelado Básico. Fuente: Extraído de Hoja "Valores-U" del PHPP

Tabla PHPP 2: Cuadro resumen de superficies en Modelado Básico.

Fuente: Extraído de Hoja "Superficies" del PHPP

Tabla PHPP 3: Puentes térmicos en Modelado Básico. Fuente: Extraído de Hoja "Superficies" del PHPP

Tabla 1:
PT_01_UNION_MURO_LOSA_MB.
Fuente: Elaboración Propia en Excel

Tabla 2:
PT_02_PERIMETRAL_ZOCALO_MB.
Fuente: Elaboración Propia en Excel

Tabla 3:
PT_03_COLUMNA_EN_ESQUINA_MB
. Fuente: Elaboración Propia en Excel

Tabla 4:
PT_04_COLUMNS_EN_T_MB.
Fuente: Elaboración Propia en Excel

Tabla 5:
PT_05_COLUMNS_CENTRADAS_M
B. Fuente: Elaboración Propia en Excel

Tabla 6:
PUENTE_TÉRMICO_INSTALACION_
VENTANA_MB. Fuente: Elaboración Propia en Excel

Tabla PHPP 4: Ventanas Modelado Básico. Fuente: Extraído de Hoja "Ventanas" del PHPP

Tabla PHPP 5: Cálculo de los factores de sombra. Fuente: Extraído de Hoja "Sombras" del PHPP

Tabla 7: Cálculo de factores de reducción adicional. Fuente: Elaboración Propia en Excel

Tabla PHPP 6: Valores U de los sistemas constructivos en Modelado de Alta Masa Térmica. Fuente: Extraído de Hoja "Valores-U" del PHPP

Tabla PHPP 7: Puentes térmicos en Modelado de Alta Masa Térmica. Fuente: Extraído de Hoja "Superficies" del PHPP

Tabla 8:
PT_01_UNION_MURO_LOSA_AM.
Fuente: Elaboración Propia en Excel

Tabla 9:
PT_02_PERIMETRAL_ZOCALO_AM.
Fuente: Elaboración Propia en Excel

Tabla 10:
PT_03_COLUMNA_EN_ESQUINA_AM
. Fuente: Elaboración Propia en Excel

Tabla 11:
PT_04_COLUMNA_EN_T_AM.
Fuente: Elaboración Propia en Excel

Tabla 12:
PT_05_COLUMNA_CENTRADA_AM.
Fuente: Elaboración Propia en Excel

Tabla 13:
PUENTE_TÉRMICO_INSTALACION_VENTANA_AM. Fuente: Elaboración Propia en Excel

Tabla PHPP 8: Ventanas Modelado de Alta Masa Térmica. Fuente: Extraído de Hoja "Ventanas" del PHPP

Tabla PHPP 9: Valores U de los sistemas constructivos en Modelado de Baja Masa Térmica. Fuente: Extraído de Hoja "Valores-U" del PHPP

Tabla PHPP 10: Puentes térmicos en Modelado de Baja Masa Térmica. Fuente: Extraído de Hoja "Superficies" del PHPP

Tabla 14:
PT_01_UNION_MURO_LOSA_BM.
Fuente: Elaboración Propia en Excel

Tabla 15:
PT_02_PERIMETRAL_ZOCALO_BM.
Fuente: Elaboración Propia en Excel

Tabla 16:
PT_03_COLUMNA_EN_ESQUINA_BM
. Fuente: Elaboración Propia en Excel

Tabla 17:
PT_04_COLUMNS_EN_T_BM.
Fuente: Elaboración Propia en Excel

Tabla 18:
PT_05_COLUMNA_CENTRADA_BM.
Fuente: Elaboración Propia en Excel

Tabla 19:
PUENTE_TÉRMICO_INSTALACION_VENTANA_BM. Fuente: Elaboración Propia en Excel

Tabla 20: Presupuesto detallado de Modelado Básico. Fuente: Elaboración propia en Presto

Tabla 21: Presupuesto detallado de Modelado de Alta Masa Térmica. Fuente: Elaboración propia en Presto.

Anexos

1. Modelado Básico

Valor-U de los sistemas constructivos

Casa Pasiva con PHPP Versión 9.3

Passive House Morla / Clima: Brasilia / SRE: 77 m² / Refrigeración: 590.4 kWh/(m²a) / PER: 392.5 kWh/(m²a)

Cálculo secundario: Conductividad térmica equivalente de los espacios de aire en calma -> (a la derecha)

Capas en forma de cuña (aislamiento con pendiente)

Capas de aire sin ventilar y áticos no calefactados

Nr. elem. cons.	Denominación de elemento constructivo				¿Aislamiento interior?
01ud	Muros exteriores				<input type="checkbox"/>
	Resistencia térmica superficial [m ² K/W]				
Inclinación del elemento	2-Muro	interior R _{si}	0.13		
Adyacente a	1-Aire exterior	exterior R _{se}	0.04		
Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]
Enlucido de mortero de aridos ligeros	0.410				
Bloque de hormigon de 20cm preforvisa 1,150 Kg/m3	1.180				
Enlucido de mortero de aridos ligeros	0.410				
Porcentaje superficie parcial 1	100%	Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3	
Suplemento al valor-U		Valor-U:	2.288 W/(m ² K)		
					Total 24.0 cm

Nr. elem. cons.	Denominación de elemento constructivo				¿Aislamiento interior?
02ud	Solera en contacto con el terreno				<input type="checkbox"/>
	Resistencia térmica superficial [m ² K/W]				
Inclinación del elemento	3-Suelo	interior R _{si}	0.10		
Adyacente a	2-Terreno	exterior R _{se}	0.00		
Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]
Capa de baldosa de granito 2500-2700 Kg/m3	2.800				
Mortero autonivelante	2.000				
Hormigon armado	2.500				
Porcentaje superficie parcial 1	100%	Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3	
Suplemento al valor-U		Valor-U:	5.551 W/(m ² K)		
					Total 19.0 cm

Introducción de los Puentes Térmicos (PTs)											
Nr.	Denominación del puente térmico	Nr. de grupo	Asignación al grupo	Cantidad	x (	Longitud [m]	-	Sustracción de longitud, determinada por el usuario [m]	)=	Longitud l [m]	Determinado por el usuario Valor Ψ [W/(mK)]
1	PT_01_UNION_MURO_LOSA	15	PTs ambiente exterior	1	x (	38.80	-		)=	38.80	4.134
2	PT_02_Perimetral_zócalo	16	PTs perimetrales en el zócalo	1	x (	38.80	-		)=	38.80	1.853
3	PT_03_COLUMNAS_EN_ESQUINA	15	PTs ambiente exterior	4	x (	3.17	-		)=	12.68	1.583
4	PT_04_COLUMNAS_EN_T	15	PTs ambiente exterior	7	x (	3.17	-		)=	22.19	0.577
5	PT_05_COLUMNAS_CENTRADAS	15	PTs ambiente exterior	1	x (	3.17	-		)=	3.17	2.719
6					x (-)=		

Tabla PHPP 3: Puentes térmicos en Modelado Básico


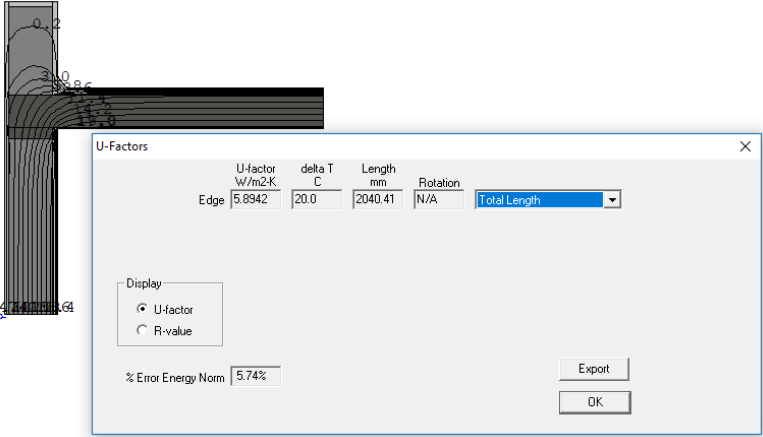


Cálculo de puentes térmicos lineales			
Proyecto	PASSIVEHOUSE MORLA		
PT ref.:	PT_01_UNION_MURO_LOSA_MB		
THERM ® 			
Global	Modelo bidimensional		
Longitud total (mm)	2040.410	Φ 2D (W/mK)	12.0266
Factor -U (W/m²K)	5.894		
ΔT1 (K)	20		
			
PHPP 			
Muro	Modelo unidimensional 1		
Longitud (m)	1.416	Φ 1D (W/mK)	3.2398
Valor-U, 1D (W/m²K)	2.2880		
PHPP 			
Losa	Modelo unidimensional 1		
Longitud (m)	1.419	Φ 1D (W/mK)	4.6529
Valor-U, 1D (W/m²K)	3.2790		
Resultado puente térmico lineal PSI (W/mK)			
Ψ (W/mK)	4.1339		

Tabla 1: PT_01_UNION_MURO_LOSA_MB


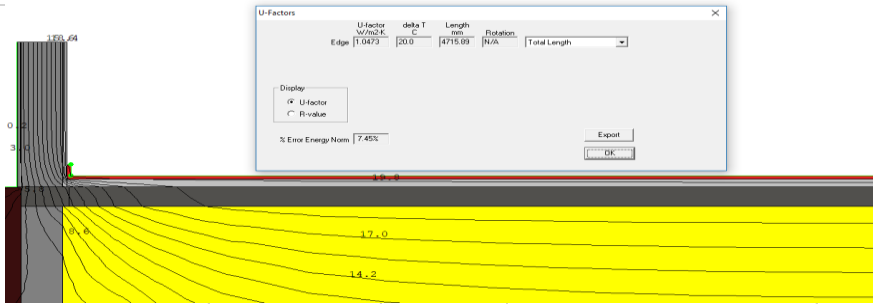

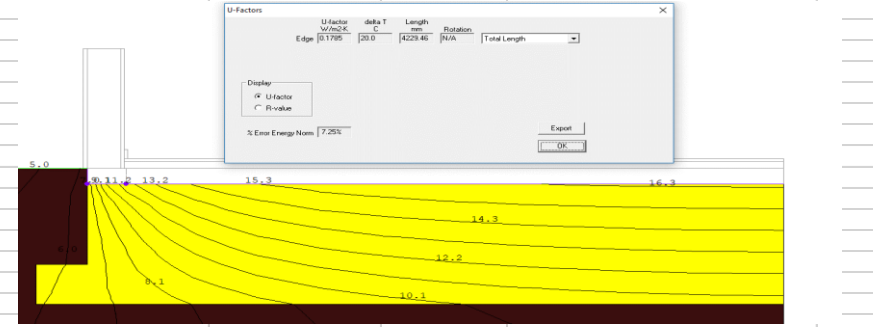

Cálculo de puentes térmicos lineales			
Proyecto		PASSIVEHOUSE MORLA	
PT ref.:		PT_02_PERIMETRAL_ZOCALO	
THERM®			
Global		Modelo bidimensional	
Longitud total (mm)	4716	Φ 2D (W/mK)	4.9390
Factor -U (W/m²K)	1.0473		
ΔT1 (K)	20		
			
THERM®			
Global		Modelo bidimensional. Losa piso	
Longitud total (mm)	4229	Φ 2D (W/mK)	0.7592
Factor -U (W/m²K)	0.1795		
ΔT1 (K)	20		
			
PHPP			
Muro ciego		Modelo unidimensional 1	
Longitud (m)	1.017	Φ 1D (W/mK)	2.3269
Valor-U, 1D (W/m²K)	2.2880		
Resultado puente térmico lineal PSI (W/mK)			
Ψ (W/mK)	1.8529		

Tabla 2: PT_02_PERIMETRAL_ZOCALO_MB


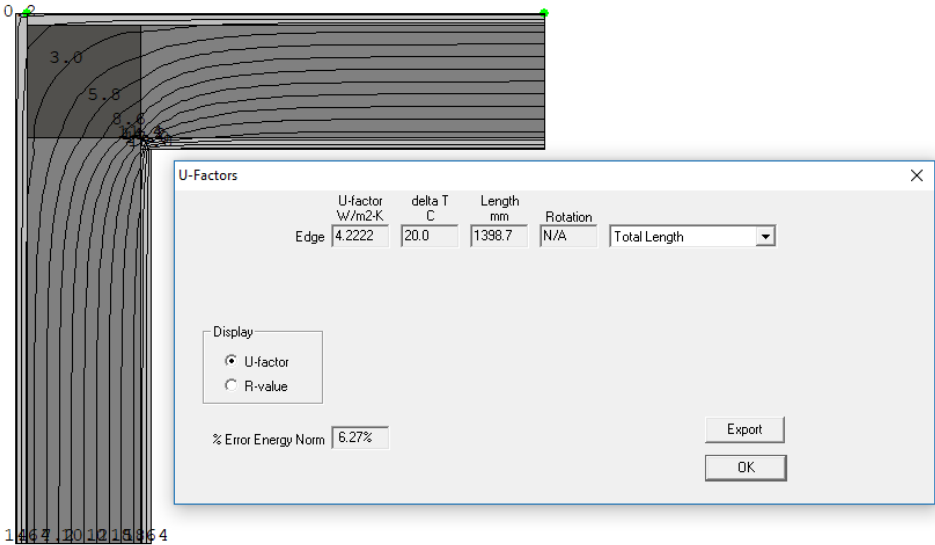

		Cálculo de puentes térmicos lineales			
Proyecto	PASSIVEHOUSE MORLA				
PT ref.:	PT_03_COLUMNAS_EN_ESQUINA				
THERM®					
Global		Modelo bidimensional			
Longitud total (mm)	1399	Φ 2D (W/mK)		5.9053	
Factor -U (W/m²K)	4.2220				
ΔT1 (K)	20				
					
PHPP					
Muro		Modelo unidimensional 1			
Longitud (m)	1.889	Φ 1D (W/mK)		4.3220	
Valor-U, 1D (W/m²K)	2.2880				
Resultado puente térmico lineal PSI (W/mK)					
Ψ (W/mK)	1.5833				

Tabla 3: PT_03_COLUMNA_EN_ESQUINA_MB


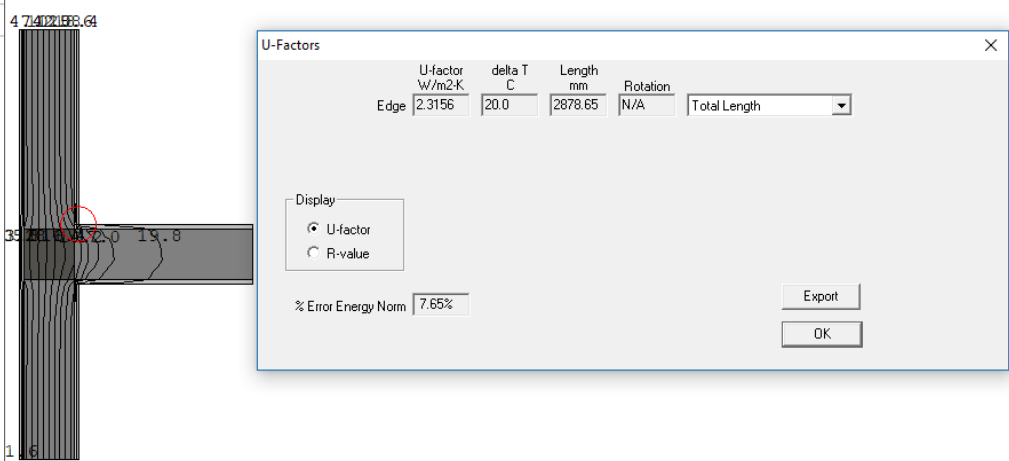

Cálculo de puentes térmicos lineales											
Proyecto	PASSIVEHOUSE MORLA										
PT ref.:	PT_04_COLUMNAS_EN_T										
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="width: 30%;"> <p>THERM®</p>  </div> <div style="width: 65%;"> <p>Global Modelo bidimensional</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Longitud total (mm)</td> <td style="background-color: #00b09b; color: white;">2879</td> <td rowspan="3" style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Φ 2D (W/mK)</td> <td rowspan="3" style="border: 1px solid black; padding: 5px;">6.6658</td> </tr> <tr> <td>Factor -U (W/m²K)</td> <td style="background-color: #00b09b; color: white;">2.3156</td> </tr> <tr> <td>ΔT_1 (K)</td> <td style="background-color: #00b09b; color: white;">20</td> </tr> </table> </div> </div>				Longitud total (mm)	2879	Φ 2D (W/mK)	6.6658	Factor -U (W/m ² K)	2.3156	ΔT_1 (K)	20
Longitud total (mm)	2879	Φ 2D (W/mK)	6.6658								
Factor -U (W/m ² K)	2.3156										
ΔT_1 (K)	20										
											
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="width: 30%;"> <p>PHPP</p>  </div> <div style="width: 65%;"> <p>Muro Modelo unidimensional 1</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Longitud (m)</td> <td style="background-color: #00b09b; color: white;">2.661</td> <td rowspan="2" style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Φ 1D (W/mK)</td> <td rowspan="2" style="border: 1px solid black; padding: 5px;">6.0884</td> </tr> <tr> <td>Valor-U, 1D (W/m²K)</td> <td style="background-color: #00b09b; color: white;">2.2880</td> </tr> </table> </div> </div>				Longitud (m)	2.661	Φ 1D (W/mK)	6.0884	Valor-U, 1D (W/m ² K)	2.2880		
Longitud (m)	2.661	Φ 1D (W/mK)	6.0884								
Valor-U, 1D (W/m ² K)	2.2880										
Resultado puente térmico lineal PSI (W/mK)											
Ψ (W/mK)	0.5774										

Tabla 4: PT_04_COLUMNAS_EN_T_MB


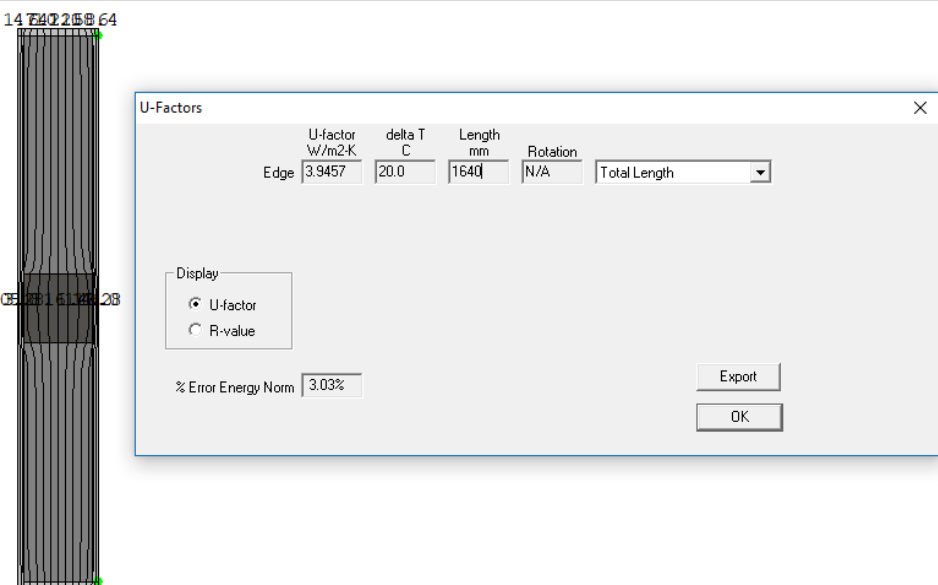

Cálculo de puentes térmicos lineales			
Proyecto	PASSIVEHOUSE MORLA		
PT ref.:	PT_05_COLUMNAS_CENTRADAS		
THERM®			
Global	Modelo bidimensional		
Longitud total (mm)	1640	Φ 2D (W/mK)	6.4709
Factor -U (W/m²K)	3.9457		
ΔT1 (K)	20		
			
PHPP			
Muro	Modelo unidimensional 1		
Longitud (m)	1.640	Φ 1D (W/mK)	3.7523
Valor-U, 1D (W/m²K)	2.2880		
Resultado puente térmico lineal PSI (W/mK)			
Ψ (W/mK)	2.7186		

Tabla 5: PT_05_COLUMNAS_CENTRADAS_MB

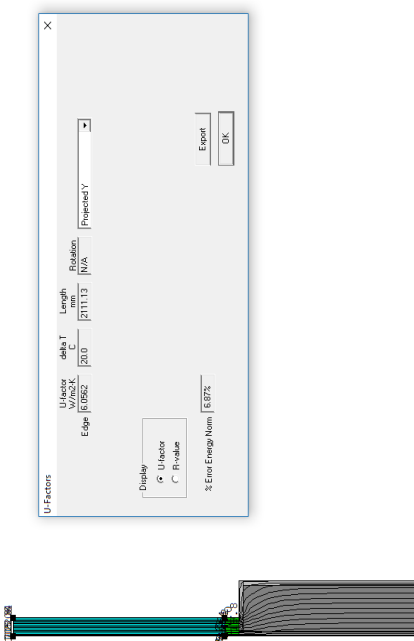
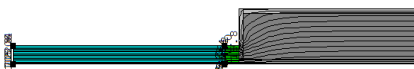

Cálculo de puentes térmicos lineales									
Proyecto	PASSIVOUSE MORLA								
PTref.:	PT_06_VENTANAS_MB								
									
									
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Modelo bidimensional</td> </tr> <tr> <td>Φ 2D (W/mK)</td> <td>12.7854</td> </tr> </table>		Modelo bidimensional		Φ 2D (W/mK)	12.7854				
Modelo bidimensional									
Φ 2D (W/mK)	12.7854								
<table border="1"> <tr> <td>Total length</td> <td>2111</td> </tr> <tr> <td>Length (mm)</td> <td>2111</td> </tr> <tr> <td>U-factor (W/m²K)</td> <td>6.0562</td> </tr> <tr> <td>ΔT1 (K)</td> <td>20</td> </tr> </table>		Total length	2111	Length (mm)	2111	U-factor (W/m²K)	6.0562	ΔT1 (K)	20
Total length	2111								
Length (mm)	2111								
U-factor (W/m²K)	6.0562								
ΔT1 (K)	20								
									
Muro									
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Modelo unidimensional 1</td> </tr> <tr> <td>Φ 1D (W/mK)</td> <td>2.2880</td> </tr> </table>		Modelo unidimensional 1		Φ 1D (W/mK)	2.2880				
Modelo unidimensional 1									
Φ 1D (W/mK)	2.2880								
<table border="1"> <tr> <td>Length (m)</td> <td>1.000</td> </tr> <tr> <td>U-Value, 1D (W/m²K)</td> <td>2.2880</td> </tr> </table>		Length (m)	1.000	U-Value, 1D (W/m²K)	2.2880				
Length (m)	1.000								
U-Value, 1D (W/m²K)	2.2880								
Marco de carpintería									
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Modelo unidimensional 2</td> </tr> <tr> <td>Φ 1D (W/mK)</td> <td>0.2640</td> </tr> </table>		Modelo unidimensional 2		Φ 1D (W/mK)	0.2640				
Modelo unidimensional 2									
Φ 1D (W/mK)	0.2640								
<table border="1"> <tr> <td>Length (m)</td> <td>0.080</td> </tr> <tr> <td>U-Value, 1D (W/m²K)</td> <td>3.3000</td> </tr> </table>		Length (m)	0.080	U-Value, 1D (W/m²K)	3.3000				
Length (m)	0.080								
U-Value, 1D (W/m²K)	3.3000								
Vidrio equivalente (i\ espaciaidores)									
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Modelo unidimensional 3</td> </tr> <tr> <td>Φ 1D (W/mK)</td> <td>3.3948</td> </tr> </table>		Modelo unidimensional 3		Φ 1D (W/mK)	3.3948				
Modelo unidimensional 3									
Φ 1D (W/mK)	3.3948								
<table border="1"> <tr> <td>Length (m)</td> <td>1.000</td> </tr> <tr> <td>U-Value, 1D (W/m²K)</td> <td>3.3948</td> </tr> </table>		Length (m)	1.000	U-Value, 1D (W/m²K)	3.3948				
Length (m)	1.000								
U-Value, 1D (W/m²K)	3.3948								
<table border="1"> <tr> <td>Resultado puente térmico lineal PSI (W/mK)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ψ (W/mK)</td> <td>6.8387</td> </tr> </table>		Resultado puente térmico lineal PSI (W/mK)		ψ (W/mK)	6.8387				
Resultado puente térmico lineal PSI (W/mK)									
ψ (W/mK)	6.8387								

Tabla 6: PUENTE_TÉRMICO_INSTALACION_VENTANA_MB

Ángulos hora calefacción [K(h/a)]: 0.1

Cantidad	Descripción	Desviación con respecto al norte	Ángulo de inclinación respecto a la horizontal	Orientación	Medidas hueco de albañilería		Instalado en	Acrislamiento	Marco	Valor g	Valor-U		Ψ Borde de vidrio	Situación de instalación					
					Archura	Altura					Acristalamiento	Marco (pro-medio)		Izquierda	Derecha	Abajo	Arriba	$U_{instalación}$	
1	Ventana baño fachada este	90	90	Este	1.000	0.500	4-E-PB.1	Selección a partir de hoja 'Componentes'	Selección a partir de hoja 'Componentes'	0.63	W(m ² K)	W(m ² K)	W(m ² K)	W(m ² K) o 10	W(m ² K)	W(m ² K)	W(m ² K)	W(m ² K)	
1	Ventana fachada sur T1	180	90	Sur	1.200	1.300	2-S-PB.1	Selección a partir de hoja 'Componentes'	Selección a partir de hoja 'Componentes'	0.63	5.70	5.70	0.040	1	1	1	1	1	6.840
1	Ventana fachada sur T2	180	90	Sur	1.800	1.900	3-S-PB.2	Selección a partir de hoja 'Componentes'	Selección a partir de hoja 'Componentes'	0.63	5.70	5.70	0.040	1	1	1	1	1	6.840
1	Ventana fachada oeste T1	270	90	Oeste	0.900	1.100	5-O-PB.1	Selección a partir de hoja 'Componentes'	Selección a partir de hoja 'Componentes'	0.63	5.70	5.70	0.040	1	1	1	1	1	6.840
1	Ventana fachada oeste T2	270	90	Oeste	1.200	1.100	5-O-PB.1	Selección a partir de hoja 'Componentes'	Selección a partir de hoja 'Componentes'	0.63	5.70	5.70	0.040	1	1	1	1	1	6.840
2	Ventana fachada norte T1	0	90	Norte	1.800	1.100	1-N-PB.1	Selección a partir de hoja 'Componentes'	Selección a partir de hoja 'Componentes'	0.63	5.70	5.70	0.040	1	1	1	1	1	6.840
1	Ventana fachada norte T2	0	90	Norte	1.200	1.100	1-N-PB.1	Selección a partir de hoja 'Componentes'	Selección a partir de hoja 'Componentes'	0.63	5.70	5.70	0.040	1	1	1	1	1	6.840
1	Ventana baño fachada norte	0	90	Norte	1.000	0.500	1-N-PB.1	Selección a partir de hoja 'Componentes'	Selección a partir de hoja 'Componentes'	0.63	5.70	5.70	0.040	1	1	1	1	1	6.840

Tabla PHPP 4: Ventanas Modelado Básico

Cálculo de los factores de sombra

Passive House Moria / Clima: Brasilia / SRE: 77 m² / Refrigeración: 603.2 kWh/(m².a) / PER: 400.4 kWh/(m².a)

Latitud geográfica: 15.78°

Orientación	Acristalamiento superficie [m²]	Factor de reducción invierno r_v	Factor de reducción refrigeración $r_{v,1}$	Factor de reducción carga refrig. $r_{v,2}$	Carga solar [kWh/(m².a)]
Norte	4.35	7%	7%	7%	21
Este	0.29	7%	8%	8%	42
Sur	4.04	0%	2%	2%	11
Oeste	1.67	9%	10%	10%	50
Horizontal	0.00	100%	100%	100%	0

Cantidad	Descripción	Desviación con respecto al norte [Grados]	Ángulo de inclinación respecto a la horizontal [Grados]	Orientación	Ancho del vidrio w_G [m]	Altura del vidrio h_G [m]	Superficie de vidrio A_{GCR} [m²]	Altura del objeto que causa la sombra h_{obj} [m]	Horizonte		Telares / Remetimientos laterales		Voladizos / Volados		Factor de reducción adicional para sombreado en invierno $r_{fot,v}$ [%]	Factor de reducción adicional para sombreado en verano $r_{fot,v}$ [%]
									Distancia horizontal d_{hor} [m]	Profundidad de telares/remetimientos laterales o_{rem} [m]	Distancia del borde del vidrio al telar/remetimiento d_{rem} [m]	Profundidad del voladizo/volado o_{vol} [m]	Distancia del borde superior del vidrio hasta voladizo/volado d_{vol} [m]			
1	Ventana baño fachada sur	90	90	Este	0.84	0.34	0.3	1.39	3.28	1.00	1.350	0.25	0.70	12%	11%	
1	Ventana fachada sur	180	90	Sur	1.04	1.14	1.2	2.11	20.22	6.60	0.490	1.18	0.24	1%	4%	
1	Ventana fachada sur	180	90	Sur	1.64	1.74	2.9	3.18	20.22	6.60	4.800	1.18	0.24	1%	6%	
1	Ventana fachada oeste	270	90	Oeste	0.74	0.94	0.7	1.98	3.25	1.00	2.170	0.25	0.88	17%	16%	
1	Ventana fachada oeste	270	90	Oeste	1.04	0.94	1.0	1.98	3.25	1.00	0.820	0.25	0.88	15%	14%	
2	Ventana fachada norte	0	90	Norte	1.64	0.94	3.1	1.98	2.00	1.00	0.500	0.25	0.88	18%	15%	
1	Ventana fachada norte	0	90	Norte	1.04	0.94	1.0	1.98	2.00	1.00	4.310	0.25	0.88	12%	10%	
1	Ventana baño fachada sur	0	90	Norte	0.84	0.34	0.3	1.38	2.00	1.00	7.200	0.25	0.88	8%	6%	

Tabla PHPP 5: Cálculo de los factores de sombra

	Horizonte		Factores de reducción por sombreamiento HORIZONTE		Angulo de Influencia del objeto de sombra	Reducción de radiación solar	Factores de reducción adicional para sombreamiento	
	Altura del objeto que causa sombra	Distancia horizontal	Invierno	Verano			Invierno	Verano
Ventana baño fachada este	h_{hor} (m)	d_{hor} (m)	r_H (%)	r_H (%)	θ	f (%)	$r_{otro,i}$	$r_{otro,v}$
Ventana fachada sur T1	1.39	3.28	77	78	86	47.78	12%	11%
Ventana fachada sur T2	2.11	20.22	99	95	32	17.78	1%	4%
Ventana fachada oeste T1	3.18	20.22	99	93	31	17.22	1%	6%
Ventana fachada oeste T2	1.98	3.25	69	71	82	45.56	17%	16%
Ventana fachada norte T1	1.98	3.25	69	71	91	50.56	15%	14%
Ventana fachada norte T2	1.98	2.00	55	63	107	59.44	18%	15%
Ventana baño fachada norte	1.98	2.00	55	63	132	73.33	12%	10%
	1.38	2.00	63	71	141	78.33	8%	6%

Tabla 7: Cálculo de factores de reducción adicional

2. Modelado de Alta Masa Térmica

Valor-U de los sistemas constructivos

Casa Pasiva con PHPP Versión 9.3

Passive House Morla / Clima: Brasilia / SRE: 77 m² / Refrigeración: 66.5 kWh/(m²a) / PER: 47.6 kWh/(m²a)

Cálculo secundario: Conductividad térmica equivalente de los espacios de aire en calma -> (a la derecha)

Capas en forma de cuña (aislamiento con pendiente)

Capas de aire sin ventilar y áticos no calefactados

Nr. elem. cons.	Denominación de elemento constructivo					¿Aislamiento interior?
01ud	Muros exteriores					
Inclinación del elemento		Resistencia térmica superficial [m ² K/W]				
Adyacente a		interior R _{si}	exterior R _{se}			
2-Muro		0.13	0.04			
1-Aire exterior						
Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Espesor [mm]
Enlucido de yeso	0.250					10
Bloque de hormigon de 20cm prethorvisa 1,150 Kg/m3	1.180					200
Panel de lana de roca de Doble Densidad VENTIROCK DUO ROCKWOOL	0.034					100
Panel de lana de roca de Doble Densidad VENTIROCK DUO ROCKWOOL	0.034					100
REDArt Capa Base Casa	0.670					5
Enlucido de mortero de aridos ligeros	0.410					20
Porcentaje superficie parcial 1		Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3		Total
100%						43.5 cm
Suplemento al valor-U		Valor-U:		W/(m ² K)		
0.02		0.178		W/(m ² K)		

Nr. elem. cons.	Denominación de elemento constructivo					¿Aislamiento interior?
02ud	Solera en contacto con el terreno					
Inclinación del elemento		Resistencia térmica superficial [m ² K/W]				
Adyacente a		interior R _{si}	exterior R _{se}			
3-Suelo		0.10	0.00			
2-Terreno						
Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Espesor [mm]
Capa de baldosa de granito 2500-2700 Kg/m3	2.800					20
Mortero autonivelante	2.000					50
Hormigon armado	2.500					120
Hardrock 393 ROCKWOOL	0.039					150
Porcentaje superficie parcial 1		Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3		Total
100%						34.0 cm
Suplemento al valor-U		Valor-U:		W/(m ² K)		
		0.248		W/(m ² K)		

Nr. elem. cons.	03ud Cubierta plana		¿Aislamiento interior?
Resistencia térmica superficial [m²K/W]			
Inclinación del elemento	1-Techo	interior R_{se}	0.17
Adyacente a	1-Aire exterior	exterior R_{se}	0.04
Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]
Impermeabilización		Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]
Capa de formación de pendientes de Hormigon celular	0.088		
Panel de lana de roca HARDROCK 391	0.039		
Panel de lana de roca HARDROCK 391	0.039		
Hormigon armado	2.500		
Enlucido de yeso	0.250		
Porcentaje superficie parcial 1	100%	Porcentaje superficie parcial 2	
		Porcentaje superficie parcial 3	
Suplemento al valor-U		W/(m²K)	
		Valor-U:	0.148 W/(m²K)
		Total	44.5 cm

Tabla PHPP 6: Valores U de los sistemas constructivos en Modelado de Alta Masa Térmica.

Introducción de los Puentes Térmicos (PTs)											
Nr.	Denominación del puente térmico	Nr. de grupo	Asignación al grupo	Cantidad	x (	Longitud [m]	-	Sustracción de longitud, determinada por el usuario [m]	)=	Longitud l [m]	Determinado por el usuario Valor Ψ [W/(mK)]
1	PT_01 UNION MURO LOSA	15	PTs ambiente exterior	1	x (	38.80	-		)=	38.80	0.482
2	PT_02 Perimetral zócalo	16	PTs perimetrales en el zócalo	1	x (	38.80	-		)=	38.80	0.000
3	PT_03 COLUMNAS EN ESQUINA	15	PTs ambiente exterior	4	x (	3.17	-		)=	12.68	0.043
4	PT_04 COLUMNAS EN T	15	PTs ambiente exterior	7	x (	3.17	-		)=	22.19	0.090
5	PT_05 COLUMNAS CENTRADAS	15	PTs ambiente exterior	1	x (	3.17	-		)=	3.17	0.093
6					x (-)=		

Tabla PHPP 7: Puentes térmicos en Modelado de Alta Masa Térmica.




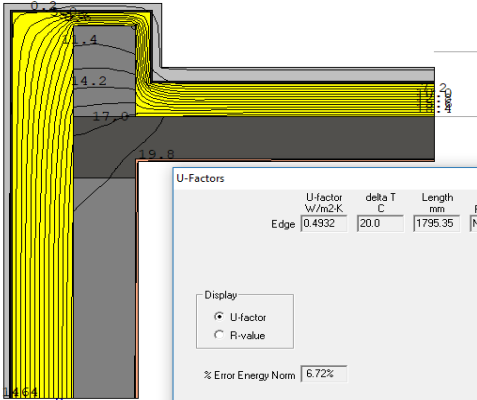






Cálculo de puentes térmicos lineales																																											
Proyecto		PASSIVHOUSE MORLA																																									
PT ref.:		PT_01_UNION_MURO_LOSA_AE																																									
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">THERM®</td> <td colspan="2">  </td> </tr> <tr> <td colspan="2">Global</td> <td colspan="2">Modelo bidimensional</td> </tr> <tr> <td>Longitud total (mm)</td> <td>1795.350</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Factor -U (W/m²K)</td> <td>0.493</td> <td>Φ 2D (W/mK)</td> <td>0.8855</td> </tr> <tr> <td>ΔT1 (K)</td> <td>20</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>				THERM®				Global		Modelo bidimensional		Longitud total (mm)	1795.350			Factor -U (W/m²K)	0.493	Φ 2D (W/mK)	0.8855	ΔT1 (K)	20																						
THERM®																																											
Global		Modelo bidimensional																																									
Longitud total (mm)	1795.350																																										
Factor -U (W/m²K)	0.493	Φ 2D (W/mK)	0.8855																																								
ΔT1 (K)	20																																										
																																											
<table border="1"> <tr> <td colspan="4">U-Factors</td> </tr> <tr> <td>U-factor W/m²K</td> <td>delta T C</td> <td>Length mm</td> <td>Rotation</td> </tr> <tr> <td>Edge 0.4932</td> <td>20.0</td> <td>1795.35</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Total Length</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Display</td> </tr> <tr> <td colspan="4"><input checked="" type="radio"/> U-factor</td> </tr> <tr> <td colspan="4"><input type="radio"/> R-value</td> </tr> <tr> <td colspan="4">% Error Energy Norm 6.72%</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>Export</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>OK</td> </tr> </table>				U-Factors				U-factor W/m²K	delta T C	Length mm	Rotation	Edge 0.4932	20.0	1795.35	N/A	Total Length				Display				<input checked="" type="radio"/> U-factor				<input type="radio"/> R-value				% Error Energy Norm 6.72%							Export				OK
U-Factors																																											
U-factor W/m²K	delta T C	Length mm	Rotation																																								
Edge 0.4932	20.0	1795.35	N/A																																								
Total Length																																											
Display																																											
<input checked="" type="radio"/> U-factor																																											
<input type="radio"/> R-value																																											
% Error Energy Norm 6.72%																																											
			Export																																								
			OK																																								
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">PHPP</td> <td colspan="2">  </td> </tr> <tr> <td colspan="2">Muro</td> <td colspan="2">Modelo unidimensional 1</td> </tr> <tr> <td>Longitud (m)</td> <td>1.395</td> <td>Φ 1D (W/mK)</td> <td>0.2205</td> </tr> <tr> <td>Valor-U, 1D (W/m²K)</td> <td>0.158</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>				PHPP				Muro		Modelo unidimensional 1		Longitud (m)	1.395	Φ 1D (W/mK)	0.2205	Valor-U, 1D (W/m²K)	0.158																										
PHPP																																											
Muro		Modelo unidimensional 1																																									
Longitud (m)	1.395	Φ 1D (W/mK)	0.2205																																								
Valor-U, 1D (W/m²K)	0.158																																										
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">PHPP</td> <td colspan="2">  </td> </tr> <tr> <td colspan="2">Losa</td> <td colspan="2">Modelo unidimensional 1</td> </tr> <tr> <td>Longitud (m)</td> <td>1.394</td> <td>Φ 1D (W/mK)</td> <td>0.1826</td> </tr> <tr> <td>Valor-U, 1D (W/m²K)</td> <td>0.1310</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>				PHPP				Losa		Modelo unidimensional 1		Longitud (m)	1.394	Φ 1D (W/mK)	0.1826	Valor-U, 1D (W/m²K)	0.1310																										
PHPP																																											
Losa		Modelo unidimensional 1																																									
Longitud (m)	1.394	Φ 1D (W/mK)	0.1826																																								
Valor-U, 1D (W/m²K)	0.1310																																										
Resultado puente térmico lineal PSI (W/mK)																																											
Ψ (W/mK)	0.4824																																										

Tabla 8: PT_01_UNION_MURO_LOSA_AM


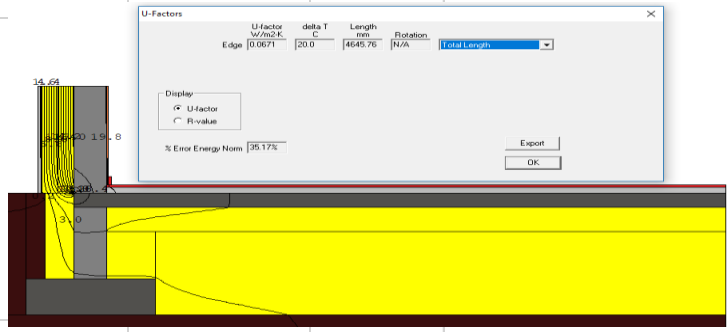

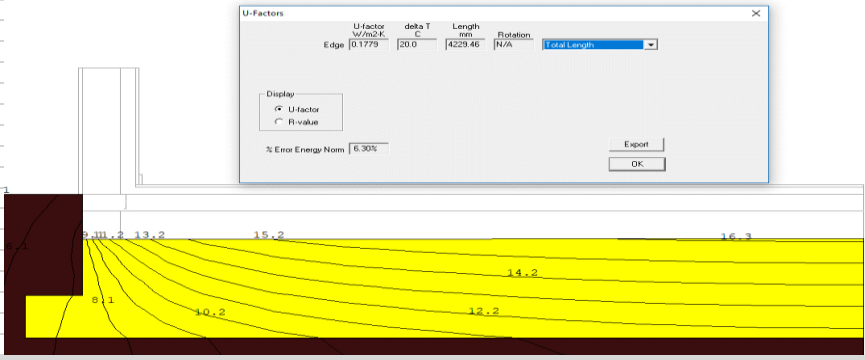

Cálculo de puentes térmicos lineales			
Proyecto		PASSIVHOUSE MORLA	
PT ref.:		PT_02_Perimetral zócalo_AE	
THERM®			
Global		Modelo bidimensional	
Longitud total (mm)	4646	Φ 2D (W/mK)	0.3117
Factor -U (W/m²K)	0.0671		
ΔT1 (K)	20		
			
THERM®			
Global		Modelo bidimensional. Losa piso	
Longitud total (mm)	4229	Φ 2D (W/mK)	0.7524
Factor -U (W/m²K)	0.1779		
ΔT1 (K)	20		
			
PHPP			
Muro ciego		Modelo unidimensional 1	
Longitud (m)	1.017	Φ 1D (W/mK)	0.1810
Valor-U, 1D (W/m²K)	0.1780		
Resultado puente térmico lineal PSI (W/mK)			
Ψ (W/mK)	-0.6217		

Tabla 9: PT_02_PERIMETRAL_ZOCALO_AM


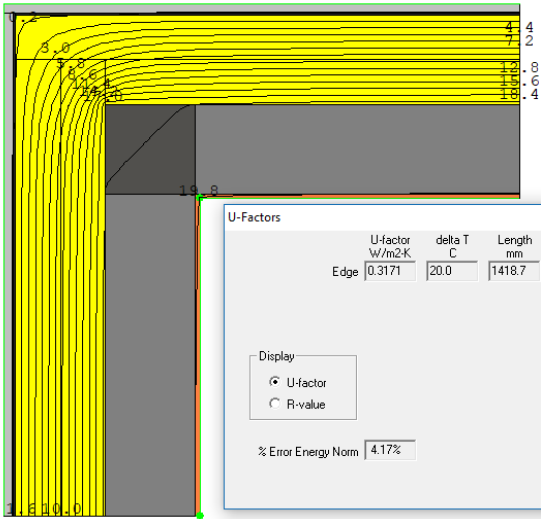

		Cálculo de puentes térmicos lineales															
Proyecto	PASSIVHOUSE MORLA																
PT ref.:	PT_03_COLUMNAS_EN_ESQUINA_AE																
THERM ®																	
Global		Modelo bidimensional															
Longitud total (mm)	1419	Φ 2D (W/mK)		0.4499													
Factor -U (W/m²K)	0.3171																
ΔT1 (K)	20																
		<div data-bbox="587 900 1273 1205"> <p>U-Factors</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Edge</th> <th>U-factor W/m²K</th> <th>delta T C</th> <th>Length mm</th> <th>Rotation</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Edge</td> <td>0.3171</td> <td>20.0</td> <td>1418.7</td> <td>N/A</td> <td>Total Length</td> </tr> </tbody> </table> <p>Display</p> <p><input checked="" type="radio"/> U-factor <input type="radio"/> R-value</p> <p>% Error Energy Norm 4.17%</p> <p>Export OK</p> </div>				Edge	U-factor W/m²K	delta T C	Length mm	Rotation		Edge	0.3171	20.0	1418.7	N/A	Total Length
Edge	U-factor W/m²K	delta T C	Length mm	Rotation													
Edge	0.3171	20.0	1418.7	N/A	Total Length												
PHPP																	
Muro		Modelo unidimensional 1															
Longitud (m)	2.289	Φ 1D (W/mK)		0.4280													
Valor-U, 1D (W/m²K)	0.1870																
Resultado puente térmico lineal PSI (W/mK)																	
Ψ (W/mK)	0.0219																

Tabla 10: PT_03_COLUMNAS_EN_ESQUINA_AM


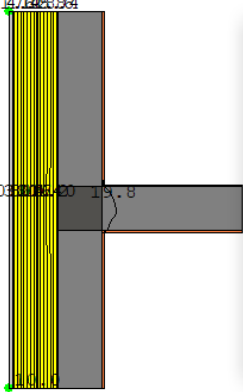

Cálculo de puentes térmicos lineales															
Proyecto	PASSIVHOUSE MORLA														
PT ref.:	PT_04_COLUMNAS_EN_T														
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> THERM®  </div> <div style="text-align: right;"> <p>Global</p> <p>Modelo bidimensional</p> </div> </div>															
Longitud total (mm)	2759														
Factor -U (W/m²K)	0.1467	Φ 2D (W/mK)	0.4047												
ΔT1 (K)	20														
															
<div style="border: 1px solid gray; padding: 10px; width: fit-content; margin: auto;"> <p>U-Factors ×</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>U-factor W/m²K</th> <th>delta T C</th> <th>Length mm</th> <th>Rotation</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Edge</td> <td>0.1467</td> <td>20.0</td> <td>2758.65</td> <td>N/A</td> <td>Total Length</td> </tr> </tbody> </table> <p>Display:</p> <p><input checked="" type="radio"/> U-factor <input type="radio"/> R-value</p> <p>% Error Energy Norm <input right;"="" text-align:="" type="text" value="1.88%</p> <p style="/> <input type="button" value="Export"/> <input type="button" value="OK"/> </p> </div>					U-factor W/m²K	delta T C	Length mm	Rotation		Edge	0.1467	20.0	2758.65	N/A	Total Length
	U-factor W/m²K	delta T C	Length mm	Rotation											
Edge	0.1467	20.0	2758.65	N/A	Total Length										
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> PHPP  </div> <div style="text-align: right;"> <p>Muro</p> <p>Modelo unidimensional 1</p> </div> </div>															
Length (m)	1.722	Φ 1D (W/mK)	0.3065												
U-Value, 1D (W/m²K)	0.1780														
Resultado puente térmico lineal PSI (W/mK)															
Ψ (W/mK)	0.0982														

Tabla 11: PT_04_COLUMNA_EN_T_AM


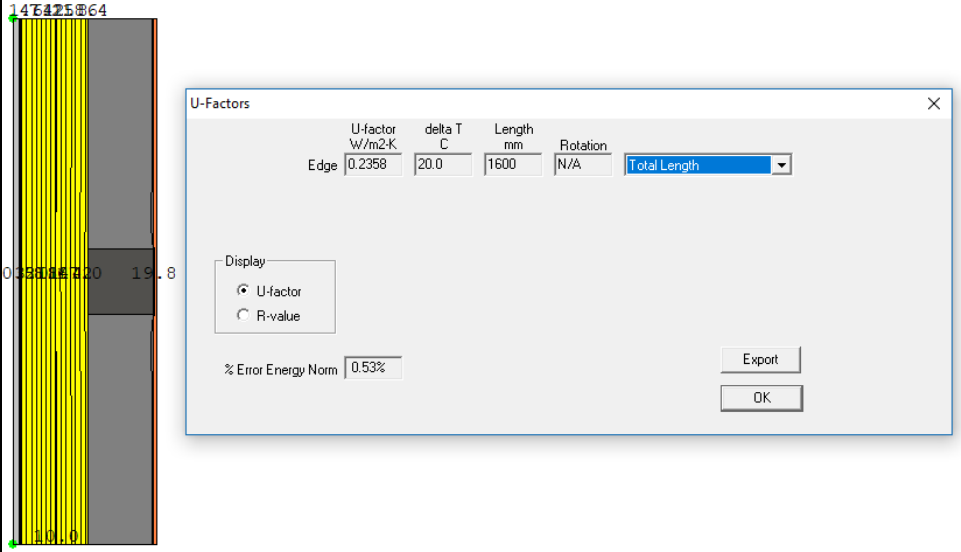

Cálculo de puentes térmicos lineales			
Proyecto	PASSIVHOUSE MORLA		
PT ref.:	PT_05_COLUMNAS_CENTRADAS_AE		
THERM® 			
Global	Modelo bidimensional		
Longitud total (mm)	1600	Φ 2D (W/mK)	0.3773
Factor -U (W/m²K)	0.2358		
ΔT1 (K)	20		
			
PHPP 			
Muro	Modelo unidimensional 1		
Longitud (m)	1.600	Φ 1D (W/mK)	0.2848
Valor-U, 1D (W/m²K)	0.1780		
Resultado puente térmico lineal PSI (W/mK)			
Ψ (W/mK)	0.0925		

Tabla 12: PT_05_COLUMNA_CENTRADA_AM

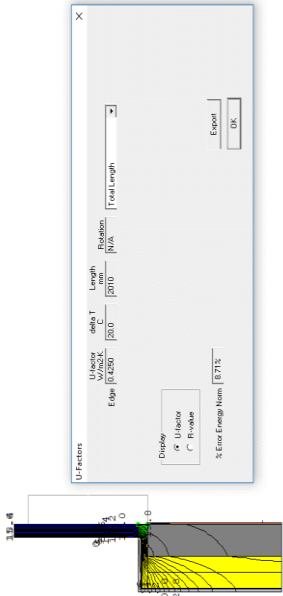
Cálculo de puentes térmicos lineales	
Proyecto	PASSIVHOUSE MORLA
PT ref.:	PT_06_VENTANAS_AE
	
THERM	
Total length	2010
Length (mm)	0.4250
U-factor (W/m²K)	20
ΔT1 (K)	0.8543
Modelo bidimensional Φ 2D (W/mk) 0.8543	
PHPP	
Muro	
Length (m)	1.000
U-Value, 1D (W/m²K)	0.1780
Modelo unidimensional 1 Φ 1D (W/mk) 0.1780	
Marco de carpintería	
Length (m)	0.178
U-Value, 1D (W/m²K)	0.7800
Modelo unidimensional 2 Φ 1D (W/mk) 0.1388	
Vidrio equivalente (1\ espacios)	
Length (m)	1.000
U-Value, 1D (W/m²K)	0.5770
Modelo unidimensional 3 Φ 1D (W/mk) 0.5770	
Resultado puente térmico lineal PSI (W/mk)	
ψ (W/mk)	-0.0396

Tabla 13: PUENTE_TÉRMICO_INSTALACION_VENTANA_AM

Grados-hora calefacción [kWh/a]: 0.1

Cantidad	Descripción	Desviación con respecto al norte	Ángulo de inclinación respecto a la horizontal	Orientación	Medidas hueco de albañilería		Instalado en	Acristalamiento	Marco	Valor g	Valor-U		Ψ Bordo de vidrio	Situación de instalación				
					Anchura	Altura					Acristalamiento	Marco (pro-medio)		Izquierda	Derecha	Abajo	Arriba	
		°	°		m	m				W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	
1	Ventana baño fachada este	90	90	Este	1.000	0.500	4-E.PB.1	1-Ordenar: COMO LISTA 0Tud-SGG CLIMATOPECLAZ ONE & ONE II 4/18/41/8/4. Ar. 90%	1-Ordenar: COMO LISTA 0Tud-Alumil S.A. - S91 - SWISSP. Ultimate	0.50	0.47	0.78	0.025	1	1	1	1	0.040
1	Ventana fachada sur T1	180	90	Sur	1.200	1.300	2-S.PB.1	0Tud-SGG CLIMATOPECLAZ ONE & ONE II 4/18/41/8/4. Ar. 90%	0Tud-Alumil S.A. - S91 - SWISSP. Ultimate	0.50	0.47	0.78	0.025	1	1	1	1	0.040
1	Ventana fachada sur T2	180	90	Sur	1.800	1.900	3-S.PB.2	0Tud-SGG CLIMATOPECLAZ ONE & ONE II 4/18/41/8/4. Ar. 90%	0Tud-Alumil S.A. - S91 - SWISSP. Ultimate	0.50	0.47	0.78	0.025	1	1	1	1	0.040
1	Ventana fachada oeste T1	270	90	Oeste	0.900	1.100	5-O.PB.1	0Tud-SGG CLIMATOPECLAZ ONE & ONE II 4/18/41/8/4. Ar. 90%	0Tud-Alumil S.A. - S91 - SWISSP. Ultimate	0.50	0.47	0.78	0.025	1	1	1	1	0.040
1	Ventana fachada oeste T2	270	90	Oeste	1.200	1.100	5-O.PB.1	0Tud-SGG CLIMATOPECLAZ ONE & ONE II 4/18/41/8/4. Ar. 90%	0Tud-Alumil S.A. - S91 - SWISSP. Ultimate	0.50	0.47	0.78	0.025	1	1	1	1	0.040
2	Ventana fachada norte T1	0	90	Norte	1.800	1.100	1-N.PB.1	0Tud-SGG CLIMATOPECLAZ ONE & ONE II 4/18/41/8/4. Ar. 90%	0Tud-Alumil S.A. - S91 - SWISSP. Ultimate	0.50	0.47	0.78	0.025	1	1	1	1	0.040
1	Ventana fachada norte T2	0	90	Norte	1.200	1.100	1-N.PB.1	0Tud-SGG CLIMATOPECLAZ ONE & ONE II 4/18/41/8/4. Ar. 90%	0Tud-Alumil S.A. - S91 - SWISSP. Ultimate	0.50	0.47	0.78	0.025	1	1	1	1	0.040
1	Ventana baño fachada norte	0	90	Norte	1.000	0.900	1-N.PB.1	0Tud-SGG CLIMATOPECLAZ ONE & ONE II 4/18/41/8/4. Ar. 90%	0Tud-Alumil S.A. - S91 - SWISSP. Ultimate	0.50	0.47	0.78	0.025	1	1	1	1	0.040

Tabla PHPP 8: Ventanas Modelado de Alta Masa Térmica

3. Modelado de Baja Masa Térmica

Valor-U de los sistemas constructivos

Casa Pasiva con PHPP Versión 9.3

Passive House Morla / Clima: Brasilia2.0 / SRE: 77 m² / Refrigeración: 58.6 kWh/(m²a) / PER: 56.3 kWh/(m²a)

Cálculo secundario: Conductividad térmica equivalente de los espacios de aire en calma -> (a la derecha)
 Capas en forma de cuña (aislamiento con pendiente)
 Capas de aire sin ventilar y áticos no calefactados

Nr. elem. cons.	Denominación de elemento constructivo		¿Aislamiento interior?			
01ud	Muros exteriores					
Inclinación del elemento	2-Muro	Resistencia térmica superficial [m ² K/W]				
Adyacente a	1-Aire exterior	interior R _{si}	0.13			
		exterior R _{se}	0.04			
Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Esesor [mm]
Panel de Carton-Yeso	0.250					15
Tablero de OSB estructural	0.130					11
Panel de lana de roca de Doble Densidad VENTIROCK DUO ROCKWOOL	0.034					100
Tablero de OSB estructural	0.130					11
Panel de lana de roca de Doble Densidad VENTIROCK DUO ROCKWOOL	0.034					120
REDArt Capa Base Casa	0.670					5
Madera IPE	0.130	415 pesos el pie				25
Porcentaje superficie parcial 1	100%	Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3		Total
Suplemento al valor-U	0.02 W/(m ² K)					28.7 cm
						Valor-U: 0.161 W/(m ² K)

Nr. elem. cons.	Denominación de elemento constructivo		¿Aislamiento interior?			
02ud	Solera en contacto con el terreno					
Inclinación del elemento	3-Suelo	Resistencia térmica superficial [m ² K/W]				
Adyacente a	2-Terreno	interior R _{si}	0.10			
		exterior R _{se}	0.00			
Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Esesor [mm]
Piso de madera Congona semi terminado natural	0.210	Valiente Fernandez				19
Espuma Niveladora	0.330	8.69 dolares 10m2				20
Impermeabilizante Sikalastic®-560	0.190	rendimiento 0.3 kg/m2 y precio 162.12 dolares por 20 kg				3
Hormigon Armado ligero	0.700					120
Hardrock 393 ROCKWOOL	0.039					200
Porcentaje superficie parcial 1	100%	Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3		Total
Suplemento al valor-U						36.2 cm
						Valor-U: 0.180 W/(m ² K)

Nr. elem. cons.		03ud Cubierta plana			¿Aislamiento interior?	
Inclinación del elemento		1-Techo		Resistencia térmica superficial [m²K/W]		
Adyacente a		1-Aire exterior		interior R _{si}		0.17
				exterior R _{se}		0.04
Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Espesor [mm]
Placa Opalit	0.070					2
Tablero de OSB estructural	0.130					11
Panel de lana de roca de Doble Densidad VENTIROCK DUO ROCKWOOL	0.034					120
Tablero de OSB estructural	0.130					11
Panel de lana de roca de Doble Densidad VENTIROCK DUO ROCKWOOL	0.034					100
Tablero de OSB estructural	0.130					11
Panel de Carton-Yeso	0.250					15
Porcentaje superficie parcial 1		Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3		Total
100%						27.0 cm
Suplemento al valor-U				Valor-U:		0.142 W/(m²K)

Tabla PHPP 9: Valores U de los sistemas constructivos en Modelado de Baja Masa Térmica

Introducción de los Puentes Térmicos (PTs)											
Nr.	Denominación del puente térmico	Nr. de grupo	Asignación al grupo	Cantidad	x (	Longitud [m]	-	Sustracción de longitud, determinada por el usuario [m]	)=	Longitud l [m]	Determinado por el usuario Valor Ψ [W/(mK)]
1	PT_01_UNION_MURO_LOSA	15	PTs ambiente exterior	1	x (	38.80	-		)=	38.80	0.072
2	PT_02_Perimetral_zócalo	16	PTs perimetrales en el zócalo	1	x (	38.80	-		)=	38.80	0.000
3	PT_03_COLUMNAS_EN_ESQUINA	15	PTs ambiente exterior	4	x (	3.17	-		)=	12.68	0.196
4	PT_04_COLUMNAS_EN_T	15	PTs ambiente exterior	7	x (	3.17	-		)=	22.19	0.227
5	PT_05_COLUMNAS_CENTRADAS	15	PTs ambiente exterior	1	x (	3.17	-		)=	3.17	0.129

Tabla PHPP 10: Puentes térmicos en Modelado de Baja Masa Térmica.


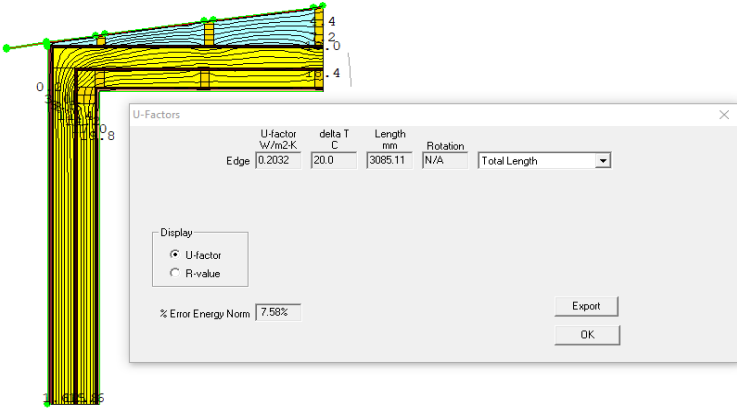


Cálculo de puentes térmicos lineales			
Proyecto	PASSIVHOUSE MORLA		
PT ref.:	PT_01_UNION_MURO_LOSA_BE		
THERM®			
			
Global	Modelo bidimensional		
Longitud total (mm)	3085.110		
Factor -U (W/m²K)	0.203	Φ 2D (W/mK)	0.6269
ΔT1 (K)	20		
			
PHPP			
			
Muro	Modelo unidimensional 1		
Longitud (m)	2.122	Φ 1D (W/mK)	0.3416
Valor-U, 1D (W/m²K)	0.161		
PHPP			
			
Losa	Modelo unidimensional 1		
Longitud (m)	1.503	Φ 1D (W/mK)	0.2134
Valor-U, 1D (W/m²K)	0.1420		
Resultado puente térmico lineal PSI (W/mK)			
Ψ (W/mK)	0.0719		

Tabla 14: PT_01_UNION_MURO_LOSA_BM


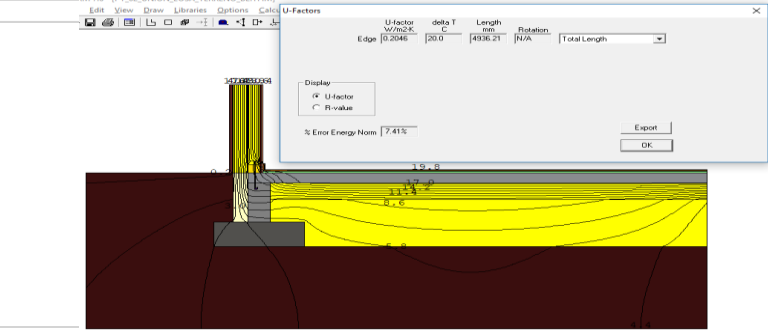

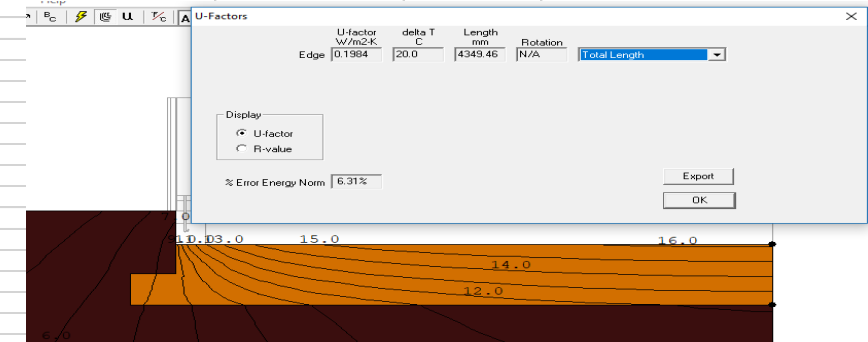

Cálculo de puentes térmicos lineales			
Proyecto	PASSIVHOUSE MORLA		
PT ref.:	PT_02_Perimetral zócalo_BE		
THERM ® 		Modelo bidimensional	
Global			
Longitud total (mm)	4810	Φ 2D (W/mK)	0.9842
Factor -U (W/m ² K)	0.2046		
ΔT_1 (K)			
			
THERM ® 		Modelo bidimensional. Losa piso	
Global			
Longitud total (mm)	4349	Φ 2D (W/mK)	0.8629
Factor -U (W/m ² K)	0.1984		
ΔT_1 (K)	20		
			
PHPP 		Modelo unidimensional 1	
Muro			
Longitud (m)	1.080	Φ 1D (W/mK)	0.1512
Valor-U, 1D (W/m ² K)	0.1400		
Resultado puente térmico lineal PSI (W/mK)			
Ψ (W/mK)	-0.0299		

Tabla 15: PT_02_PERIMETRAL_ZOCALO_BM


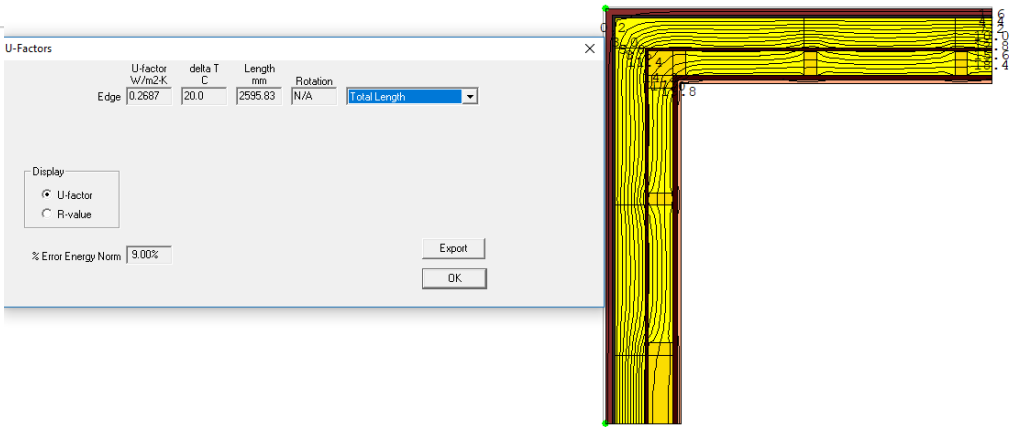

Cálculo de puentes térmicos lineales			
Proyecto	PASSIVHOUSE MORLA		
PT ref.:	PT_03_COLUMNAS_EN_ESQUINA_BE		
THERM® <div style="float: right; text-align: right;">Modelo bidimensional</div> 			
Global			
Longitud total (mm)	2596	Φ 2D (W/mK)	0.6975
Factor -U (W/m ² K)	0.2687		
ΔT_1 (K)	20		
			
PHPP <div style="float: right; text-align: right;">Modelo unidimensional 1</div> 			
Muro			
Longitud total (m)	3.118	Φ 1D (W/mK)	0.5020
Factor -U (W/m ² K)	0.1610		
Resultado puente térmico lineal PSI (W/mK)			
Ψ (W/mK)	0.1955		

Tabla 16: PT_03_COLUMNAS_EN_ESQUINA_BM


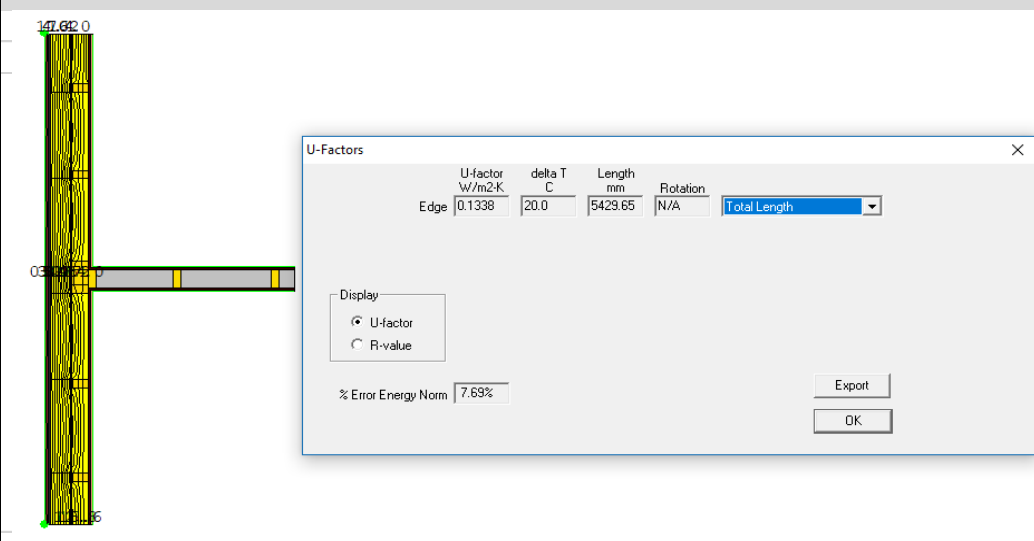

Cálculo de puentes térmicos lineales			
Proyecto	PASSIVHOUSE MORLA		
PT ref.:	PT_04_COLUMNAS_EN_T_BE		
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">THERM®</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">  </div> </div>			
Global	Modelo bidimensional		
Longitud total (mm)	5430		
Factor -U (W/m ² K)	0.1338	Φ 2D (W/mK)	0.7265
ΔT1 (K)	20		
			
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">PHPP</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">  </div> </div>			
Muro	Modelo unidimensional 1		
Longitud total (mm)	3.124	Φ 1D (W/mK)	0.4998
Factor -U (W/m ² K)	0.160		
Resultado puente térmico lineal PSI (W/mK)			
Ψ (W/mK)	0.2267		

Tabla 17: PT_04_COLUMNAS_EN_T_BM




Cálculo de puentes térmicos lineales															
Proyecto	PASSIVHOUSE MORLA														
PT ref.:	PT_05_COLUMNAS_CENTRADAS_BE														
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> THERM®  </div> <div style="text-align: right;"> <p>Global</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Longitud total (mm)</td> <td style="background-color: #00FFFF;">1633</td> </tr> <tr> <td>Factor -U (W/m²K)</td> <td style="background-color: #00FFFF;">0.2401</td> </tr> <tr> <td>ΔT1 (K)</td> <td style="background-color: #00FFFF;">20</td> </tr> </table> </div> </div>				Longitud total (mm)	1633	Factor -U (W/m²K)	0.2401	ΔT1 (K)	20						
Longitud total (mm)	1633														
Factor -U (W/m²K)	0.2401														
ΔT1 (K)	20														
		Modelo bidimensional													
		Φ 2D (W/mK)	0.3920												
															
<div style="border: 1px solid gray; padding: 10px; width: fit-content; margin: auto;"> <p>U-Factors</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>U-factor W/m²K</th> <th>delta T C</th> <th>Length mm</th> <th>Rotation</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Edge</td> <td>0.2401</td> <td>20.0</td> <td>1632.83</td> <td>N/A</td> <td>Total Length</td> </tr> </tbody> </table> <p>Display:</p> <p><input checked="" type="radio"/> U-factor <input type="radio"/> R-value</p> <p>% Error Energy Norm: 6.62%</p> <p style="text-align: right;">Export OK</p> </div>					U-factor W/m²K	delta T C	Length mm	Rotation		Edge	0.2401	20.0	1632.83	N/A	Total Length
	U-factor W/m²K	delta T C	Length mm	Rotation											
Edge	0.2401	20.0	1632.83	N/A	Total Length										
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> PHPP  </div> <div style="text-align: right;"> <p>Muro</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Longitud total (mm)</td> <td style="background-color: #00FFFF;">1.633</td> </tr> <tr> <td>Factor -U (W/m²K)</td> <td style="background-color: #00FFFF;">0.1610</td> </tr> </table> </div> </div>				Longitud total (mm)	1.633	Factor -U (W/m²K)	0.1610								
Longitud total (mm)	1.633														
Factor -U (W/m²K)	0.1610														
		Modelo unidimensional 1													
		Φ 1D (W/mK)	0.2629												
Resultado puente térmico lineal PSI (W/mK)															
Ψ (W/mK)	0.1292														

Tabla 18: PT_05_COLUMNA_CENTRADA_BM

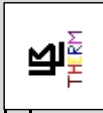
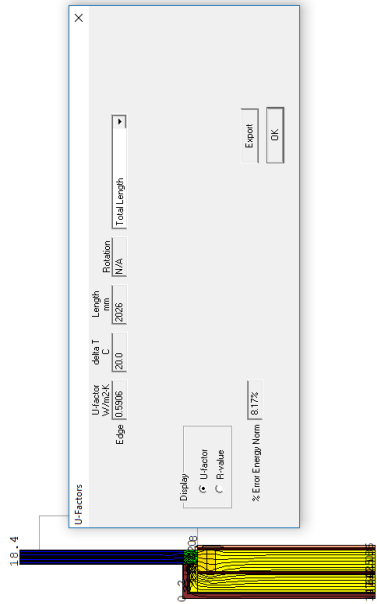

Cálculo de puentes térmicos lineales	
Proyecto	PASSIVHOUSE MORLA
PT ref.:	PT_06_VENTANAS_BE
	
Total length	
Length (mm)	2026
U-factor (W/m²K)	0.5906
ΔT1 (K)	20
	
Modelo bidimensional	
Φ 2D (W/mK)	1.1966
	
Muro	
Modelo unidimensional 1	
Length (m)	1.000
U-Value, 1D (W/m²K)	0.1610
Marco de carpintería	
Modelo unidimensional 2	
Length (m)	0.100
U-Value, 1D (W/m²K)	1.0100
Vidrio equivalente (1\ espaciadores)	
Modelo unidimensional 3	
Length (m)	1.000
U-Value, 1D (W/m²K)	0.8058
Resultado puente térmico lineal PSI (W/mK)	
ψ (W/mK)	0.1287

Tabla 19: PUENTE_TÉRMICO_INSTALACION_VENTANA_BM

4. Presupuesto Modelado Básico

PASSIVE HOUSE MORLA							
Presupuesto modelado basico							
Código	Nat	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres	
PHM00	Capítulo		BAJO NIVEL DE PISO	1	DOP 377,659.55	DOP 377,659.55	
PHM001	Capítulo		RECONOCIMIENTO DEL SOLAR	1.00	DOP 27,318.47	DOP 27,318.47	
EBATRO10	Partida	pa	Replanteo	1.00	DOP 7,500.00	DOP 7,500.00	
EBATRO20	Partida	ml	Tarrancho	57.37	DOP 345.45	DOP 19,818.47	
			PHM001	1.00	DOP 27,318.47	DOP 27,318.47	
PHM002	Capítulo		MOVIMIENTO DE TIERRAS	1.00	DOP 35,009.25	DOP 35,009.25	
EBMTE010	Partida	m3	Excavación en Caliche Compactado	40.39	DOP 525.00	DOP 21,204.75	
EBMTR012	Partida	m3	Relleno de Reposición	27.07	DOP 350.00	DOP 9,474.50	
EBMTT015	Partida	m3	Bote de Material Excavado	17.32	DOP 250.00	DOP 4,330.00	
			PHM002	1.00	DOP 35,009.25	DOP 35,009.25	
PHM003	Capítulo		HORMIGON ARMADO	1.00	DOP 273,309.44	DOP 273,309.44	
EBHAZM011	Partida	m3	Zapata de Muros 60x25 cm	10.42	DOP 10,556.46	DOP 109,998.31	
EHC039	Partida	m3	Columna Amarre (20x20 cm) H210	0.46	DOP 21,885.80	DOP 10,067.47	
EHV043	Partida	m3	Viga de Amarre (20x20 cm) H210	2.44	DOP 20,476.59	DOP 49,962.88	
EBHAL013SA	Partida	m3	Losa de Piso e=12 cm Acero Malla	12.79	DOP 8,075.12	DOP 103,280.78	
			PHM003	1.00	DOP 273,309.44	DOP 273,309.44	
PHM004	Capítulo		MUROS DE BLOQUES	1.00	DOP 37,022.39	DOP 37,022.39	
EBMD200SA	Partida	m2	Muro de Bloques 20 cm BNP 3/8"@80	40.65	DOP 910.76	DOP 37,022.39	
			PHM004	1.00	DOP 37,022.39	DOP 37,022.39	
PHM005	Capítulo		MISCELANEOS	1.00	DOP 5,000.00	DOP 5,000.00	
EBMIL020	Partida	pa	Limpieza Nivel 0	1.00	DOP 5,000.00	DOP 5,000.00	
			PHM005	1.00	DOP 5,000.00	DOP 5,000.00	
			PHM00	1	DOP 377,659.55	DOP 377,659.55	
PHM0	Capítulo		SOBRE NIVEL DE PISO	1	DOP 1,241,349.13	DOP 1,241,349.13	
PHM01	Capítulo		HORMIGON ARMADO	1.00	DOP 268,159.42	DOP 268,159.42	
EHC039	Partida	m3	Columna Amarre (20x20 cm) H210	2.13	DOP 21,885.80	DOP 46,616.75	
EHV043	Partida	m3	Viga de Amarre (20x20 cm) H210	2.44	DOP 20,476.59	DOP 49,962.88	
EHS0640	Partida	m3	Dintel 20x20 cm	0.70	DOP 21,058.64	DOP 14,741.05	
EHL056SA	Partida	m3	Losa Plana Maciza e=15 cm H210, G60	13.68	DOP 11,464.82	DOP 156,838.74	
			PHM01	1.00	DOP 268,159.42	DOP 268,159.42	
PHM02	Capítulo		CERRAMIENTOS Y DIVISIONES	1.00	DOP 159,398.99	DOP 159,398.99	
EBMD200	Partida	m2	Muro de Bloques 20 cm SNP 3/8"@80	169.06	DOP 925.76	DOP 156,508.99	
EBMUA005	Partida	m2	Muro de Bloques 10 cm SNP 3/8"@ 80	4.53	DOP 637.97	DOP 2,890.00	
			PHM02	1.00	DOP 159,398.99	DOP 159,398.99	
PHM03	Capítulo		TERMINACIONES DE SUPERFICIES	1.00	DOP 131,165.79	DOP 131,165.79	
ETSP060	Partida	m2	Pañete Rastreado para Revestir	80.13	DOP 203.27	DOP 16,288.03	
ETSP050	Partida	m2	Pañete Liso en Muro Interior	170.55	DOP 205.32	DOP 35,017.33	
ETSP100	Partida	m2	Pañete Liso en Muro Exterior	119.16	DOP 261.97	DOP 31,216.35	
ETSP070	Partida	m2	Pañete Liso en Techos Planos	106.92	DOP 227.49	DOP 24,323.23	
ETSP015	Partida	ml	Cantos	249.60	DOP 60.32	DOP 15,055.87	
ETSP020	Partida	ml	Mochetas	88.40	DOP 80.22	DOP 7,091.45	
EBTSP150	Partida	ml	Gotero Colgante	14.36	DOP 151.36	DOP 2,173.53	
			PHM03	1.00	DOP 131,165.79	DOP 131,165.79	
PHM04	Capítulo		PISOS Y ZOCALOS	1.00	DOP 111,089.04	DOP 111,089.04	
ERPC020	Partida	m2	Piso de Cerámica	77.22	DOP 1,191.12	DOP 91,978.29	
EBRPH005	Partida	m2	Pulido de Piso Mortero e=4 cm	30.95	DOP 324.28	DOP 10,036.47	
ERPC107	Partida	ml	Zócalo de Cerámica	64.71	DOP 140.23	DOP 9,074.28	
			PHM04	1.00	DOP 111,089.04	DOP 111,089.04	

PHM05	Capítulo		REVESTIMIENTOS	1.00	DOP	107,907.74	DOP	107,907.74
ERMCO20	Partida	m2	Revestimiento de Cerámica	42.40	DOP	1,096.50	DOP	46,491.60
EBRMP011	Partida	m2	Revest. de Coralina 30x30 (Suministro 875.00/m2)	37.73	DOP	1,627.78	DOP	61,416.14
			PHM05	1.00	DOP	107,907.74	DOP	107,907.74
PHM06	Capítulo		TERMINACION DE TECHOS	1.00	DOP	30,814.05	DOP	30,814.05
ETSP091	Partida	m2	Fino en Techo Plano	79.20	DOP	324.26	DOP	25,681.39
ETSP092	Partida	ml	Zabaleta de Mezcla	49.50	DOP	103.69	DOP	5,132.66
			PHM06	1.00	DOP	30,814.05	DOP	30,814.05
PHM07	Capítulo		IMPERMEABILIZANTES	1.00	DOP	13,331.50	DOP	13,331.50
ETSP097SA	Partida	m2	Pintura Impermeabilizante	114.65	DOP	116.28	DOP	13,331.50
			PHM07	1.00	DOP	13,331.50	DOP	13,331.50
PHMCM	Capítulo		CARPINTERIA DE MADERA	1.00	DOP	136,921.50	DOP	136,921.50
ECM030	Partida	ud	Puerta de Roble (0.90x2.10 m)	7.00	DOP	16,752.00	DOP	117,264.00
ECM030.2	Partida	ud	Puerta de Roble (0.90x2.50 m)	1.00	DOP	19,657.50	DOP	19,657.50
			PHMCM	1.00	DOP	136,921.50	DOP	136,921.50
PHMCA	Capítulo		CARPINTERIA DE ALUMINIO	1.00	DOP	92,584.28	DOP	92,584.28
EBCA034SA01	Partida	ud	Ventana Corrediza 100x50 Alum. Anod.+Vidrio	2.00	DOP	3,994.15	DOP	7,988.30
EBCA034SA02	Partida	ud	Ventana Corrediza 120x130 Alum. Anod.+Vidrio	1.00	DOP	12,461.73	DOP	12,461.73
EBCA034SA03	Partida	ud	Ventana Corrediza 180x190 Alum. Anod.+Vidrio	1.00	DOP	27,319.95	DOP	27,319.95
EBCA034SA04	Partida	ud	Ventana Corrediza 110x90 Alum. Anod.+Vidrio	1.00	DOP	7,908.41	DOP	7,908.41
EBCA034SA05	Partida	ud	Ventana Corrediza 120x110 Alum. Anod.+Vidrio	2.00	DOP	10,544.54	DOP	21,089.08
EBCA034SA06	Partida	ud	Ventana Corrediza 180x110 Alum. Anod.+Vidrio	1.00	DOP	15,816.81	DOP	15,816.81
			PHMCA	1.00	DOP	92,584.28	DOP	92,584.28
PHM08	Capítulo		PINTURA	1.00	DOP	94,118.04	DOP	94,118.04
EPIP010	Partida	m2	Primer	414.31	DOP	67.50	DOP	27,965.93
EPII010	Partida	m2	Pintura Acrílica Interior	295.15	DOP	145.00	DOP	42,796.75
EPIE020	Partida	m2	Pintura Acrílica Exterior	119.16	DOP	196.00	DOP	23,355.36
			PHM08	1.00	DOP	94,118.04	DOP	94,118.04
IHS	Capítulo		APARATOS	1.00	DOP	87,858.78	DOP	87,858.78
IHS02	Capítulo		APARATOS SANITARIOS Y GRIFERIA	1.00	DOP	87,858.78	DOP	87,858.78
IHSAG001	Partida	UD	Suministro e Instalación de Lavamanos Empotrable con Grifería	2.00	DOP	6,912.49	DOP	13,824.98
IHSAG003	Partida	UD	Suministro e Instalación de Inodoro	2.00	DOP	9,502.98	DOP	19,005.96
IHSAG004	Partida	UD	Suministro e Instalación de Fregadero Doble Teka y Grifería	1.00	DOP	12,220.00	DOP	12,220.00
IHSAG006	Partida	UD	Suministro e Instalación de Calentador Eléctrico	1.00	DOP	25,000.00	DOP	25,000.00
IHSAG007	Partida	UD	Grifería y Desagüe Sinfónico de Ducha	2.00	DOP	8,903.92	DOP	17,807.84
			IHS02	1.00	DOP	87,858.78	DOP	87,858.78
			IHS	1.00	DOP	87,858.78	DOP	87,858.78
PHM15	Capítulo		MISCELANEOS	1.00	DOP	8,000.00	DOP	8,000.00
EBMIL019	Partida	pa	Limpieza Nivel 1	1.00	DOP	8,000.00	DOP	8,000.00
			PHM15	1.00	DOP	8,000.00	DOP	8,000.00
			PHM0	1	DOP	1,241,349.13	DOP	1,241,349.13
PHM16	Capítulo		CLIMATIZACION	1	DOP	143,970.00	DOP	143,970.00
AA01	Partida	UD	Aire acondicionado Lennox 24000BTU	3.00	DOP	47,990.00	DOP	143,970.00
			PHM16	1	DOP	143,970.00	DOP	143,970.00
			PHM	1	DOP	1,762,978.68	DOP	1,762,978.68

Tabla 20: Presupuesto detallado de Modelado Básico.

5. Presupuesto Modelado de Alta Masa Térmica

Código	Nat	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
PHM00	Capítulo		BAJO NIVEL DE PISO	1 DOP	684,616.25	DOP 684,616.25
PHM001	Capítulo		RECONOCIMIENTO DEL SOLAR	1.00 DOP	27,318.47	DOP 27,318.47
EBATR010	Partida	pa	Replanteo	1.00 DOP	7,500.00	DOP 7,500.00
EBATR020	Partida	ml	Tarrancha	57.37 DOP	345.45	DOP 19,818.47
			PHM001	1.00 DOP	27,318.47	DOP 27,318.47
PHM002	Capítulo		MOVIMIENTO DE TIERRAS	1.00 DOP	35,009.25	DOP 35,009.25
EBMTE010	Partida	m3	Excavación en Caliche Compactado	40.39 DOP	525.00	DOP 21,204.75
EBMTR012	Partida	m3	Relleno de Reposición	27.07 DOP	350.00	DOP 9,474.50
EBMTT015	Partida	m3	Bote de Material Excavado	17.32 DOP	250.00	DOP 4,330.00
			PHM002	1.00 DOP	35,009.25	DOP 35,009.25
PHM003	Capítulo		HORMIGON ARMADO	1.00 DOP	580,266.14	DOP 580,266.14
EBHAZM011	Partida	m3	Zapata de Muros 60x25 cm	10.42 DOP	10,556.46	DOP 109,998.31
EHC039	Partida	m3	Columna Amarre (20x20 cm) H210	0.46 DOP	21,885.80	DOP 10,067.47
EHV043	Partida	m3	Viga de Amarre (20x20 cm) H210	2.44 DOP	20,476.59	DOP 49,962.88
EBHAL013SA	Partida	m3	Losa de Piso e=12 cm Acero Malla	12.79 DOP	8,075.12	DOP 103,280.78
SSLR03	Partida	m2	Sistema sate con lana de roca en losa de piso e=150mm	75.62 DOP	4,059.20	DOP 306,956.70
			PHM003	1.00 DOP	580,266.14	DOP 580,266.14
PHM004	Capítulo		MUROS DE BLOQUES	1.00 DOP	37,022.39	DOP 37,022.39
EBMD200SA	Partida	m2	Muro de Bloques 20 cm BNP 3/8"@80	40.65 DOP	910.76	DOP 37,022.39
			PHM004	1.00 DOP	37,022.39	DOP 37,022.39
PHM005	Capítulo		MISCELANEOS	1.00 DOP	5,000.00	DOP 5,000.00
EBMIL020	Partida	pa	Limpieza Nivel 0	1.00 DOP	5,000.00	DOP 5,000.00
			PHM005	1.00 DOP	5,000.00	DOP 5,000.00
PHM006	Capítulo			1.00 DOP	-	DOP -
			PHM00	1 DOP	684,616.25	DOP 684,616.25
PHM0	Capítulo		SOBRE NIVEL DE PISO	1 DOP	3,594,476.91	DOP 3,594,476.91
PHM01	Capítulo		HORMIGON ARMADO	1.00 DOP	268,159.42	DOP 268,159.42
EHC039	Partida	m3	Columna Amarre (20x20 cm) H210	2.13 DOP	21,885.80	DOP 46,616.75
EHV043	Partida	m3	Viga de Amarre (20x20 cm) H210	2.44 DOP	20,476.59	DOP 49,962.88
EHSD640	Partida	m3	Dintel 20x20 cm	0.70 DOP	21,058.64	DOP 14,741.05
EHLM056SA	Partida	m3	Losa Plana Maciza e=15 cm H210, G60	13.68 DOP	11,464.82	DOP 156,838.74
			PHM01	1.00 DOP	268,159.42	DOP 268,159.42
PHM02	Capítulo		CERRAMIENTOS Y DIVISIONES	1.00 DOP	159,398.99	DOP 159,398.99
EBMD200	Partida	m2	Muro de Bloques 20 cm SNP 3/8"@80	169.06 DOP	925.76	DOP 156,508.99
EBMUA005	Partida	m2	Muro de Bloques 10 cm SNP 3/8"@ 80	4.53 DOP	637.97	DOP 2,890.00
			PHM02	1.00 DOP	159,398.99	DOP 159,398.99
PHM17	Capítulo		AISLAMIENTO	1.00 DOP	1,391,526.39	DOP 1,391,526.39
SSLR01	Partida	M2	Sistema sate con lana de roca en muros e=200mm	88.79 DOP	8,652.52	DOP 768,257.25
SSLR02	Partida	m2	Sistema sate con lana de roca en cubierta e=230mm	86.80 DOP	7,180.52	DOP 623,269.14
			PHM17	1.00 DOP	1,391,526.39	DOP 1,391,526.39
PHM03	Capítulo		TERMINACIONES DE SUPERFICIES	1.00 DOP	156,776.95	DOP 156,776.95
ETSP060	Partida	m2	Pañete Rastreado para Revestir	80.13 DOP	203.27	DOP 16,288.03
ETSY01	Partida	m2	Enlucido de yeso en interior	170.55 DOP	268.13	DOP 45,729.57
ETSP100	Partida	m2	Pañete Liso en Muro Exterior	119.16 DOP	261.97	DOP 31,216.35
ETSP015	Partida	m2	Enlucido de yeso en techos	249.60 DOP	217.46	DOP 54,278.02
ETSP020	Partida	ml	Mochetas	88.40 DOP	80.22	DOP 7,091.45
EBTSP150	Partida	ml	Gotero Colgante	14.36 DOP	151.36	DOP 2,173.53
			PHM03	1.00 DOP	156,776.95	DOP 156,776.95

PHM04	Capítulo		PISOS Y ZOCALOS	1.00	DOP	111,089.04	DOP	111,089.04
ERPC020	Partida	m2	Piso de Cerámica	77.22	DOP	1,191.12	DOP	91,978.29
EBRPH005	Partida	m2	Pulido de Piso Mortero e=4 cm	30.95	DOP	324.28	DOP	10,036.47
ERPC107	Partida	ml	Zócalo de Cerámica	64.71	DOP	140.23	DOP	9,074.28
			PHM04	1.00	DOP	111,089.04	DOP	111,089.04
PHM05	Capítulo		REVESTIMIENTOS	1.00	DOP	107,907.74	DOP	107,907.74
ERMC020	Partida	m2	Revestimiento de Cerámica	42.40	DOP	1,096.50	DOP	46,491.60
EBRMP011	Partida	m2	Revest. de Coralina 30x30 (Suministro 875.00/m2)	37.73	DOP	1,627.78	DOP	61,416.14
			PHM05	1.00	DOP	107,907.74	DOP	107,907.74
PHM06	Capítulo		TERMINACION DE TECHOS	1.00	DOP	30,814.05	DOP	30,814.05
ETSP091	Partida	m2	Fino en Techo Plano	79.20	DOP	324.26	DOP	25,681.39
ETSP092	Partida	ml	Zabaleta de Mezcla	49.50	DOP	103.69	DOP	5,132.66
			PHM06	1.00	DOP	30,814.05	DOP	30,814.05
PHM07	Capítulo		IMPERMEABILIZANTES	1.00	DOP	13,331.50	DOP	13,331.50
ETSP097SA	Partida	m2	Pintura Impermeabilizante	114.65	DOP	116.28	DOP	13,331.50
			PHM07	1.00	DOP	13,331.50	DOP	13,331.50
PHMCM	Capítulo		CARPINTERIA DE MADERA	1.00	DOP	340,717.20	DOP	340,717.20
ECM030	Partida	ud	Puerta de Roble (0.90x2.10 m)	6.00	DOP	17,476.20	DOP	104,857.20
ECMPVC01	Partida	ud	Puerta PVC PANEL MODELO IPO7	2.00	DOP	117,930.00	DOP	235,860.00
			PHMCM	1.00	DOP	340,717.20	DOP	340,717.20
PHMCA	Capítulo		CARPINTERIA DE ALUMINIO	1.00	DOP	824,778.81	DOP	824,778.81
CALUM01	Partida	ml	Alumil S.A. - S91 - SWISSP. Ultimate	43.20	DOP	15,093.78	DOP	652,051.30
ACR01	Partida	m2	SGG CLIMATOP ECLAZ ONE & ONE II (4:/18/4/18/:4?. Ar. 90%)	13.57	DOP	12,728.63	DOP	172,727.51
			PHMCA	1.00	DOP	824,778.81	DOP	824,778.81
IHS	Capítulo		APARATOS	1.00	DOP	87,858.78	DOP	87,858.78
IHS02	Capítulo		APARATOS Y GRIFERIA	1.00	DOP	87,858.78	DOP	87,858.78
IHSAG001	Partida	UD	Suministro e Instalación de Lavamanos Empotrable con Grifería	2.00	DOP	6,912.49	DOP	13,824.98
IHSAG003	Partida	UD	Suministro e Instalación de Inodoro	2.00	DOP	9,502.98	DOP	19,005.96
IHSAG004	Partida	UD	Suministro e Instalación de Fregadero Doble Teka y Grifería	1.00	DOP	12,220.00	DOP	12,220.00
IHSAG006	Partida	UD	Suministro e Instalación de Calentador Eléctrico	1.00	DOP	25,000.00	DOP	25,000.00
IHSAG007	Partida	UD	Grifería y Desagüe Sinfónico de Ducha	2.00	DOP	8,903.92	DOP	17,807.84
			IHS02	1.00	DOP	87,858.78	DOP	87,858.78
			IHS	1.00	DOP	87,858.78	DOP	87,858.78
PHM08	Capítulo		PINTURA	1.00	DOP	94,118.04	DOP	94,118.04
EPIP010	Partida	m2	Primer	414.31	DOP	67.50	DOP	27,965.93
EPII010	Partida	m2	Pintura Acrílica Interior	295.15	DOP	145.00	DOP	42,796.75
EPIE020	Partida	m2	Pintura Acrílica Exterior	119.16	DOP	196.00	DOP	23,355.36
			PHM08	1.00	DOP	94,118.04	DOP	94,118.04
PHM15	Capítulo		MISCELANEOS	1.00	DOP	8,000.00	DOP	8,000.00
EBMIL019	Partida	pa	Limpieza Nivel 1	1.00	DOP	8,000.00	DOP	8,000.00
			PHM15	1.00	DOP	8,000.00	DOP	8,000.00
			PHM0	1	DOP	3,594,476.91	DOP	3,594,476.91
PHM16	Capítulo		CLIMATIZACION	1	DOP	125,299.99	DOP	125,299.99
AA02	Partida	UD	Aire acondicionado Lennox 9000BTU	1.00	DOP	22,500.00	DOP	22,500.00
VR001	Partida	UD	Ventilador Brink Renovent Excellent 300	1.00	DOP	86,700.00	DOP	86,700.00
DHI01	Partida	UD	Deshumidificador FRIGIDAIRE FAD504DWD	1.00	DOP	16,099.99	DOP	16,099.99
			PHM16	1	DOP	125,299.99	DOP	125,299.99
			PHM	1	DOP	4,404,393.15	DOP	4,404,393.15

Tabla 21: Presupuesto detallado de Modelado de Alta Masa Térmica.

6. Presupuesto Modelado de Baja Masa Térmica

<i>Código</i>	<i>Nat</i>	<i>Ud</i>	<i>Resumen</i>	<i>CanPres</i>		<i>PrPres</i>		<i>ImpPres</i>
PHM00	Capítulo		BAJO NIVEL DE PISO	1	DOP	738,738.79	DOP	738,738.79
PHM001	Capítulo		RECONOCIMIENTO DEL SOLAR	1.00	DOP	27,318.47	DOP	27,318.47
EBATR010	Partida	pa	Replanteo	1.00	DOP	7,500.00	DOP	7,500.00
EBATR020	Partida	ml	Tarrancha	57.37	DOP	345.45	DOP	19,818.47
			PHM001	1.00	DOP	27,318.47	DOP	27,318.47
PHM002	Capítulo		MOVIMIENTO DE TIERRAS	1.00	DOP	35,009.25	DOP	35,009.25
EBMTE010	Partida	m3	Excavación en Caliche Compactado	40.39	DOP	525.00	DOP	21,204.75
EBMTR012	Partida	m3	Relleno de Reposición	27.07	DOP	350.00	DOP	9,474.50
EBMTT015	Partida	m3	Bote de Material Excavado	17.32	DOP	250.00	DOP	4,330.00
			PHM002	1.00	DOP	35,009.25	DOP	35,009.25
PHM003	Capítulo		HORMIGON ARMADO	1.00	DOP	634,388.68	DOP	634,388.68
EBHAZM011	Partida	m3	Zapata de Muros 60x25 cm	10.42	DOP	10,046.46	DOP	104,684.11
EHC039	Partida	m3	Columna Amarre (20x20 cm) H210	0.46	DOP	26,278.24	DOP	12,087.99
EHV043	Partida	m3	Viga de Amarre (20x20 cm) H210	2.44	DOP	23,397.84	DOP	57,090.73
EBHAL013SALR	Partida	m3	Losa de Piso e=12 cm Acero Malla con aislamiento	9.08	DOP	47,419.29	DOP	430,567.15
EBHAL013SA	Partida	m3	Losa de Piso e=12 cm Acero Malla	3.71	DOP	8,075.12	DOP	29,958.70
			PHM003	1.00	DOP	634,388.68	DOP	634,388.68
PHM004	Capítulo		MUROS DE BLOQUES	1.00	DOP	37,022.39	DOP	37,022.39
EBMD200SA	Partida	m2	Muro de Bloques 20 cm BNP 3/8"@80	40.65	DOP	910.76	DOP	37,022.39
			PHM004	1.00	DOP	37,022.39	DOP	37,022.39
PHM005	Capítulo		MISCELANEOS	1.00	DOP	5,000.00	DOP	5,000.00
EBMIL020	Partida	pa	Limpieza Nivel 0	1.00	DOP	5,000.00	DOP	5,000.00
			PHM005	1.00	DOP	5,000.00	DOP	5,000.00
PHM006	Capítulo			1.00	DOP	-	DOP	-
			PHM00	1	DOP	738,738.79	DOP	738,738.79
PHM0	Capítulo		SOBRE NIVEL DE PISO	1	DOP	2,476,747.19	DOP	2,476,747.19
PHMBE01	Capítulo		ESTRUCTURA DE MADERA	1.00	DOP	56,735.88	DOP	56,735.88
CM01	Partida	ml	Columna de madera (20x20cm)	53.20	DOP	455.06	DOP	24,209.19
VM01	Partida	ml	Viga de madera (10x10cm)	60.90	DOP	534.10	DOP	32,526.69
			PHMBE01	1.00	DOP	56,735.88	DOP	56,735.88
PHMBE02	Capítulo		CERRAMIENTOS Y DIVISIONES	1.00	DOP	562,857.59	DOP	562,857.59
MMLR01	Partida	m2	Muro de madera exterior con aislamiento	81.15	DOP	5,940.18	DOP	482,045.61
MMLR02	Partida	m2	Muro de madera interior con aislamiento	65.60	DOP	1,231.89	DOP	80,811.98
			PHMBE02	1.00	DOP	562,857.59	DOP	562,857.59
PHMBE03	Capítulo		CUBIERTA	1.00	DOP	471,992.14	DOP	471,992.14
PHMBEC03	Partida		Losa de madera plana con aislamiento	79.20	DOP	4,521.58	DOP	358,109.14
PHMBECI03	Partida		Cubierta inclinada	87.50	DOP	1,301.52	DOP	113,883.00
			PHMBE03	1.00	DOP	471,992.14	DOP	471,992.14
PHM03	Capítulo		TERMINACIONES DE SUPERFICIES	1.00	DOP	12,864.96	DOP	12,864.96
ETSP060	Partida	m2	Pañete Rastreado para Revestir	63.29	DOP	203.27	DOP	12,864.96
			PHM03	1.00	DOP	12,864.96	DOP	12,864.96

PHM04	Capítulo		PISOS Y ZOCALOS	1.00	DOP	79,160.63	DOP	79,160.63
PMCTN01	Partida	m2	Piso de madera conгона semi terminado natural	77.22	DOP	794.70	DOP	61,366.73
EBRPH005	Partida	m2	Pulido de Piso Mortero e=4 cm	30.95	DOP	324.28	DOP	10,036.47
ERPC10007	Partida	ml	Zócalo de madera	64.71	DOP	119.88	DOP	7,757.43
			PHM04	1.00	DOP	79,160.63	DOP	79,160.63
PHM05	Capítulo		REVESTIMIENTOS	1.00	DOP	79,176.93	DOP	79,176.93
ERMCO20	Partida	m2	Revestimiento de Cerámica	42.40	DOP	1,096.50	DOP	46,491.60
EBRMP011	Partida	m2	Revest. de Coralina 30x30 (Suministro 875.00/m2)	20.89	DOP	1,564.64	DOP	32,685.33
			PHM05	1.00	DOP	79,176.93	DOP	79,176.93
PHM07	Capítulo		IMPERMEABILIZANTES	1.00	DOP	13,331.50	DOP	13,331.50
ETSP097SA	Partida	m2	Pintura Impermeabilizante	114.65	DOP	116.28	DOP	13,331.50
			PHM07	1.00	DOP	13,331.50	DOP	13,331.50
PHMCM	Capítulo		CARPINTERIA DE MADERA	1.00	DOP	337,224.00	DOP	337,224.00
ECM030	Partida	ud	Puerta de Roble (0.90x2.10 m)	6.00	DOP	16,894.00	DOP	101,364.00
PBC01	Partida	ud	Puerta de madera de baja conductividad	2.00	DOP	117,930.00	DOP	235,860.00
			PHMCM	1.00	DOP	337,224.00	DOP	337,224.00
PHMCM	Capítulo		CARPINTERIA DE MADERA (VENTANAS)	1.00	DOP	673,426.74	DOP	673,426.74
CALUM02	Partida	ml	Svenska - Intakt Passiv - SWISSP. Ultimate PU	43.20	DOP	11,590.26	DOP	500,699.23
ACR03	Partida	m2	Guardian - ClimaGuard nrG (4:/14/4/14:/4 Ar 90%)	13.57	DOP	12,728.63	DOP	172,727.51
			PHMCM	1.00	DOP	673,426.74	DOP	673,426.74
IHS02	Capítulo		APARATOS Y GRIFERIA	1.00	DOP	87,858.78	DOP	87,858.78
IHSAG001	Partida	UD	Suministro e Instalación de Lavamanos Empotrable con Grifería	2.00	DOP	6,912.49	DOP	13,824.98
IHSAG003	Partida	UD	Suministro e Instalación de Inodoro	2.00	DOP	9,502.98	DOP	19,005.96
IHSAG004	Partida	UD	Suministro e Instalación de Fregadero Doble Teka y Grifería	1.00	DOP	12,220.00	DOP	12,220.00
IHSAG006	Partida	UD	Suministro e Instalación de Calentador Eléctrico	1.00	DOP	25,000.00	DOP	25,000.00
IHSAG007	Partida	UD	Grifería y Desagüe Sinfónico de Ducha	2.00	DOP	8,903.92	DOP	17,807.84
			IHS02	1.00	DOP	87,858.78	DOP	87,858.78
PHM08	Capítulo		PINTURA	1.00	DOP	94,118.04	DOP	94,118.04
EPIP010	Partida	m2	Primer	414.31	DOP	67.50	DOP	27,965.93
EPII010	Partida	m2	Pintura Acrílica Interior	295.15	DOP	145.00	DOP	42,796.75
EPIE020	Partida	m2	Pintura Acrílica Exterior	119.16	DOP	196.00	DOP	23,355.36
			PHM08	1.00	DOP	94,118.04	DOP	94,118.04
PHM15	Capítulo		MISCELANEOS	1.00	DOP	8,000.00	DOP	8,000.00
EBMIL019	Partida	pa	Limpieza Nivel 1	1.00	DOP	8,000.00	DOP	8,000.00
			PHM15	1.00	DOP	8,000.00	DOP	8,000.00
			PHM0	1	DOP	2,476,747.19	DOP	2,476,747.19
PHM16	Capítulo		CLIMATIZACION	1	DOP	125,299.99	DOP	125,299.99
AA02	Partida	UD	Aire acondicionado Lennox 9000BTU	1.00	DOP	22,500.00	DOP	22,500.00
VRC01	Partida	UD	Ventilador Brink Renovent Excellent 300	1.00	DOP	86,700.00	DOP	86,700.00
DHI01	Partida	UD	Deshumidificador FRIGIDAIRE FAD504DWD	1.00	DOP	16,099.99	DOP	16,099.99
			PHM16	1	DOP	125,299.99	DOP	125,299.99
			PHM	1	DOP	3,340,785.97	DOP	3,340,785.97

Tabla 22: Presupuesto detallado de Modelado de Baja Masa Térmica.