



Universidad de la República  
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo  
CENUR LITORAL NORTE Salto  
Licenciatura en Diseño Integrado

# **Evaluación higrotérmica y energética de una tipología de vivienda de MEVIR; en Piedras Coloradas, Paysandú.**

Proyecto final de carrera  
Estudiante: Estefanía Pittier

Uruguay, Salto 2019



Universidad de la República  
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo  
CENUR LITORAL NORTE Salto  
Licenciatura en Diseño Integrado

# **Evaluación higrotérmica y energética de una tipología de vivienda de MEVIR; en Piedras Coloradas, Paysandú.**

Proyecto final de carrera  
Estudiante: Estefanía Pittier  
Tutor: Arq. Gabriela Piñeiro

Uruguay, Salto 2019

## **Dedicatoria**

Son muchas las personas y entidades que han contribuido para el desarrollo de este trabajo. En primer lugar, quiero agradecer a mi tutora Arq. Gabriela Piñeiro y al Arq. Juan Carlos Silva que estuvieron a lo largo de todo el proceso, me apoyaron de manera personal y profesional.

Durante la etapa de recolección de información y trabajo de campo quiero agradecer especialmente a MEVIR y al Arq. Lauro Pons por su disposición a evacuar dudas y facilitar el acceso a la información.

En tercer lugar, agradecer al Ing. Juan Rodríguez por toda la ayuda brindada. En cuarto lugar, reconocer a los docentes y en ellos a la UdelaR donde me he formado culminando esta etapa académica.

Y por último y no menos importante agradecer a mis padres por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación. A mi familia, amigos y colegas por todo el apoyo que he recibido a lo largo de toda la carrera.

## Resumen

El objetivo de este proyecto fue estudiar el comportamiento higrotérmico y energético de la vivienda tipo 3 de MEVIR en Piedras Coloradas, Paysandú.

La vivienda se evaluó desde sus aspectos térmicos, tomando como punto de partida el proyecto en un contexto espacial específico y el confort de los usuarios y se trató de responder a preguntas como:

¿Es confortable para los usuarios? ¿Será posible mejorar el desempeño termo-energético?

Se respondió a dicha problemática mediante la caracterización térmica de los cerramientos (transmitancia, condensaciones, amortiguación y retardo), el comportamiento real de la vivienda a través del monitoreo higrotérmico, el asoleamiento, encuestas y la simulación energética de la vivienda mediante el software Desing Builder.

La vivienda se encuentra desprotegida totalmente de la radiación ya que no cuenta con la protección de vegetación y presenta una orientación inadecuada.

La vivienda presentó un 52% de horas anuales de confort, la mitad del año y un 25% de horas de disconfort por frío y un 23% por calor. Las ganancias solares alcanzaron valores elevados al igual que las pérdidas por infiltraciones, cerramiento vertical y la cubierta. Con relación a la calefacción los consumos fueron altos en comparación con la refrigeración, se halló que usando una estufa eficiente o el Split se reducen considerablemente los consumos.

Los hallazgos principales que se lograron en esta investigación indican que realizando pequeñas intervenciones las horas de confort aumentan notoriamente y disminuyen los consumos energéticos. Cuidando aspectos del diseño bioclimático, utilizando protecciones solares, controlando las infiltraciones y agregando aislación en los cerramientos se obtienen cambios satisfactorios para la vivienda y el bienestar de los usuarios.

## Índice

Dedicatoria .....	- 1 -
Resumen .....	- 2 -
Capítulo 1 Introducción.....	- 7 -
1. Contexto histórico social del objeto de estudio.....	- 7 -
2. Antecedentes .....	- 9 -
3. Fundamentación .....	- 16 -
4. Planteo del problema de investigación.....	- 17 -
Capítulo 2 Marco Teórico .....	- 18 -
Capítulo 3 Objetivos .....	- 22 -
1. General .....	- 22 -
2. Específicos .....	- 22 -
Capítulo 4 Metodología de la investigación.....	- 23 -
1. Descripción general de la vivienda y de los cerramientos .....	- 24 -
2. Características térmicas de los cerramientos.....	- 33 -
3. Monitoreo higrotérmico de la vivienda.....	- 47 -
4. Asoleamiento de la vivienda .....	- 64 -
5. Encuestas.....	- 75 -
6. Estudio de temperatura interior media (TIM) .....	- 77 -
7. Análisis del comportamiento térmico de la vivienda en Desing Builder .....	- 85 -
Capítulo 5 Resultados y Discusión.....	- 124 -
Capítulo 6 Conclusiones.....	- 148 -
Capítulo 7 Recomendaciones .....	- 155 -
Capítulo 8 Referencias bibliográficas .....	- 157 -
Capítulo 9 Anexos.....	- 161 -

## Indice de Graficas

<i>Grafica 1: Muestra en porcentajes el consumo energético por sector en el Uruguay.</i> .....	- 12 -
<i>Grafica 2: Valores promedio de temperatura por habitación.</i> .....	- 53 -
<i>Grafica 3: Valores máximos de temperatura por habitación.</i> .....	- 53 -
<i>Grafica 4: Valores promedio de temperatura por habitación.</i> .....	- 54 -
<i>Grafica 5: Dia más caluroso del periodo por habitación.</i> .....	- 55 -
<i>Grafica 6: Dia más frio del periodo por habitación.</i> .....	- 56 -
<i>Grafica 7: Variaciones de temperatura ext. e int. del comedor.</i> .....	- 57 -
<i>Grafica 8: Variaciones de temperatura ext. e int. del dormitorio1.</i> .....	- 58 -
<i>Grafica 9: Variaciones de temperatura ext. e int. del dormitorio2.</i> .....	- 59 -
<i>Grafica 10: Variaciones de temperatura ext. e int. del comedor, 7 días de medición.</i> .....	- 62 -
<i>Grafica 11: Variaciones de temperatura ext. e int. del dormitorio 2, 7 días de medición</i> .....	- 62 -
<i>Grafica 12: Análisis de un día específico.</i> .....	- 63 -
<i>Grafica 13: Grafica ganancias internas. Sin equipos de acondicionamiento.</i> .....	- 90 -
<i>Grafica 14: Balance térmico de la vivienda; grafica de cerramientos y ventilación. Sin equipos de acondicionamiento</i> .....	- 92 -
<i>Grafica 15: Grafica de consumos desglosados de la vivienda sin equipos de acondicionamiento.</i> .....	- 94 -
<i>Grafica 16: Grafica anual de temperaturas del edificio</i> .....	- 95 -
<i>Grafica 17: Grafica anual de temperaturas del estar</i> .....	- 97 -
<i>Grafica 18: Grafica anual de temperaturas de la cocina-comedor</i> .....	- 98 -
<i>Grafica 19: Grafica anual de temperaturas del dormitorio 3</i> .....	- 99 -
<i>Grafica 20: Grafica de consumos desglosados</i> .....	- 103 -
<i>Grafica 21: Grafica de consumos desglosados para la calefacción</i> .....	- 104 -
<i>Grafica 22: Mejora 1; ganancias internas del edificio</i> .....	- 108 -
<i>Grafica 23: Mejora 1; Cerramientos y ventilación del edificio</i> .....	- 109 -
<i>Grafica 24: Mejora 2; ganancias internas del edificio</i> .....	- 112 -
<i>Grafica 25: Pérdidas de energía por el cerramiento vertical. Mejora 2</i> .....	- 113 -
<i>Grafica 26: Pérdidas de energía por el acristalamiento. Mejora 2</i> .....	- 113 -
<i>Grafica 27: Pérdidas de energía por el suelo sobre el terreno. Mejora 2</i> .....	- 114 -
<i>Grafica 28: Mejora 3; Ganancias internas del edificio</i> .....	- 117 -
<i>Grafica 29: Pérdidas de energía por el cerramiento vertical. Mejora 3</i> .....	- 117 -
<i>Grafica 30: Pérdidas de energía por el acristalamiento. Mejora 3</i> .....	- 118 -
<i>Grafica 31: Mejora 4; Ganancias internas del edificio</i> .....	- 120 -
<i>Grafica 32: Pérdidas de energía por el cerramiento vertical. Mejora 4</i> .....	- 121 -
<i>Grafica 33: Pérdidas de energía por el suelo sobre el terreno. Mejora 4</i> .....	- 122 -
<i>Grafica 34: Pérdidas de energía por el acristalamiento. Mejora 4</i> .....	- 122 -
<i>Grafica 35: Ganancias internas</i> .....	- 141 -
<i>Grafica 36: Pérdidas por el cerramiento vertical. Mejora definitiva</i> .....	- 142 -
<i>Grafica 37: Pérdidas por el acristalamiento. Mejora definitiva</i> .....	- 143 -
<i>Grafica 38: Pérdidas por infiltraciones. Mejora definitiva.</i> .....	- 143 -

## Índice de Ilustraciones

<i>Imagen 1: Evaluación del consumo final por sector</i> .....	- 13 -
<i>Imagen 2: Termo higrómetro Extech RHT 10</i> .....	- 23 -
<i>Imagen 3: Ubicación del Municipio Piedras Coloradas.</i> .....	- 25 -
<i>Imagen 4: Conjunto de viviendas de MEVIR.</i> .....	- 26 -
<i>Imagen 5: Localización de la vivienda a estudiar.</i> .....	- 26 -
<i>Imagen 6: Vivienda tipo 3 de MEVIR.</i> .....	- 27 -
<i>Imagen 7: Aplacado de muros</i> <i>Imagen 8: Conformación de muros perimetrales.</i> .....	- 29 -
<i>Imagen 9: Muros interiores</i> .....	- 29 -
<i>Imagen 10: Cielorraso de la vivienda tipo 3 de MEVIR.</i> .....	- 30 -
<i>Imagen 11: Imagen panorámica de la vivienda que demuestra que no tiene cámara ventilada.</i> .....	- 30 -
<i>Imagen 12: Aberturas exteriores de la vivienda.</i> .....	- 31 -
<i>Imagen 13: Detalle constructivo muro</i> .....	40
<i>Imagen 14: Detalle constructivo muro</i> .....	40
<i>Imagen 15: Detalle constructivo piso</i> .....	- 40 -
<i>Imagen 16: Detalle constructivo techo</i> .....	- 40 -
<i>Imagen 17: Imagen extraída del programa Desing Builder que muestra la transmitancia del muro..</i> -	41 -
<i>Imagen 18: Imagen extraída del programa Desing Builder que muestra la transmitancia del cerramiento superior</i> .....	- 41 -
<i>Imagen 19: Radiación solar directa recibida por fachadas en verano (W/m2)</i> .....	- 64 -
<i>Imagen 20: Radiación solar directa recibida por fachadas en invierno (W/m2)</i> .....	- 65 -
<i>Imagen 21: En esta imagen se muestra que ocurre en la fachada Norte de la vivienda a estudiar.</i> .....	- 69 -
<i>Imagen 22: Se presenta el acceso lateral de la vivienda, fachada sur.</i> .....	- 69 -
<i>Imagen 23: En la imagen se muestra que ocurre con la fachada Este de la vivienda</i> .....	- 70 -
<i>Imagen 24: En esta escena se muestra que sucede con la fachada Oeste</i> .....	- 70 -
<i>Imagen 25: Visualización 3D de la vivienda</i> .....	- 85 -
<i>Imagen 26: Planta general de la vivienda y sus respectivas zonas</i> .....	- 86 -
<i>Imagen 27: Imagen extraída de Norma UNIT 1026:99</i> .....	- 126 -
<i>Imagen 28: Esquema de ventilación natural en planta</i> .....	- 136 -
<i>Imagen 29: Visualización 3D de la vivienda</i> .....	- 162 -
<i>Imagen 30: Planta general de la vivienda y sus respectivas zonas</i> .....	- 163 -

## Índice de Tablas

<i>Tabla 1: Tipo de energía y medio que usan los hogares para calefacción según zona geográfica.</i> .....	- 14 -
<i>Tabla 2: Datos climáticos para un mes representativo del periodo caluroso – INUMET</i> .....	- 24 -
<i>Tabla 3: Datos climáticos para un mes representativo del periodo frío– INUMET</i> .....	- 24 -
<i>Tabla 4: Comparación del retardo térmico y amortiguación del techo y muro (valor teórico y Hterm).</i> -	34
-	
<i>Tabla 5: Valores promedio, máx. y mín. de temperatura y humedad del exterior.</i> .....	- 49 -
<i>Tabla 6: Valores promedio, máx. y mín. de temperatura del comedor.</i> .....	- 49 -
<i>Tabla 7: Valores promedio, máx. y mín. de humedad del comedor.</i> .....	- 49 -
<i>Tabla 8: Valores promedio, máx. y mín. de temperatura del dormitorio 1.</i> .....	- 50 -
<i>Tabla 9: Valores promedio, máx. y mín. de humedad del dormitorio 1.</i> .....	- 50 -
<i>Tabla 10: Valores promedio, máx. y mín. de temperatura del dormitorio 2.</i> .....	- 50 -
<i>Tabla 11: Valores promedio, máx. y mín. de humedad del dormitorio 2.</i> .....	- 51 -
<i>Tabla 12: Valores promedio, máx. y mín. de temperatura por habitación y del exterior.</i> .....	- 52 -
<i>Tabla 13: Día más caluroso del periodo de medición.</i> .....	- 55 -
<i>Tabla 14: Día más frío del periodo de medición.</i> .....	- 55 -

<i>Tabla 15: Rango de confort Dormitorio 1</i> .....	- 60 -
<i>Tabla 16: Rango de confort Dormitorio 2</i> .....	- 60 -
<i>Tabla 17: Rango de confort Comedor</i> .....	- 61 -
<i>Tabla 18: Muestra la comparación de la TIM</i> .....	- 77 -
<i>Tabla 19: Porcentaje de horas de confort y desconfort sin equipos de acondicionamiento</i> .....	- 88 -
<i>Tabla 20: Tabla extraída de Ficha 1 AT, Ciudad de Salto</i> .....	- 89 -
<i>Tabla 21: Ganancias internas. Sin equipos de acondicionamiento</i> .....	- 90 -
<i>Tabla 22: Balance térmico de la vivienda; cerramientos y ventilación. Sin equipos de acondicionamiento</i>	92 -
<i>Tabla 23: Consumos desglosados de la vivienda sin equipos de acondicionamiento.</i> .....	- 93 -
<i>Tabla 24: Porcentaje de horas de confort y desconfort en el periodo ocupado</i> .....	- 100 -
<i>Tabla 25: Tabla comparativa de horas de confort</i> .....	- 101 -
<i>Tabla 26: Consumos desglosados de la vivienda</i> .....	- 102 -
<i>Tabla 27: Mejora 1; Porcentaje de horas de confort en el periodo ocupado</i> .....	- 107 -
<i>Tabla 28: Mejora 1; Consumos desglosados del edificio</i> .....	- 110 -
<i>Tabla 29: Mejora 2; Porcentaje de horas de confort en el periodo ocupado</i> .....	- 111 -
<i>Tabla 30: Mejora 2; consumos desglosados</i> .....	- 114 -
<i>Tabla 31: Mejora 3; Porcentaje de horas de confort en el periodo ocupado</i> .....	- 115 -
<i>Tabla 32: Mejora 3; consumos desglosados</i> .....	- 118 -
<i>Tabla 33: Mejora 4; Porcentaje de horas de confort en el periodo ocupado</i> .....	- 119 -
<i>Tabla 34: Mejora 4; consumos desglosados</i> .....	- 123 -
<i>Tabla 35: Tabla comparativa de porcentaje de horas de confort anual.</i> .....	- 140 -
<i>Tabla 36: Consumos desglosados de la vivienda</i> .....	- 144 -
<i>Tabla 37: Tabla comparativa</i> .....	- 146 -
<i>Tabla 38: Tabla comparativa de consumos</i> .....	- 147 -
<i>Tabla 39: Tabla de costos mejoras</i> .....	- 147 -
<i>Tabla 40: Comparación de áreas: entre el área real de la habitación y la que el programa nos indica.</i>	164
<i>Tabla 41: Tabla Ocupación</i> .....	- 167 -
<i>Tabla 42: Ocupación</i> .....	- 167 -
<i>Tabla 43: Ganancias por equipo</i> .....	- 170 -
<i>Tabla 44: Muros exteriores</i> .....	- 171 -
<i>Tabla 45: Composición del techo</i> .....	- 171 -
<i>Tabla 46: Tabiques internos</i> .....	- 172 -
<i>Tabla 47: Composición del piso</i> .....	- 172 -
<i>Tabla 48: Composición ventanas</i> .....	- 174 -
<i>Tabla 49: Composición de Puerta</i> .....	- 174 -
<i>Tabla 50: Iluminación</i> .....	- 175 -
<i>Tabla 51: Calefacción</i> .....	- 176 -
<i>Tabla 52: Refrigeración</i> .....	- 177 -



## **Capítulo 1 Introducción**

### **1. Contexto histórico social del objeto de estudio.**

Renzo Pi y Germán Wettstein, en su informe “Rancheríos rurales y rancheríos suburbanos” del año 1955 describen que las nuevas técnicas modernas aplicadas al trabajo rural llevaron a una transformación de la producción agraria. Las estancias disminuyeron drásticamente el número de trabajadores y por tanto dejaron de albergar a los peones rurales con sus familias. Los desplazados comenzaron la construcción de ranchos en los espacios inutilizables de las divisiones de los campos y en los espacios que nadie reclamaba.

Los ranchos tenían grandes problemas de hacinamiento, salud e higiene. En la construcción de estos se utilizaron materiales disponibles en el medio rural como son el barro, la caña, chircas y paja.

En el año 1967 se crea MEVIR. La idea del proyecto nace del productor agropecuario y político Dr. Alberto Gallinal para erradicar la vivienda insalubre en el medio rural. El movimiento fue creado sin fines de lucro, colectivo e integrado por los principales actores sociales de la época que se relacionaban con el tema.

MEVIR básicamente, articula dos líneas de acción: realiza conjuntos habitacionales en el medio rural; pueblos y pequeñas ciudades del interior y desde los 90 implementa unidades productivas en ámbitos rurales de todo el país.

Este enfoque se deriva de la ley 13.640, del 26/12/1967; MEVIR “[...] tendrá por cometido la construcción de viviendas higiénicas que sustituyan las habitaciones insalubres existentes en el medio rural y alrededores de las poblaciones urbanas del interior que no estén comprendidas en la zona suburbana y urbanas de dicha población”.

Este organismo tiene como fin “[...] contribuir en la construcción de un hábitat sostenible para la población que vive y/o trabaja en el medio rural, en el marco de las políticas de desarrollo integral (productivo, social, ambiental, territorial) del quinquenio”.

Las viviendas se financian a través de los aportes de toda la sociedad uruguaya mediante el Fondo Nacional de Vivienda instrumentado por el MVOTMA y los beneficiarios de MEVIR, quienes deben pagar una cuota subsidiaria que corresponde al 30% del valor de la vivienda. El presupuesto de MEVIR alcanza a 50 millones de dólares por año. El 55% es otorgado por el Ministerio de Vivienda, el otro 20% proviene del pago de la cuota de las familias que accedieron a su vivienda nueva y el restante 25% son recursos obtenidos por partidas del presupuesto nacional, donaciones y legados.

Las familias deben contar con un ingreso económico máximo de 60 unidades reajustables.

Durante los 18 meses de obra estipulados los partícipes del núcleo familiar hacen un aporte de 96 horas de trabajo mensuales (requisito indispensable).

MEVIR tiene como forma de actuar sobre el territorio a intervenir, estudiar departamento por departamento logrando identificar donde está la población más vulnerable del medio rural, que necesidades tienen, que características debe tener la vivienda y el territorio donde los usufructuarios van a habitar.

El histórico accionar de MEVIR adquiere relevancia y proyección en el interior del país dando una respuesta a la demanda habitacional.

MEVIR busca contemplar factores climáticos y ambientales incorporándolos en el diseño de la vivienda considerando la ubicación, calidad de los materiales, implantación y orientación.

Con relación a las acciones que previamente realiza MEVIR al comienzo de la obra para mitigar la degradación ambiental, preservar el espacio intervenido y el

aprovechamiento de los recursos, se toman consideraciones como la conformación de caminería previa para la circulación de maquinaria y camiones con el fin de no deteriorar el suelo. También a la hora de realizar cualquier movimiento de suelo se tiene en cuenta las condiciones climáticas, la topografía y la erosión para no deteriorar el mismo.

Asimismo, se realizan colectores pluviales antes de comenzar, para que la circulación del agua de lluvia en el terreno sea la adecuada y no interfiera con el proyecto. Así también la previsión de agua para la obra y agua potable para el personal.

Además, en cuanto a los recursos materiales, estos se disponen en recintos construidos antes de comenzar el proyecto con un tamaño acorde para alojar en 3 sectores los materiales de construcción, cemento y chapas.

En lo que refiere a la preservación del espacio intervenido se llevan a cabo medidas de seguridad, como por ejemplo la disposición de bolsones para los residuos sólidos, la utilización del cercado cuando se da la interacción con un plan nucleado preexistente, como sucede en el caso de Piedras Coloradas, para prevenir algún accidente ya que en ese lugar circulan peatones y vehículos propios de los vecinos de la zona.

## **2. Antecedentes**

Tras una primera etapa de recopilación de datos respecto a antecedentes sobre la investigación se hallaron estudios relacionados con el tema.

Desde el año 1965, año en el que se crea el actual Departamento de Clima y Confort en Arquitectura (DECCA) ya se comenzaban a desarrollar estudios como: Estudios comparativos de la eficacia de los parasoles fijos; Normas de cálculo y nociones sobre acondicionamiento térmico de Viviendas; Influencia de la forma, la orientación y otras variables del edificio en su relación térmica con el medio exterior; Pautas de diseño para la prevención de condensaciones en los cerramientos; Previsión del desempeño térmico del edificio desde las primeras decisiones de proyecto; La calidad de la vivienda

de interés social; Hacia una percepción ambiental del diseño y el libro “Arquitectura y clima” de R. Rivero. Los cuales corresponden a los primeros insumos que se utilizan de referencia para estudios que apuntan a investigar sobre el confort térmico como lo es este trabajo.

Los resultados de los ensayos de las investigaciones del DECCA<sup>1</sup> se aplican y difunden en el sector y por lo tanto influyen, aunque de forma parcial, en el mejoramiento de las construcciones.

En segundo lugar, el informe “Pautas de diseño bioclimático para optimizar condiciones de confort y uso de energía en el sector residencial financiado por organismos públicos, para Uruguay, caso de clima Complejo” se toma como referencia para este estudio ya que tiene como objetivo determinar y evaluar las condiciones de confort térmico en viviendas y además determinar el potencial del ahorro energético en las mismas de acuerdo con alternativas propuestas. Así mismo presenta insumos para que los organismos públicos discutan sobre las normativas energéticas en el sector residencial. Además, para el análisis de la condición ambiental se registran parámetros interiores (temperatura y humedad relativa) y parámetros climáticos exteriores (temperatura; humedad relativa y velocidad del viento). Por otra parte, se trabaja con los propietarios de las viviendas realizándoles encuestas sobre confort térmico y pautas de uso de estas. Las tareas mencionadas se realizan en dos momentos claves del año, en el período frío y en el período caluroso.

Posteriormente se desarrollan dos modelos teóricos en los que se aplica un análisis térmico y energético mediante la simulación computacional, utilizando los programas Energy Plus y Simedif. De cada una de las simulaciones se obtienen datos concretos de consumo energético y de temperatura del aire interior para cada modelo, los cuales se

---

<sup>1</sup> Departamento de Clima y Confort en Arquitectura

procesan y se analizan para obtener porcentajes de ahorro energético y cantidad de horas de confort. Este informe tiene similar metodología a la que se desarrolla en esta investigación.

En tercer lugar, el informe de la Universidad Nacional del Nordeste (Argentina) “Eficiencia energética en viviendas sociales. Incidencia de la envolvente en el consumo eléctrico para mantener el bienestar higrotérmico en los espacios interiores.” Propone estudiar el comportamiento termoenergético, el grado de bienestar de los usuarios y el ahorro de energía que se produce en dos viviendas muy diferentes, una realizada con paneles de madera y otra en el sistema tradicional. Además de la incidencia de variables tales como la orientación, la forma y el emplazamiento en la eficiencia energética.

Este informe plantea en su contenido más o menos los mismos temas que se van a investigar en este trabajo y tiene como objetivo analizar la manera en que las modificaciones del diseño y conformación de la envolvente generan importantes diferencias en el consumo energético de la vivienda.

En cuarto lugar, la tesina “Hacia una tipología eficiente” de la Facultad de Arquitectura, analiza la implantación de la vivienda tipo patio en la ciudad de Montevideo. La vivienda se estudia desde el punto de vista de la eficiencia energética y se la somete a una serie de estudios en pos de obtener datos concretos resultantes de situar el proyecto en un lugar específico. El marco conceptual de este trabajo trata temas semejantes a los de esta investigación.

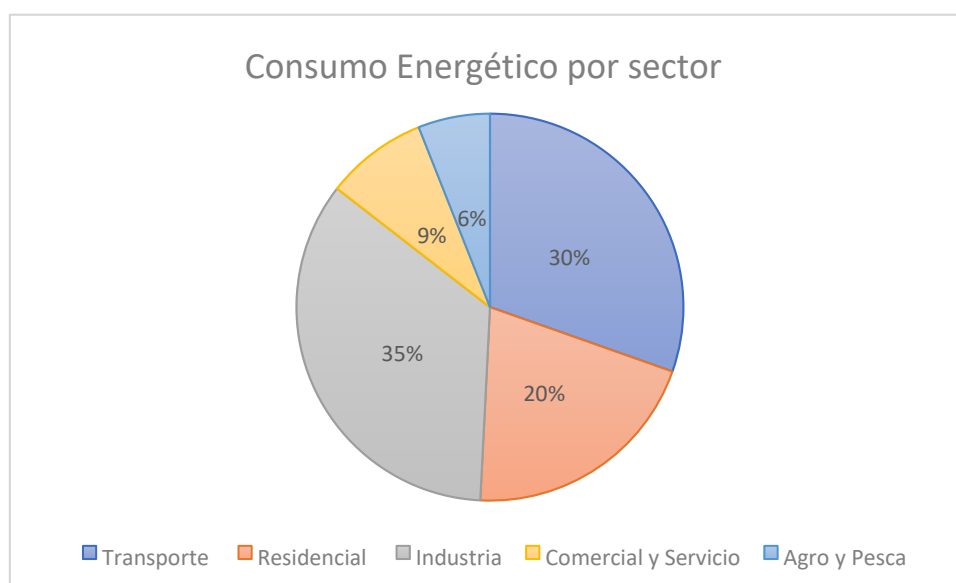
Y por último la investigación realizada por Picción Alicia; Milicua Sara; Camacho Magdalena. “Consumo de energía residencial y confort” tiene como objetivo presentar la relación que existe entre el consumo de energía en las edificaciones y el confort de los usuarios. Está investigación es relevante para el trabajo ya que plantea la hipótesis de que la cantidad de energía consumida en un edificio para los servicios o funciones que en él

se desarrollan depende de los siguientes componentes y sus interrelaciones: clima- definido por las variables climáticas del lugar de emplazamiento, edificio- definido por su diseño y construcción, las características de los equipos consumidores de energía.

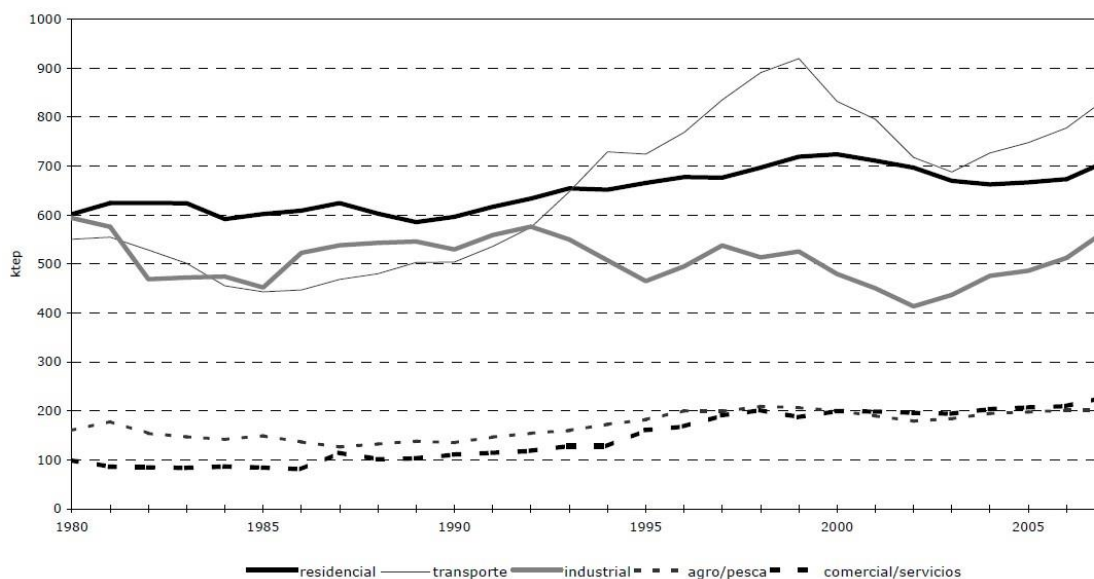
En todos los antecedentes nombrados anteriormente se habla de la eficiencia energética pero no se define que es.

La eficiencia energética propone la optimización del recurso energía. La escasez de este conlleva a la búsqueda de soluciones a esta problemática, lo cual nos deriva en analizar la vivienda haciendo énfasis en el comportamiento térmico.

En 2007 la Dirección Nacional de Energía presentó el comportamiento del sector residencial destacando que las principales causas del aumento en el consumo energético se dan por el crecimiento económico del país y la ausencia de medidas que apunten a la eficiencia energética. En el Uruguay el consumo ha crecido de manera sostenida durante los últimos cuarenta años, el sector residencial ocupa un 20,4% de la demanda energética según la información de la Dirección Nacional de Energía y Minería en 2013.



*Grafica 1: Muestra en porcentajes el consumo energético por sector en el Uruguay.*



*Imagen 1: Evaluación del consumo final por sector*

El principal consumo energético de los edificios se debe a la calefacción y refrigeración. El ahorro de energía logrado a través del diseño eficiente en la edificación es muy importante en la vida diaria. La calefacción y la refrigeración en épocas claves del año (invierno y verano) pueden llegar a consumir una parte considerable de los ingresos económicos de las familias. Por ende, cualquier mejora que se realice a la vivienda apuntando al uso eficiente de la energía, se verá reflejada en la tarifa de consumo de energía eléctrica y el confort de los propietarios.

La tabla extraída de VIVIENDA Y SOCIEDAD, LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA VIVIENDA EN URUGUAY de Álvaro J. Portillo muestra el tipo de energía por medio que utilizan los hogares uruguayos para la calefacción de sus ambientes. (tabla 1)

Tabla 37 Hogares según medio y energía para calefacción de ambientes por zona geográfica en porcentaje				
	Montevideo	Interior Urbano	Rural	Todo el país
Estufa, panel radiante o similar	72,5%	76,5%	78,4%	74,9%
Acondicionador de aire	1,7%	1,8%	0,5%	1,7%
Calefacción central	4,5%	0,4%	0,1%	2,1%
Otro	0,7%	2,2%	3,9%	1,7%
Ninguno	20,6%	19,1%	17,0%	19,6%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Si usa, tipo de energía				
	Montevideo	Interior Urbano	Rural	Todo el país
Electricidad	26,7%	12,7%	5,3%	18,1%
Leña	19,5%	69,0%	88,3%	49,5%
Gas por cañería	2,6%	0,3%	0,1%	1,2%
Supergás	43,2%	15,1%	5,0%	26,2%
Querosene	3,7%	2,6%	1,2%	3,0%
Gas oil o fuel-oil	4,2%	0,3%	0,0%	1,9%
Otro	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Fuente: Encuesta Nacional de Hogares Ampliada, Primer trimestre de 2006				

*Tabla 1: Tipo de energía y medio que usan los hogares para calefacción según zona geográfica.*

En dicha tabla se observa que en el medio rural para la calefacción de ambientes un 78.4% de hogares utiliza la estufa a leña. Lo que permite determinar que la calefacción no tendrá un gran porcentaje de consumo eléctrico, sino que será la refrigeración la que muestre el mayor consumo de energía eléctrica.

En el libro “A fundamental look at energy reserves for the planet” se plantea que la energía solar disponible supera aproximadamente 1000 veces el consumo anual de todo el planeta, por consiguiente, la energía solar disponible permitiría abastecer a toda la población mundial. Cualquier sistema de aprovechamiento de las fuentes renovables de energía lleva a una reducción del consumo eléctrico y del impacto ambiental. Por lo tanto, los sistemas pasivos minimizan la demanda del recurso de energía eléctrica para la calefacción/refrigeración de una habitación mediante un sistema de aprovechamiento de energía solar. Por consiguiente, es necesario analizar las condiciones de la vivienda para emplear sistemas pasivos de calefacción o refrigeración siempre y cuando sea viable.



En el año 2000 la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE) realizó un estudio en viviendas evaluando el confort térmico de las mismas y se demostró que usando materiales constructivos apropiados al sitio, puede significar un 20% de ahorro de energía.

La Facultad de Ciencias de la Universidad de la República en 2011 realizó un estudio centrado en la Evaluación Ambiental Estratégica de los edificios. Aseguran que en la realidad las edificaciones estudiadas presentan temperaturas por debajo del rango de confort en un porcentaje alto de horas en el período frío, por tanto, los usuarios requieren de un gasto extra de energía para la calefacción.

También expresan que la adopción de diseños amigables con el ambiente se convierte en una estrategia fundamental para el aumento de la calidad de vida de los usuarios.

Cabe destacar por último y no menos importante el estudio realizado por el Arq. José Miguel Aroztegui (no publicado) en el año 1996. Este informe se toma como insumo para este trabajo ya que en él se realiza un estudio térmico en las dos estaciones más rigurosas del año en viviendas de MEVIR.

En el conjunto de viviendas construidas por MEVIR y el MVOTMA en la localidad de San Luis al Medio, Departamento de Rocha 6 de ellas fueron construidas de acuerdo a un proyecto proporcionado por ASTER que incorpora criterios de diseño bioclimático. ASTER solicita a la Facultad de Arquitectura el monitoreo de las temperaturas comparando dos viviendas de cada tipo (2 viviendas construidas por MEVIR y 2 por ASTER) analizando que sucede bajo las inclemencias climáticas del verano y del invierno.

En la descripción de las viviendas el autor relata que las dimensiones de ventanas de las viviendas ASTER son un 40% mayor que en las casas de MEVIR. La tecnología de las aberturas es igual, en ambos casos de baja calidad. Los techos difieren uno de otro, los de

las casas ASTER están construidos con doble cámara de aire entre dos placas de poliestireno expandido y cubierta de chapa galvanizada, por el contrario, en las casas de MEVIR es con una cámara de aire y una placa de 3 cm de poliestireno con cubierta de fibrocemento de 8mm de espesor.

El pavimento de los terrenos esta predominantemente sin cobertura vegetal y si no es por la obstrucción de las otras viviendas no reciben sombra ninguna. Esta situación es muy similar a la situación actual de la vivienda analizada en este trabajo.

En cada casa analizada se disponen tres termómetros de mercurio situados a 1.5 m del nivel de piso, de forma de obtener los registros de temperatura del aire. Para luego analizar en profundidad los resultados obtenidos. De dicha experiencia se obtuvieron recomendaciones generales para cada estación en particular (verano – invierno).

El informe de Aroztegui se toma como insumo, pero difiere en varias cuestiones. En este trabajo se realiza un estudio térmico más amplio de la vivienda de MEVIR no solo el estudio higrotérmico de la vivienda.

### **3. Fundamentación**

Éste estudio propone analizar el comportamiento térmico de la vivienda tipo 3 de MEVIR.

¿Por qué se elige una vivienda de MEVIR? Porque es una solución habitacional promovida por el Estado, en su cometido esta proporcionar viviendas dignas para personas de bajos recursos, que viven y/o trabajan en el medio rural y a la vez sus tipologías se han repetido numerosas veces a lo largo de los años en todo el territorio del país. Se les proporciona a los beneficiarios viviendas construidas en el sistema tradicional: paredes de mampostería y hormigón, pero con mucho a mejorar en aspectos termo-energéticos.

La intervención de MEVIR centrada en la sustitución de viviendas insalubres, ha sido predominantemente urbanizadora en el suelo rural. Así pues, la contemplación de nuestro paisaje da cuenta de esta afirmación. A la fecha de hoy se ha inaugurado un total de 30.380 unidades constructivas. La materialización de las viviendas es realizada en calidad de ayuda mutua, lo cual indica que la obra se lleva a cabo mediante la participación de las familias beneficiarias (requisito indispensable para la participación de los programas de MEVIR) un capataz, 2 oficiales y peones. En la actualidad son 650 personas en todo el país que trabajan como obreros en los diferentes programas.

El interés de esta investigación radica en que, por lo general, en el medio rural las viviendas son económicas ya que mayoritariamente se caracterizan por estar destinadas a familias de bajos recursos económicos, que no tienen la posibilidad de acondicionar térmicamente sus hogares, al tener ingresos limitados, sumándole la falta de asesoramiento técnico. Por lo tanto, como el Estado a través de MEVIR realiza una importante inversión monetaria en viviendas rurales es considerable estudiar en qué condiciones se entrega la misma a los beneficiarios.

En consecuencia, este estudio apunta a analizar que confort térmico ofrece a los beneficiarios y en caso de no cumplir con ciertos parámetros que mejoras se pueden realizar.

#### **4. Planteo del problema de investigación**

¿Cómo es el comportamiento higrotérmico y energético de una vivienda unifamiliar tipo 3 del programa de MEVIR?

¿Esta vivienda alcanza los niveles de confort requeridos por los usuarios?

¿Es posible mediante la introducción de pequeñas mejoras en el diseño y en la envolvente constructiva, mejorar el desempeño termoenergético de esta vivienda?

Este estudio se centra en la evaluación higrotérmica teniendo como objetivo principal el estudio del prototipo de vivienda que ofrece MEVIR, desde sus aspectos térmicos, tomando como punto de partida el proyecto arquitectónico en un contexto espacial específico, condiciones ambientales propias del sitio y el confort de los usuarios.

## **Capítulo 2 Marco Teórico**

La República Oriental del Uruguay promulgó la ley N° 18.597 USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN EL TERRITORIO NACIONAL “que establece el marco institucional y jurídico para la implementación y profundización de múltiples líneas de trabajo en eficiencia energética (EE), así como los mecanismos financieros adecuados para la promoción del uso eficiente de la energía en el país. Entre otras cosas, la Ley decreta el Plan Nacional de Eficiencia Energética”

La ley define uso eficiente de la energía como “[...] todos los cambios que resulten en una disminución económicamente conveniente de la cantidad de energía necesaria para producir una unidad de producto o para satisfacer los requerimientos energéticos de los servicios que requieren las personas, asegurando un igual o superior nivel de calidad y una disminución de los impactos ambientales negativos cuyo alcance abarca la generación, transmisión, distribución y consumo de energía. Así mismo se comprende dentro del concepto de uso eficiente de energía la sustitución en el uso final por parte de los usuarios de energía de las fuentes energéticas tradicionales, por fuentes de energía renovables no convencionales que permitan la diversificación de la matriz energética y la reducción de emisiones de gases contaminantes.”

Y por otro lado el Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (UNIT) publicó la norma 1026:99 “AISLAMIENTO TERMICO DE LOS EDIFICIOS – ZONIFICACION CLIMATICA”. La cual tiene como objetivo establecer la zonificación del territorio

uruguayo conforme a un criterio climático, indicando recomendaciones generales sobre el diseño para cada zona.

La presente norma toma como referencias normativas a la norma UNIT – ISO 7345:97 Aislamiento térmico. Magnitudes físicas y definiciones; IRAM 11603:96 Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación medioambiental de la argentina y UNIT 959:94 Ventanas. Criterios de clasificación. Comportamiento frente a la permeabilidad al aire, estanquidad al agua y resistencia al viento.

La zonificación climática se define en un mapa que presenta la norma. La clasificación de cada zona se realizó teniendo en cuenta los índices de confort de la temperatura efectiva corregida (TEC) correlacionada con el viento medio predecible (VMP) y el índice de Beldin y Hatch (IBH) los cuales son desarrollados para zonas cálidas.

En el presente trabajo se analizan algunos conceptos que se relacionan con la vivienda. El eje vertebral de este trabajo está puesto en el análisis de esta, en su comportamiento termo-energético y su calidad ambiental, por lo tanto, será necesario plantear algunos parámetros que servirán de ejes conceptuales en los que se apoya este estudio.

Para empezar, entendemos:

La vivienda es un techo, un bien, es un derecho humano y una necesidad básica. Está considerada como un derecho consagrado en la Constitución y también está recogida en una serie de normas jurídica. El Ordenamiento Jurídico Uruguayo reconoce a la vivienda como un derecho necesario y lo regula. La constitución expresa en su contenido que la vivienda es un derecho humano básico, por lo que puede decirse, que una vivienda insalubre amenaza la calidad de vida de los usufructuarios y viola uno de los principios orgánicos fundamentales.

El concepto de vivienda se ha ido modificando, además de atender las cuestiones nombradas anteriormente debe ser una vivienda digna; digna en calidad humana. Según la real academia española la vivienda es “Lugar cerrado y cubierto construido para ser habitado por personas.”

La vivienda depende mucho de las expectativas socioeconómicas de la familia, del contexto o entorno en el que se implanta, que llamamos el hábitat. Estos dos, hábitat y vivienda deben actuar en relación para que todas las condiciones sean factibles para que los derechos de las personas tengan la posibilidad de prosperar. Quiere decir que con una vivienda digna los derechos de educación, salud, seguridad, etc. Progresan.

Por ende, se introduce el concepto de hábitat. Según Enrique Leff en su libro SABER AMBIENTAL Sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder “El hábitat es soporte físico y trama ecológica; pero también es referente de simbolizaciones y significaciones que configuran identidades culturales y estilos étnicos diversos.”

“El hábitat es soporte y condición.” Por consiguiente, se desprende la relación que existe entre hábitat y habitar.

“El hábitat, soporte de la vida, lugar donde se asienta el verbo habitar, es el espacio donde se desarrollan las actividades productivas, culturales, estéticas y afectivas del hombre. Es el medio (milieu) donde los seres vivos evolucionan y complejizan su existir, donde el organismo social despliega sus potencialidades, el espacio donde define su territorialidad.” “[...] el hábitat como soporte ecológico y el habitar como forma de inscripción de la cultura en el espacio geográfico”

De esta relación compleja entre el hábitat y el habitar nace el concepto de ambiente. “El ambiente articula así un conjunto de procesos ecológicos, productivos y culturales, para reconstruir el hábitat como transformación compleja de las relaciones sociedad-naturaleza.” De este vínculo se desprende el concepto de territorio ya que para

Horacio Bozzano el territorio es una construcción social-natural. Es el espacio terrestre socialmente construido, en el sentido más amplio es un híbrido entre naturaleza y sociedad.

“Es un lugar de variada escala –micro, meso, macro- donde actores –públicos, privados, ciudadanos, otros- ponen en marcha procesos complejos de interacción – complementaria, contradictoria, conflictiva, cooperativa- entre sistemas de acciones y sistemas de objetos.

El territorio se redefine siempre.” (Bozzano, H.,2009)

Calidad ambiental: Es el grado del estado actual del medio ambiente. Es el conjunto de características que califican al estado. Este grado no se puede cuantificar; solo se lo calificar con fundamentos, a través de un juicio de valor. Si su desempeño es adecuado facilita a condiciones buenas de vida.

Otro factor importante en la propuesta será el análisis de la calidad que brindan las viviendas. Está comprobado que espacios que tengan luz natural directa son mejores que espacios que disponen de luz artificial. La ventilación natural, de igual manera, siempre va a ser más confortable para el usuario que la ventilación mecánica. Por lo tanto, en el proyecto se van a focalizar componentes como son la ventilación, iluminación, refrigeración, la envolvente, las fuentes renovables de energía y demás, ya que los mismos van a brindar mediante su monitoreo o comparación conclusiones y datos concretos sobre la edificación.

La ventilación e iluminación:

La ventilación y la iluminación van a proporcionar un ahorro de energía cuando en la vivienda se realice un buen uso de la iluminación natural y una correcta renovación de aire interior, reduciendo o eliminando el uso de iluminación y acondicionamientos artificiales.

La envolvente:

Punto importante por atender en la edificación, ya que el rendimiento de la vivienda depende de la misma. En este trabajo se analiza si cumple con ciertos requisitos como: aislación contra el viento, la humedad y la lluvia, que permita el pasaje de la luz y del aire, que conserve el calor, intimidad y seguridad, captar y almacenar calor en su estructura y mejore el equilibrio entre pérdidas y ganancias.

### **Capítulo 3 Objetivos**

#### **1. General**

- 1) Realizar un estudio del comportamiento higrotermo de la vivienda tipo 3 de MEVIR en Piedras Coloradas, Paysandú.

#### **2. Específicos**

- 1) Evaluar aspectos de diseño de la vivienda, la envolvente y la implantación de la misma.
- 2) Estudiar el comportamiento real de la vivienda a través del monitoreo de la temperatura y humedad.
- 3) Analizar el desempeño de la vivienda y proponer mejoras a través de la simulación energética.
- 4) Identificar otras acciones que MEVIR realice en el aprovechamiento de los recursos y la calidad ambiental en el espacio intervenido.



## Capítulo 4 Metodología de la investigación

Este estudio se realizó en un complejo de viviendas de MEVIR ubicado en el municipio de Piedras Coloradas, localidad situada al Suroeste del departamento de Paysandú, sobre la ruta 90 en su km 48 y medio.

Como muestra se toma a la vivienda tipo 3 de MEVIR ubicada en el complejo de viviendas nombrado anteriormente. Los métodos empíricos utilizados para desarrollar el conocimiento de los hechos fueron la observación, la medición, la experimentación, la encuesta y entrevistas grupales.

En primera instancia se evaluó la implantación de la vivienda, ya que la misma determina las características ambientales específicas del lugar en el que se halla. La relación objeto-entorno determina la calidad de la vivienda.

En segunda instancia se realizó el monitoreo de temperatura y humedad con equipos especializados (sensores de temperatura y humedad superficial - Extech RHT 10) en cocina-comedor, Dormitorio 1 y Dormitorio 2 con el fin de obtener datos concretos e identificar si en los lugares medidos se logra alcanzar el rango de confort establecido.



*Imagen 2: Termo higrómetro Extech RHT 10*

En tercer lugar, se analizó el comportamiento real de la vivienda mediante la metodología de Temperatura Interior Media (TIM), estudio de condensaciones a través del programa Hterm y proyecciones estereográficas con un software especializado HELIODON.

Posteriormente, se encuestó a los propietarios de las viviendas, ya que éstos son los que construyen y habitan el hogar, y es de suma importancia para el análisis la opinión y vivencia de los involucrados.

Por último, se estudió cómo se comporta la vivienda a través de la simulación energética empleando el software Desing Builder, que nos proporciona datos concretos de horas de confort y discomfort de la vivienda, pérdidas y ganancias de energía que se producen por los cerramientos, ganancias solares y gasto energético.

### 1. Descripción general de la vivienda y de los cerramientos

La vivienda está situada en el municipio de Piedras Coloradas en Paysandú, Uruguay. Latitud: 32°32'S y longitud: 57°37'O. El departamento de Paysandú posee un clima templado, las temperaturas exteriores son muy variables a lo largo del año, con una temperatura media anual de 18°C.

Los datos meteorológicos utilizados corresponden a la estación meteorológica de la ciudad de Paysandú.

Paysandú - Enero Inumet	Tx (°C)	txm(°C)	tmed(°C)	tnm(°C)	tn(°C)	HR (%)	Vel (m/s)
	41.5	31.5	24.8	18.3	8	65	3.5

*Tabla 2: Datos climáticos para un mes representativo del periodo caluroso – INUMET*

Paysandú - Julio Inumet	Tx (°C)	Txm (°C)	Tmed (°C)	Tnm (°C)	tn (°C)	HR (%)	Vel (m/s)
	30.6	16.9	11.8	7.1	-4	79	3.1

*Tabla 3: Datos climáticos para un mes representativo del periodo frío– INUMET*

Referencias:

Tx: temperatura máxima absoluta

Txm: temperatura máxima media

Tmed: temperatura media

Tnm: temperatura mínima media

tn: temperatura mínima absoluta

HR (%): Humedad relativa

Vel: velocidad del viento

La Norma UNIT<sup>2</sup> 1026:99 establece la zonificación del territorio de Uruguay de acuerdo con un criterio climático, indicando recomendaciones generales de diseño para cada zona. Basándonos en esta, la localidad donde se encuentra ubicada la vivienda pertenece a la Zona II b cálida. El verano es la estación más crítica del año en esta zona, con valores de temperaturas máximas superiores a los 30°C y temperaturas medias superiores a los 24°C. Las amplitudes térmicas más elevadas se dan en esta época con valores que no superan los 16°C. El invierno presenta temperaturas medias que varían entre los 8 y 12 °C.

En cuanto a la precipitación media mensual, varía en invierno alrededor de los 71 mm y en verano próximo a los 116 mm. Con vientos predominantes en invierno del NE alcanzando unos 17 Km/h y en verano del E también alcanzando 17 Km/h.

Localización:



*Imagen 3: Ubicación del Municipio Piedras Coloradas.*

<sup>2</sup> Instituto uruguayo de normas técnicas





*Imagen 4: Conjunto de viviendas de MEVIR.*



*Imagen 5: Localización de la vivienda a estudiar.*

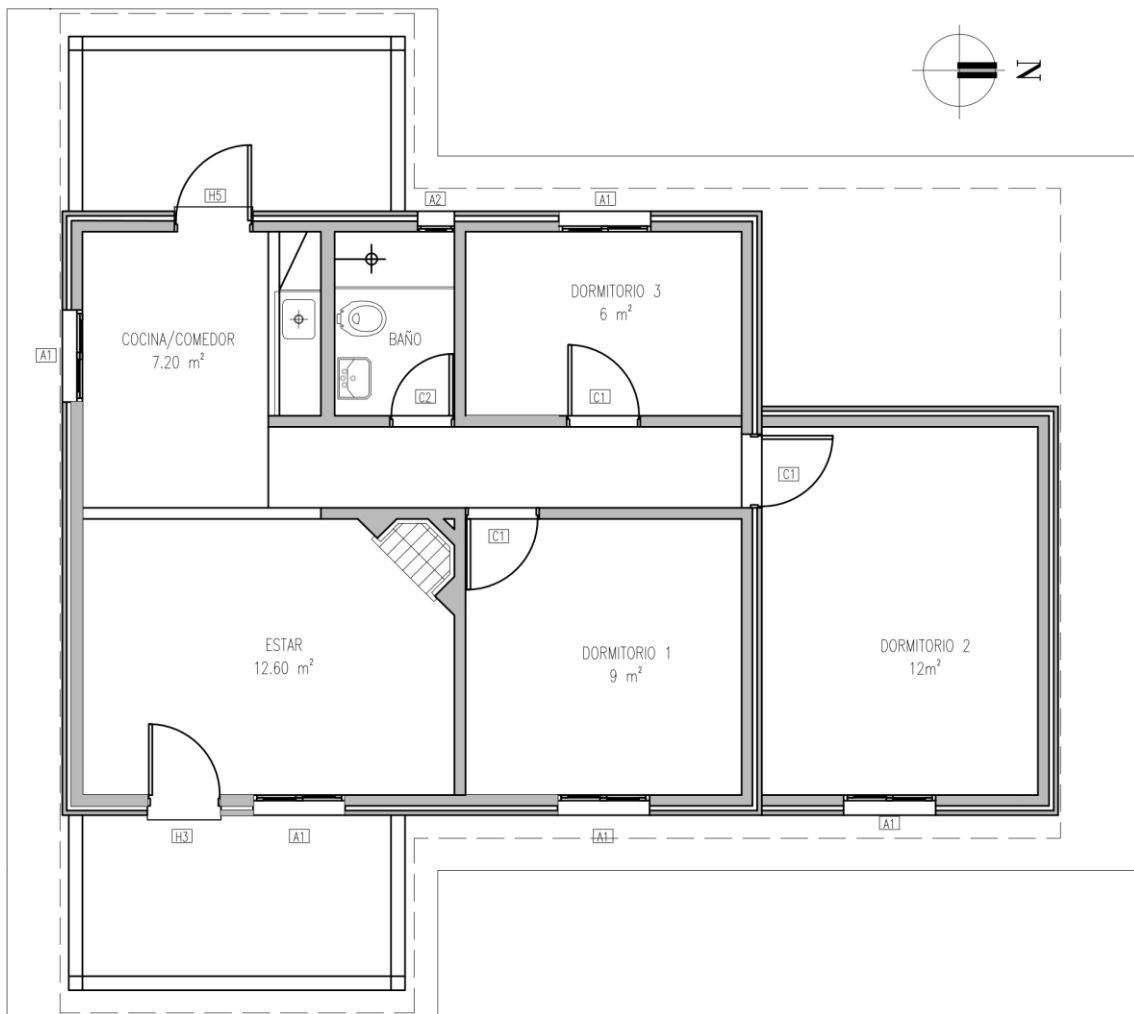
La vivienda está compuesta por 3 dormitorios, cocina – comedor, estar y baño. Con un total de 64 m<sup>2</sup> y fue construida en el año 2012. Posee una galería abierta, con frente a la calle que se usa como acceso y fachada principal al Este. También cuenta con un amplio fondo hacia el Oeste.

La vivienda es unifamiliar, económica y de diseño funcional. La circulación dentro de la misma se produce a través de un pasillo conector, donde las habitaciones derivan a este. El pasillo cumple la función de nuclear todos los servicios.

Es importante aclarar que las tipologías de vivienda que elabora MEVIR no traen indicaciones de orientación, ya que la misma dependerá del terreno y caminería establecida previamente en el lugar. Las viviendas de MEVIR se implantan de manera de conformar un conjunto con un criterio más bien de ocupación del espacio y no de diseño pasivo. A la hora de implantar la vivienda se toma como punto de partida que el hall de entrada se oriente hacia el norte, pero a veces por razones como pueden ser la topografía del terreno no sucede, como es el caso de esta vivienda que su hall de acceso está orientado al Este.



*Imagen 6: Vivienda tipo 3 de MEVIR.*



*Figura 1: Planta general de la vivienda*

La figura muestra el prototipo de vivienda de 2 Dormitorios que elabora MEVIR mas la ampliación de un dormitorio.





*Imagen 7: Aplacado de muros*



*Imagen 8: Conformación de muros perimetrales.*

Los cerramientos verticales opacos exteriores son muros de 23 cm de espesor. Conformados por la capa interior del muro de ladrillo de campo de 12cm bolseado en su cara interna, luego es impermeabilizado con un mortero hidrofugado y emulsión asfáltica posteriormente. Cuenta con una cámara de aire de 3 a 4cm y la capa exterior es de ladrillo de campo colocado en forma de espejo con junta enrasada. Las terminaciones interiores y exteriores son de revoque liso pintado de color blanco.



*Imagen 9: Muros interiores*

En cocina y baño los muros están revestidos con cerámicos de 20x20cm. El cerramiento inferior está formado por un contrapiso de 10cm de hormigón de cascote armado con malla electrosoldada y como terminación en el interior pisos de cerámica de 30x30cm y zócalo de madera.

La cubierta está conformada por chapa galvanizada calibre 24 Econopanel, una cámara de aire no ventilada, estructura de tirantes de madera laminada de 2"x 4" y clavadores de 2"x 2", lana de vidrio con papel Kraft de 38mm orientada hacia arriba que oficia de aislación térmica y cielorraso de 11mm de pino.



*Imagen 10: Cielorraso de la vivienda tipo 3 de MEVIR.*



*Imagen 11: Imagen panorámica de la vivienda que demuestra que no tiene cámara ventilada.*



Las aberturas interiores son de madera y las exteriores de aluminio anodizado natural serie 20.



*Imagen 12: Aberturas exteriores de la vivienda.*

En cuanto a la iluminación que recibe la vivienda, cada dormitorio tiene una ventana de 1.20 x 1.20m, al igual que el estar. La cocina-comedor a diferencia de las otras habitaciones tiene dos ventanas de 0.80 x 1.20m y una puerta de 0.80 x 2.0m que da al exterior de la vivienda (patio). El baño tiene una banderola de 0.40 x 0.80m.

Respecto a la disposición de las aguas servidas, MEVIR elabora un plan de saneamiento acorde a cada conjunto habitacional tratando de prevenir la degradación del ambiente tomando decisiones premeditadas como por ejemplo la localización y la vegetación del entorno de la laguna de decantación.

El sistema de disposición de los residuos sólidos en Piedras Coloradas es del tipo red de efluentes decantados. Básicamente el funcionamiento cuenta con una fosa séptica por lote de vivienda y luego unas piscinas. Estas mismas se ubican en un predio de MEVIR alejado de las viviendas, tiene una localización específica al norte ya que los vientos predominantes son del sur y del este para que los olores no avancen al predio donde están alojada las viviendas.

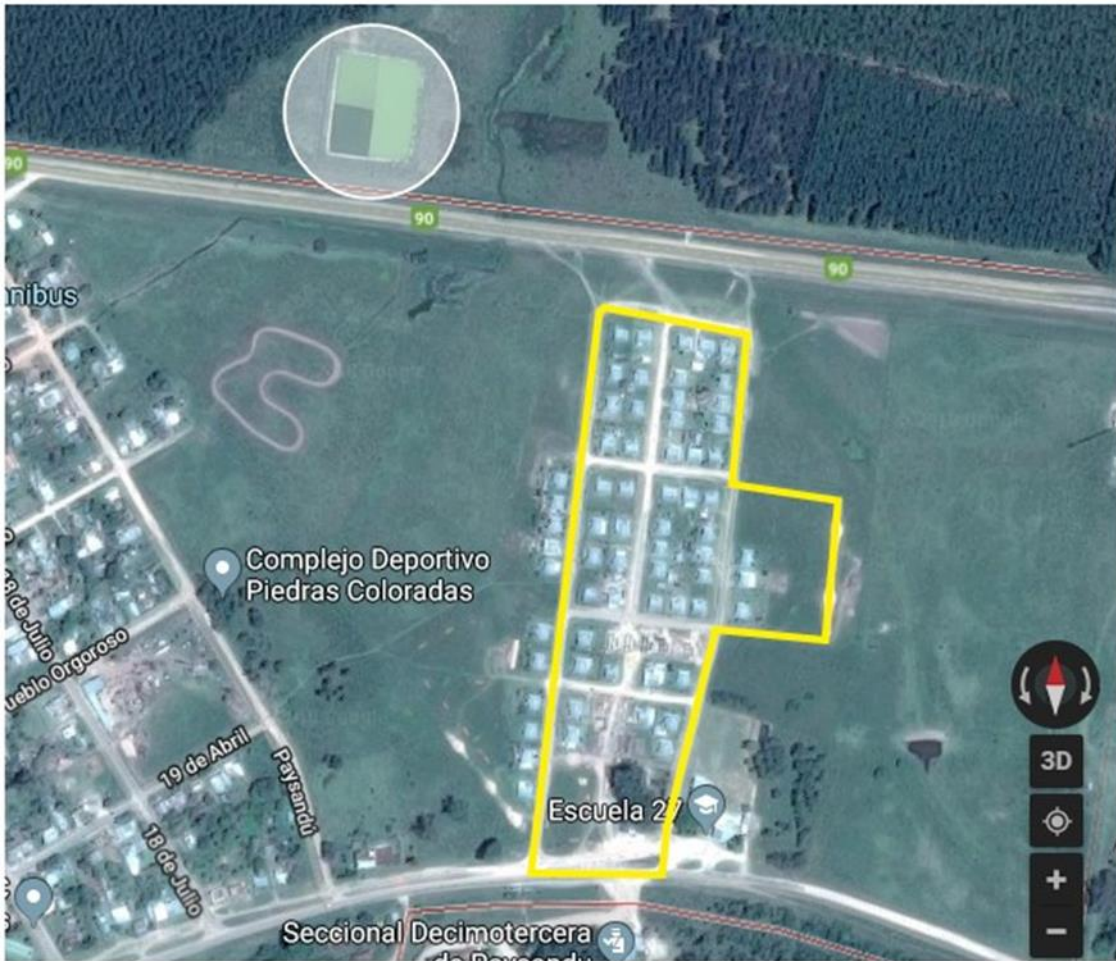


Figura 2: localización del sistema de saneamiento

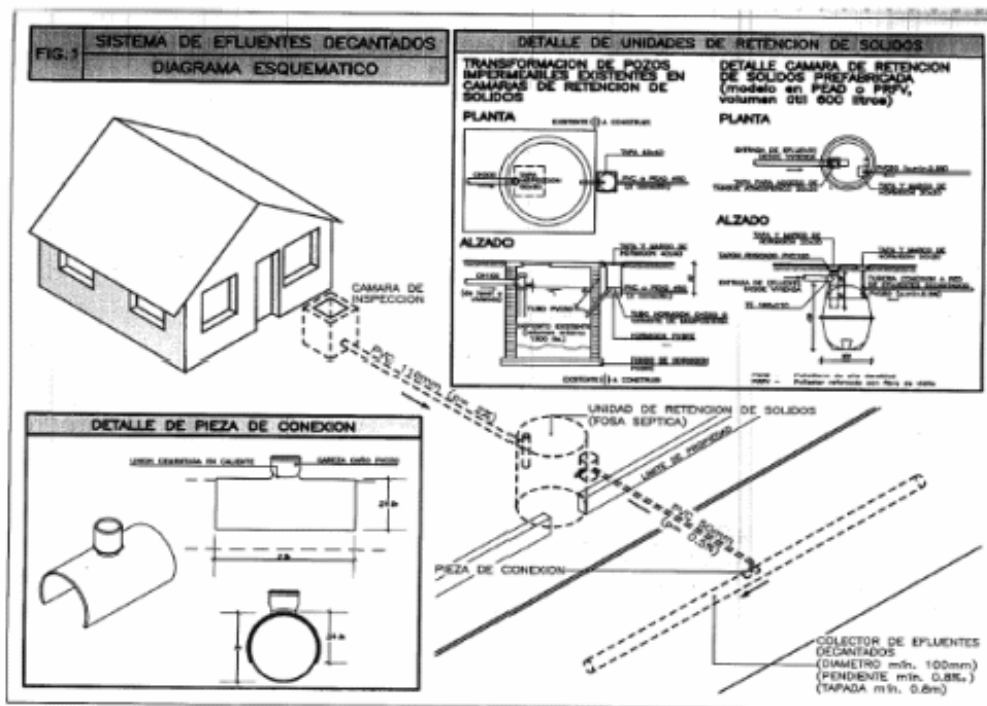


Figura 3: diagrama esquemático del sistema de saneamiento

En la figura anteriormente exhibida se describe el funcionamiento esquemático del sistema de saneamiento.

Partiendo de la vivienda la cañería correspondiente conduce los efluentes a una cámara de inspección para luego entrar en una unidad de retención de sólidos (fosa séptica), posteriormente otra cámara de inspección y finalmente la conexión a colector de efluentes decantados.

## **2. Características térmicas de los cerramientos**

Análisis de amortiguación ( $\mu$ ) y retardo térmico ( $\varphi$ ) de los cerramientos.

Otro parámetro por estudiar es la amortiguación que poseen los cerramientos. Es una característica de estos y se define como la propiedad que tiene el cerramiento de disminuir la amplitud de las variaciones térmicas. La función del cerramiento es moderar los intercambios de energía entre el interior y el exterior. Por lo tanto, cuanto mayor sea la amortiguación del cerramiento menor serán las variaciones de energía en el interior. También se estudiará el retardo térmico que se denomina como tiempo en que una variación térmica en una cara del cerramiento demora en manifestarse en la otra cara del mismo.

En las figuras expuestas a continuación se muestran el retardo y amortiguación del cerramiento horizontal y vertical de la vivienda a estudiar.

<b>Muro</b>	Valor Teórico	Hterm
Retardo térmico (hs.)	7	8.47
Amortiguación	0.08	0.078
<b>Techo</b>	Valor Teórico	Hterm
Retardo térmico (hs.)	1.0	1.16
Amortiguación	0.09	0.08

*Tabla 4: Comparación del retardo térmico y amortiguación del techo y muro (valor teórico y Hterm).*

En la tabla anterior se realiza una comparación entre los valores de amortiguación y retardo térmico que se registraron con la aplicación del software Hterm y el valor hallado teóricamente que se muestra a continuación en las figuras.



# Coeficiente de Amortiguación Muro

## REGIMEN VARIABLE - COEFICIENTE DE AMORTIGUACIÓN

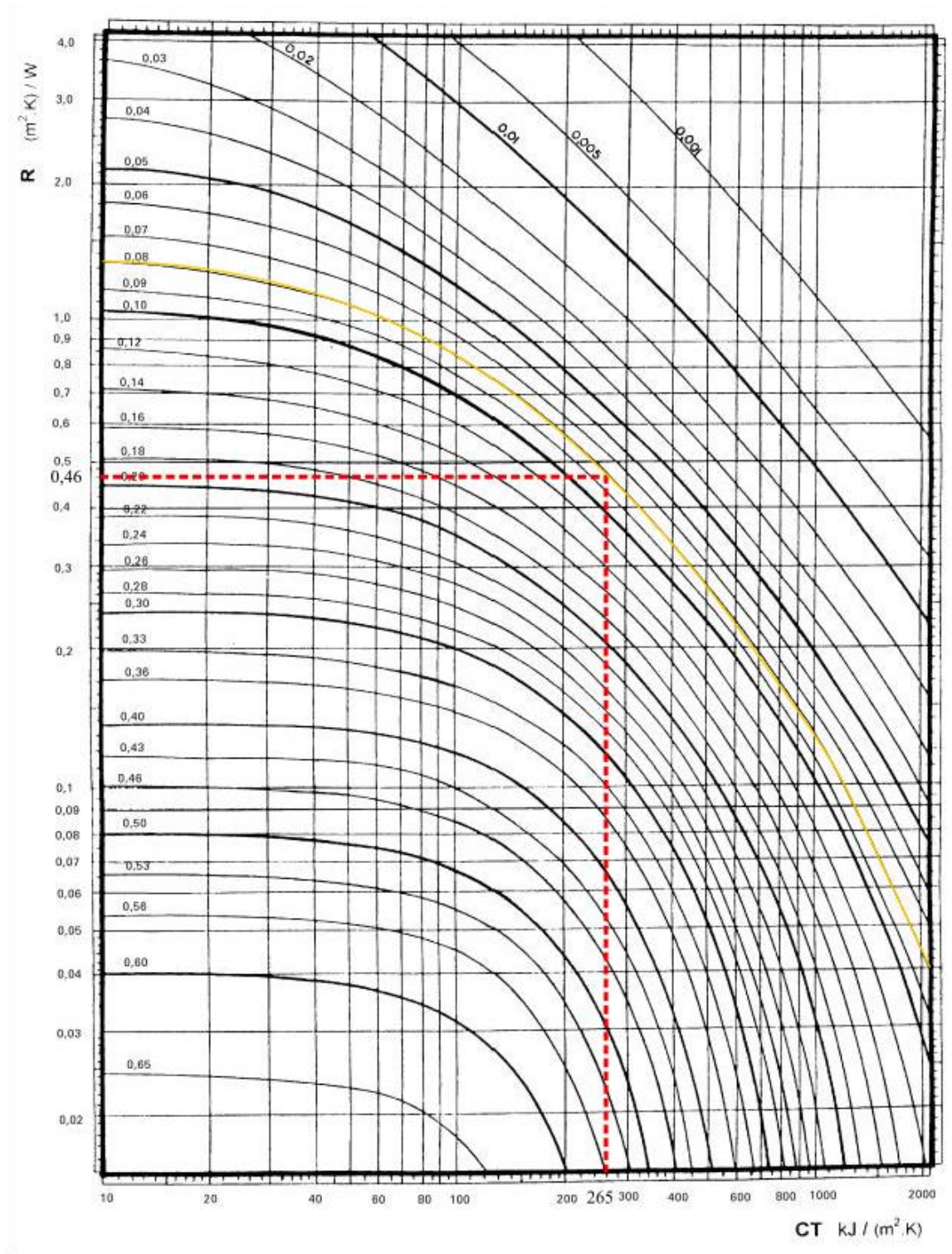


Figura 4: coeficiente de amortiguación del muro

## Coeficiente de Amortiguación Techo

### REGIMEN VARIABLE - COEFICIENTE DE AMORTIGUACIÓN

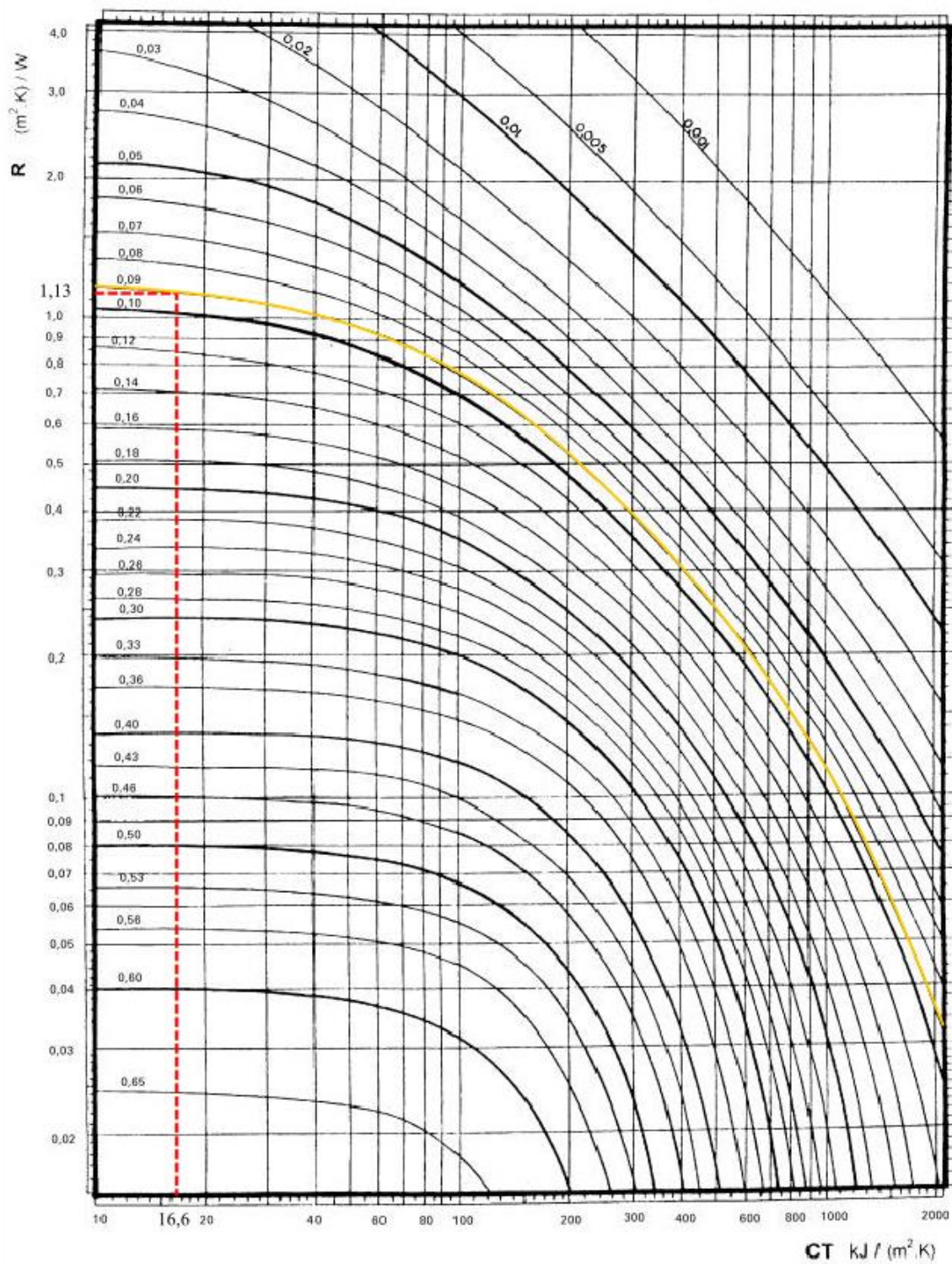
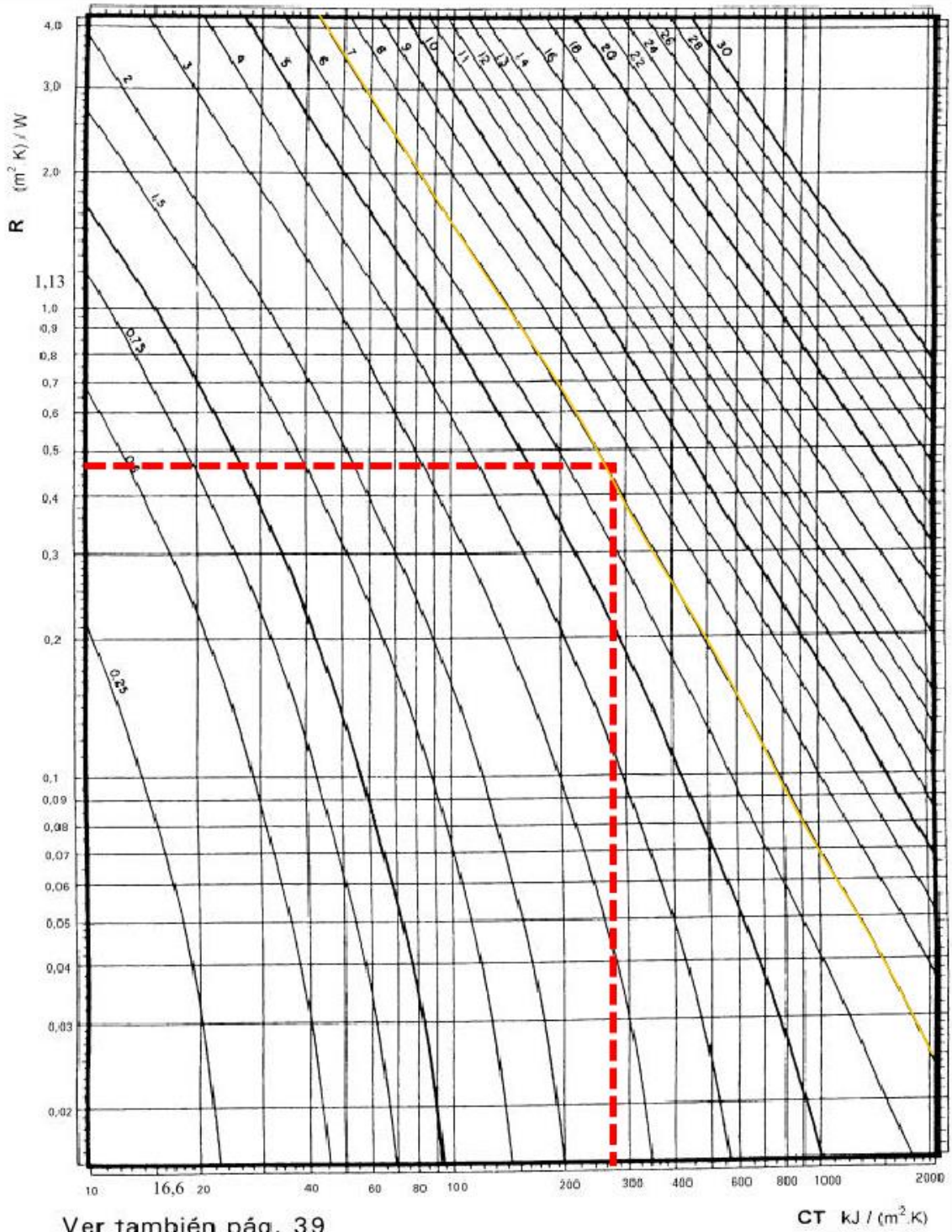


Figura 5: coeficiente de amortiguación del techo



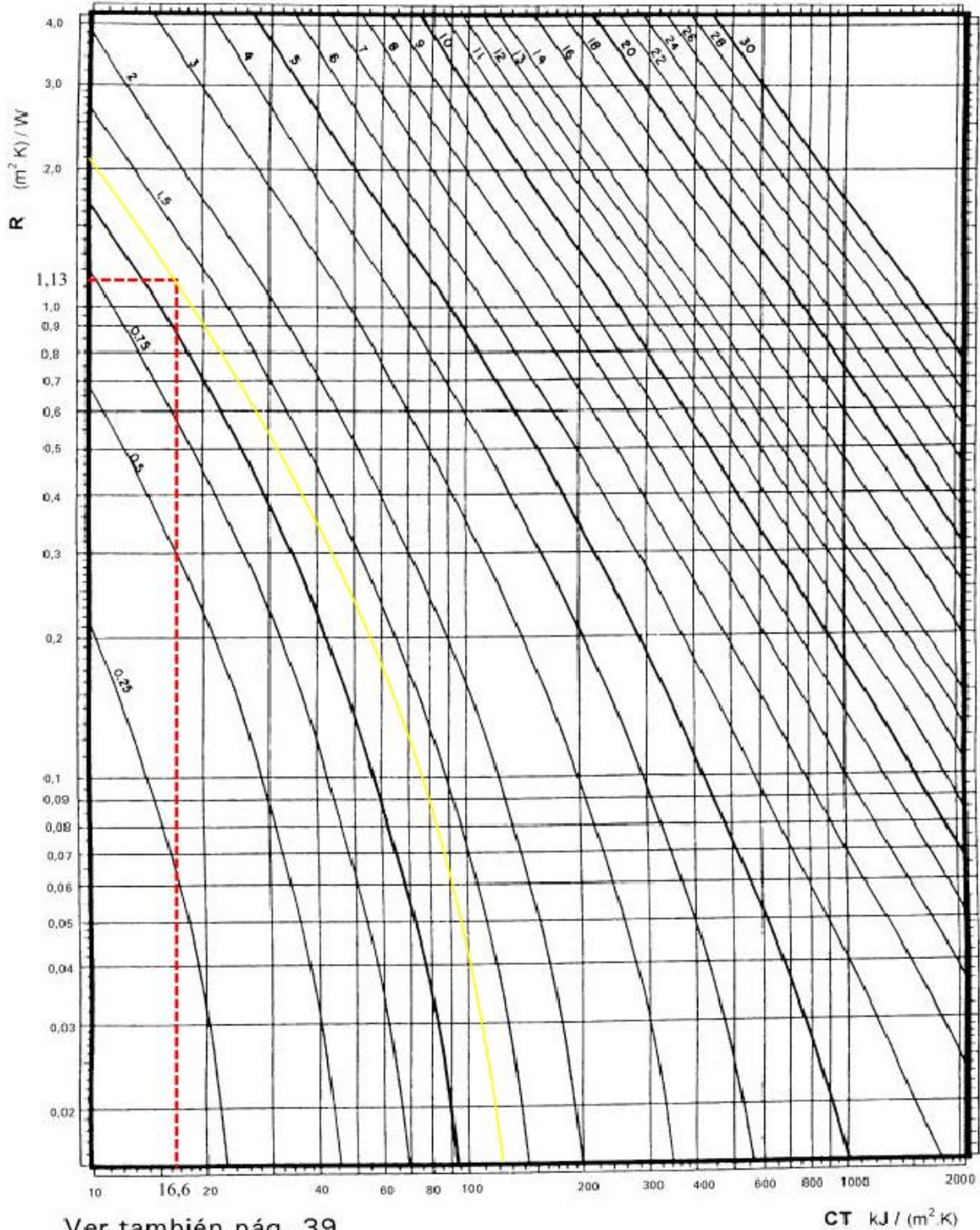
**REGIMEN VARIABLE - RETARDO TÉRMICO  $\phi$  (horas)**



Ver también pág. 39

Figura 6: Retardo térmico en horas del muro

**REGIMEN VARIABLE - RETARDO TÉRMICO  $\phi$  (horas)**



Ver también pág. 39

$CT \text{ kJ} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Figura 7: Retardo térmico en horas del techo



### Estudio de condensaciones de los cerramientos

La envolvente de la vivienda está conformada por cerramientos horizontales y verticales (el techo y los muros). De estos se va a analizar la transmitancia y si presentan condensaciones.

La condensación se describe como el proceso de cambio de fase a través del cual el vapor de agua presente en el aire en el interior de la vivienda se convierte en gotas de agua que se depositan sobre las superficies frías. Para que esto suceda la temperatura de las superficies debe estar por debajo de la temperatura de rocío, lo que puede darse por un deficiente aislamiento térmico, alto nivel de vapor de agua en el ambiente (alta humedad relativa) o muy bajas temperaturas exteriores. Este problema ocurre principalmente en invierno y con mayor frecuencia cuando la humedad relativa al interior de la vivienda es mayor.

Para analizar si los cerramientos principales presentan condensaciones se completa una serie de casillas con información de los componentes que conforman los muros y el techo en el software de simulación energética Desing Builder.

Al mismo tiempo se comparan estos valores con la planilla Hterm suministrada por el Departamento de Clima y Confort en Arquitectura (DECCA).

La normativa térmica de la Intendencia de Montevideo establece como límite de transmitancia térmica un valor para muros menor o igual a  $0.85 \text{ w/m}^2 \text{ K}$  y para techos livianos menor o igual a  $0.70 \text{ w/m}^2 \text{ K}$ .

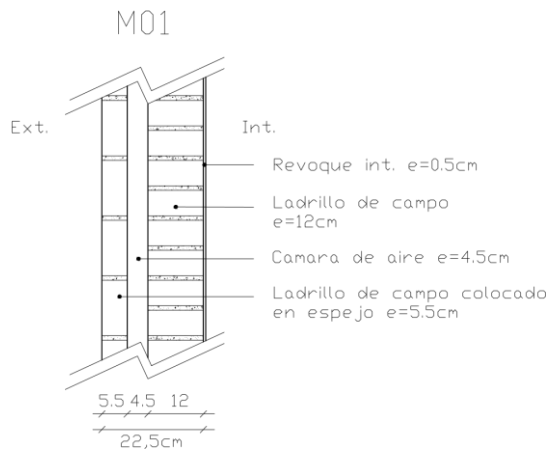


Imagen 13: Detalle constructivo muro

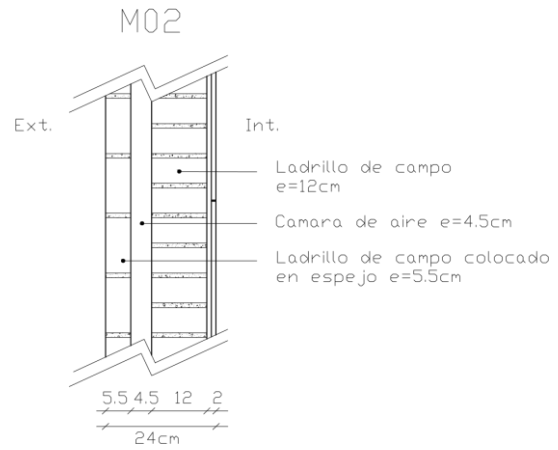


Imagen 14: Detalle constructivo muro

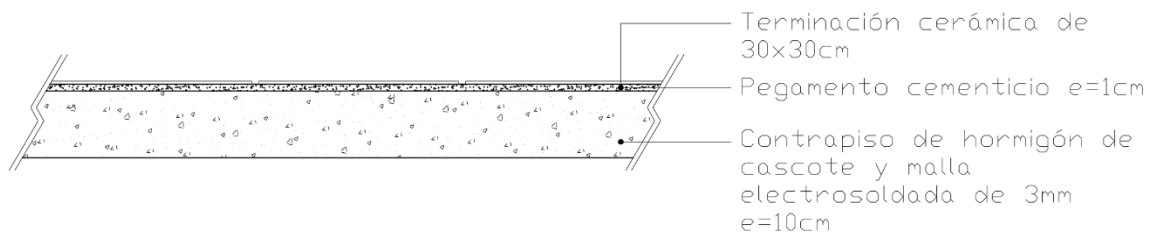


Imagen 15: Detalle constructivo piso



Imagen 16: Detalle constructivo techo

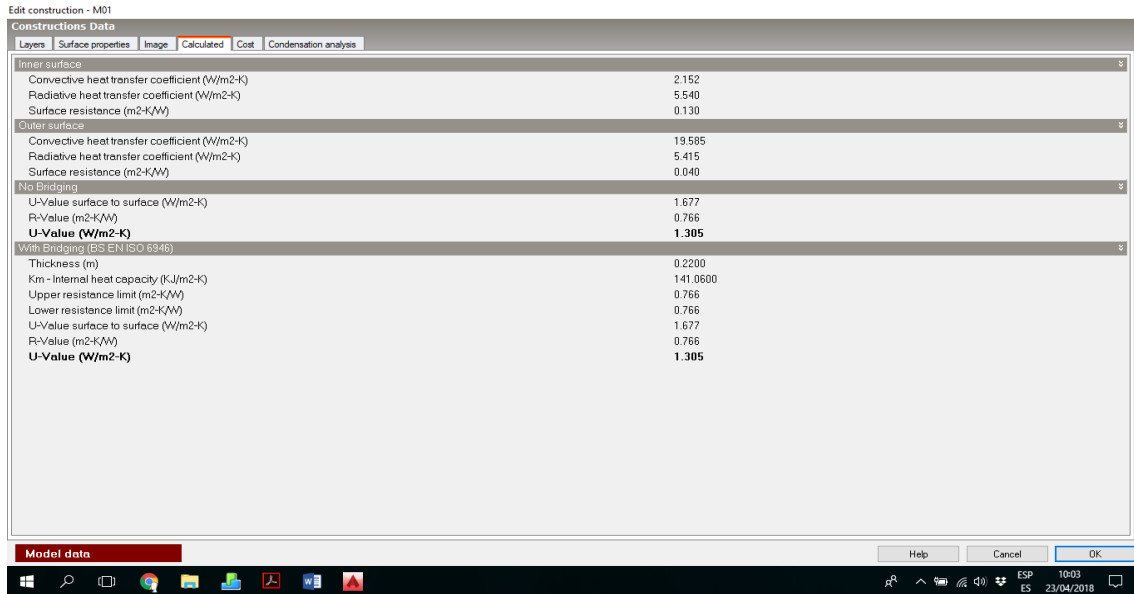


Imagen 17: Imagen extraída del programa Desing Builder que muestra la transmitancia del muro

$$U_{M01} = 1.30 \text{ w/m}^2 \text{ K} \leq 0.85 \text{ w/m}^2$$

Según la normativa vigente el cerramiento vertical excede los límites de transmitancia térmica.

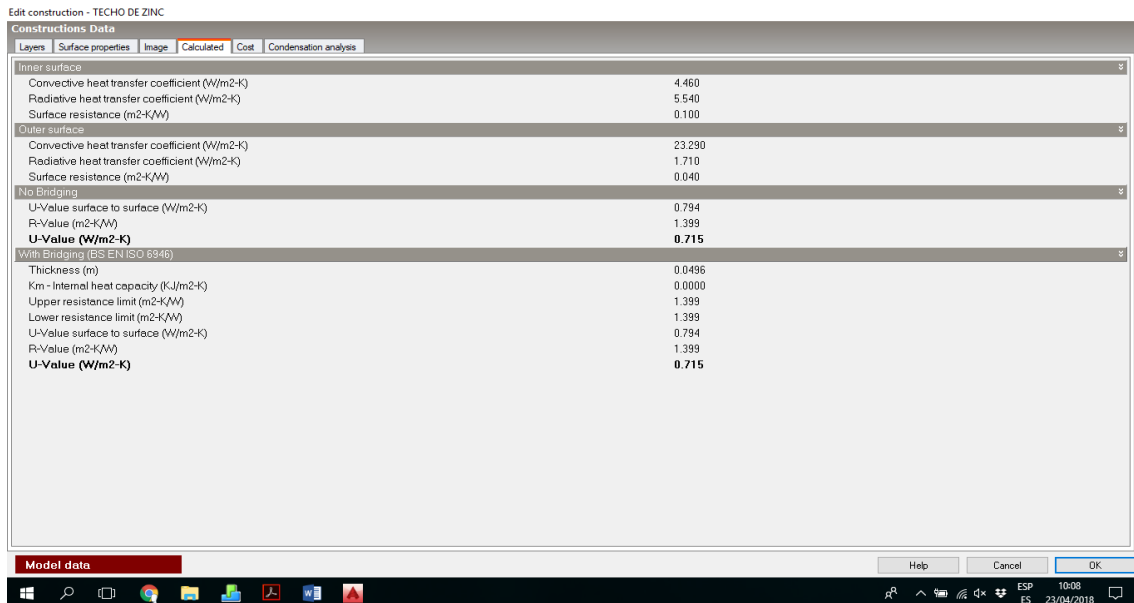


Imagen 18: Imagen extraída del programa Desing Builder que muestra la transmitancia del cerramiento superior

$$\boxed{U_{Csup} = 0.71 \text{ w/m}^2 \text{ K}} \leq 0.70 \text{ w/m}^2$$

En cuanto a la transmitancia del cerramiento superior es aceptable, está dentro de la normativa establecida que se nombró anteriormente.

A continuación, se presentan los valores de condensación y transmitancia extraídos del software Hterm.

# Reporte Hterm

## Características térmicas del cerramiento vertical

### Sección 1 : Datos Muro

e -> Espesor [mm]  
 ro -> Densidad [kg/m<sup>3</sup>]  
 M -> Masa [Kg/m<sup>2</sup>]  
 Lambda -> Conductividad térmica [W/(m.K)]  
 Cp -> Calor específico [kJ/m<sup>2</sup>.K]  
 R -> Resistencia térmica [m<sup>2</sup>.K/W]  
 CT -> Capacidad térmica media [kJ/(m<sup>2</sup>.K)]  
 delta -> Permeabilidad al vapor de agua [kg/m.s.Pa]  
 Z -> Resistencia al vapor de agua [m<sup>2</sup>.s.Pa/kg]  
 1/Z -> Permeancia al vapor de agua [kg/m<sup>2</sup>.s.Pa]  
 mu -> Factor de resistencia al vapor de agua  
 Sd -> Espesor de aire equivalente Sd [m]  
 OBS -> Observaciones:

BDO: Material proveniente de la base de datos original.

	e	ro	M	Lambda	Cp	R	CT	delta	Z	1/Z	mu	Sd	OBS
Revoque (densidad 1800)	10.0	1800.0	18.0	1.0	1000.0	1.00E-02	18.0	9.90E-12	1.01E+09	9.90E-10	20.0		BDO
Ladrillo de campo	120.0	1300.0	156.0	0.65	1000.0	0.18	156.0	1.98E-11	6.06E+09	1.65E-10	10.0		BDO
Cal y arena	10.0	1600.0	16.0	0.8	1000.0	1.25E-02	16.0	1.98E-11	5.05E+08	1.98E-09	10.0		BDO
Asfalto	5.0	2100.0	10.5	0.7	1000.0	7.14E-03	10.5	3.96E-15	1.26E+12	7.92E-13	5.00E+04		BDO
Cámara de aire no ventilada ..	30.0				1008.0	0.18			5.05E+07	1.98E-08		1.00E-02	
Ladrillo de campo	50.0	1300.0	65.0	0.65	1000.0	7.69E-02	65.0	1.98E-11	2.53E+09	3.96E-10	10.0		BDO

### Sección 2 : Condiciones base

te -> Temperatura Exterior [°C]  
 ti -> Temperatura Interior [°C]  
 Hre -> Humedad relativa exterior [%]  
 Hri -> Humedad relativa exterior [%]  
 Rse -> Resistencia superficial exterior [m<sup>2</sup>.K/W]  
 Rsi -> Resistencia superficial interior [m<sup>2</sup>.K/W]

te	ti	Hre	Hri	Rse	Rsi
4	18	85	80	0.04	0.25

Tipo de cerramiento: Cerramiento Vertical

Zona A

Fuera de Norma

# Reporte Hterm

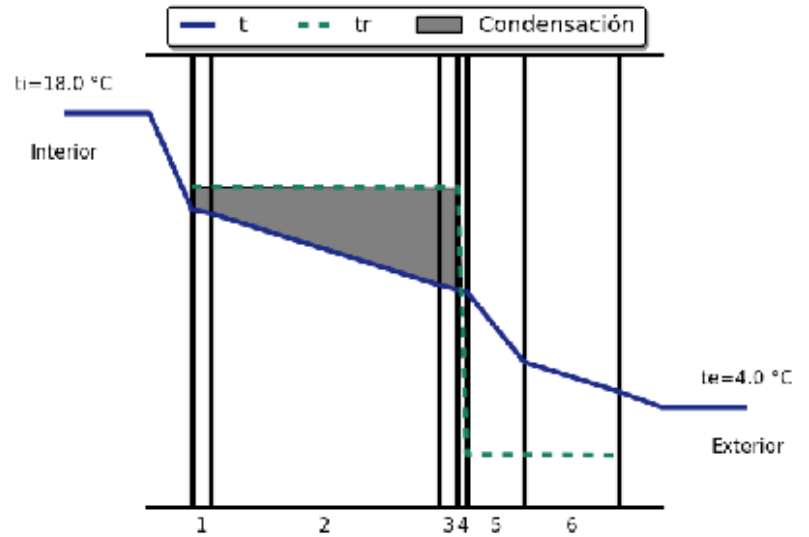
## Sección 3 : Gráfica Condensación

Plano	Temperatura [°C]	Temperatura rocío [°C]
In-1	13.4	14.5
1-2	13.22	14.49
2-3	9.82	14.45
3-4	9.59	14.45
4-5	9.46	1.75
5-6	6.15	1.75
6-Ex	4.74	1.71

Transmitancia Térmica: 1.56 W/m²K @ Rsi=0.13 m².K/W

Masa: 265.5 Kg/m²

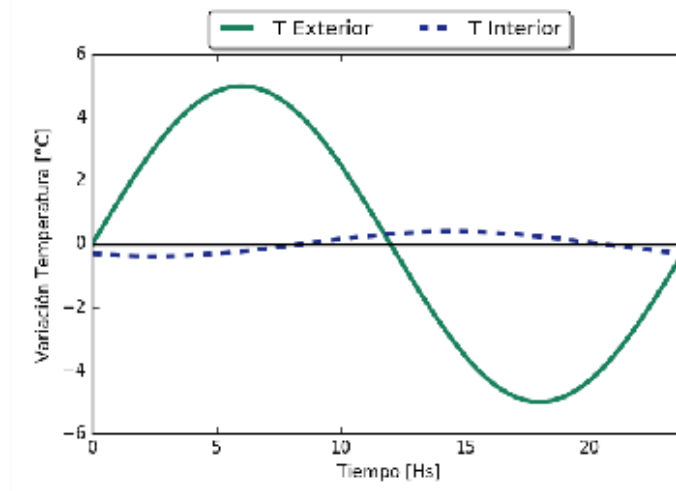
Espesor: 0.225 m



## Sección 4 : Gráfica Amortiguamiento

Factor de Amortiguación: 0.078

Retardo Térmico: 8.47 Hs



# Reporte Hterm

## Características térmicas del cerramiento superior

### Sección 1 : Datos Muro

- e -> Espesor [mm]  
 ro -> Densidad [kg/m3]  
 M -> Masa [Kg/m2]  
 Lambda -> Conductividad térmica [W/(m.K)]  
 Cp -> Calor específico [kJ/m2.K]  
 R -> Resistencia térmica [m2.K/W]  
 CT -> Capacidad térmica media [kJ/(m2.K)]  
 delta -> Permeabilidad al vapor de agua [kg/m.s.Pa]  
 Z -> Resistencia al vapor de agua [m2.s.Pa/kg]  
 1/Z -> Permeancia al vapor de agua [kg/m2.s.Pa]  
 mu -> Factor de resistencia al vapor de agua  
 Sd -> Espesor de aire equivalente Sd [m]  
 OBS -> Observaciones:

BDO: Material proveniente de la base de datos original.

	e	ro	M	Lambda	Cp	R	CT	delta	Z	1/Z	mu	Sd	OBS
Panel de fibras orientadas (...)	11.0	650.0	7.15	0.13	1700.0	8.46E-02	12.15	3.96E-12	2.78E+09	3.60E-10	50.0		BDO
Papel aluminizado (0,4 mm)	0.4	750.0	0.3		880.0	0.00E+00	0.26		5.05E+10	1.98E-11		10.0	BDO
Lana de vidrio (densidad 15-...)	38.0	107.5	4.08	4.25E-02	700.0	0.89	2.86	1.98E-10	1.92E+08	5.21E-09	1.0		BDO
Cámara de aire no ventilada ...	50.0				1008.0	0.16			5.05E+07	1.98E-08		1.00E-02	
Zinc	0.5	7200.0	3.6	110.0	380.0	4.55E-06	1.37	1.98E-16	2.53E+12	3.96E-13	1.00E+06		BDO

### Sección 2 : Condiciones base

- te -> Temperatura Exterior [°C]  
 ti -> Temperatura Interior [°C]  
 Hre -> Humedad relativa exterior [%]  
 Hri -> Humedad relativa exterior [%]  
 Rse -> Resistencia superficial exterior [m2.K/W]  
 Rsi -> Resistencia superficial interior [m2.K/W]

te	ti	Hre	Hri	Rse	Rsi
0	18.0	85	80	0.04	0.25

Tipo de cerramiento: Cerramiento Horizontal

Zona A

Fuera de Norma

# Reporte Hterm

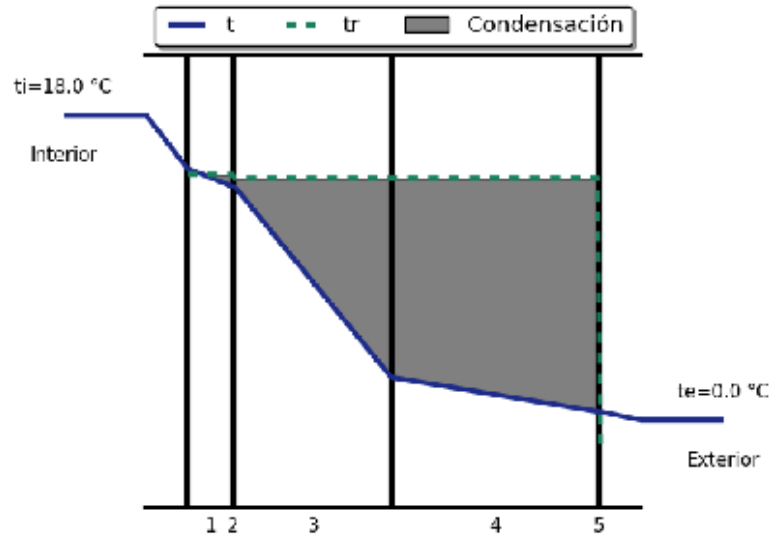
## Sección 3 : Gráfica Condensación

Plano	Temperatura [°C]	Temperatura rocío [°C]
In-1	14.85	14.5
1-2	13.78	14.49
2-3	13.78	14.28
3-4	2.52	14.28
4-5	0.5	14.28
5-Ex	0.5	-1.96

Transmitancia Térmica: 0.78 W/m²K @ Rsi=0.1 m².K/W

Masa: 15.13 Kg/m²

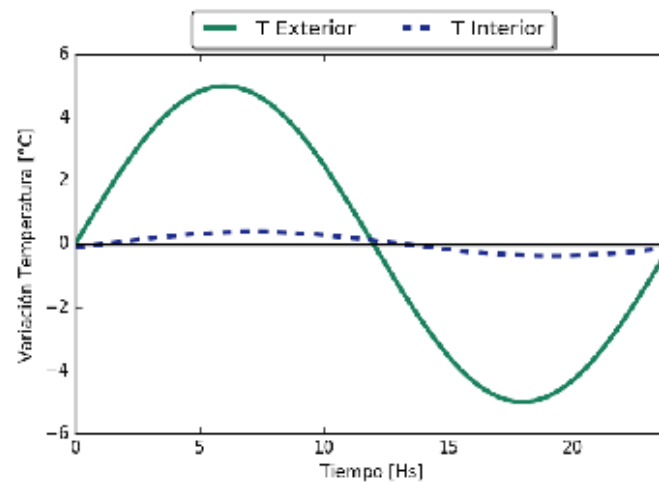
Espesor: 0.1 m



## Sección 4 : Gráfica Amortiguamiento

Factor de Amortiguación: 0.076

Retardo Térmico: 1.16 Hs





### 3. Monitoreo higrotérmico de la vivienda

Para relevar la temperatura y la humedad relativa se colocaron 4 termohigrómetros. Uno en el exterior, otro en la cocina-comedor y los dos últimos en cada una de las habitaciones. En el interior se instalaron adosados a la pared a la altura de 2m, ya que en ese lugar se encuentran protegidos, lejos del alcance de los niños asegurándose de que en ningún momento recibieran radiación solar directa. Lo mismo para el sensor que se colocó en el exterior, instalándose bajo techo.

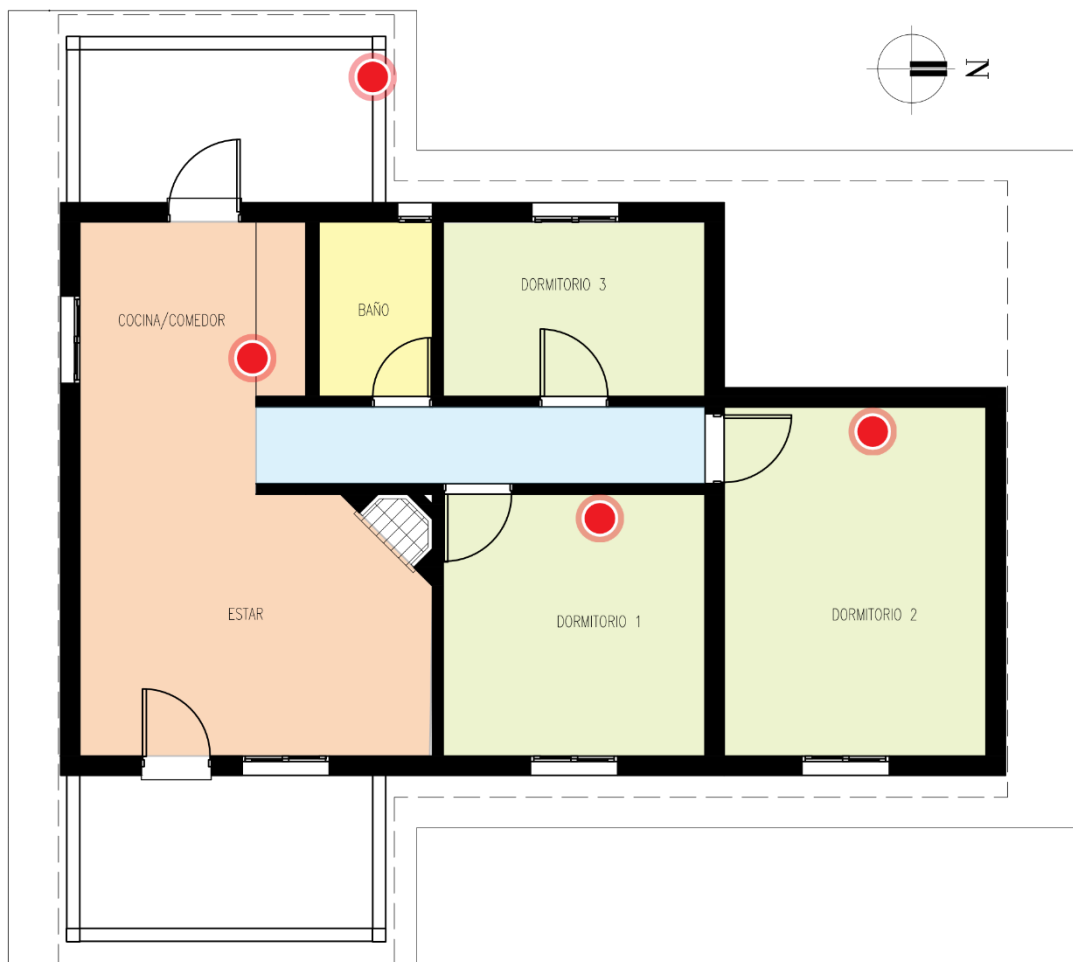


Figura 8: Planta esquemática ubicación de termohigrómetros.

Estos fueron programados para tomar 40 días de mediciones, comenzando el 4 de septiembre de 2017 y finalizando el 15 de octubre de 2017. Es recomendable que las mediciones se realicen en períodos extremos de temperatura (invierno y verano) para poder ver cómo se comporta la vivienda en periodos adversos. El motivo por el cual las mediciones se realizaron en el periodo nombrado anteriormente fue la disponibilidad de tiempo y la accesibilidad a la vivienda.

En nuestro país, a partir de estudios de campo desarrollados por el DECCA-IC-farq en Salto y Montevideo, se proponen rangos de confort para el período caluroso (22 a 27/28 °C) y para el período frío (18 a 22/24 °C).

Como las mediciones para el trabajo se realizaron fuera de los periodos extremos de temperatura, se tomó el rango de confort de 20 a 26 °C que surge de aplicar la metodología de la norma ASHRAE 55:2004.

Según la ASHRAE<sup>3</sup> el confort, “es la condición de la mente que expresa la satisfacción con el entorno térmico”.

Se estudiaron los principales parámetros climáticos que condicionan el confort, mediante el monitoreo de temperatura y humedad. La temperatura es uno de los parámetros fundamentales del clima que varía principalmente por períodos. Se analizaron todos los parámetros que afectan al confort para conseguir el adecuado bienestar en el espacio ocupado y por ello se deben conocer todos los factores involucrados.

De las mediciones en el exterior, se registró un máximo de 38.1°C, un promedio de temperaturas de 17.9 °C y un mínimo de 5.6 °C. En cuanto a la humedad relativa en el exterior presentó un valor máximo de 97.6% un promedio de 74.5% y un mínimo de 26.5%.

---

<sup>3</sup> American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers

	Temperatura	Humedad
Máximo	38.1	97.6
Promedio	17.9	74.5
Mínimo	5.6	26.5

*Tabla 5: Valores promedio, máx. y mín. de temperatura y humedad del exterior.*

Observando los datos de las mediciones extraídas del termómetro que se encontraba en el exterior podemos percibir que el clima se comportó de forma variable y húmedo. Con máxima de 38.1 °C y una mínima de 5.6 °C en tan solo 40 días.

En el interior (comedor, dormitorio 1 y 2) se registraron valores muy similares. En el comedor, el máximo de temperatura fue 27.9 °C con un valor promedio de 20.3 °C y un mínimo de 15.9 °C.

	Temperatura
Máximo	27.9
Promedio	20.3
Mínimo	15.9

*Tabla 6: Valores promedio, máx. y mín. de temperatura del comedor.*

Respecto a la humedad relativa presentó un máximo de 92.4% un valor promedio de 74.5% y un mínimo de 37.3%.

	Humedad
Máximo	92.4
Promedio	74.5
Mínimo	37.3

*Tabla 7: Valores promedio, máx. y mín. de humedad del comedor.*

En el dormitorio 1, el máximo de temperatura fue 30.8 °C con un valor promedio de 19.5°C y un mínimo de 14.2 °C.

	Temperatura
Máximo	30.8
Promedio	19.5
Mínimo	14.2

*Tabla 8: Valores promedio, máx. y mín. de temperatura del dormitorio 1.*

Lo que corresponde a la humedad relativa presentó un máximo de 96.2% un valor promedio de 79.3% y un mínimo de 41.1%.

	Humedad
Máximo	96.2
Promedio	79.3
Mínimo	41.1

*Tabla 9: Valores promedio, máx. y mín. de humedad del dormitorio 1.*

En el dormitorio 2, el máximo de temperatura fue de 28.7 °C con un valor promedio de 20.7 °C y un mínimo de 15 °C.

	Temperatura
Máximo	28.7
Promedio	20.7
mínimo	15

*Tabla 10: Valores promedio, máx. y mín. de temperatura del dormitorio 2.*

En cuanto a la humedad relativa presentó un máximo de 92.6% un valor promedio de 72.6% y un mínimo de 42.3%.

	Humedad
Máximo	92.6
Promedio	72.6
mínimo	42.3

*Tabla 11: Valores promedio, máx. y mín. de humedad del dormitorio 2.*

Como se puede observar en los datos expuestos anteriormente existió una diferencia de aproximadamente 3°C en promedios de temperaturas entre el exterior y el interior. El monitoreo de las temperaturas máximas y mínimas de la vivienda nos permitió obtener una idea de cómo se comportó térmicamente la vivienda, ya que en todos los locales donde se relevaron datos se presentaron significativos gradientes de temperatura del aire interior con relación al exterior, manteniendo las 3 habitaciones (Cocina – comedor, Dormitorio 1 y 2) temperaturas similares que rondan los 20°C. Los datos de los ambientes interiores presentaron mayor homogeneidad entre sí.

El dormitorio 1 registró valores superiores a las demás habitaciones 30.8 °C cuando el máximo de temperatura en el exterior fue de 38.1 °C existe una diferencia de 7.3 °C. Este local es el más pequeño en área y cuenta con un vano al Este y ventilación únicamente al pasillo. Estos valores dan cuenta del efecto que tienen los cerramientos, logrando una gradiente diferencial de temperatura entre el aire exterior y el interior.

Los valores de humedad relativa que presentaron en las habitaciones son altos en comparación con la humedad exterior. En promedio, la habitación más húmeda es el dormitorio 1, quizás se debe a que es un ambiente que se encuentra aislado entre dos habitaciones teniendo ventilación únicamente por una ventana al Este y una puerta que da a un pasillo de circulación. La humedad, la ventilación y la temperatura del aire, inciden directamente en las condiciones de confort de la vivienda, por ende, se debe tener

especial cuidado con estos parámetros ambientales tan importantes. Además, la humedad influye en el fenómeno de condensación de los cerramientos.

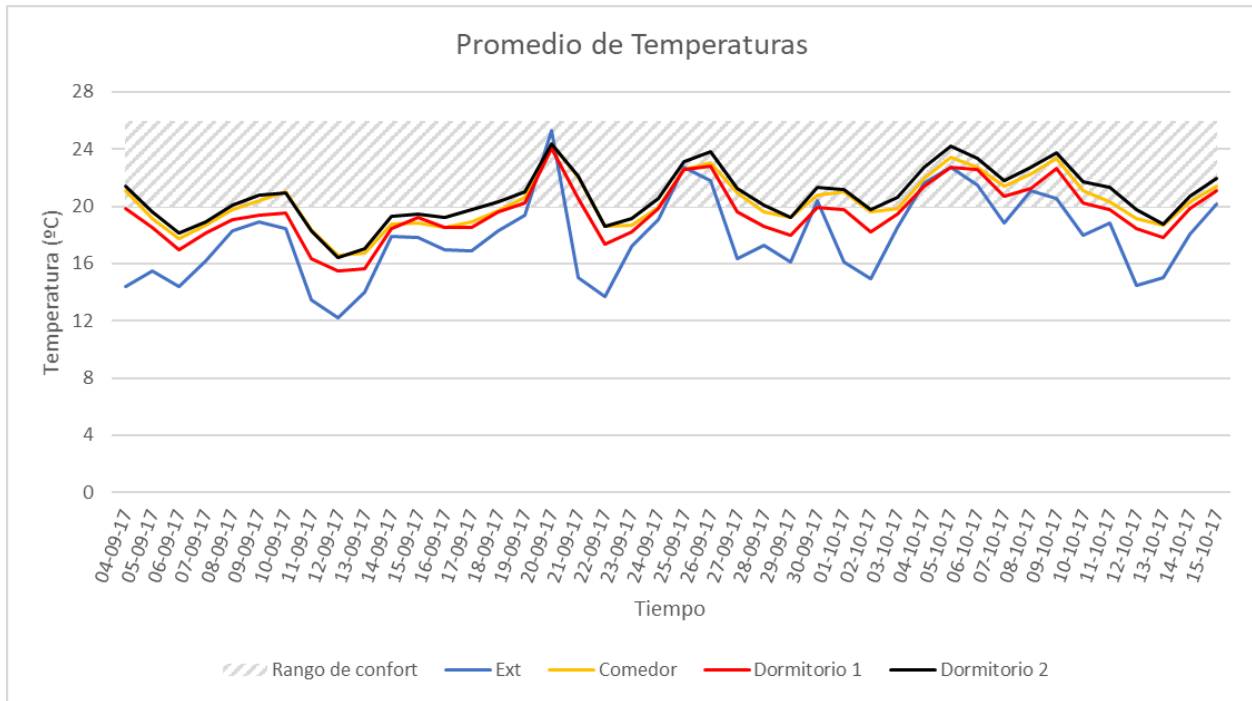
Promedios - Máx - Mín de temp por habitación													
Fecha	Promedio de temp.				Máx de temp.				Mín de temp.				
	Ext	Comedor	Dormitorio 1	Dormitorio 2	Ext	Comedor	Dormitorio 1	Dormitorio 2	Ext	Comedor	Dormitorio 1	Dormitorio 2	
04-09-17	14.4	21.1	19.8	21.4	16.0	23.2	21.9	23.5	12.4	20.0	18.9	19.9	
05-09-17	15.5	19.2	18.5	19.6	25.1	20.4	21	22.3	9.4	17.9	16.7	18	
06-09-17	14.4	17.7	17.0	18.1	19.8	18.7	18.4	19.5	8.9	16.5	15.8	17	
07-09-17	16.2	18.7	18.1	18.9	18.3	19.2	19.7	20.7	14.2	18.4	17.3	17.9	
08-09-17	18.3	19.8	19.0	20.1	23.1	20.5	20.2	22.4	15.2	19.2	17.9	18.5	
09-09-17	18.9	20.4	19.4	20.8	24.1	21.4	20.1	22.8	17.2	19.7	18	20	
10-09-17	18.4	21.0	19.6	20.9	23.4	21.5	20.5	23.1	11.6	20.5	16.3	19.8	
11-09-17	13.4	18.3	16.3	18.3	21.3	20.7	18.2	19.5	8.9	17.1	14.4	17	
12-09-17	12.2	16.5	15.5	16.5	20.1	17.1	16.3	17.5	5.6	15.9	14.2	15	
13-09-17	14.0	16.7	15.6	17.1	19.7	17.6	19.5	19	9.7	16.0	15	15.7	
14-09-17	17.9	18.8	18.4	19.3	25.9	20.6	22	22.1	12.8	17.1	15.8	17	
15-09-17	17.8	18.8	19.2	19.5	27.5	20.6	24	21.7	10.0	17.9	17	17.6	
16-09-17	17.0	18.5	18.5	19.3	27.9	19.8	22	21.8	9.3	17.4	15.9	17	
17-09-17	16.9	18.9	18.6	19.8	28.3	20.7	21.4	23.7	7.7	17.3	15.6	16.6	
18-09-17	18.3	19.7	19.6	20.3	30.3	22.3	24	23.6	8.3	17.3	16	17.3	
19-09-17	19.4	20.6	20.3	21.0	29.3	22.4	25.6	23.6	11.0	18.6	17.3	18.4	
20-09-17	25.3	24.4	24.1	24.3	38.1	27.9	30.8	28.7	15.2	20.3	17.3	20.4	
21-09-17	15.0	22.0	20.5	22.1	19.8	25.3	25	25.7	10.2	19.5	16.3	19.2	
22-09-17	13.7	18.6	17.3	18.6	18.4	19.9	19	19.9	10.3	17.7	16.3	17.7	
23-09-17	17.2	18.7	18.2	19.1	28.7	20.4	23.3	23.1	8.3	17.1	14.8	16.2	
24-09-17	19.1	19.9	19.8	20.6	30.3	22.0	23.8	25	9.2	17.9	16.5	17.1	
25-09-17	22.7	22.6	22.6	23.1	32.9	24.9	25.9	26.6	15.2	20.5	19.6	20	
26-09-17	21.8	23.0	22.8	23.8	30.7	24.7	24.9	26.4	16.1	21.9	18.7	22.2	
27-09-17	16.3	20.9	19.6	21.3	20.8	22.9	21.7	23.1	14.0	19.7	18.6	20.2	
28-09-17	17.3	19.6	18.6	20.1	23.5	20.1	19.7	21.3	12.6	18.8	17.5	18.9	
29-09-17	16.1	19.2	18.0	19.2	20.0	19.8	21.3	20.4	12.4	18.6	16.7	18.3	
30-09-17	20.4	20.8	19.9	21.3	27.7	22.3	22.5	24.6	13.7	19.0	17.7	18.5	
01-10-17	16.1	21.0	19.8	21.2	18.8	22.0	21.1	22.3	12.2	19.8	17.8	19.9	
02-10-17	15.0	19.6	18.2	19.8	22.0	21.0	20.6	22.2	9.0	18.4	16.3	17.8	
03-10-17	18.5	19.8	19.4	20.7	29.0	22.4	23.2	24.3	8.4	17.3	16	17.1	
04-10-17	21.6	22.0	21.4	22.7	29.7	24.0	24.6	27	13.6	19.8	18.9	19.5	
05-10-17	22.7	23.4	22.8	24.2	30.4	24.1	25.5	26.3	17.3	22.9	21.3	22.6	
06-10-17	21.5	22.8	22.5	23.4	31.9	24.7	26.3	26.1	10.3	21.0	19.6	20.6	
07-10-17	18.8	21.4	20.7	21.8	29.4	22.7	22.7	23.9	10.5	20.4	18.9	19.8	
08-10-17	21.1	22.3	21.3	22.8	30.8	24.2	23.8	25.6	12.9	20.2	18.4	19.7	
09-10-17	20.6	23.4	22.6	23.8	26.8	24.6	25.4	25.7	14.6	22.2	20	22.1	
10-10-17	18.0	21.1	20.3	21.7	25.6	22.4	21.5	23.4	11.7	20.4	19.1	20.4	
11-10-17	18.8	20.3	19.8	21.4	27.4	21.0	21.1	23.4	12.7	18.9	17.7	20	
12-10-17	14.5	19.1	18.5	19.8	16.2	20.6	20.2	21.3	13.2	18.3	17.5	18.9	
13-10-17	15.0	18.7	17.8	18.8	20.2	19.4	19.8	19.8	12.2	17.9	16.9	18	
14-10-17	18.1	20.3	19.9	20.7	28.9	23.2	23.6	24.8	8.1	17.6	16.5	17	
15-10-17	20.2	21.4	21.1	22.0	32.8	24.4	25.2	26.3	7.3	18.1	17.3	17.7	

Tabla 12: Valores promedio, máx. y mín. de temperatura por habitación y del exterior.

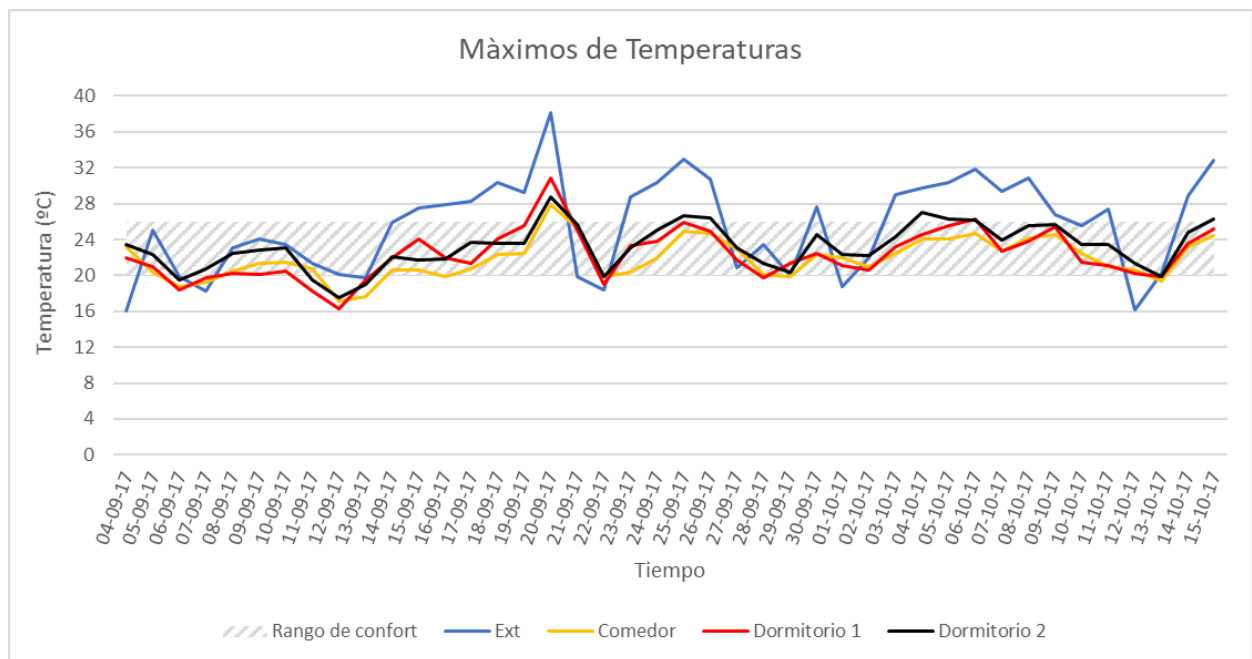
En la tabla 12 se presentan los promedios, máximos y mínimos de temperatura por habitación y del exterior, a lo largo del periodo de medición.

En color gris se indican, el día más frío y el más caluroso del periodo de medición.

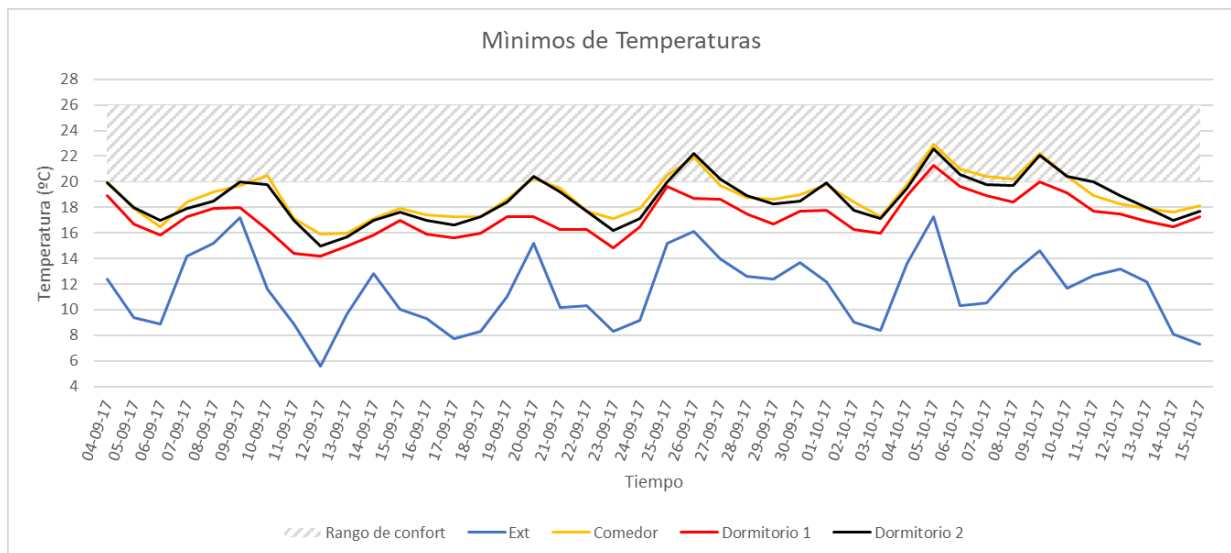
En cuanto a los promedios de temperatura interior pocos días alcanzan los niveles de confort delimitados en el gráfico. Como se muestra en la representación gráfica aproximadamente 13 días se encuentran en el rango de confort de 20 a 26 °C. Marcándose claramente las temperaturas interiores por encima de la exterior.



Grafica 2: Valores promedio de temperatura por habitación.



Grafica 3: Valores máximos de temperatura por habitación.



Grafica 4: Valores promedio de temperatura por habitación.

En las gráficas N°3 y 4 se representan los máximos y mínimos de temperatura. Podemos observar que las temperaturas máximas de aire interior están dentro del rango de confort y los mínimos no y además que cuando los máximos de temperatura del exterior tuvieron valores elevados los máximos de temperatura de las habitaciones se mantuvieron dentro del rango de confort. También podemos apreciar que cuando la temperatura exterior tuvo valores muy bajos las temperaturas de los locales se mantuvieron separadas de este valor. Como se dijo anteriormente el estudio de las temperaturas máximas y mínimas van a dar cuenta de cómo se comporta la vivienda y las características térmicas de los cerramientos, es aquí donde podemos apreciar que las temperaturas mínimas exteriores se mantuvieron con un gradiente significativo en comparación con las mínimas del aire interior. No ocurre lo mismo con las temperaturas máximas, ya que las temperaturas máximas del interior presentan más homogeneidad en comparación con las temperaturas exteriores.

A partir del estudio de las temperaturas se hallaron valores máximos y mínimos en el periodo de medición, de estos valores se obtuvo el día más frío y el más caluroso



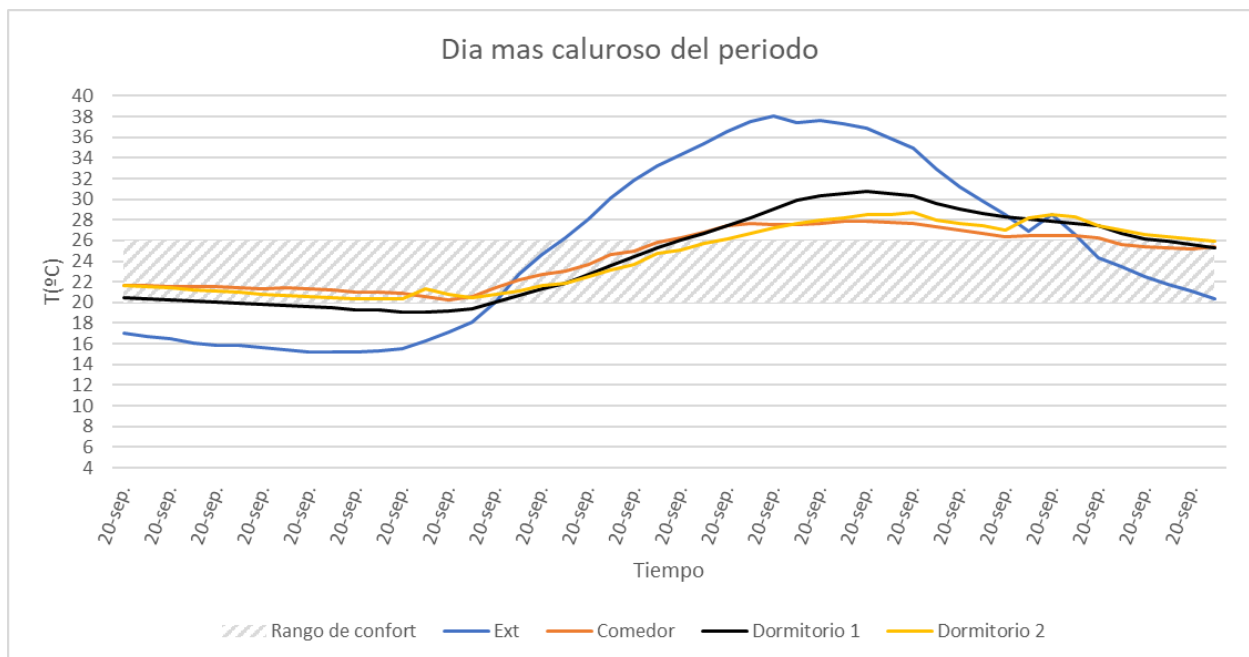
del periodo. Entre estos dos días hay solo una semana de diferencia lo que nos permite ver que el periodo de medición fue variable en cuanto a las temperaturas.

Día más caluroso	Ext	Comedor	Dormitorio 1	Dormitorio 2
20-sep.	38.1	27.9	30.8	28.7

Tabla 13: Día más caluroso del periodo de medición.

Día más frio	Ext	Comedor	Dormitorio 1	Dormitorio 2
12-sep	5.6	15.9	14.2	15.0

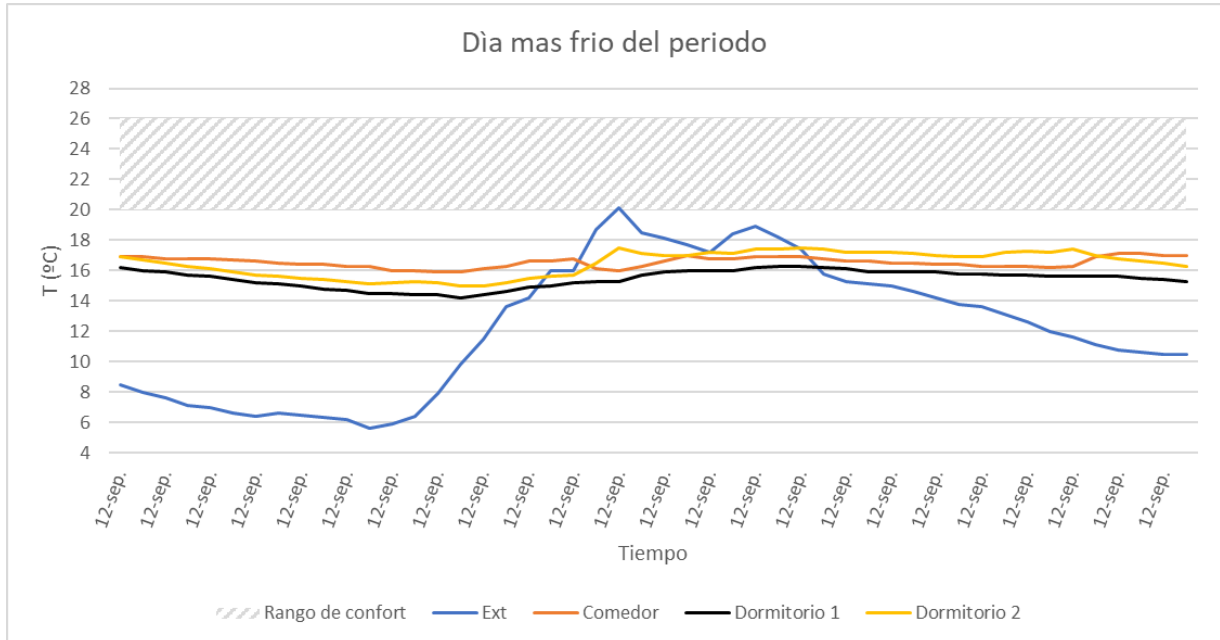
Tabla 14: Día más frio del periodo de medición.



Grafica 5: Día más caluroso del periodo por habitación.

El día más caluroso del periodo de monitoreo fue el 20 de septiembre y por ende el día de insolación máxima. La Tmed registrada del periodo fue 17.9°C y la temperatura exterior de ese día fue 38.1°C una diferencia de 20°C por encima de la media.

Analizando las máximas temperaturas del periodo se muestran indicios de cómo se comportó la vivienda en condiciones extremas de calor, registrando casi 9°C de diferencia entre el aire exterior y el interior.

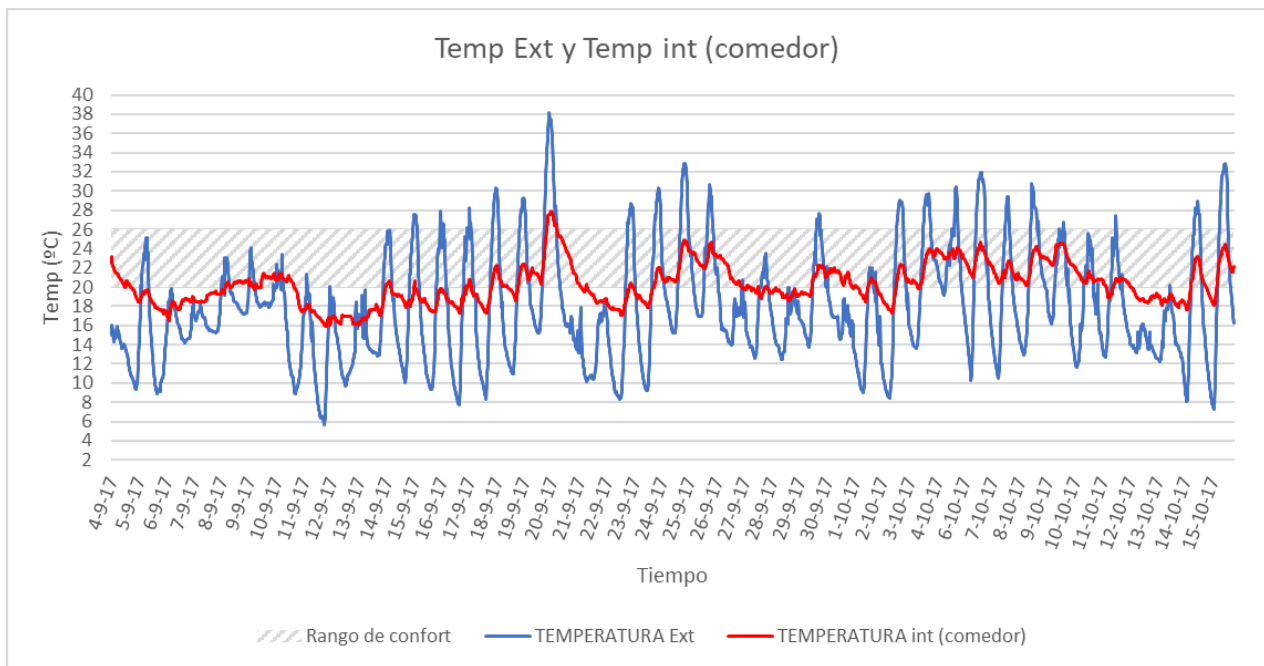


Grafica 6: Dia más frio del periodo por habitación.

El día más frío del periodo de monitoreo fue el 12 de septiembre y por ende el día de menos insolación, donde las ganancias solares son escasas. La Tmed registrada del periodo fue 17.9°C y la temperatura exterior de ese día fue 5.6°C una diferencia de 12.3°C por debajo de la media.

Analizando las temperaturas mínimas del periodo se muestran indicios de cómo se comportó la vivienda en condiciones extremas de frío, registrando casi 9°C de diferencia por encima entre el aire interior y el exterior.

Luego de haber analizado en forma general el comportamiento de la vivienda en cuanto a las temperaturas, a continuación, se muestran las temperaturas interiores de cada habitación en comparación con la temperatura exterior durante todo el periodo de medición.



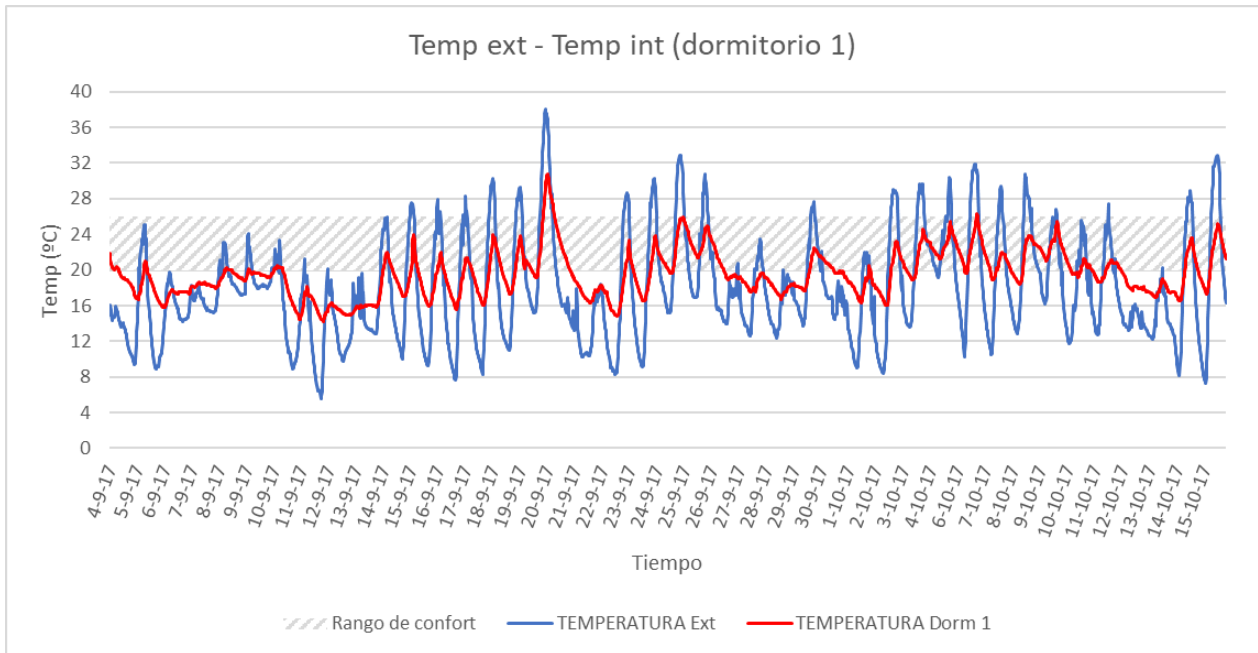
*Grafica 7: Variaciones de temperatura ext. e int. del comedor.*

En el gráfico N°7 se pueden apreciar las variaciones de temperatura del aire interior del Comedor con el exterior. Las variaciones de temperatura del interior presentan una forma más homogénea en comparación con las temperaturas exteriores que tienen una diferencia sustancial de temperatura entre el día y la noche. Esta diferencia entre lo que estamos comparando es consecuencia del efecto que tienen los cerramientos de la envolvente que permiten que la temperatura del aire interior del espacio ocupado no copie la forma de la curva de la temperatura exterior.

Los cerramientos interactúan con el ambiente, no solo amortiguando la energía incidente sobre él, sino que también ella influye en las cualidades del ambiente interior. El resultado final de estos procesos sobre los cerramientos es que estos almacenan energía repercutiendo en pérdidas y ganancias y como consecuencia en las condiciones del aire interior.

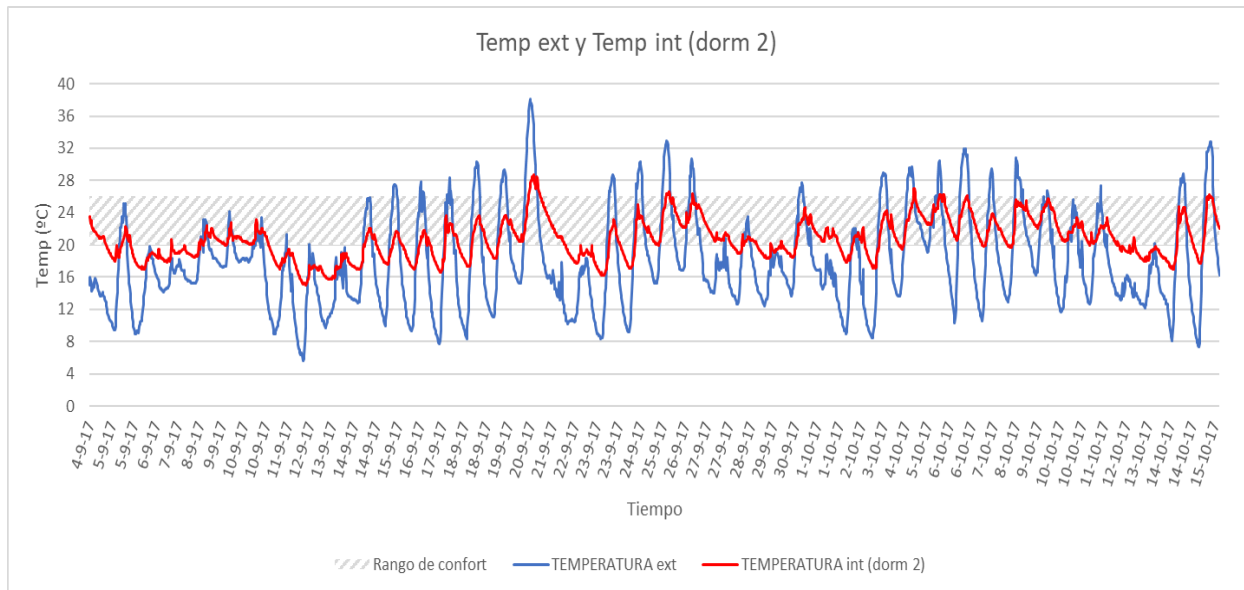
Se puede ver también que el día más frío del periodo de medición en el exterior había aproximadamente 5.6°C y en el interior 16°C demostrando así que los cerramientos cumplen un rol muy importante en la envolvente y en las cualidades del ambiente interior

Aproximadamente esta habitación (Comedor) se encuentra 10 días en condiciones de confort, el resto de los días en discomfort. La misma presenta una orientación Sur puede que la orientación de este local no ayude a que las condiciones de confort no sean las adecuadas.



Grafica 8: Variaciones de temperatura ext. e int. del dormitorio 1.

En la gráfica N°8 se muestran las variaciones de temperatura del aire interior (dormitorio 1) a lo largo del periodo de medición con la temperatura exterior. Probablemente los dormitorios de la vivienda puede que adopten comportamientos similares por lo tanto se los va a comparar entre sí. Las dos habitaciones presentan una curva bastante similar de temperatura, con diferencias de temperatura entre el día y la noche copiando en situaciones la curva de temperatura del exterior. El dormitorio 1 posee una orientación Este recordemos que recibe 2.5 veces más radiación solar que cualquier otra orientación. Aproximadamente la misma exhibe 12 días en los que se encuentra entre el rango de confort encontrándose la mayor parte del periodo de medición fuera de este rango. Este dormitorio el día más frío registrado presenta una diferencia de temperatura entre el interior y el exterior de 10°C al igual que el día más caluroso.



*Grafica 9: Variaciones de temperatura ext. e int. del dormitorio2.*

Se puede apreciar en la gráfica N°9 las variaciones de temperatura del dormitorio 2 en comparación con el aire exterior. Su comportamiento es similar al del dormitorio 1, la representación de las temperaturas del aire interior tiene una diferencia marcada entre el día y la noche provocando altos y bajos de temperatura comparándola con la curva de temperatura del exterior esta no es tan pronunciada, el gradiente de temperatura es menor. Aproximadamente 17 días el dormitorio se encuentra en confort y posee una orientación Norte, puede que sea la correcta orientación para favorecer al confort del local, pero este tiene una abertura al Este de poca área vidriada recordemos que un vano a esta orientación recibirá más radiación que cualquier otra orientación. Al igual que en el comedor, el dormitorio 2 tiene la misma diferencia de temperatura entre el interior y el exterior el día más frío del periodo  $10^{\circ}\text{C}$  al igual que el día más caluroso.

Después de haber presentado los gráficos de temperatura, una de las variables climáticas que afecta ampliamente al confort térmico, se muestra el estudio minucioso de cada habitación.

Con los valores de temperaturas de cada habitación a lo largo del periodo de medición se realizó una ecuación en Excel, relacionando cuantos valores quedan por debajo de los

20°C y cuantos por encima de los 26°C. Esto quiere decir cuántos valores quedan por debajo del rango de confort y cuantos por encima.

Dormitorio 1:

	Valores < 20° C	Valores > 26° C
Valores	1223	22
Horas	611.5	11
Días	25.5	0.46
%	61	1.1

*Tabla 15: Rango de confort Dormitorio 1*

Con todos los resultados de temperaturas extraídos en el periodo de medición, en el dormitorio 1 (tabla N°15) se reveló que el 61% de los valores se encuentran por debajo de los 20°C y un 1.1% por encima de los 26°C por lo tanto un 38% de valores se encuentra en el rango de confort. Analizando los porcentajes son más los días que los usuarios se encuentran en disconfort en el dormitorio.

Dormitorio 2:

	Valores < 20° C	Valores > 26° C
Valores	805	40
Horas	402.5	20
Días	16.8	0.8
%	40.3	2

*Tabla 16: Rango de confort Dormitorio 2*

En el dormitorio 2 (tabla 16) se registró que el 40.3% de los valores se encuentran por debajo de los 20°C y un 2% por encima de los 26°C. Por lo tanto, un 57,7% de valores se encuentran dentro del rango de confort, lo que respecta a los porcentajes son más los valores que se encuentran dentro del rango de confort. Por lo tanto, más del 50% del periodo los propietarios de la vivienda están en confort.

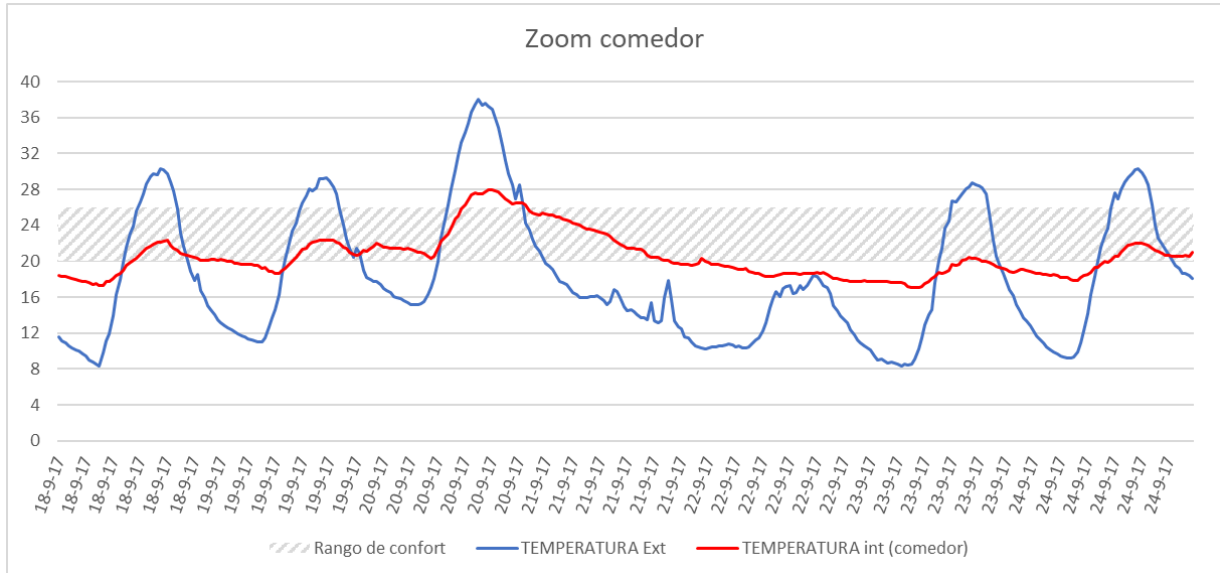
Comedor:

	Valores < 20° C	Valores > 26° C
Valores	945	No hay valor
Horas	472.5	-
Días	19.7	-
%	47.3	-

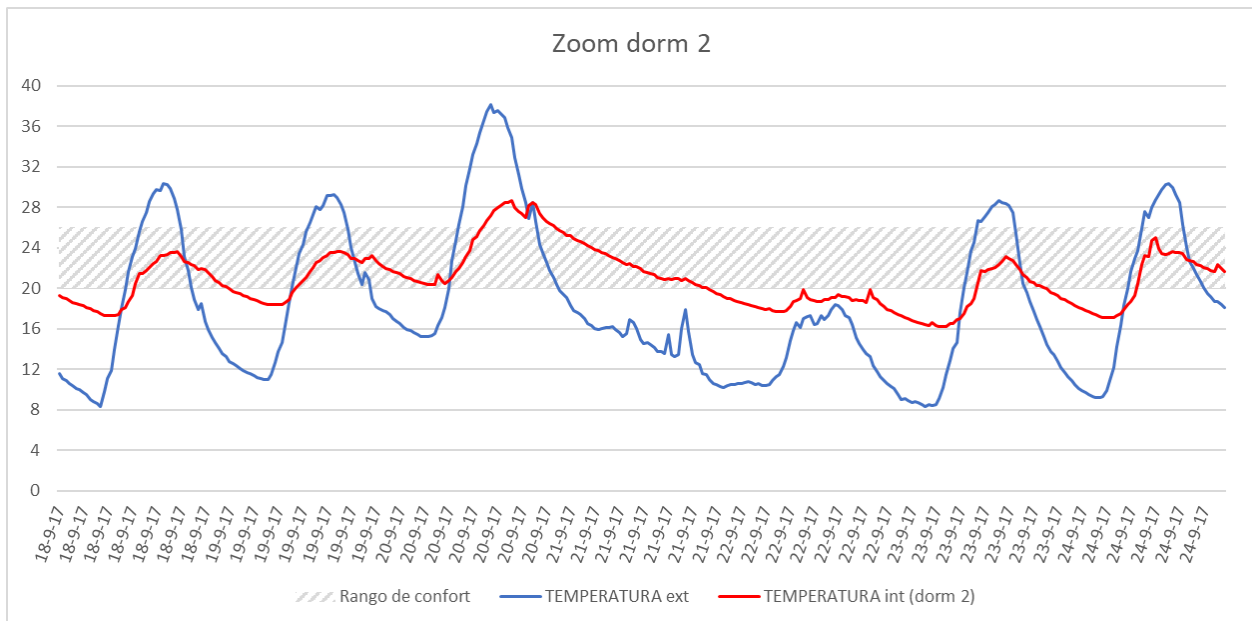
*Tabla 17: Rango de confort Comedor*

Y por último en el comedor (tabla 17) se mostró que el 47.3% de los valores se encuentran por debajo de los 20°C y ningún valor por encima de los 26°C. Por lo tanto, estos valores nos indica que el 52.7% se encuentra dentro del rango de confort es un buen valor ya que más del 50% del periodo los propietarios de la vivienda están en confort.

Observando detenidamente el análisis de temperatura de cada habitación se detectaron ciertos picos de temperaturas donde es relevante estudiar en profundidad. El periodo de tiempo que se estudió es del 18-09 al 24-09.



Grafica 10: Variaciones de temperatura ext. e int. del comedor, 7 días de medición



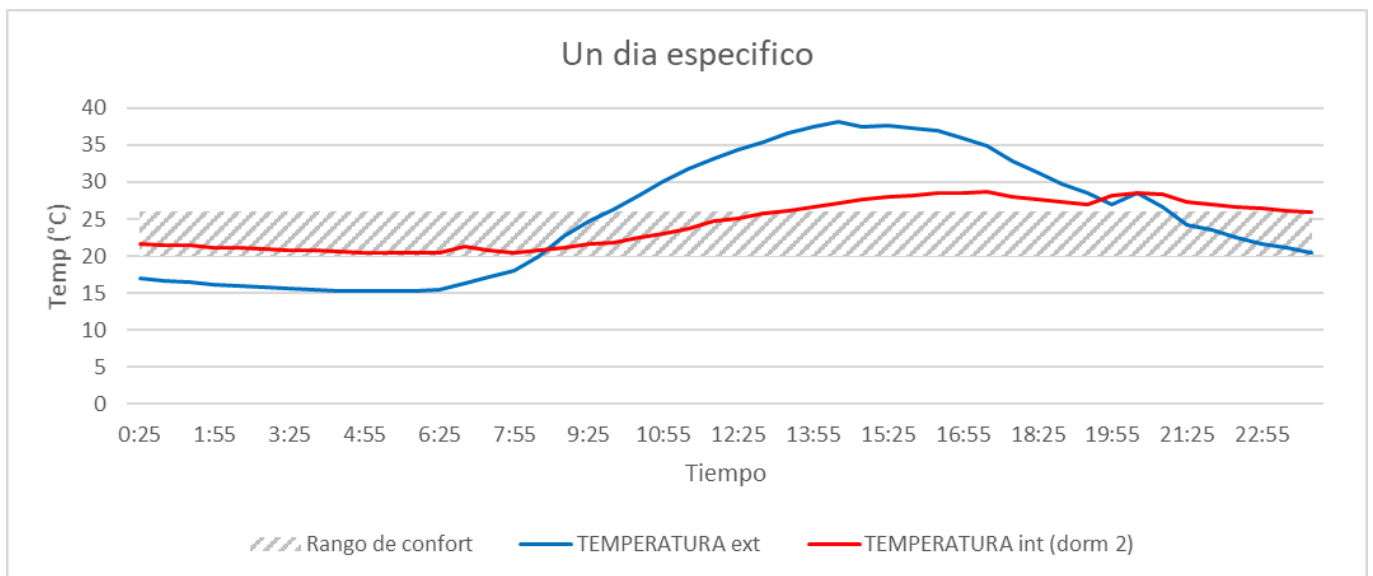
Grafica 11: Variaciones de temperatura ext. e int. del dormitorio 2, 7 días de medición

De los 6 días de medición, 3 días están dentro del rango de aceptabilidad en ambas habitaciones (comedor y dormitorio 1). Los picos de temperatura que se observan en los gráficos 10 y 11 pueden ser porque en un día vario bruscamente la temperatura exterior pero estas diferencias bruscas de temperatura no se aprecian en la curva de temperatura



del interior. Es más, podemos apreciar que la representación de las temperaturas del aire interior es más homogénea.

Posteriormente se analizó un día específico del periodo de medición para observar cuanto demora un pico de temperatura registrado en el exterior en repercutir en el ambiente interior.



*Grafica 12: Análisis de un día específico*

Lo que se observa a simple vista estudiando el grafica es que el pico de temperatura registrado en el interior, demora 7 o 8 hs en repercutir en el interior y así mismo la capacidad que tiene el cerramiento imposibilita a que el pico de temperatura sea copiado por la temperatura del aire interior.

#### 4. Asoleamiento de la vivienda

El estudio del asoleamiento de la vivienda se realiza mediante el uso de proyecciones estereográficas realizadas por el software libre Heliodon.

El asoleamiento de la vivienda nos permite visualizar y tomar decisiones a futuro sobre los escenarios que se generan, tanto en el periodo caluroso como en el frío. Asimismo, nos permite determinar la necesidad de protecciones solares en las fachadas de las diferentes orientaciones y las sombras que se generan.

En los repartidos suministrados por la catedra de acondicionamiento térmico de la FADU<sup>2</sup> se exhiben gráficos que muestran la radiación solar directa recibida por cada fachada en el periodo frío y caluroso. Lo que nos complementa la información extraída de las proyecciones estereográficas.

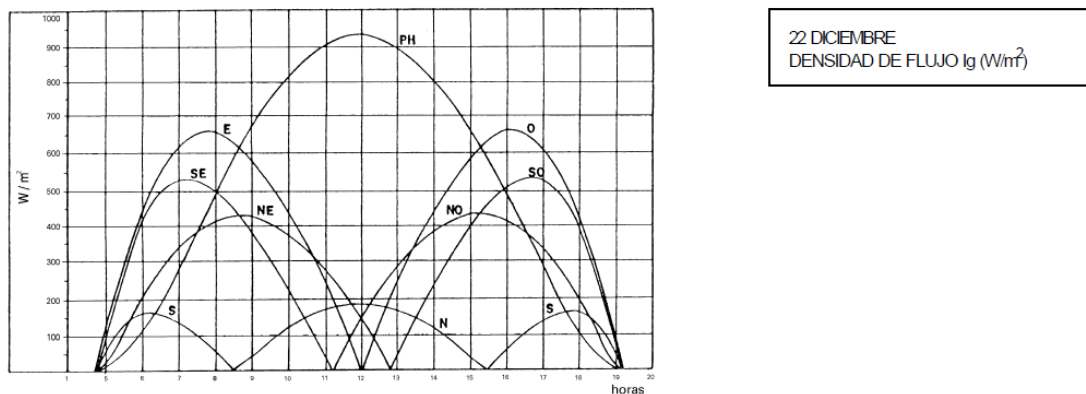
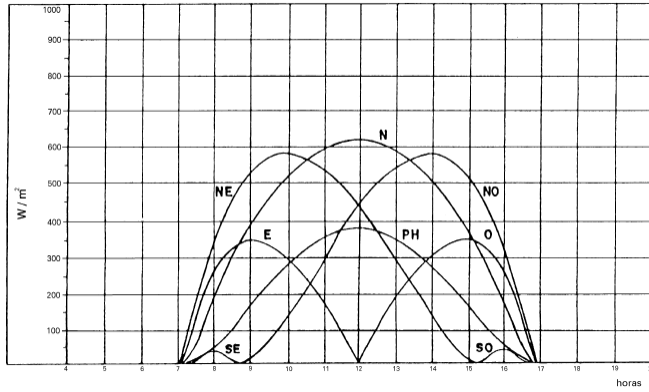


Imagen 19: Radiación solar directa recibida por fachadas en verano ( $W/m^2$ )

Esta imagen muestra la radiación que recibe cada fachada en el periodo caluroso (22 de diciembre). El plano horizontal (PH: techo) es el encargado de captar mayor radiación solar en verano, aproximadamente a las 12 del medio día alcanza un nivel de  $900 W/m^2$  siguiéndole las fachadas Este y Oeste. La fachada Este recibiendo la mayor radiación en horas de la mañana y la Oeste en horas de la tarde.



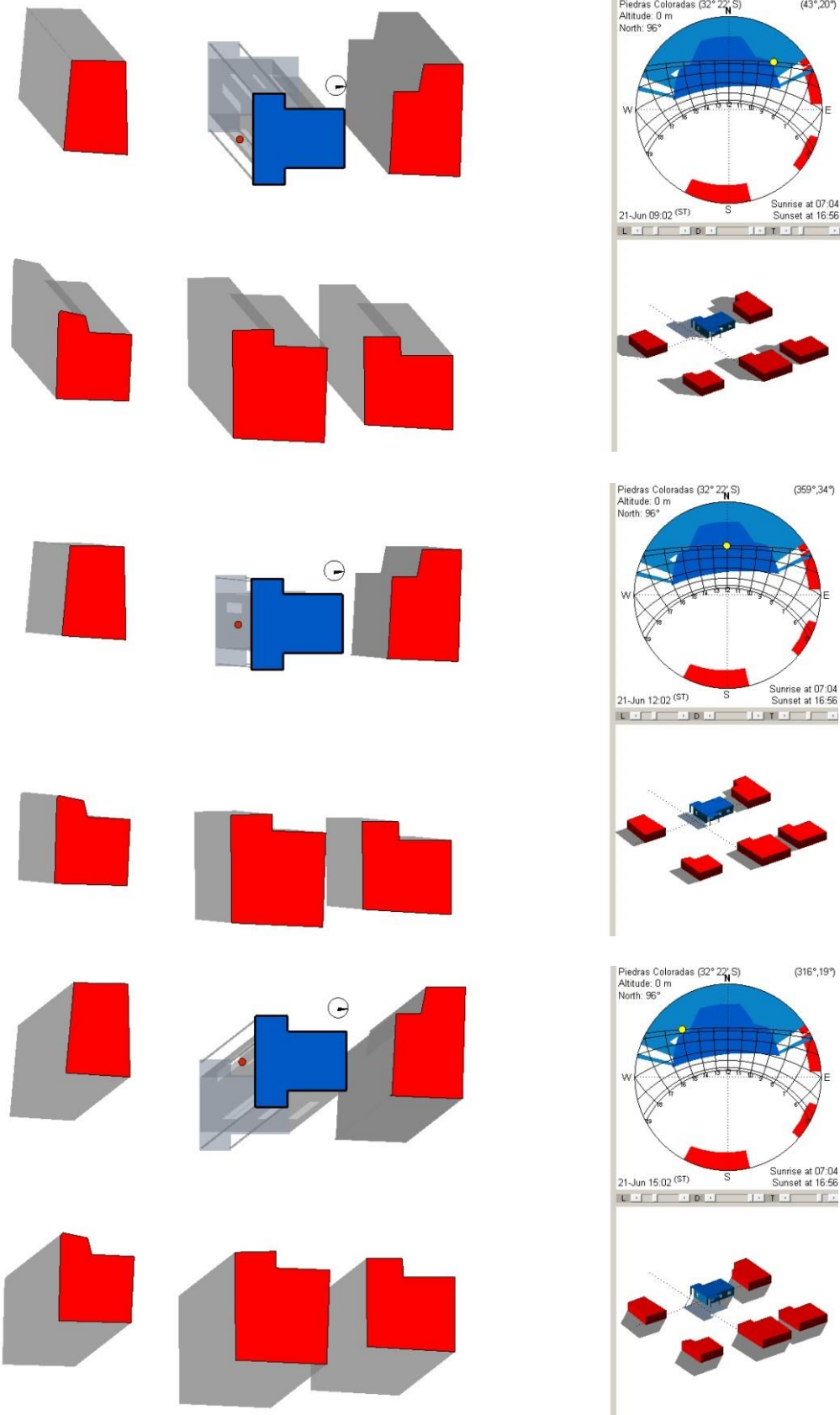
22 JUNIO  
DENSIDAD DE FLUJO Ig (W/m²)

Imagen 20: Radiación solar directa recibida por fachadas en invierno (W/m²)

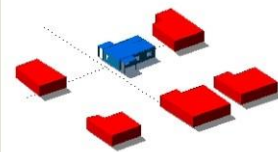
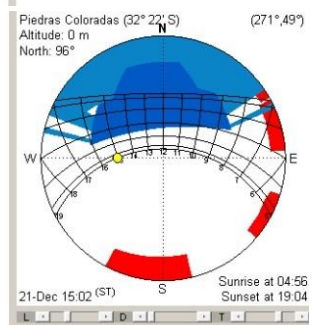
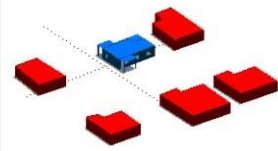
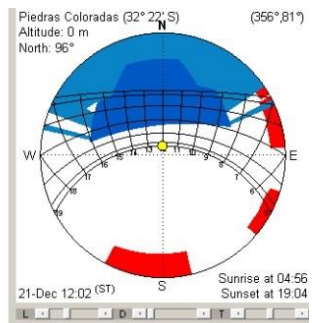
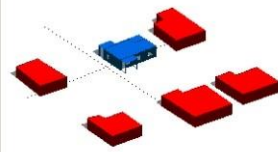
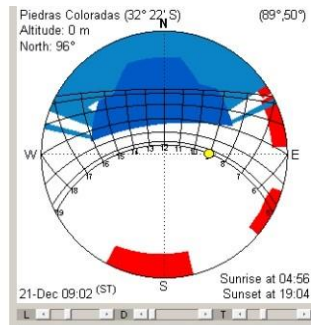
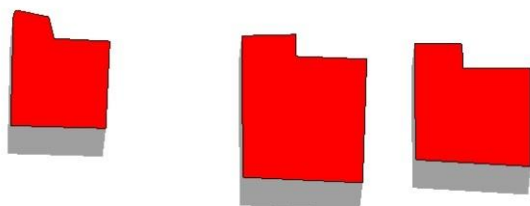
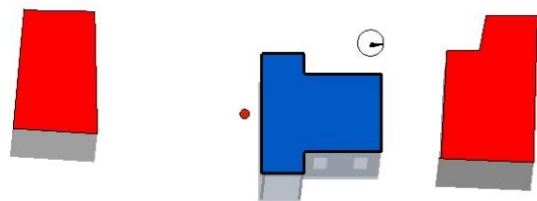
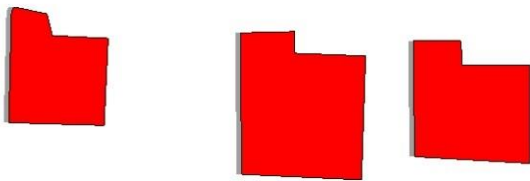
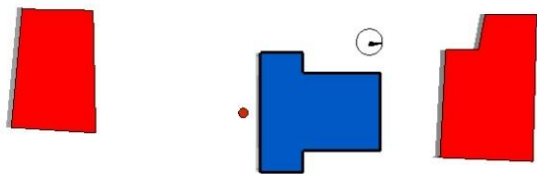
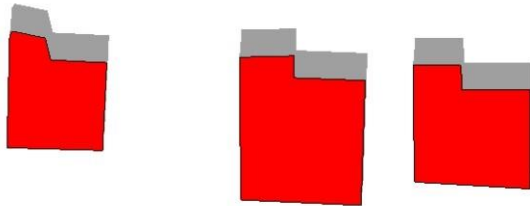
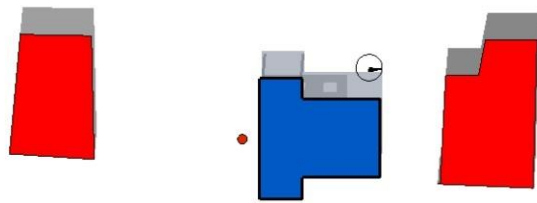
En la imagen anterior se muestra la radiación recibida por orientación en el periodo frío (22 de junio). En este caso la fachada orientada al Norte es la que recibe más radiación directa del sol, alrededor de 600 W/m² a las 12 horas y posterior la orientación Noroeste y Noreste.

En las sucesivas imágenes aparece en color azul la vivienda a estudiar. En el cuadro superior derecho se encuentra la proyección estereográfica que atribuye información de la hora y momento en el que se pretende estudiar en el hemisferio sur.

Sombras en diferentes horarios (9,12 y 15) para el periodo frío - 21 de junio



Sombras en diferentes horarios (9,12 y 15) para el periodo caluroso - 21 de diciembre



El 21 de Julio a las 9:00 de la mañana la vivienda permanece sombreada en el patio y el acceso lateral. Las fachadas Norte y Este (acceso de la vivienda) reciben sol.

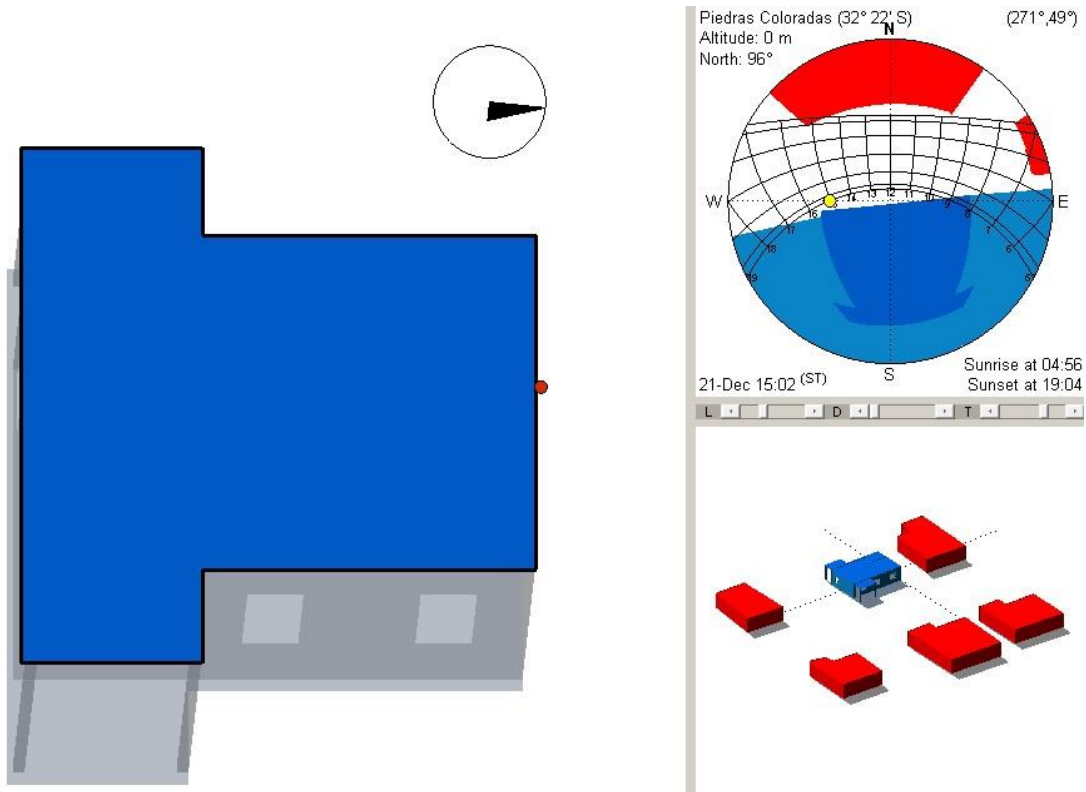
En la segunda imagen se muestran las sombras que se generan en la vivienda en el periodo frío (21 de julio) a las 12:00. El acceso lateral a la vivienda permanece sombreado. El patio y la fachada Norte reciben sol. Análogamente ocurre en la tercera imagen que se presentan las sombra que se producen en la vivienda a las 15:00 horas. Estas son más prolongadas y el patio y la fachada Norte son los que reciben más cantidad de horas de incidencia del sol en este periodo.

El 21 de diciembre (periodo caluroso) a las 9 de la mañana la vivienda presenta obstrucciones solamente en el patio lo que nos indica que las primeras horas de sol en verano inciden mayoritariamente.

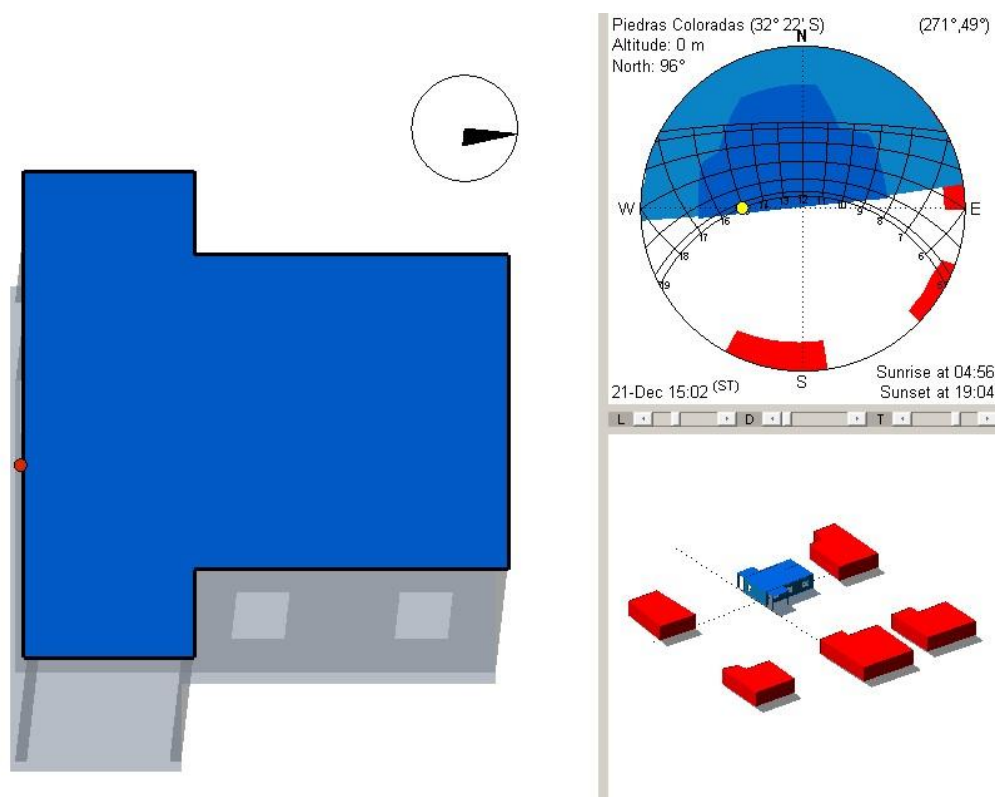
En esta segunda imagen se presentan las sombras que se producen en la vivienda en el periodo caluroso a las 12:00 del mediodía. Lo cual en este periodo del año es desfavorable no tener sombra en los alrededores de la vivienda. Seria indicado plantar vegetación adecuada en todo el perímetro para mitigar los efectos.

En esta tercera imagen se muestran las sombras que se generan a las 15:00 horas. La fachada Este (acceso a la vivienda) se haya en sombra, el resto de la edificación está recibiendo sol directo. En este periodo las temperaturas suelen ser elevadas y la vivienda se encuentra carente de sombra que la proteja.

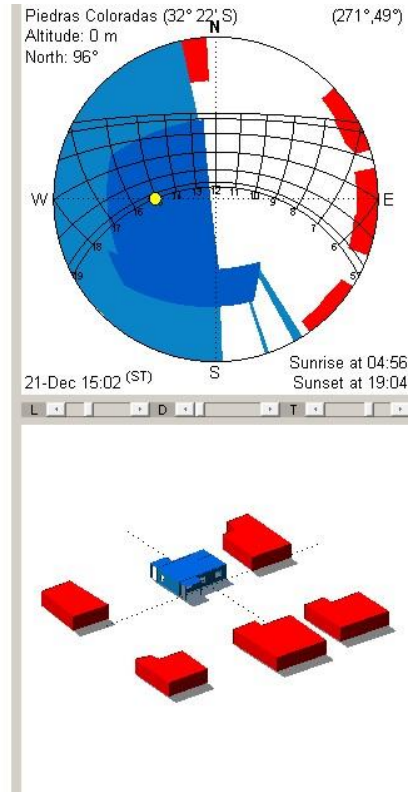
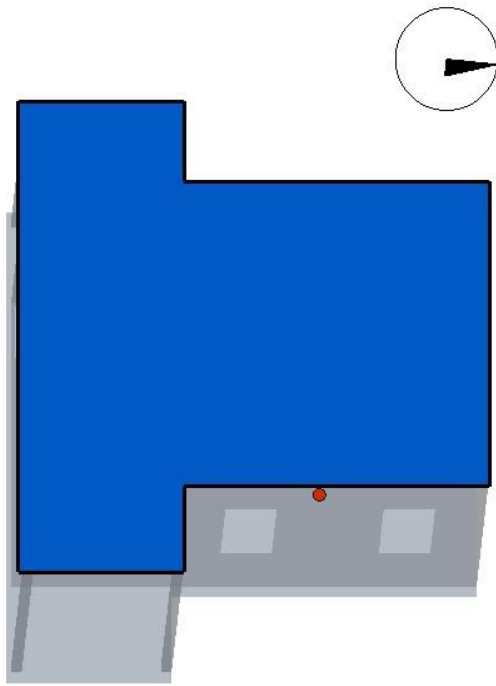
También podemos asegurar que la vivienda cumple con la norma la UNIT 1026:99 sobre los requisitos que tienden a mejorar las condiciones de habitabilidad de las viviendas. Esta misma recomienda un mínimo de dos horas de sol directo en los ambientes habitables de la vivienda en el solsticio de invierno. Las imágenes a continuación justifican lo dicho anteriormente por la norma.



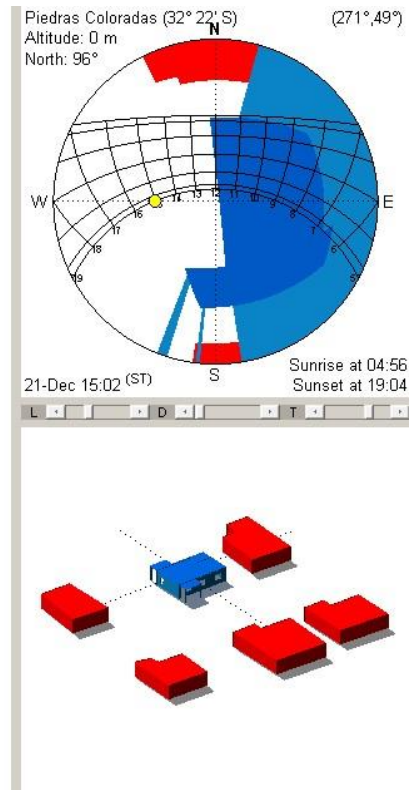
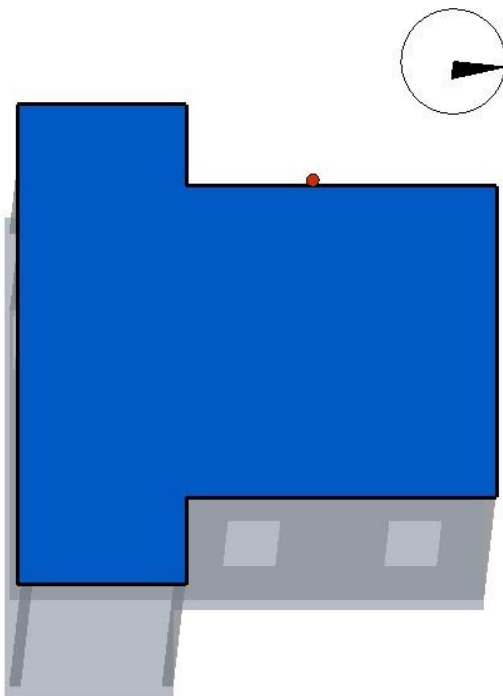
*Imagen 21: En esta imagen se muestra que ocurre en la fachada Norte de la vivienda a estudiar.*



*Imagen 22: Se presenta el acceso lateral de la vivienda, fachada sur.*



*Imagen 23: En la imagen se muestra que ocurre con la fachada Este de la vivienda*



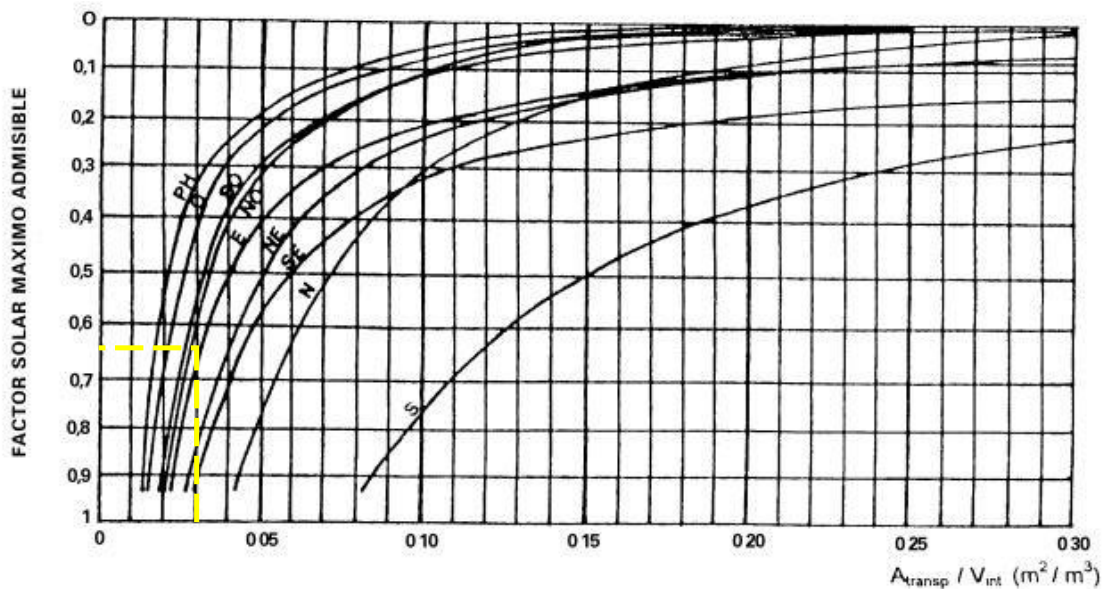
*Imagen 24: En esta escena se muestra que sucede con la fachada Oeste*



Seguindo con el asoleamiento de la vivienda, posteriormente se va a calcular el comportamiento térmico de los cerramientos transparentes  $F_s^4$ . Los cerramientos transparentes afectan al edificio en las pérdidas o ganancias de energía debido a la diferencia de temperaturas, ya que el material transparente deja pasar un alto porcentaje de la radiación solar que incide sobre él. Esta característica propia del vidrio tiene gran incidencia en el confort y el consumo energético de una vivienda.

$$\text{El factor solar} = \frac{\text{energía que ingresa al local}}{\text{energía incidente en el cerramiento vidriado}}$$

1. Factor solar admisible para el estar



$$F_s CT = F_s V \leq F_s \text{ max}$$

$$F_s CT = 0.83 \leq 0.65 \text{ (Ecuación 1: Factor solar Estar)}$$

La ecuación 1 demuestra que el cerramiento transparente del estar necesita protección por lo tanto se le agrega a la ventana una protección exterior (esteras de tablillas de madera) para proteger el cerramiento logrando que la porción de radiación solar que incide sobre él sea menor. El vidrio común deja pasar un 83% de radiación sobre él.

<sup>4</sup> Factor solar

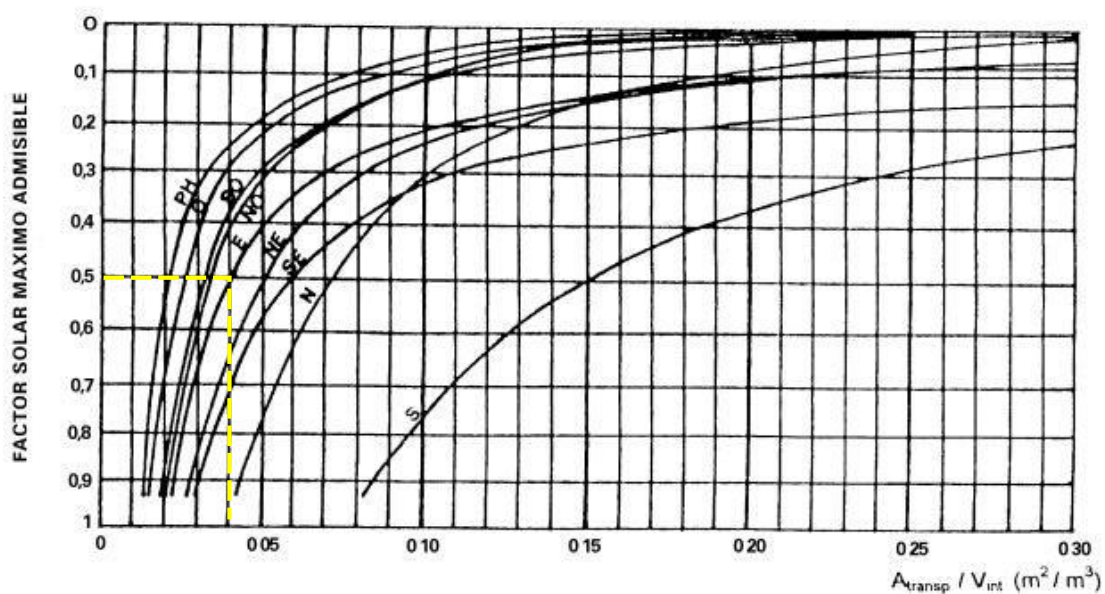
$$F_s CT = F_s V \cdot F_s Pe \leq F_s max$$

$$F_s CT = 0.83 \times 0.14 \leq 0.65$$

$$F_s CT = 0.11 \leq 0.65$$

Con la protección exterior obtenemos que sobre el cerramiento se alcance una porción menor de radiación solar.

## 2. Factor solar admisible para el Dormitorio 1



$$F_s CT = F_s V \leq F_s max$$

$$F_s CT = 0.83 \leq 0.5 \text{ (Ecuación 2: Factor solar Dormitorio 1)}$$

La ecuación 2 demuestra que el cerramiento transparente del dormitorio 1 necesita protección. Se agrega el cálculo de la protección exterior (esteras de tablillas de madera).

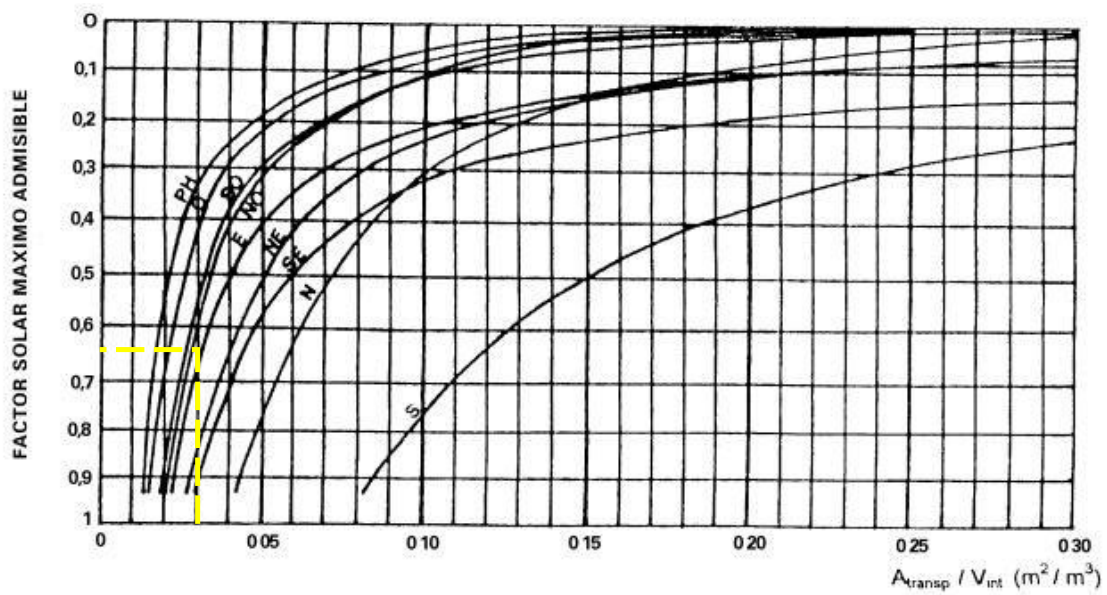
$$F_s CT = F_s V \cdot F_s Pe \leq F_s max$$

$$F_s CT = 0.83 \times 0.14 \leq 0.5$$

$$F_s CT = 0.11 \leq 0.5$$

Con la protección exterior en la ventana garantizamos que una porción mínima de la radiación solar va a incidir en ella.

### 3. Factor solar admisible para el Dormitorio 2



$$F_s CT = F_s V \leq F_s \max$$

$$F_s CT = 0.83 \leq 0.65 \text{ (Ecuación 3: Factor solar Dormitorio 2)}$$

La ecuación 3 demuestra que el cerramiento transparente del dormitorio 2 necesita protección solar. Se agrega el cálculo de la protección exterior (esteras de tablillas de madera).

$$F_s CT = F_s V \cdot F_s Pe \leq F_s \max$$

$$F_s CT = 0.83 \times 0.14 \leq 0.65$$

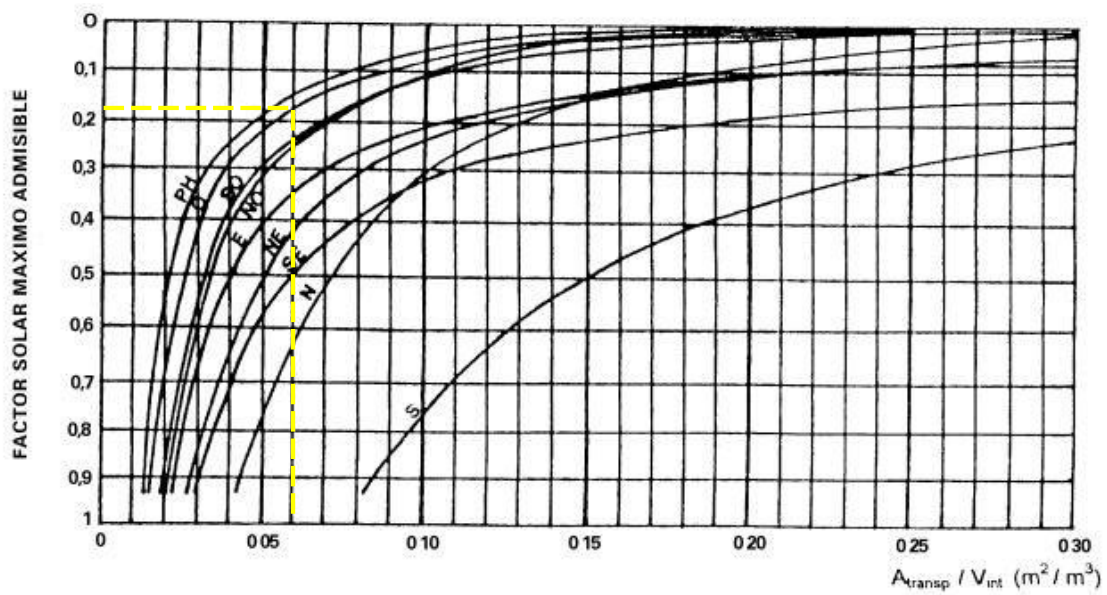
$$F_s CT = 0.11 \leq 0.65$$

Con la protección exterior logramos que sobre el cerramiento llegue una porción menor de la radiación solar.

### 4. Factor solar admisible para la Cocina – comedor.

La ventana de la cocina – comedor no recibe radiación solar directa ya que a la vivienda se le anexa una galería de chapa galvanizada que es el garaje.

## 5. Factor solar admisible para el Dormitorio 3



$$F_s CT = F_s V \leq F_s \max$$

$$F_s CT = 0.83 \leq 0.22 \text{ (Ecuación 4: Factor solar Dormitorio 3)}$$

La ecuación 4 demuestra que el cerramiento transparente del dormitorio 3 necesita protección. Se agrega el cálculo de la protección exterior (esteras de tablillas de madera).

$$F_s CT = F_s V \cdot F_s Pe \leq F_s \max$$

$$F_s CT = 0.83 \times 0.14 \leq 0.22$$

$$F_s CT = 0.12 \leq 0.22$$

De este modo con protecciones exteriores se logra que la fracción de radiación que llega a la ventana sea la adecuada para que no afecte las condiciones de confort del local.

## 5. Encuestas

Se entrevistaron tres propietarios de viviendas y que al mismo tiempo residen allí, incluyendo al propietario de la vivienda estudiada. Estos tienen entre 30 y 60 años, todos jefes de familia. La persona de mayor edad entrevistada hace 40 años que vive en una vivienda de MEVIR.

En el hogar de los entrevistados viven entre 3 y 6 personas, entre ellos niños y adultos. Las viviendas tienen como máximo 3 dormitorios ya que es el número máximo de habitaciones que posee este plan.

El propietario de la vivienda analizada para este trabajo hace apenas 5 años que reside allí. La diferencia de edades y de tiempo de residencia en el lugar contribuye a que la información recabada en la entrevista sea variada en cuanto a opiniones.

Con relación a los porcentajes, todos los entrevistados mostraron un alto porcentaje de agrado por la vivienda, que se sienten muy a gusto y que sus condiciones de confort son buenas. Además, describieron que la iluminación y la ventilación ambas son satisfactorias.

Todas las viviendas cuentan con abastecimiento de OSE, por lo tanto, disponen de agua potable. Las aguas residuales se depositan en una red general y la electricidad la obtienen del servicio público (UTE).

Específicamente en cuanto a la vivienda los entrevistados acondicionan la misma en invierno con estufa a leña y en verano con un equipo de aire acondicionado, por lo tanto, el combustible más usado es la leña y la electricidad. Cuando se les pregunto a cada uno de ellos con qué frecuencia encendían la estufa o el aire acondicionado contestaron que con mucha frecuencia (en los periodos de invierno y verano). Solo un entrevistado respondió que al equipo de aire acondicionado lo encendía algunas veces en invierno al contrario de los otros encuestados que lo encienden solo en verano.

Posteriormente se les pregunto respecto a los problemas que tiene la vivienda (como por ejemplo humedad, goteras, etc.) ante lo cual uno de ellos respondió que la vivienda tiene problemas de humedad en las paredes, otro que la vivienda tenía rajaduras en las paredes y el tercero que tenía problemas de goteras en el techo hasta que luego se cambió por completo el techo gracias al equipo de MEVIR que realiza acondicionamientos de viviendas.

Los tres entrevistados adquirieron la vivienda nueva, por lo que se les pregunto en qué situación estaba, si se necesitaba cambiar o refaccionar. Los tres respondieron que no necesitaban ningún cambio.

También se les pregunto cómo era la relación con el vecino y con el resto del conjunto, respondieron que buena ya que el vínculo entre las familias se fortalece a partir de que trabajan juntas para llevar a cabo la construcción de las viviendas.

## 6. Estudio de temperatura interior media (TIM)

Se calculará la TIM<sup>5</sup> a partir de la metodología desarrollada por el Arquitecto Aroztegui, la cual permite dar una aproximación por local de la temperatura interior media. Luego se comparará con la temperatura interior media que registraron los termómetros en el periodo de medición. Debe tenerse presente que esta temperatura interior (Tm) comprende las ganancias solares.

	Comedor	Dormitorio 1	Dormitorio 2	Dormitorio 3	Estar	Vivienda
Tm (relevada)	20.3	19.5	20.7	0	20.3	20.2
TIM (con ganancia)	22.2	25.4	22.5	25.4	23.6	23
TIM (sin ganancia)	21.5	24.5	22.2	21.8	22.6	22

*Tabla 18: Muestra la comparación de la TIM*

La temperatura interior media se hallará para todas las habitaciones correspondientes de la vivienda y además se agrega el cálculo suponiendo que la vivienda está compuesta por un solo ambiente.

Para el cálculo se tomará  $T_e = 17.9$  °C que corresponde a la temperatura media exterior medida por los sensores en el periodo de medición y luego a este valor se le suma el  $\Delta t$  hallado por la metodología de TIM calculado con ganancias solares y sin ganancias.

---

<sup>5</sup> Temperatura interior media

Vivienda		TIM
Sin ganancias solares	$\Delta t = 4.3$	22°C
Con ganancias solares	$\Delta t = 5.1$	23°C

Comedor		TIM
Sin ganancias solares	$\Delta t = 3.7$	21.5°C
Con ganancias solares	$\Delta t = 4.4$	22.2°C

Dormitorio 2		TIM
Sin ganancias solares	$\Delta t = 4.3$	22°C
Con ganancias solares	$\Delta t = 4.7$	22.5°C

Dormitorio 3		TIM
Sin ganancias solares	$\Delta t = 4.0$	21.8°C
Con ganancias solares	$\Delta t = 4.7$	22.6°C

Dormitorio 1		TIM
Sin ganancias solares	$\Delta t = 6.7$	24.5°C
Con ganancias solares	$\Delta t = 7.6$	25.4°C

Estar		TIM
Sin ganancias solares	$\Delta t = 4.8$	22.6°C
Con ganancias solares	$\Delta t = 5.8$	23.6°C



## Cálculo de temperatura interior media – Vivienda

COMPLETAR ÚNICAMENTE LAS CELDAS EN GRIS										
Local:	1									
Ciudad:	Paysandú	Te=	11.9 °C							
<b>FACHADAS EXPUESTAS:</b>										
Altura (m):	3	Fachada 1:	32.4	Fachada 2:	22.8	Fachada 3:	32.4	Fachada 4:	22.8	TOTAL (m2)
Largo (m):	10.8	Largo (m):	10.8	Largo (m):	7.6	Largo (m):	10.8	Largo (m):	7.6	110.4
Ancho (m):	7.6	Altura (m):	3	Altura (m):	3	Altura (m):	3	Altura (m):	3	
Volumen 1 (m3):	246.2									
<b>VENTANAS:</b>										
Largo (m):	0	Ventana 1 (m <sup>2</sup> ):	4.32	Ventana 2 (m2):	0	Ventana 3 (m2):	1.44	Ventana 4 (m2):	1.44	7.2
Ancho (m):	0	Largo (m):	3.6	Largo (m):	0	Largo (m):	1.2	Largo (m):	1.2	
Volumen 2 (m3):	0	Altura (m):	1.2	Altura (m):	0	Altura (m):	1.2	Altura (m):	1.2	
Volumen total (m3):	246.24	Orientación:	E		O		S		O	

PÉRDIDAS	GANANCIAS												
U muros= 1.56 (W/m <sup>2</sup> K)													
U techo = 0.78 (W/m <sup>2</sup> K)													
U vidrios= 6 (W/m <sup>2</sup> K)													
Techo expuesto: Si	Φ <sub>oc</sub> = 9 W/m <sup>3</sup>												
Techo expuesto: 82.08 m <sup>2</sup>													
Ventanas o puertas en tres paredes al exterior 2 RPH													
Á exp= 192.48 m <sup>2</sup>													
Fh= 0.04													
FF= 0.78													
Um= 1.39 (W/m <sup>2</sup> K)													
Considerarlo solo en caso de vidrio simple													
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Ventana 1</th> <th style="width: 25%;">Ventana 2</th> <th style="width: 25%;">Ventana 3</th> <th style="width: 25%;">Ventana 4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Á<sub>transp</sub>/V<sub>int</sub>= 0.018</td> <td>0.000</td> <td>0.006</td> <td>0.006</td> </tr> <tr> <td>Φ<sub>rs</sub>= 0.4</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> </tbody> </table>	Ventana 1	Ventana 2	Ventana 3	Ventana 4	Á <sub>transp</sub> /V <sub>int</sub> = 0.018	0.000	0.006	0.006	Φ <sub>rs</sub> = 0.4	0.0	0.0	0.0
Ventana 1	Ventana 2	Ventana 3	Ventana 4										
Á <sub>transp</sub> /V <sub>int</sub> = 0.018	0.000	0.006	0.006										
Φ <sub>rs</sub> = 0.4	0.0	0.0	0.0										

Δt= 5.1 °C	SIN GANANCIAS SOLARES ▲
T <sub>im</sub> = 17.0 °C	
Δt= 5.4 °C	CON GANANCIAS SOLARES ▲
T <sub>im</sub> = 17.3 °C	

\*válido sólo para vidrio común y simple

### Cálculo de temperatura interior media – Estar

COMPLETAR ÚNICAMENTE LAS CELDAS EN GRIS											
Local:	1	Te=		11.9 °C							
Ciudad:	Paysandú										
<b>FACHADAS EXPUESTAS:</b>											
Altura (m):	3	Fachada 1:	12.15	Fachada 2:	9	Fachada 3:	0	Fachada 4:	0	TOTAL (m2)	21.15
Largo (m):	4.05	Largo (m):	4.05	Largo (m):	3	Largo (m):	0	Largo (m):	0		
Ancho (m):	3	Altura (m):	3	Altura (m):	3	Altura (m):	3	Altura (m):	3		
Volumen 1 (m3):	36.5										
<b>VENTANAS:</b>											
Largo (m):	0	Ventana 1 (m <sup>2</sup> ):	1.2	Ventana 2 (m2):	1.6	Ventana 3 (m2):	0	Ventana 4 (m2):	0	TOTAL	2.8
Ancho (m):	0	Largo (m):	1	Largo (m):	0.8	Largo (m):	0	Largo (m):	0		
Volumen 2 (m3):	0	Altura (m):	1.2	Altura (m):	2	Altura (m):	0	Altura (m):	0		
Volumen total (m3):	36.45	Orientación:	E	Orientación:	E	Orientación:	S	Orientación:	O		

PÉRDIDAS			GANANCIAS				
U muros=	1.64 (W/m <sup>2</sup> K)		Φ <sub>oc</sub> = 9 W/m <sup>3</sup>				
U techo =	0.78 (W/m <sup>2</sup> K)		Ventana 1    Ventana 2    Ventana 3    Ventana 4				
U vidrios=	6 (W/m <sup>2</sup> K)		Á <sub>transp</sub> /V <sub>int</sub> =				
Techo expuesto:	Si		Φ <sub>rs</sub> =				
Techo expuesto:	12.15 m <sup>2</sup>		0.8    1.1    0.0    0.0 W/m <sup>3</sup>				
Ventanas o puertas	en una pared al exterior	1 RPH					
Á exp=	33.3 m <sup>2</sup>						
Fh=	0.08	Considerarlo solo en caso de vidrio simple					
FF=	0.91						
Um=	1.69 (W/m <sup>2</sup> K)						

Δt=	4.8 °C	SIN GANANCIAS SOLARES	▲
T <sub>int</sub> =	16.7 °C		
Δt=	5.8 °C	CON GANANCIAS SOLARES	▲
T <sub>int</sub> =	17.7 °C		

\*válido sólo para vidrio común y simple

### Cálculo de temperatura interior media – Comedor

COMPLETAR ÚNICAMENTE LAS CELDAS EN GRIS											
Local:	1										
Ciudad:	Paysandú	Te= 11.9 °C									
<b>FACHADAS EXPUESTAS:</b>											
Altura (m):	3	Fachada 1:	9	Fachada 2:	7.77	Fachada 3:	0	Fachada 4:	0	TOTAL (m2)	16.77
Largo (m):	3	Largo (m):	3	Largo (m):	2.59	Largo (m):	0	Largo (m):	0		
Ancho (m):	2.59	Altura (m):	3	Altura (m):	3	Altura (m):	3	Altura (m):	3		
Volumen 1 (m3):	23.3	<b>VENTANAS:</b>									
Largo (m):	0	Ventana 1 (m <sup>2</sup> ):	1.2	Ventana 2 (m2):	1.6	Ventana 3 (m2):	0	Ventana 4 (m2):	0	TOTAL	2.8
Ancho (m):	0	Largo (m):	1	Largo (m):	0.8	Largo (m):	0	Largo (m):	0		
Volumen 2 (m3):	0	Altura (m):	1.2	Altura (m):	2	Altura (m):	0	Altura (m):	0		
Volumen total (m3):	23.31	Orientación:	S	O		S		O			

PÉRDIDAS			GANANCIAS				
U muros=	1.64 (W/m <sup>2</sup> K)		Φ <sub>oc</sub> = 9 W/m <sup>3</sup>				
U techo =	0.78 (W/m <sup>2</sup> K)		Á <sub>transp</sub> /V <sub>ext</sub> =				
U vidrios=	6 (W/m <sup>2</sup> K)		Ventana 1	Ventana 2	Ventana 3	Ventana 4	
Techo expuesto:	Si		0.051	0.069	0.000	0.000	
Techo expuesto:	7.77 m <sup>2</sup>		Φ <sub>rs</sub> =				
Ventanas o puertas	en dos paredes al exterior	1.5 RPH	0.2	1.7	0.0	0.0	W/m <sup>3</sup>
Á exp=	24.54 m <sup>2</sup>						
Fh=	0.11	Considerarlo solo en caso de vidrio simple					
FF=	1.05						
Um=	1.87 (W/m <sup>2</sup> K)						

Δt=	3.7 °C	SIN GANANCIAS SOLARES	◆
T <sub>int</sub> =	15.6 °C		
Δt=	4.4 °C	CON GANANCIAS SOLARES	▲
T <sub>int</sub> =	16.3 °C		

\*válido sólo para vidrio común y simple

### Cálculo de temperatura interior media – Dormitorio 1

COMPLETAR ÚNICAMENTE LAS CELDAS EN GRIS											
Local:	1										
Ciudad:	Paysandú										
	Te=		11.9 °C								
<b>FACHADAS EXPUESTAS:</b>											
Altura (m):	3	Fachada 1:	9	Fachada 2:	0	Fachada 3:	0	Fachada 4:	0	TOTAL (m2)	9
Largo (m):	3	Largo (m):	3	Largo (m):	0	Largo (m):	0	Largo (m):	0		
Ancho (m):	3	Altura (m):	3	Altura (m):	3	Altura (m):	3	Altura (m):	3		
Volumen 1 (m3):	27.0	<b>VENTANAS:</b>									
Largo (m):	0	Ventana 1 (m²):	1.2	Ventana 2 (m2):	0	Ventana 3 (m2):	0	Ventana 4 (m2):	0	TOTAL (m2)	1.2
Ancho (m):	0	Largo (m):	1	Largo (m):	0	Largo (m):	0	Largo (m):	0		
Volumen 2 (m3):	0	Altura (m):	1.2	Altura (m):	0	Altura (m):	0	Altura (m):	0		
Volumen total (m3):	27	Orientación:	E	O	S	O					

PÉRDIDAS			GANANCIAS				
U muros=	1.64 (W/m²K)		☉oc= 9 W/m³				
U techo =	0.78 (W/m²K)		Ventana 1    Ventana 2    Ventana 3    Ventana 4				
U vidrios=	6 (W/m²K)		Á <sub>transp</sub> /V <sub>int</sub> =				
Techo expuesto:	Si		Φ <sub>rs</sub> =				
Techo expuesto:	9 m²		1.1    0.0    0.0    0.0 W/m³				
Ventanas o puertas	en una pared al exterior	1 RPH					
Á exp=	18 m²						
Fh=	0.07	Considerario solo en caso de vidrio simple					
FF=	0.67						
Um=	1.50 (W/m²K)						

Δt=	6.7 °C	SIN GANANCIAS SOLARES	●
T <sub>int</sub> =	18.6 °C		
Δt=	7.6 °C	CON GANANCIAS SOLARES	●
T <sub>int</sub> =	19.5 °C		

\*válido sólo para vidrio común y simple

### Cálculo de temperatura interior media – Dormitorio 2

COMPLETAR ÚNICAMENTE LAS CELDAS EN GRIS										
Local:	1	Te=		11.9 °C						
Ciudad:	Paysandú									
<b>FACHADAS EXPUESTAS:</b>										
Altura (m):	3	Fachada 1:	9	Fachada 2:	12	Fachada 3:	9	Fachada 4:	0	TOTAL (m2)
Largo (m):	4	Largo (m):	3	Largo (m):	4	Largo (m):	3	Largo (m):	0	30
Ancho (m):	3	Altura (m):	3	Altura (m):	3	Altura (m):	3	Altura (m):	3	
Volumen 1 (m3):	36.0									
<b>VENTANAS:</b>										
Largo (m):	0	Ventana 1 (m2):	1.2	Ventana 2 (m2):	0	Ventana 3 (m2):	0	Ventana 4 (m2):	0	1.2
Ancho (m):	0	Largo (m):	1	Largo (m):	0	Largo (m):	0	Largo (m):	0	
Volumen 2 (m3):	0	Altura (m):	1.2	Altura (m):	0	Altura (m):	0	Altura (m):	0	
Volumen total (m3):	36	Orientación:	E	O	S	O				

PÉRDIDAS		GANANCIAS																						
U muros=	1.64 (W/m <sup>2</sup> K)	Doc= 9 W/m <sup>3</sup>																						
U techo =	0.78 (W/m <sup>2</sup> K)																							
U vidrios=	6 (W/m <sup>2</sup> K)																							
Techo expuesto:	Si																							
Techo expuesto:	12 m <sup>3</sup>																							
Ventanas o puertas	en una pared al exterior	1 RPH																						
Á exp=	42 m <sup>2</sup>																							
Fh=	0.03	Considerarlo solo en caso de vidrio simple																						
FF=	1.17																							
Um=	1.52 (W/m <sup>2</sup> K)																							
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Ventana 1</th> <th>Ventana 2</th> <th>Ventana 3</th> <th>Ventana 4</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\dot{A}_{temp}/V_{int}</math></td> <td>0.033</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>\Phi_{rs}</math></td> <td>0.8</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>W/m<sup>3</sup></td> </tr> </tbody> </table>						Ventana 1	Ventana 2	Ventana 3	Ventana 4		$\dot{A}_{temp}/V_{int}$	0.033	0.000	0.000	0.000		$\Phi_{rs}$	0.8	0.0	0.0	0.0	W/m <sup>3</sup>
	Ventana 1	Ventana 2	Ventana 3	Ventana 4																				
$\dot{A}_{temp}/V_{int}$	0.033	0.000	0.000	0.000																				
$\Phi_{rs}$	0.8	0.0	0.0	0.0	W/m <sup>3</sup>																			

$\Delta t$ =	4.3 °C	SIN GANANCIAS SOLARES	▲
$T_{im}$ =	16.2 °C		
$\Delta t$ =	4.7 °C	CON GANANCIAS SOLARES	▲
$T_{im}$ =	16.6 °C		

\*válido sólo para vidrio común y simple

### Cálculo de temperatura interior media – Dormitorio 3

COMPLETAR ÚNICAMENTE LAS CELDAS EN GRIS										
Local:	1	Te=		11.9 °C						
Ciudad:	Paysandú									
<b>FACHADAS EXPUESTAS:</b>										
Altura (m):	3	Fachada 1:	9	Fachada 2:	6	Fachada 3:	0	Fachada 4:	0	TOTAL (m2)
Largo (m):	3	Largo (m):	3	Largo (m):	2	Largo (m):	0	Largo (m):	0	
Ancho (m):	2	Altura (m):	3	Altura (m):	3	Altura (m):	3	Altura (m):	3	
Volumen 1 (m3):	18.0									
<b>VENTANAS:</b>										
Largo (m):	0	Ventana 1 (m2):	1.2	Ventana 2 (m2):	0	Ventana 3 (m2):	0	Ventana 4 (m2):	0	TOTAL (m2)
Ancho (m):	0	Largo (m):	1	Largo (m):	0	Largo (m):	0	Largo (m):	0	1.2
Volumen 2 (m3):	0	Altura (m):	1.2	Altura (m):	0	Altura (m):	0	Altura (m):	0	
Volumen total (m3):	18	Orientación:	O	O	S	O				

PÉRDIDAS		GANANCIAS																			
U muros=	1.64 (W/m <sup>2</sup> K)	Φ <sub>oc</sub> = 9 W/m <sup>3</sup>																			
U techo =	0.78 (W/m <sup>2</sup> K)																				
U vidrios=	6 (W/m <sup>2</sup> K)																				
Techo expuesto:	Si																				
Techo expuesto:	6 m <sup>2</sup>																				
Ventanas o puertas	en una pared al exterior																				
	1 RPH																				
Á <sub>exp</sub> =	21 m <sup>2</sup>																				
Fh=	0.06																				
FF=	1.17																				
Um=	1.64 (W/m <sup>2</sup> K)																				
		Considerarlo solo en caso de vidrio simple																			
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ventana 1</th> <th>Ventana 2</th> <th>Ventana 3</th> <th>Ventana 4</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Á<sub>transp</sub>/V<sub>ext</sub>=</td> <td>0.067</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td>Φ<sub>rs</sub>=</td> <td>1.7</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> </tr> </tbody> </table>					Ventana 1	Ventana 2	Ventana 3	Ventana 4		Á <sub>transp</sub> /V <sub>ext</sub> =	0.067	0.000	0.000	0.000	Φ <sub>rs</sub> =	1.7	0.0	0.0	0.0
Ventana 1	Ventana 2	Ventana 3	Ventana 4																		
Á <sub>transp</sub> /V <sub>ext</sub> =	0.067	0.000	0.000	0.000																	
Φ <sub>rs</sub> =	1.7	0.0	0.0	0.0																	

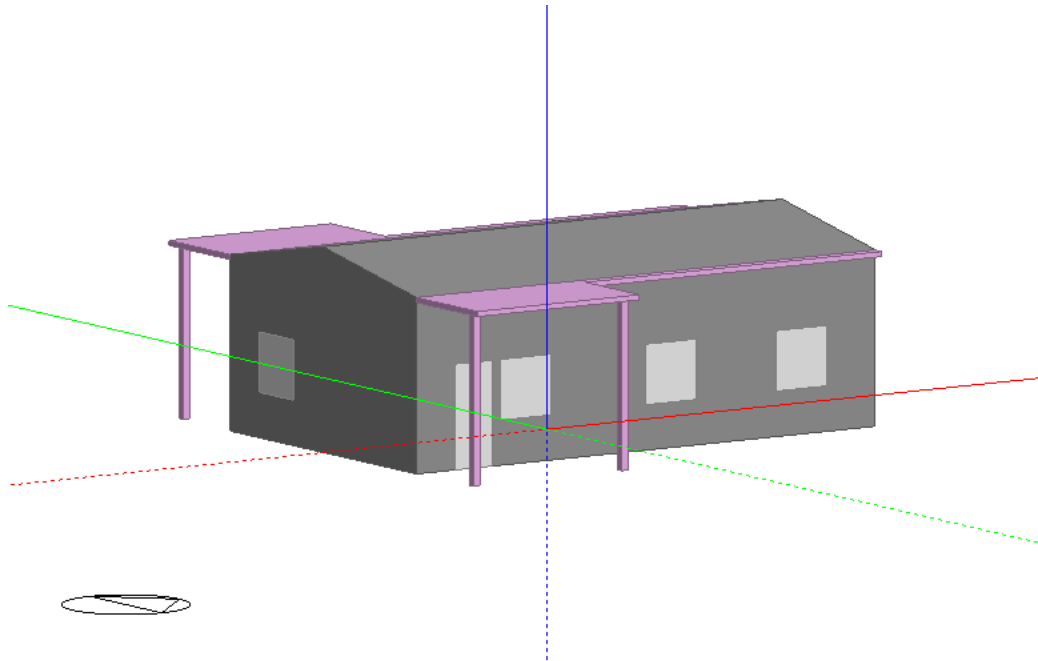
Δt=	4.0 °C	SIN GANANCIAS SOLARES	◆
T <sub>im</sub> =	15.9 °C		
Δt=	4.7 °C	CON GANANCIAS SOLARES	▲
T <sub>im</sub> =	16.6 °C		

\*Válido sólo para vidrio común y simple

## 7. Análisis del comportamiento térmico de la vivienda en Desing Builder

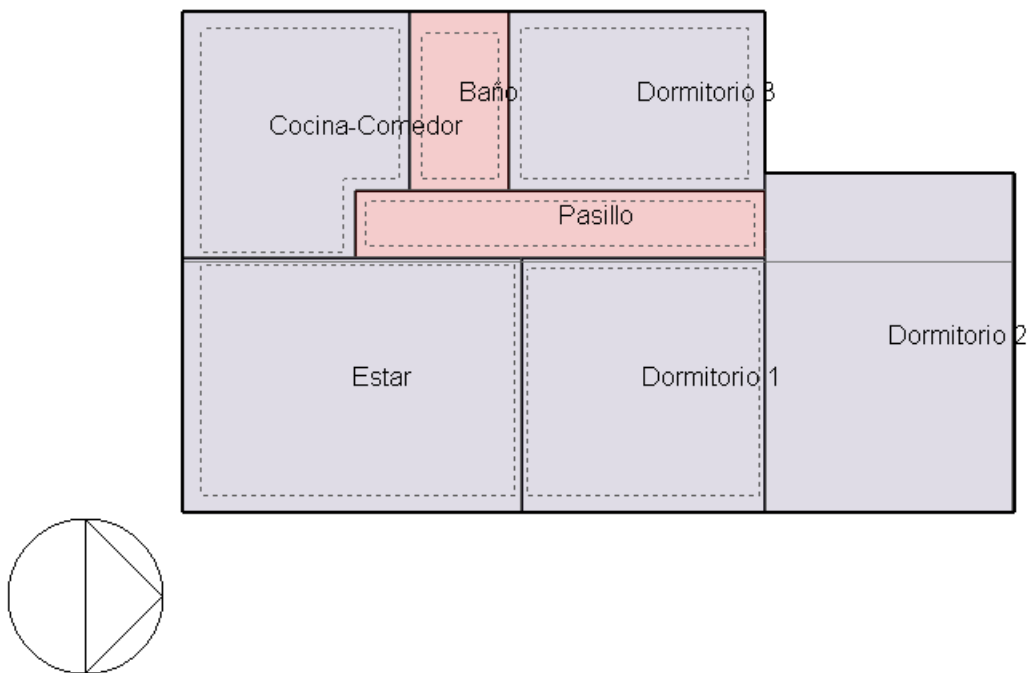
### Introducción

#### Caso de estudio



*Imagen 25: Visualización 3D de la vivienda*

Se estudiará una vivienda construida por MEVIR, específicamente la vivienda tipo 3 en donde su funcionamiento y descripción fue desarrollada anteriormente en este trabajo. El edificio es usado como una vivienda unifamiliar destinada a alojar 6 personas.



*Imagen 26: Planta general de la vivienda y sus respectivas zonas*

Se simuló el prototipo de vivienda a estudiar para analizar el comportamiento térmico mediante la utilización del programa DESIGN BUILDER.

A través de este programa especializado en simulación energética y medioambiental se busca evaluar distintos aspectos como son: horas de confort, balance energético, consumo de energía, entre otros. Se simula la vivienda con equipos de acondicionamiento térmico y sin ellos para analizar cómo se comporta la misma.

Utilizando la estructura modular del programa se crea un modelo 3D del edificio el cual tomamos como núcleo y es complementado con otros módulos para un análisis integral energético.

La creación del modelo virtual nos permite tener una mejor visión con respecto al asoleamiento que recibe el edificio. Se cargan archivos de datos climáticos de la localización geográfica.



Se tiene en cuenta para la simulación la evaluación de la iluminación, sabiendo que la iluminación artificial trae consigo consumo energético y cargas térmicas. Estas cargas térmicas incluyen también al equipamiento utilizado en cada zona, las actividades que en ellas se realizan y todo lo que tenga que ver con su ocupación.

Para la evaluación con acondicionamiento artificial se utiliza el módulo HVAC, mediante este es posible simular los sistemas de calefacción, refrigeración y ventilación mecánica.

### **Simulaciones**

Las simulaciones se emplean para evaluar el desempeño ambiental y energético de la vivienda en tiempo real, utilizando los datos climáticos y horarios de un sitio en particular.

Se definen las condiciones climáticas mediante un archivo de datos climáticos horarios en la parte de datos de sitio. Estas mismas se pueden realizar para distintos períodos, en este caso se simula para períodos diarios, mensuales y anual. Se selecciona una cantidad de 2 etapas de simulación por hora y un tipo de control de temperatura mediante la temperatura del aire.

Se activan las siguientes casillas para los resultados que serán generados mediante los cálculos de diseño de calefacción, refrigeración y la simulación, todos basados en el motor de cálculo EnergyPlus. Cuando se solicitan horas de confort simple estándar ASHRAE 55 el programa calcula las horas de discomfort con cualquier tipo de vestimenta, ya sea de verano o invierno. Las horas de discomfort con estos tipos de vestimenta se calculan evaluando los períodos en los que la relación entre humedad y temperatura operativa quedan fuera de las regiones de la siguiente gráfica indicada en el estándar ASHRAE 55-2004.

## Resultados de Simulación

Se efectuó una primera simulación de la vivienda sin considerar los equipos de acondicionamiento mecánico (estufa y Split) para observar cómo se comporta la misma. Se analizaron los resultados de la simulación de la vivienda en las distintas zonas que la componen y se hallaron en porcentajes las horas de confort y discomfort.

Zona térmica	% de horas en confort de todo el año	% de horas en discomfort por calor	% de horas en discomfort por frio
Edificio	52%	23%	25%
Cocina-Comedor	52%	28%	20%
Dormitorio 1	52%	20%	28%
Dormitorio 2	52%	16%	32%
Dormitorio 3	45%	32%	23%
Estar	54%	26%	20%

*Tabla 19: Porcentaje de horas de confort y discomfort sin equipos de acondicionamiento*

La vivienda se encuentra la mitad del año en confort, un 52% de horas. Es un porcentaje bueno de horas de confort ya que no se tuvieron en cuenta equipos complementarios para acondicionar el ambiente. Las horas de discomfort son un 25% por frio y un 23% por calor.

La cocina-comedor, el dormitorio 1 y 2 presentan un 52% de horas en confort anual. En la cocina-comedor el 28% de discomfort es por calor y el 20% por frio. Observando los resultados se comprobó que son más las horas en discomfort por calor, esto se debe a que es la zona en donde se genera más producción de calor por causa de los equipos deficientes (cocina, heladera, microondas) y también por la orientación de la habitación. Esta misma está orientada al Oeste con ventana al Sur recibiendo en el periodo caluroso en horas de la tarde radiación solar donde las temperaturas son extremas. Los dormitorios 1 y 2 se comportan de forma similar en cuanto a las horas de confort, rondan en el 50%. Los dos poseen la misma orientación, Este y ventana en esa dirección.

En el dormitorio 1 son más las horas de desconfort por frío al igual que en el dormitorio 2. En el dormitorio 3 las horas de confort están por debajo del 50% y además son más las horas de desconfort por calor. Esto puede deberse a que está orientado al Oeste ocurriendo lo mismo que en la cocina comedor, en horas de la tarde en el periodo caluroso es cuando recibe más radiación solar y además tiene ventana al Oeste. En el Estar las horas de confort son de 54% y predominan las horas de desconfort por calor siendo un 26%.

El porcentaje de horas de confort es bueno considerando que la vivienda no cuenta con equipos de acondicionamiento térmico.

A partir de la siguiente tabla se puede explicar el porcentaje de horas de confort que presentó la vivienda:

CONFORT				29.8%
DISCONFORT				70.2%
DISCONFORT	CALOR	21.1%	V	17.3%
			MR	7.3%
			RE	7.5%
			AA	1.2%
	FRÍO	49.1%	MT	29.1%
			CSP	11.6%
SOMBREAMIENTO				46.0%

V	Ventilación
MR	Pasa térmica aislada para refrescamiento
RE	Refrescamiento evaporativo
AA	Aire acondicionado
MT	Masa térmica aislada para calentamiento
CSP	Calentamiento solar pasiva
CA	calefacción artificial

Tabla 20: Tabla extraída de Ficha 1 AT, Ciudad de Salto

En esta tabla se presenta el porcentaje de horas del año en que hay confort y desconfort térmico y porcentajes de horas del año en que cada estrategia es adecuada. Se toma como referencia porque las características térmicas de Salto son similares a las de Paysandú.

Esta región presenta estadísticamente 29.8% de horas de confort y 70.2% de desconfort considerando el rango de confort definido por el DECCA (19°C).

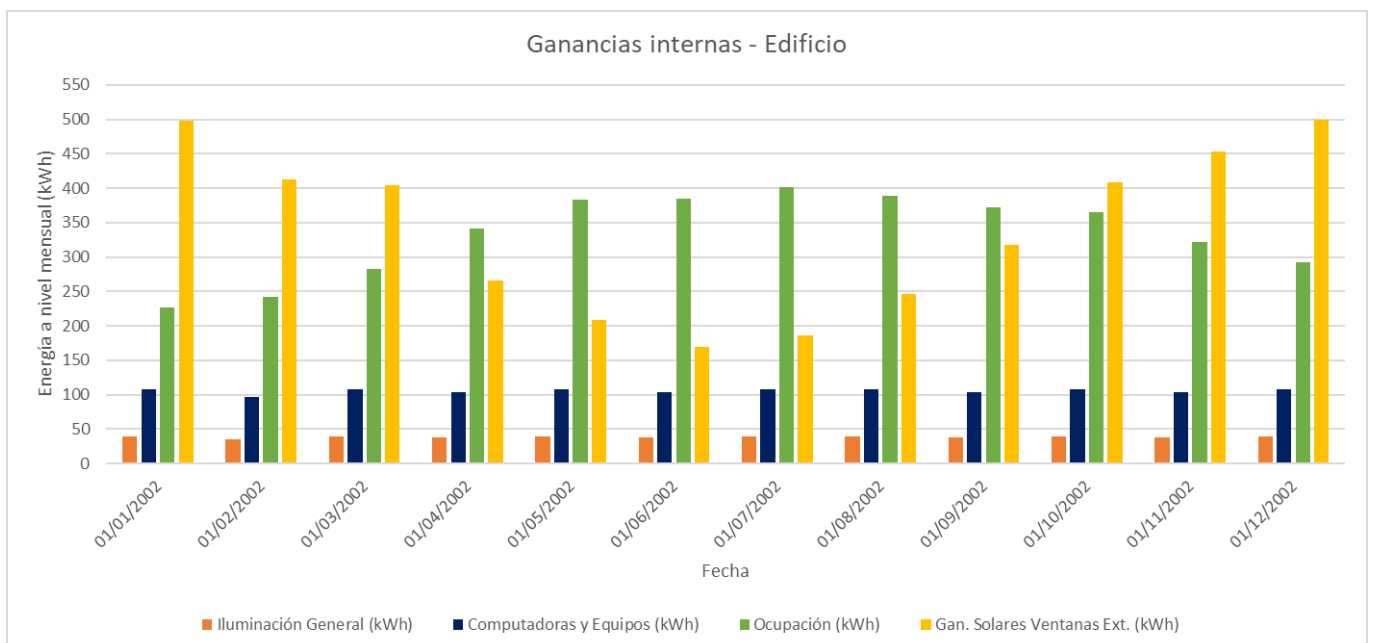
Según la simulación realizada la vivienda posee un 52% de horas en confort anual, lo cual aproximadamente el 30% lo logra naturalmente, mientras que el 22% restante lo consigue con el aporte de la envolvente, el manejo de la ventilación, etc.

Las horas de confort van a aumentar en la medida que utilice estrategias como por ejemplo ventilar en el periodo caluroso que aporta un 17.3% para el periodo frio masa térmica aislada que aporta un 29.1%. La masa térmica de la vivienda estudiada no posee aislamiento por lo tanto no va a aportar el 29% sino que menos y para todo el año tanto para ambos periodos considerar el sombreadamiento que aporta un 46%.

Balace térmico del edificio - Ganancias internas

Ganancias internas				
Fecha/Hora	Iluminación General (kWh)	Computadoras y Equipos (kWh)	Ocupación (kWh)	Gan. Solares Ventanas Ext. (kWh)
01/01/2002	38.97577	107.2643	227.3038	498.1936
01/02/2002	35.20392	96.8839	242.221	412.3714
01/03/2002	38.97577	107.2643	283.0082	403.6149
01/04/2002	37.71848	103.8042	340.7403	266.3786
01/05/2002	38.97577	107.2643	382.7493	208.8141
01/06/2002	37.71848	103.8042	384.5657	168.9235
01/07/2002	38.97577	107.2643	401.9356	185.7187
01/08/2002	38.97577	107.2643	389.3047	246.7046
01/09/2002	37.71848	103.8042	371.6951	317.9278
01/10/2002	38.97577	107.2643	364.3852	408.3053
01/11/2002	37.71848	103.8042	321.8759	453.876
01/12/2002	38.97577	107.2643	292.8263	499.7167

Tabla 21: Ganancias internas. Sin equipos de acondicionamiento



Grafica 13: Grafica ganancias internas. Sin equipos de acondicionamiento

Estas ganancias son parte de las ganancias térmicas de la vivienda, y están dadas por diversos factores como lo son el calor emitido por sus ocupantes (ocupación), la iluminación, las ganancias solares y electrodomésticos y equipos electrónicos. En el caso de las personas que allí habitan, estos liberan calor a su entorno inmediato debido a la actividad corporal y la diferencia de temperatura que existe entre el cuerpo y el ambiente. La iluminación artificial transmite calor por radiación, convección y conducción al interior de la vivienda. Las ganancias solares: es la energía proveniente del sol que genera ganancias térmicas en la vivienda, las que dependen de factores como la situación geográfica (latitud y altitud), la época del año, la orientación y áreas vidriadas. Además, se considera que la radiación no ingresa en su totalidad a la vivienda, ya que puede ser absorbida, reflejada o transmitida. Por último, las ganancias de calor producidas por los aparatos eléctricos, ellos generan calor al estar encendidos.

Se aprecia en el gráfico que los valores de mayor incidencia son las ganancias solares sobre todo en verano. Estas son las que ayudan al confort de la vivienda, por ello es necesario que en invierno se capten este tipo de ganancias, mientras que en verano se controlen ya que produce valores elevados que perjudica el confort. Las ganancias solares deberían representarse en el gráfico de forma descendente en verano y ascendente en invierno por las razones que nombramos anteriormente, pero no es así, ya que son superiores en verano e inferiores en invierno debido a que la vivienda posee ventanas al Este y Oeste.

En cuanto a las ganancias de energía que genera la ocupación, es un valor elevado a lo largo del año, pero no tan elevado como las ganancias solares.

Las ganancias de las computadoras y equipos donde se encuentran agrupados TV por cable, computadoras y heladera (que funciona 24hs al día) también ocupan un valor alto,

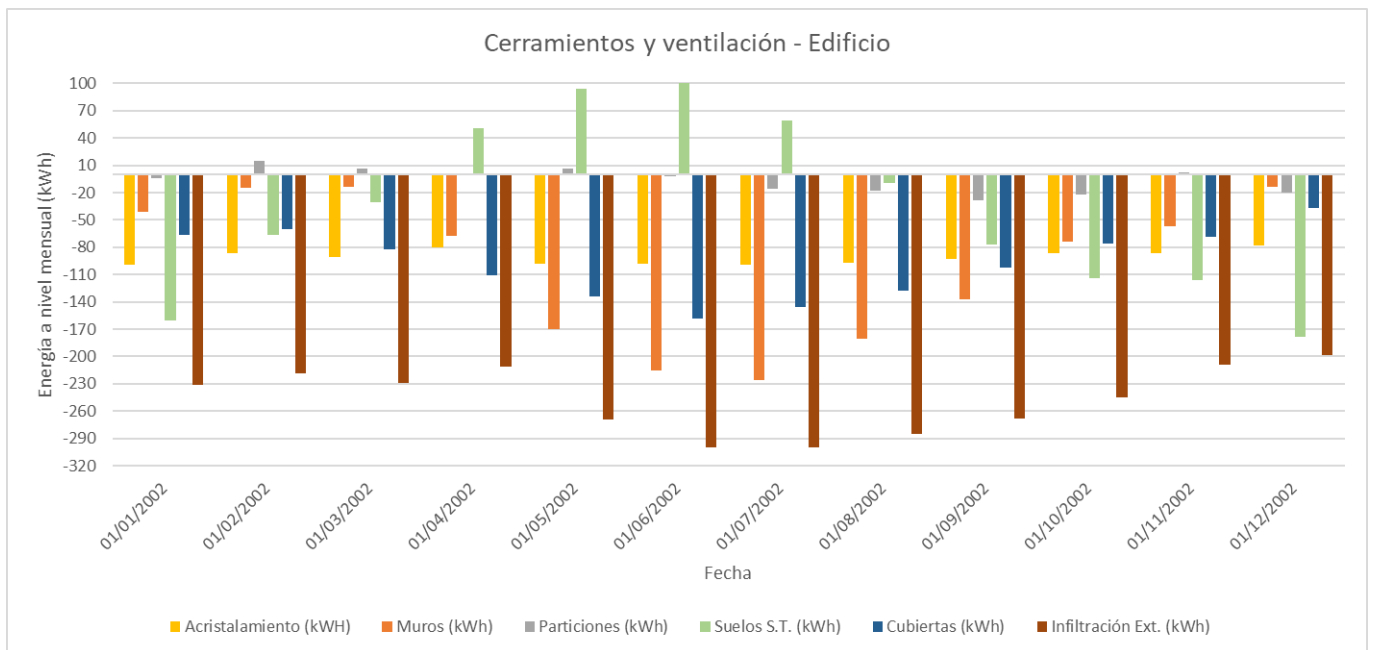
es necesario poner equipos más eficientes que van a disminuir de manera sustancial las ganancias dentro de la vivienda.

La iluminación origina ganancias mínimas y su valor es constantes durante todo el año.

### Balance térmico del edificio - Cerramientos y ventilación

Cerramientos y ventilación						
Fecha/Hora	Acristalamiento (kWh)	Muros (kWh)	Particiones (kWh)	Suelos S.T. (kWh)	Cubiertas (kWh)	Infiltración Ext. (kWh)
01/01/2002	-98.85844	-40.9843	-4.728368	-160.3599	-66.4106	-230.9571
01/02/2002	-86.5315	-15.00058	14.69783	-66.14648	-59.87347	-218.2844
01/03/2002	-91.19798	-13.20645	6.729277	-30.1895	-81.84038	-228.8351
01/04/2002	-79.9357	-67.42689	1.180992	50.54146	-110.9881	-211.5456
01/05/2002	-98.08424	-170.0649	6.682546	94.50272	-134.1115	-269.3382
01/06/2002	-97.73946	-215.671	-2.105159	108.3696	-158.0082	-299.8742
01/07/2002	-99.61566	-226.1205	-16.32041	59.47077	-145.1982	-299.7057
01/08/2002	-96.79757	-180.9892	-17.96255	-9.51614	-127.8253	-284.6501
01/09/2002	-92.44516	-137.2894	-28.45251	-77.34479	-102.1551	-268.1823
01/10/2002	-86.77047	-74.41897	-21.85497	-113.8743	-75.63382	-245.3858
01/11/2002	-86.38828	-57.27839	1.600565	-116.0263	-69.1272	-209.123
01/12/2002	-77.61983	-13.96907	-19.9774	-178.1072	-37.3852	-198.9048

Tabla 22: Balance térmico de la vivienda; cerramientos y ventilación. Sin equipos de acondicionamiento



Grafica 14: Balance térmico de la vivienda; grafica de cerramientos y ventilación. Sin equipos de acondicionamiento

Observando los resultados, las infiltraciones son de mayor relevancia, presentan un valor elevado de pérdidas. La vivienda posee puertas de chapa que son herméticamente deficientes. Por lo tanto, la solución más adecuada sería puertas y ventanas más

herméticas. Las infiltraciones son difíciles de determinar y controlar ya que dependen de otras variables.

En el gráfico podemos apreciar que los muros también tienen pérdidas relevantes. Los mismo poseen poca aislación en su composición afectando de esta manera a la envolvente. Seguidamente las pérdidas por la cubierta son de menor relevancia que la de los muros, pero así mismo tienen un valor elevado. Se debe buscar una solución a esta problemática, la misma tiene cámara de aire, pero no es ventilada. Las pérdidas por las particiones son menores en comparación con el resto, al igual que por el acristalamiento. Las pérdidas por el acristalamiento tienen un valor menor ya que la vivienda posee poca área vidriada.

#### Consumos desglosados

Fecha/Hora	Aparatos (Electricidad kWh)	Iluminación (kWh)
01/01/2002	107	39
01/02/2002	97	35
01/03/2002	107	39
01/04/2002	104	38
01/05/2002	107	39
01/06/2002	104	38
01/07/2002	107	39
01/08/2002	107	39
01/09/2002	104	38
01/10/2002	107	39
01/11/2002	104	38
01/12/2002	107	39

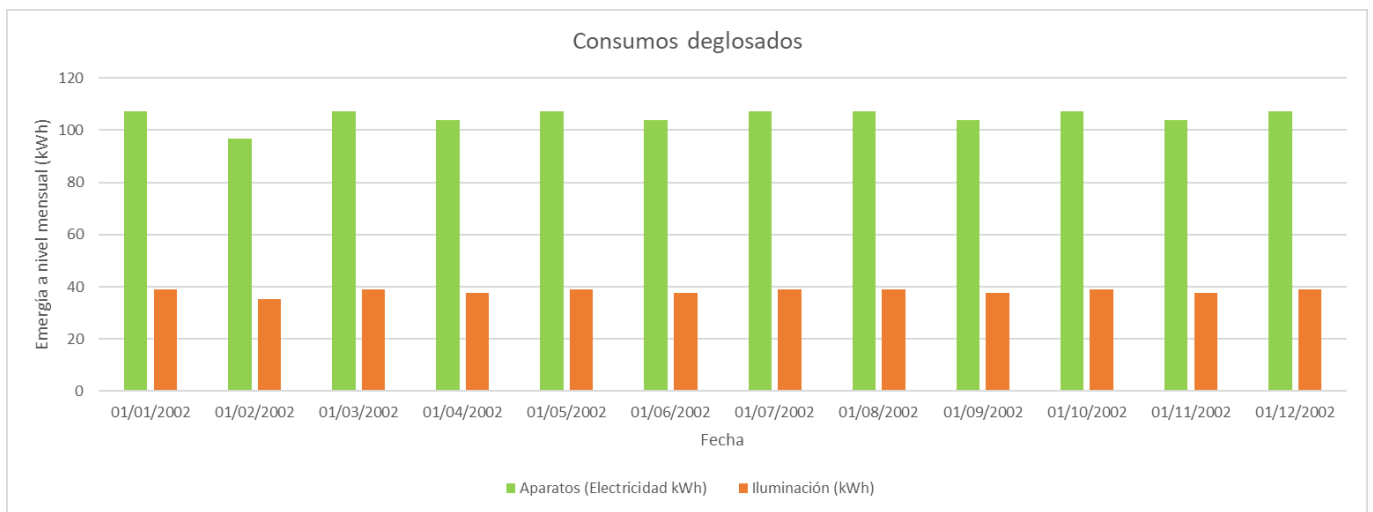
Consumo promedio anual (kWh)	1263	459
------------------------------	------	-----

Promedio anual de electricidad (kWh)	1722
--------------------------------------	------

Promedio mensual de electricidad (kWh)	143
--	-----

*Tabla 23: Consumos desglosados de la vivienda sin equipos de acondicionamiento.*

La vivienda no cuenta con equipos de acondicionamiento térmico por lo tanto los consumos que se van manifestar son los de aparatos eléctricos y de iluminación. La iluminación en comparación con los consumos de los artefactos eléctricos es mínima. La vivienda anualmente consume 1722 KWh un promedio mensual de 143KWh. Los dos valores nombrados anteriormente presentan un valor uniforme durante todo el año como observamos en el gráfico a continuación.

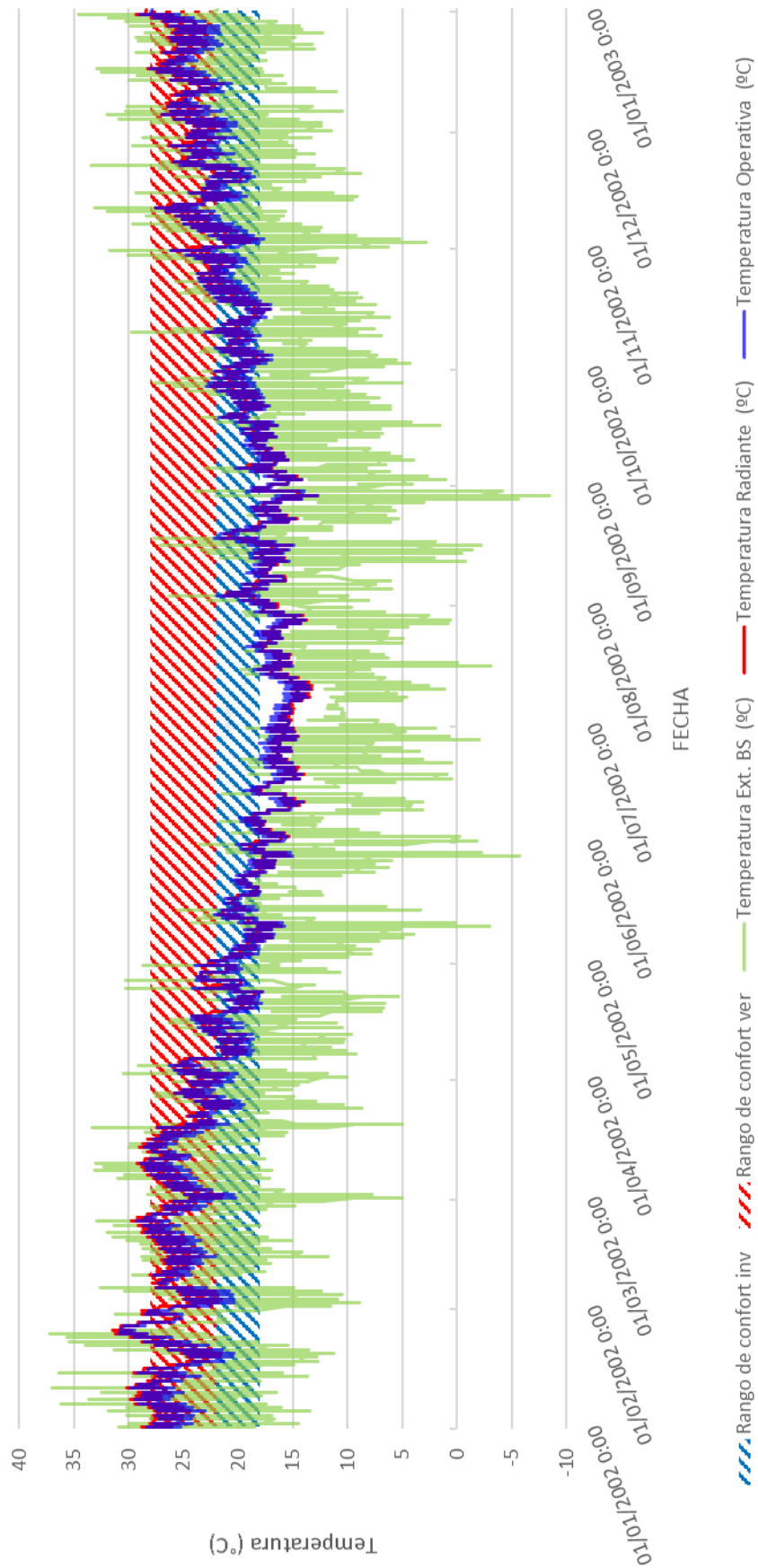


*Grafica 15: Grafica de consumos desglosados de la vivienda sin equipos de acondicionamiento*

Seguidamente se presentan las temperaturas anuales de algunas zonas térmicas que componen la vivienda:



### TEMPERATURAS ANUALES EDIFICIO



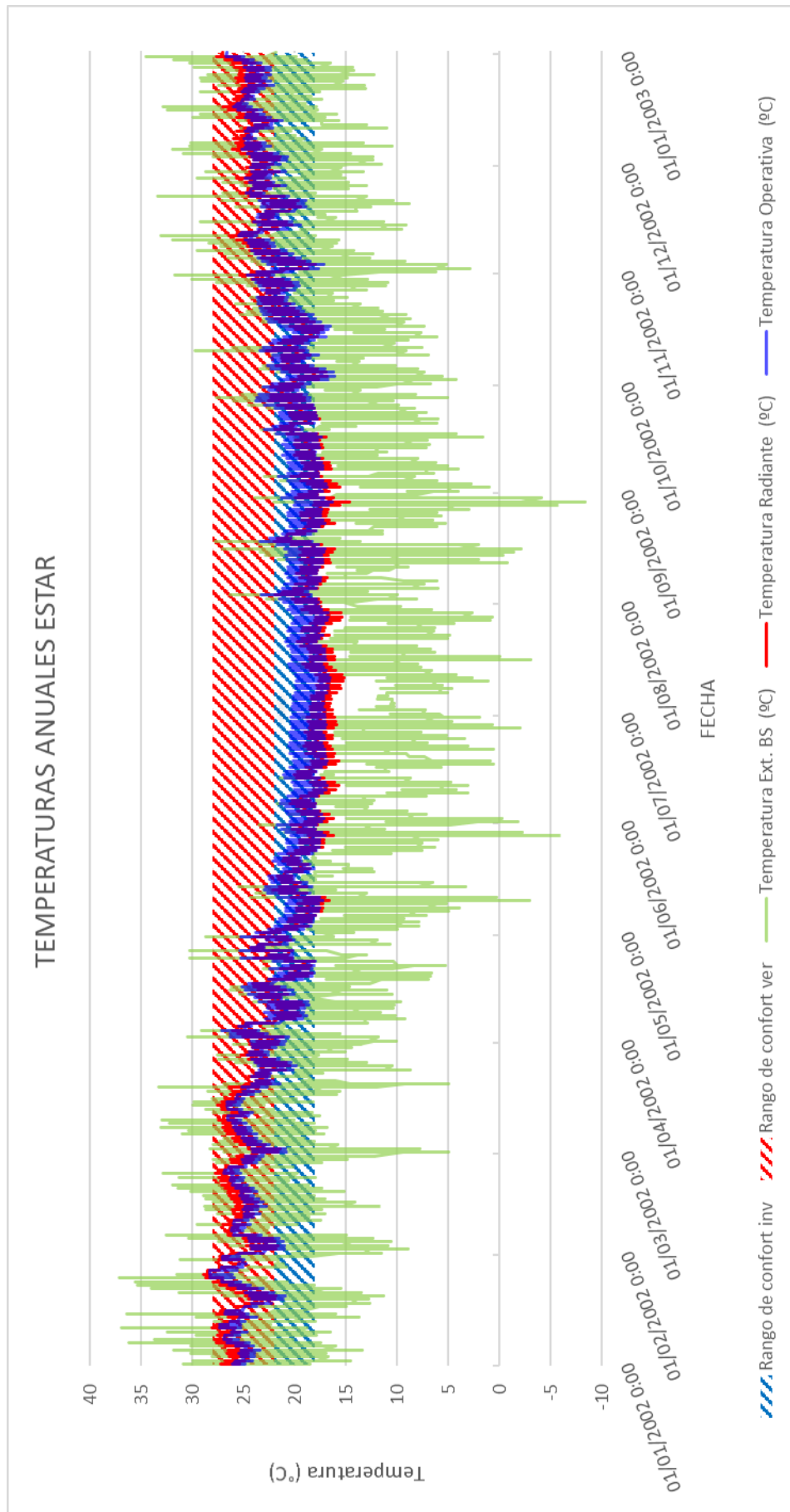
Grafica 16: Grafica anual de temperaturas del edificio

Observando la gráfica anterior, en los meses junio, julio y agosto donde las temperaturas se caracterizan por ser bajas los valores están por fuera del rango de confort quedando por debajo de los 18°C (temperatura inferior del rango de confort para el periodo frio) por ende las horas de disconfort son mayores por frio. Los meses restantes están dentro del rango de confort para el periodo caluroso (22 a 27/28 °C) nunca superando este margen. Se puede ver también la separación que existe entre la temperatura exterior (temperatura ext. De BS) e interior. Esto es producto de efecto que poseen los cerramientos.

Observando el gráfico el Estar se encuentra en confort el 50% del año. En los meses de mayo, junio, julio y agosto se puede ver que la temperatura exterior se aparta de la curva de temperatura interior, en conclusión, en los meses donde las temperaturas son bajas la temperatura interior de la zona se encuentra dentro del rango de confort (18 a 22/24 °C).

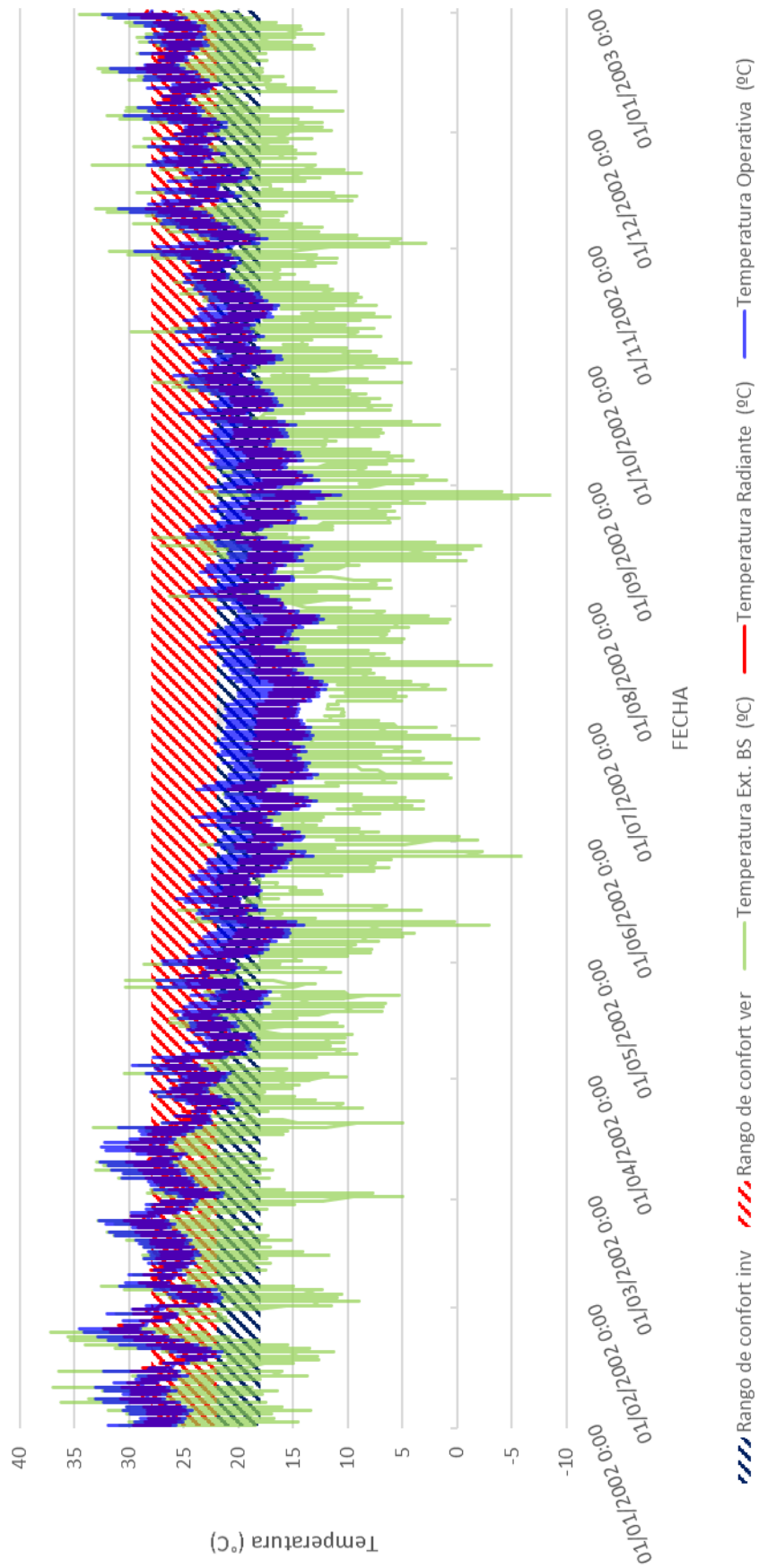
La cocina-comedor indica en su grafico que se encuentra en confort el 50% del año, podemos ver que las temperaturas superan el rango confort para el periodo caluroso (28°C) por consiguiente van a ser más las horas de disconfort por calor como se dijo anteriormente.

Si observamos el gráfico de las temperaturas exteriores con las interiores del dormitorio 3, podemos percibir que pocos días son los que están dentro del margen de aceptabilidad tanto para el periodo frio como para el periodo caluroso. Como vimos anteriormente las horas de confort están por debajo del 50%. Por ende, en el periodo frio las temperaturas interiores están por debajo y en el periodo caluroso las temperaturas sobrepasan este margen. Observando la representación de las temperaturas podemos apreciar que estas superan el rango de 28 °C por ende van a ser más las horas de disconfort por calor.



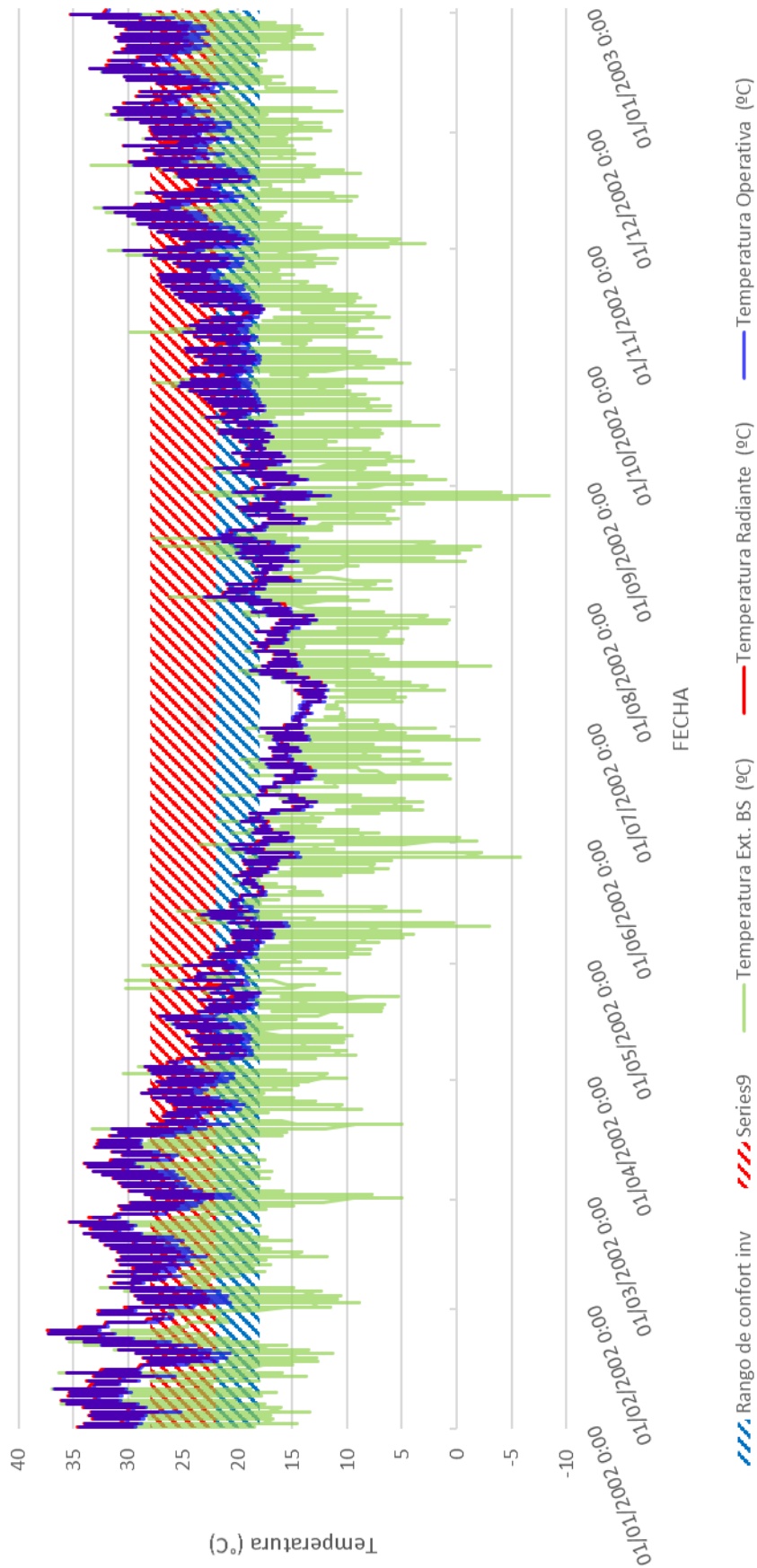
Grafica 17: Grafica anual de temperaturas del estar

### TEMPERATURAS ANUALES COCINA-COMEDOR



Grafica 18: Grafica anual de temperaturas de la cocina-comedor

### TEMPERATURAS ANUALES DORMITORIO 3



Grafica 19: Grafica anual de temperaturas del dormitorio 3

Posteriormente se simuló la vivienda incorporándole los equipos de acondicionamiento térmico que en la realidad cuenta (Split y estufa tradicional). La experiencia de los moradores indica que por sí sola la vivienda sin la ayuda de estos no alcanza niveles aceptables de confort. Se analizaron los resultados de la simulación de la vivienda con las horas de confort y discomfort en las distintas zonas que componen la misma. Luego a partir de los datos que brinda el programa se halló en porcentajes de horas de discomfort y confort para tener una mejor lectura.

Zona térmica	% de horas en confort en el período ocupado	% de horas en discomfort por calor en el período ocupado	% de horas en discomfort por frio en el período ocupado
Edificio	64%	18%	18%
Cocina-Comedor	58%	26%	16%
Dormitorio 1	59%	17%	24%
Dormitorio 2	54%	15%	31%
Dormitorio 3	46%	32%	22%
Estar	98.80%	1.20%	0%

*Tabla 24: Porcentaje de horas de confort y discomfort en el periodo ocupado*

La vivienda presenta un 64% de horas en confort, 2/3 del año. Las horas de discomfort son menores un 18% tanto por frio como por calor. En comparación con la simulación anterior que no incorporaba equipos de acondicionamiento, las horas de confort aumentaron un 12% con la ayuda de estos equipos.

La cocina-comedor posee un 58% de horas en confort anual, el 26% de discomfort es por calor y el 16% por frio. Observando los resultados se comprobó que son más las horas en discomfort por calor, explicado quizás por la generación de calor de los equipos deficientes (cocina, heladera, microondas) o también la orientación de la habitación. Esta misma está orientada al Oeste con ventana al Sur recibiendo en el periodo caluroso en horas de la tarde radiación solar donde las temperaturas se caracterizan por ser elevadas.

Los dormitorios se comportan de forma similar en cuanto a las horas de confort, rondan en el 50%. En el dormitorio 1 son más las horas de disconfort por frío al igual que en el dormitorio 2. En el dormitorio 3 son más las horas de disconfort por calor y además las horas de confort están por debajo del 50%. Esto puede deberse a que está orientado al Oeste ocurriendo lo mismo que en la cocina comedor, en horas de la tarde en el periodo caluroso es cuando recibe radiación solar y además tiene ventana al Oeste.

En el Estar las horas de confort son de 99% y 1% en disconfort por calor. En esta zona es donde se encuentran los equipos de refrigeración y calefacción por lo tanto la zona se va a encontrar acondicionada y sus niveles de confort son aceptables.

<b>Tabla comparativa de % de horas de confort</b>			
<b>Zona térmica</b>	<b>Simulación 0 (sin equipos)</b>	<b>Simulación 0 (con equipos)</b>	<b>Porcentaje de incremento</b>
Edificio	52%	64%	12%
Cocina-Comedor	52%	57.60%	6%
Dormitorio 1	52%	59%	7%
Dormitorio 2	52%	54%	1%
Dormitorio 3	45%	46%	1%
Estar	54%	99%	45%

*Tabla 25: Tabla comparativa de horas de confort*

Comparando las horas de confort de la simulación inicial sin equipos y la simulación que incorpora los equipos de acondicionamiento, las horas de confort aumentaron un 12% con la ayuda de estos. El porcentaje de aumento es mínimo en comparación con el gasto que esto implica. Gastos en cuanto a consumos de electricidad y de leña, pero también para MEVIR ya que la construcción de una estufa tradicional requiere de mano de obra calificada.

En relación al balance de energía de la vivienda (cerramiento-ventilación y ganancias internas) se obtienen los mismos resultados que la simulación inicial sin equipos. Al incorporarle a la vivienda los equipos complementarios de acondicionamiento los gastos de consumos aumentan.

## Consumos desglosados

Fecha/Hora	Aparatos (Electricidad kWh)	Iluminación (kWh)	Calefacción (BIOMASA kWh)	Refrigeración (Electricidad kWh)	Calefacción (BIOMASA kg de leña)
01/01/2002	107.2643	38.97577	0	128.6891	0
01/02/2002	96.8839	35.20392	0	90.47067	0
01/03/2002	107.2643	38.97577	0	81.64223	0
01/04/2002	103.8042	37.71848	100.8465	0	33.6155
01/05/2002	107.2643	38.97577	830.4347	0	276.8115667
01/06/2002	103.8042	37.71848	2428.372	0	809.4573333
01/07/2002	107.2643	38.97577	3068.535	0	1022.845
01/08/2002	107.2643	38.97577	1764.587	0	588.1956667
01/09/2002	103.8042	37.71848	1179.429	0	393.143
01/10/2002	107.2643	38.97577	0	10.67763	0
01/11/2002	103.8042	37.71848	0	35.85599	0
01/12/2002	107.2643	38.97577	0	80.53979	0

Consumo promedio anual (kWh)	1263	459	9372	428	3124
------------------------------	------	-----	------	-----	------

Promedio anual de electricidad (kWh)	2150	Consumo mensual promedio (kWh)	179
--------------------------------------	------	--------------------------------	-----

Consumo promedio anual Refrigeración (kWh)	428	Consumo mensual promedio de Refrigeración (kWh)	71
--	-----	---	----

Consumo promedio anual de Calefacción (kWh)	9372	Consumo promedio anual de Calefacción (kg)	3124
---	------	--	------

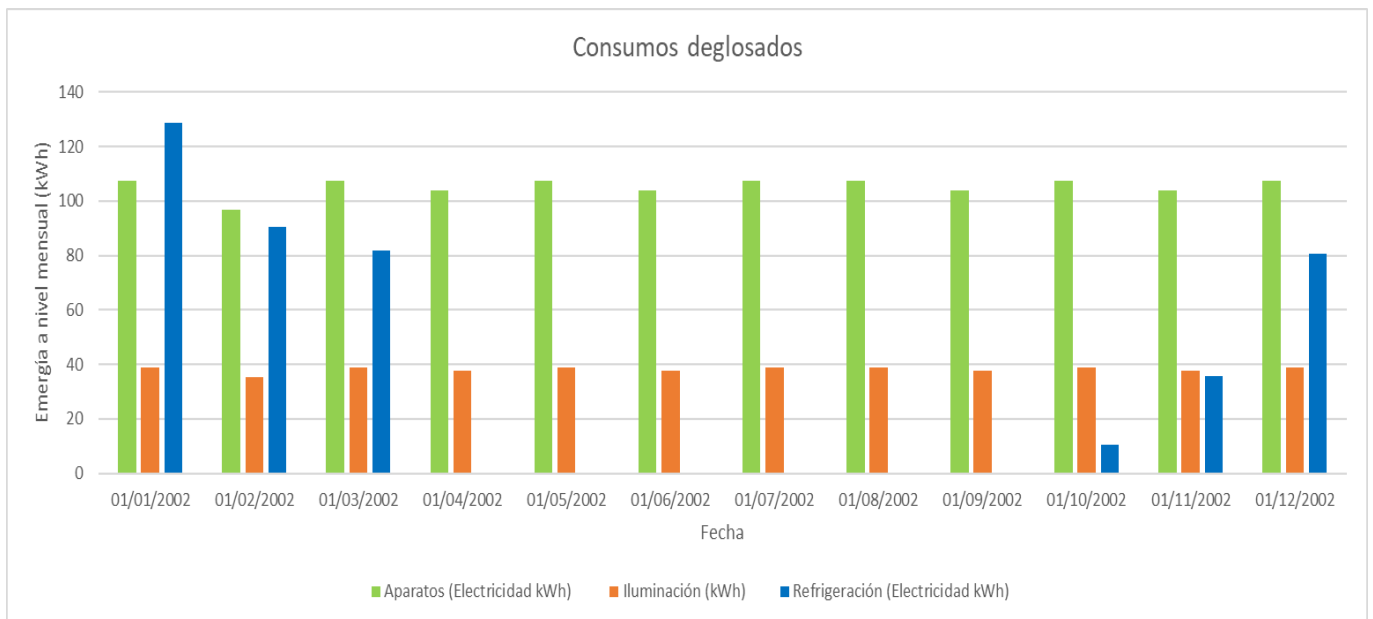
Consumo mensual promedio de calefacción (kg)	521	Gasto (\$) mensual de leña	2083
--	-----	----------------------------	------

*Tabla 26: Consumos desglosados de la vivienda*



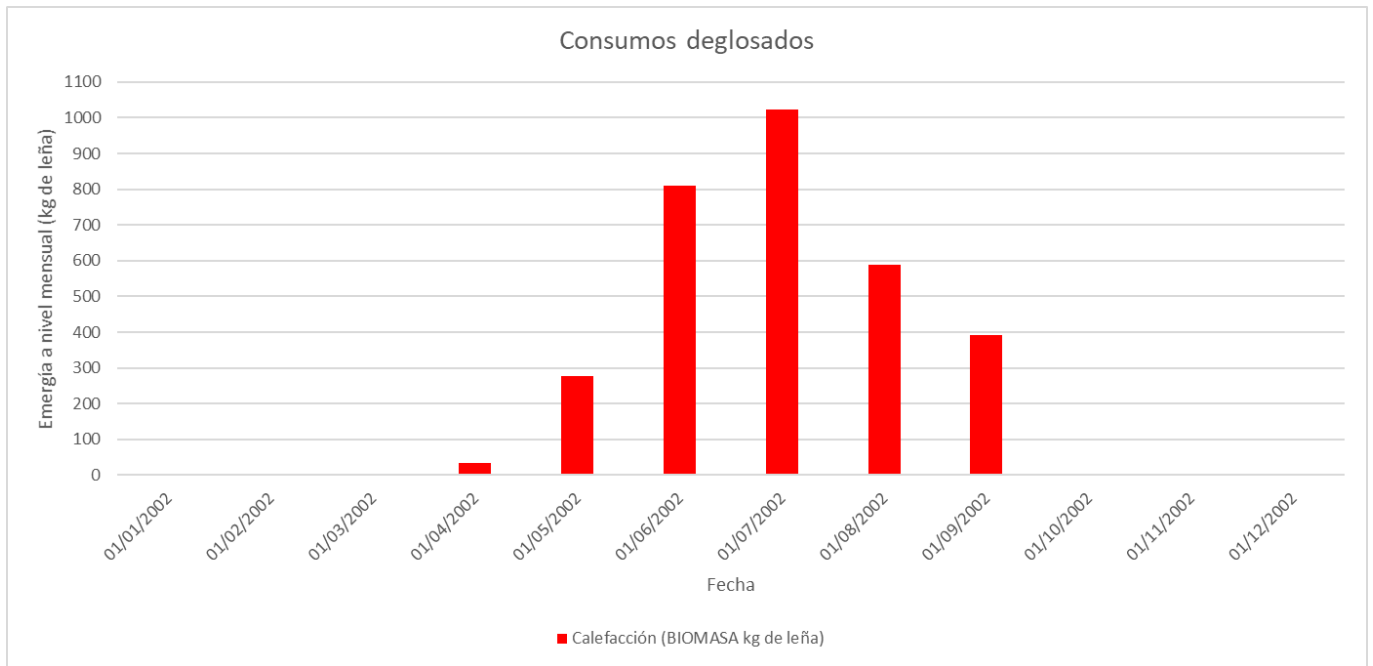
En total la vivienda anualmente consume por electricidad (Aparatos eléctricos, iluminación y refrigeración) 2150 KWh. La calefacción es otro tipo de combustible (leña) por lo tanto lo dejamos aparte en los cálculos de consumo de electricidad. En promedio por mes el gasto de electricidad es de 179 KWh.

La tabla anterior muestra que son superiores los consumos por calefacción mientras que la refrigeración es mínima en comparación con esta. La calefacción consume 9372 KWh anuales. Posteriormente con un valor no tan elevado, pero no menos importante son los aparatos eléctricos donde se encuentran la heladera, computadoras y TV por cable. Respecto a los valores de iluminación, el consumo es mínimo.



Grafica 20: Grafica de consumos desglosados

Posteriormente se realizó una equivalencia para calcular cuánto es el gasto para calefaccionar la vivienda. Se pasó de KWh a Kg de leña, donde 3KWh equivalen a 1 Kg de leña. Por lo tanto, en el Uruguay el Kg de leña vale aproximadamente \$4 anualmente se gastan \$12.496. La representación gráfica nos muestra que el mes de más consumo de leña para calefaccionar es en el mes de julio, necesitando 1000 kg de leña.



*Grafica 21: Grafica de consumos desglosados para la calefacción*

En síntesis, la vivienda sin la ayuda de equipos complementarios para acondicionar la misma, posee un 52% de horas en confort a nivel anual. Un 23% de horas de disconfort por calor y un 25% de horas de disconfort por frio.

La vivienda con la incorporación del Split y la estufa para acondicionar presenta un 64% de horas de confort a nivel anual. En cuanto a las horas de disconfort son las mismas 18% tanto por frio o por calor.

Las mayores ganancias internas se dan por las ganancias solares, las pérdidas de energía por infiltraciones son significativas, siguiéndole las pérdidas de energía por muros y cubierta. Para calefaccionar el consumo de leña tiene costos elevadísimos.

Como se ha dicho recientemente el consumo que abarca la calefacción es relevante. En los 6 meses de utilización de la estufa, se recogió que se necesitan para calefaccionar 9372 KWh que equivalen a 3124 Kg de leña. Por ende, se tomaron dos hipótesis la primera cuanto se necesita para calefaccionar con la utilización de una estufa

de alto rendimiento y la segunda, cuanto se necesita para calefaccionar la vivienda con la utilización de un equipo de aire acondicionado.

Se tomo la carga de calefacción 9372 KWh y los respectivos rendimientos de los equipos. Para la estufa  $\eta = 0,60$  y para el Split el  $\eta = 3,60$  que es el COP de calefacción del equipo.

Para hallar el consumo de calefacción se realizó una ponderación con los rendimientos de los equipos.

Utilizando la fórmula:

$$C_{calefa} = \frac{Carg\ de\ calf}{\eta}$$

(1) Caculo de consumo para el Split

$$C_{calefa} = \frac{9372KWh \times 0,1}{3,60}$$

$$C_{calefa} = 260\ KWh$$

(2) Caculo de consumo para la estufa de alto rendimiento

$$C_{calefa} = \frac{9372KWh \times 0,1}{0,60}$$

$$C_{calefa} = 1562\ KWh$$

Los 1562 KWh que consume la estufa en su periodo de utilización equivalen a 520 Kg de leña anual.

Con la utilización del Split para calefaccionar, los gastos se reducen en un 97 % y con la estufa de alto rendimiento en un 83%. Pasando a consumir con la estufa de alto rendimiento 1562 KWh y con el Split 260 KWh. Cualquiera de las dos opciones es válida ya que disminuye notoriamente el consumo.

Consumos de calefacción		
Equipos:	KWh	% de cambio
Estufa abierta	9372	-
Estufa de alto rendimiento	1562	83%
Split	260	97%

### **Resultados de las simulaciones con mejoras**

Se realizó un análisis en una segunda etapa de simulación, en la que se incorporan modificaciones a la vivienda para mejorar el confort de la misma considerando que la vivienda cuenta con equipos de acondicionamiento térmico en la realidad.

- 1) Se incorporó 3cm de poliestireno en la cámara de aire del muro original, para mejorar la envolvente ya que no posee aislación térmica y además disminuir las pérdidas de energía por el cerramiento.
- 2) Se realizó un manejo de protecciones solares en las respectivas áreas vidriadas de la vivienda. Se cambia el tipo de control de la persiana de programación a radiación solar, quiere decir que el dispositivo de sombreado se va a activar cuando la suma de la radiación solar directa y difusa exceda el valor especificado en el programa.
- 3) Se modificó la implantación de la vivienda orientándola hacia el Norte quedando los servicios al Sur, incorporando también la mejora 1.
- 4) Se cambió la ubicación de las ventanas de los dormitorios 2 y 3 quedando ahora localizadas hacia el Norte para mejorar el confort de la vivienda y disminuir las ganancias solares sin cambiar la orientación de la mismas.

En todos los casos se realizó una comparación de la simulación inicial con la mejora que se le agregó a la vivienda. Las mejoras incluyen el uso del Split y la Estufa y se compara con la simulación inicial que también incluye los equipos. Para poder contraponer entre

sí y analizar si la propuesta presenta cambios sustanciales tanto económicos como energéticos.

### Mejora 1:

Se incorporó 3cm de poliestireno en la cámara de aire del muro original, para mejorar la envolvente ya que no posee aislación térmica en su composición.

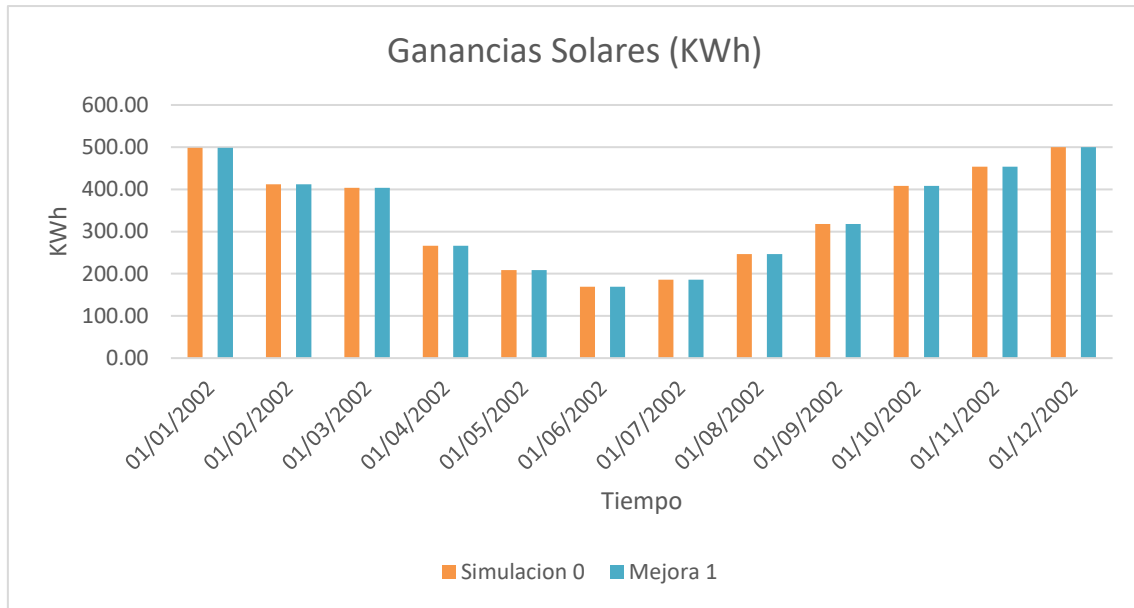
Se estudiaron y compararon los resultados de horas de confort en las distintas zonas, el balance de energía y consumos.

Horas en confort	Simulación 0	Mejora 1	
Zona térmica	% de horas en confort anuales	% de horas en confort anuales	Incremento de hs de confort
Edificio	64%	66%	+2%
Cocina-Comedor	57.60%	58.76%	+1.2%
Dormitorio 1	59%	62%	+3%
Dormitorio 2	54%	57%	+3%
Dormitorio 3	46%	47%	+1%
Estar	99%	99%	0%

*Tabla 27: Mejora 1; Porcentaje de horas de confort en el periodo ocupado*

El edificio presenta un total de 66% de horas en confort, más de la mitad del año en confort. Comparando con la simulación inicial las horas de confort subieron un 2%. Observando los datos en los dormitorios 1 y 2 es donde las horas aumentan más su valor, el Estar sigue manteniendo su nivel del 99% de horas de confort y el dormitorio 3 no alcanza el 50% (un nivel aceptable de horas de confort) es la habitación con menos horas de confort de la vivienda.

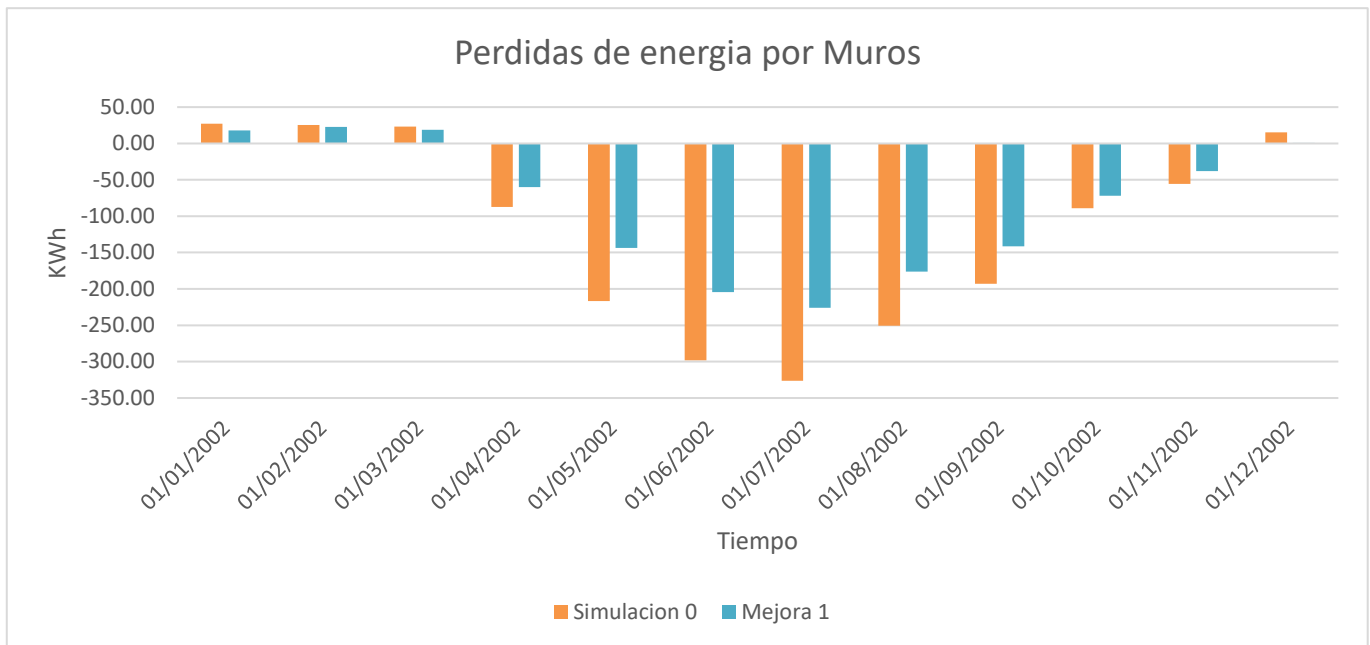
## Balance térmico del edificio -Ganancias internas



*Grafica 22: Mejora 1; ganancias internas del edificio*

Cotejando los valores de la primera simulación con la mejora 1 se puede ver que los valores de mayor relevancia siguen siendo las ganancias solares y que no presentan ninguna variación con respecto a la simulación inicial. La ocupación mantiene el mismo valor al igual que la iluminación y las ganancias por computadoras y equipos. Recordemos que esta mejora tiende a optimizar el cerramiento vertical de la vivienda por lo tanto los cambios se van a presentar en el balance térmico de los cerramientos de la misma, por ende, los valores nombrados anteriormente no presentan ninguna alteración.

## Balance térmico del edificio – Cerramientos y ventilación



*Grafica 23: Mejora 1; Cerramientos y ventilación del edificio*

En el gráfico podemos apreciar como disminuyeron sustancialmente las pérdidas de energía por los muros gracias a la implementación de aislación térmica en la cámara de aire, por ende, resulta recomendable agregar aislación ya que mejora el comportamiento energético de la envolvente, plasmándose en los consumos de energía de la vivienda.

El aislamiento térmico en los cerramientos de la envolvente es un tema crucial, un punto clave a atender desde todos los puntos de vista: energético, económico y de confort.

Los cerramientos opacos interacción con el ambiente dejando pasar o acumulando energía. La energía que penetra por los cerramientos en forma de calor y condiciona el ambiente interior. Por lo tanto, en invierno es conveniente evitar las pérdidas de calor aislando los cerramientos opacos. El aislamiento térmico tiene un rol importantísimo en los cerramientos ya que afecta las condiciones de confort actuando como barrera al paso del calor y este efecto es decisivo sobre las condiciones de habitabilidad de la vivienda. Tiene como objetivo controlar al máximo las condiciones térmicas del medio frente a los agentes térmicos que se presentan en el exterior.

## Consumos desglosados

Consumos desglosados		Simulación 0 (con equipos)	Mejora 1	Porcentaje de variación
Consumo promedio anual (kWh)	Aparatos (Electricidad kWh)	1263	1263	0%
	Iluminación (kWh)	459	459	0%
	Calefacción (BIOMASA kWh)	9372	7480	-20%
	Refrigeración (Electricidad kWh)	428	427	0%
	Calefacción (BIOMASA kg de leña)	3124	2493	-20%

*Tabla 28: Mejora 1; Consumos desglosados del edificio*

Cotejando valores con la simulación inicial, el cambio no es relevante en cuanto al consumo de refrigeración, ya que anualmente la vivienda va a gastar 1 KWh menos para refrigerar. En cuanto a los valores de calefacción se registró un cambio relevante, disminuyendo un 20%. La refrigeración es mínima en comparación con esta. Para visualizar la disminución del gasto por calefacción la vivienda consumía 3124 Kg de leña y ahora son 2493 Kg anuales.

En síntesis, con esta mejora se logran disminuir las pérdidas de energía por el cerramiento vertical y un consumo menor de leña para calefaccionar la vivienda. Estos logros son los que producen un menor gasto económico y mejoran el confort de los ambientes, al perderse menos energía por los muros con la incorporación de aislación correspondiente. Se necesitan menos KWh para calefaccionar la vivienda lo que se refleja en la economía de la familia y el bienestar.

Con la implementación de esta mejora a la vivienda real se suma un adicional al presupuesto de MEVIR, ya que no está considerada la aislación térmica de muros en el prototipo que construyen. Por lo tanto, se va a calcular el adicional que corresponde a este cambio.



El área de muro de la vivienda es de 104 m<sup>2</sup> y el precio del m<sup>2</sup> de poliestireno expandido de 3 cm de espesor vale aproximadamente \$75. Se traduce a un adicional de \$7800.

### **Mejora 2:**

Se realizó un manejo de protecciones solares en las respectivas áreas vidriadas de la vivienda para lograr disminuir las ganancias solares.

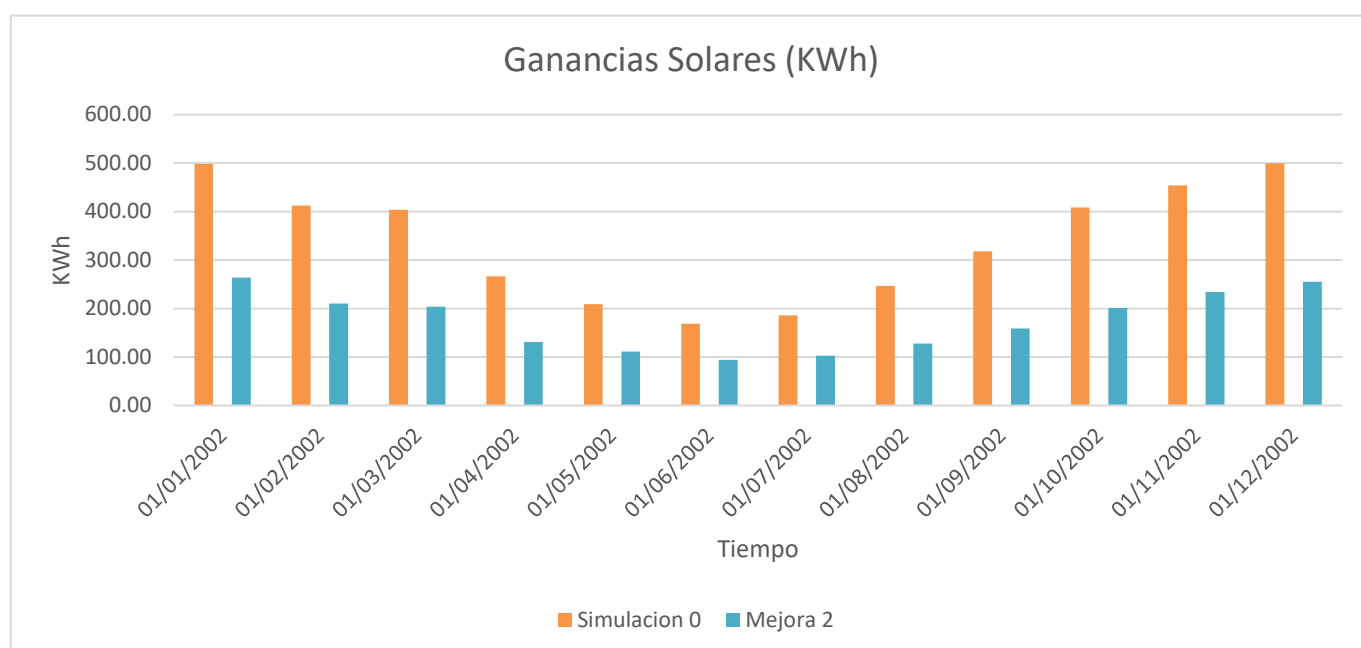
Se estudiaron las horas de confort de la vivienda intervenida comparándola con la simulación inicial, expresando en porcentaje los valores para tener una mejor lectura. También se obtuvo el balance de energía, ganancias internas y los consumos desglosados que nos permitirán comparar ambas opciones.

<b>Horas en confort</b>	<b>Simulación 0 (con equipos)</b>	<b>Mejora 2</b>	
<b>Zona térmica</b>	<b>% de horas en confort anuales</b>	<b>% de horas en confort anuales</b>	<b>Incremento de hs de confort</b>
Edificio	64%	66%	+2%
Cocina-Comedor	57.60%	58.37%	+0.8%
Dormitorio 1	59%	59%	0%
Dormitorio 2	54%	54%	0%
Dormitorio 3	46%	54%	+9%
Estar	99%	99%	0%

*Tabla 29: Mejora 2; Porcentaje de horas de confort en el periodo ocupado*

Si observamos el porcentaje de horas de confort comparando con la simulación inicial el cambio es poco notorio, un 2% a nivel edificio. Pero el dormitorio 3 aumenta sus horas de confort en un 9%. Podemos decir que con esta mejora el dormitorio 3 es el que se beneficia alcanzando un nivel aceptable de horas de confort.

## Balance térmico del edificio - Ganancias internas



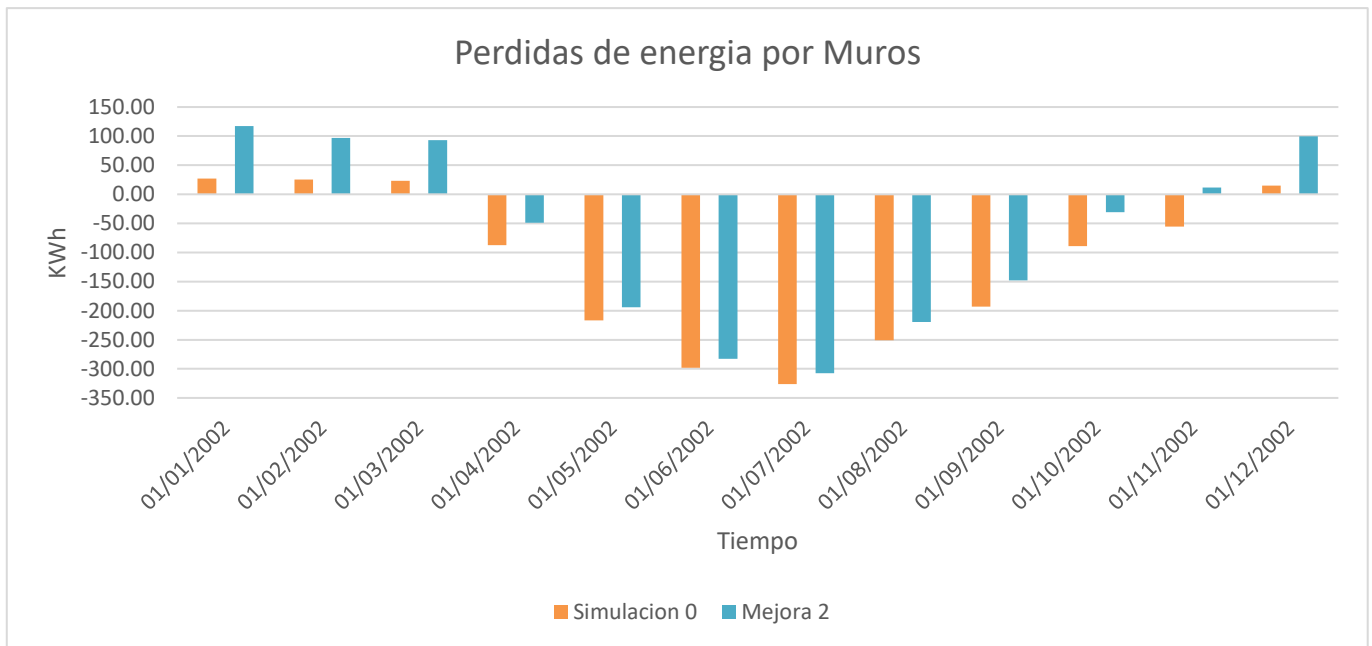
*Grafica 24: Mejora 2; ganancias internas del edificio*

Si contemplamos los resultados y los comparamos con la simulación inicial no notamos ningún cambio en cuanto a los valores de ganancias de las computadoras y equipos, iluminación y ocupación. Pero si se pudo apreciar que los valores de las ganancias solares disminuyen un 50%, valor a destacar ya que estas provocan ganancias térmicas al interior de la vivienda perjudicando el confort.

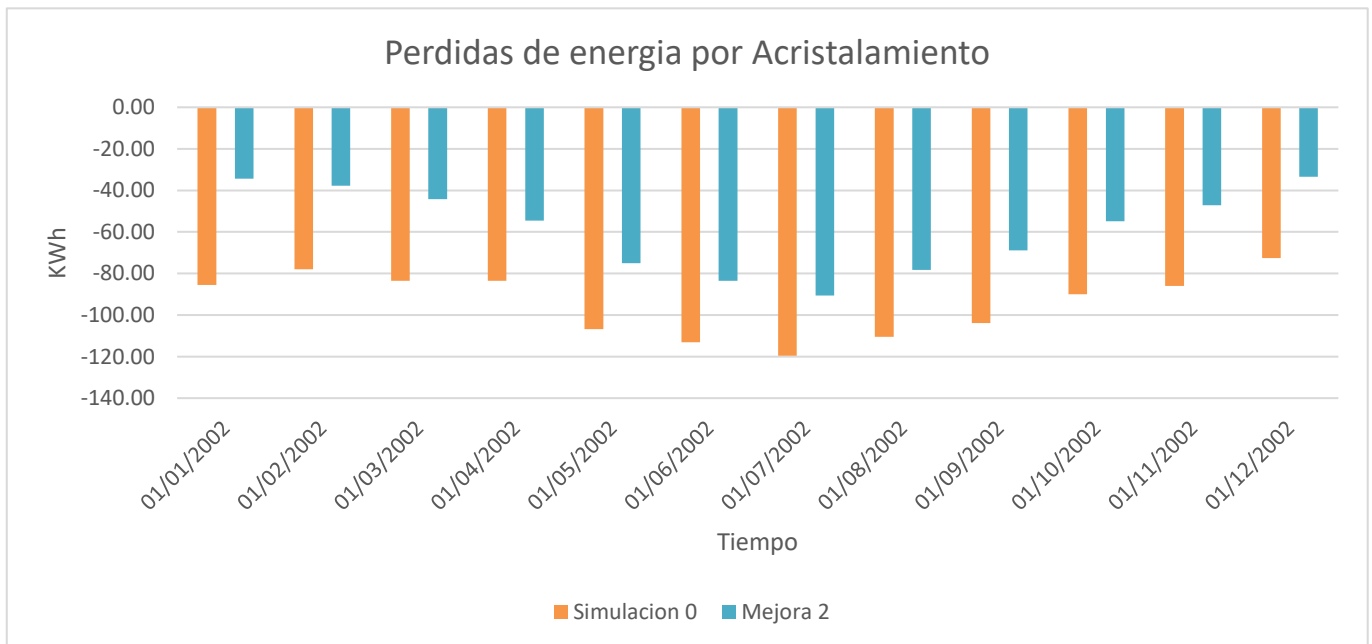
En esta mejora se llevó a cabo el manejo de las protecciones solares existentes en la vivienda. La utilización de las mismas tiene un efecto importante mejorando de forma significativa las condiciones térmicas del interior, especialmente en verano.

Las condiciones climáticas características del sitio donde estamos trabajando hace que la arquitectura sea más compleja al tener que ser adaptable y capaz de incluir sistemas flexibles que puedan cambiar con facilidad. Es el caso de las protecciones solares que presenta la vivienda ya que en invierno son inutilizables para poder dejar pasar la radiación y en invierno se vuelven una necesidad para poder proteger a la vivienda de la radiación solar directa.

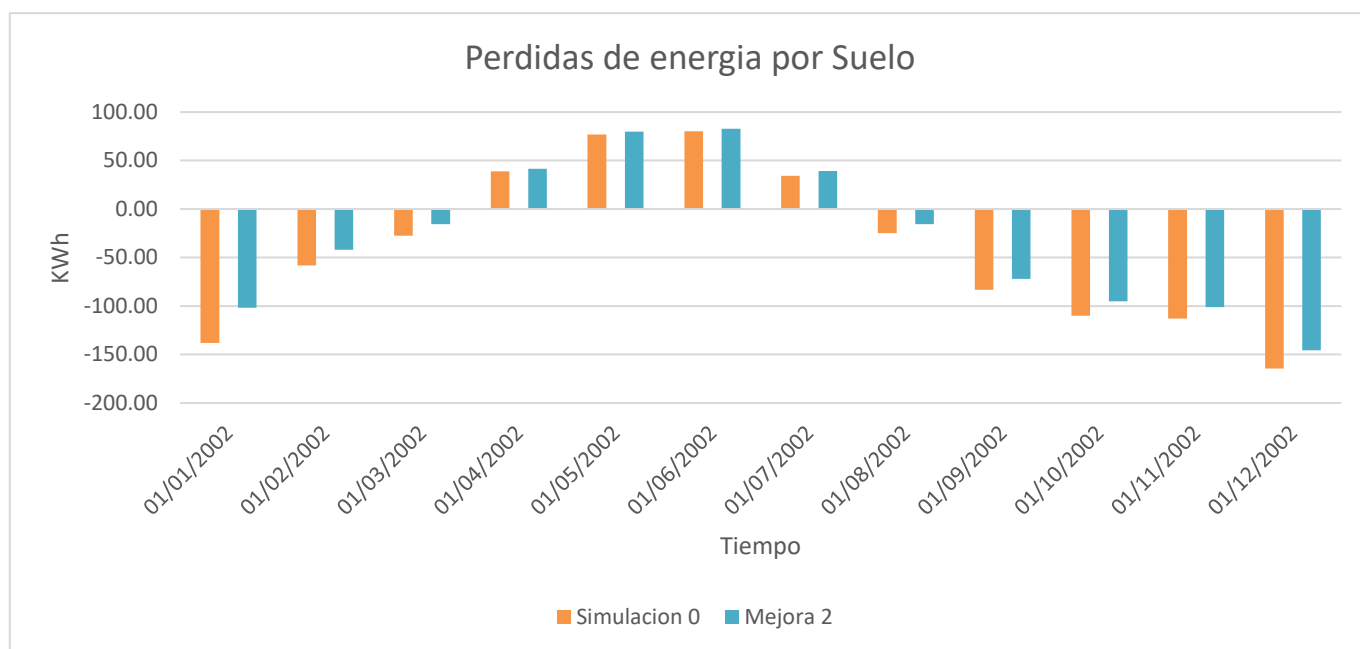
## Balance térmico del edificio -Cerramientos y ventilación



Grafica 25: Pérdidas de energía por el cerramiento vertical. Mejora 2



Grafica 26: Pérdidas de energía por el acristalamiento. Mejora 2



Grafica 27: Pérdidas de energía por el suelo sobre el terreno. Mejora 2

En resumen, en cuanto al balance de energía, esta mejora implementa un descenso de las pérdidas en los muros, en el acristalamiento y en las pérdidas por el suelo. Son valores significativos para la vivienda simplemente con la utilización y el correcto manejo de persianas de tablillas.

La lógica de la disminución de estos valores se basa en la utilización de las protecciones solares ya que estas mismas mejoran la temperatura interior media de la vivienda evitando el sobrecalentamiento.

#### Consumos desglosados

Consumos desglosados		Simulación 0 (con quipos)	Mejora 2	Porcentaje de variación
Consumo promedio anual (kWh)	Aparatos (Electricidad kWh)	1263	1263	0%
	Iluminación (kWh)	459	459	0%
	Calefacción (BIOMASA kWh)	9372	9578	+2%
	Refrigeración (Electricidad kWh)	428	418	-2%
	Calefacción (BIOMASA kg de leña)	3124	3193	+2%

Tabla 30: Mejora 2; consumos desglosados

Si analizamos minuciosamente los resultados, hay un cambio mínimo en los consumos de refrigeración y calefacción.

La calefacción aumenta un 2% y la refrigeración disminuye un 2%. En resumen, las intervenciones que se le realizan a la vivienda no afectan a los consumos energéticos, sino que las variaciones se ven reflejadas en el balance de energía de la vivienda.

### **Mejora 3:**

Se modificó la implantación de la vivienda orientando la fachada principal hacia el Norte quedando los servicios al Sur. Incorporando también aislación térmica en el cerramiento vertical.

De igual manera se estudiaron las horas de confort de las distintas zonas de la vivienda intervenida comparándola con la simulación inicial. También se obtuvo el balance de energía, ganancias internas y los consumos desglosados que nos permitirán ver cuál es la mejor opción.

<b>Horas en confort</b>	<b>Simulación 0 (con equipos)</b>	<b>Mejora 3</b>	
<b>Zona térmica</b>	<b>% de horas en confort anuales</b>	<b>% de horas en confort anuales</b>	<b>Incremento de hs de confort</b>
Edificio	64%	73%	+9%
Cocina-Comedor	57.60%	56.64%	+1.0%
Dormitorio 1	59%	75%	+17%
Dormitorio 2	54%	66%	+13%
Dormitorio 3	46%	51%	+6%
Estar	99%	99%	0%

*Tabla 31: Mejora 3; Porcentaje de horas de confort en el periodo ocupado*

Comparando valores con la simulación inicial las horas de confort aumenta notoriamente producto de la mejora que se realizó, la vivienda presenta un total de 73% de horas en confort. En síntesis, el dormitorio 1 es el que más aumento su valor 17% y el dormitorio 3 el que menos acrecentó su valor un 6%.

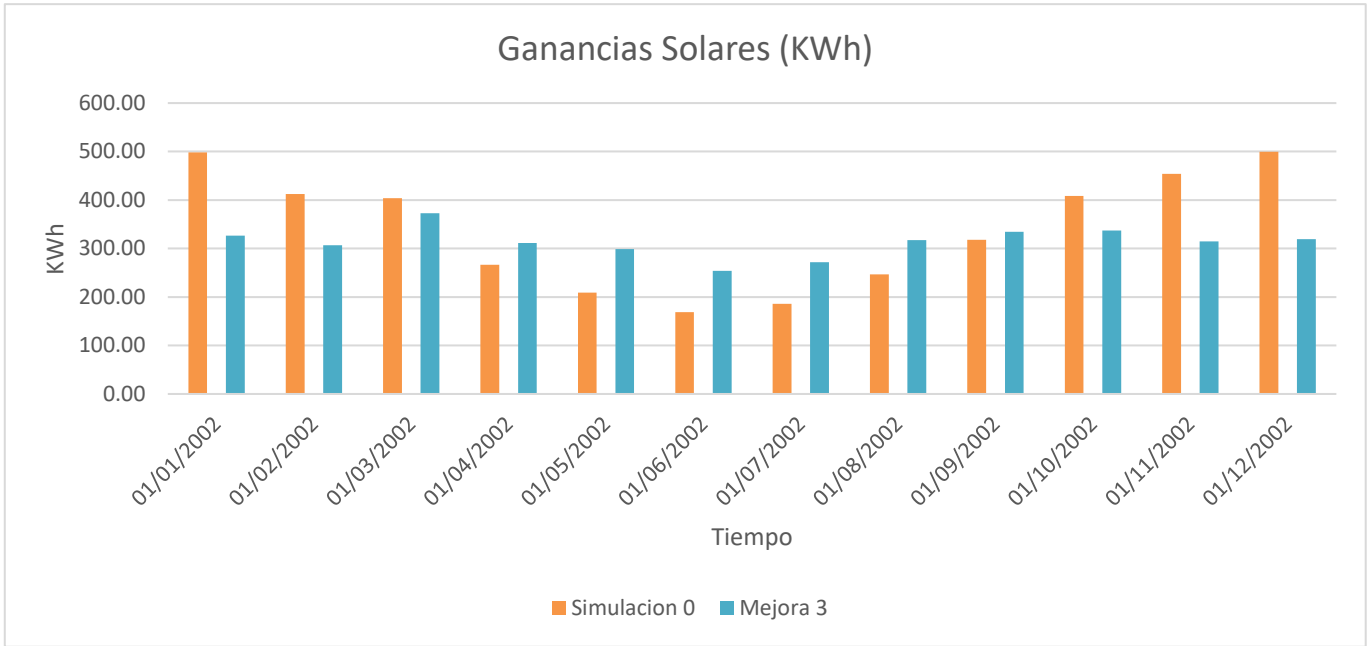
Un 73 % de horas en confort a nivel general es un muy buen valor producto del cambio de orientación. Simplemente con modificar la implantación de la vivienda se producen cambios significativos, pero esta acción se debe estudiar a nivel de anteproyecto.

#### Balance térmico del edificio -Ganancias internas

Se presenta el balance térmico del edificio mensualmente: en cuanto a las ganancias por iluminación, aparatos y la ocupación no presentan ningún cambio cotejando con el balance térmico de la simulación inicial.

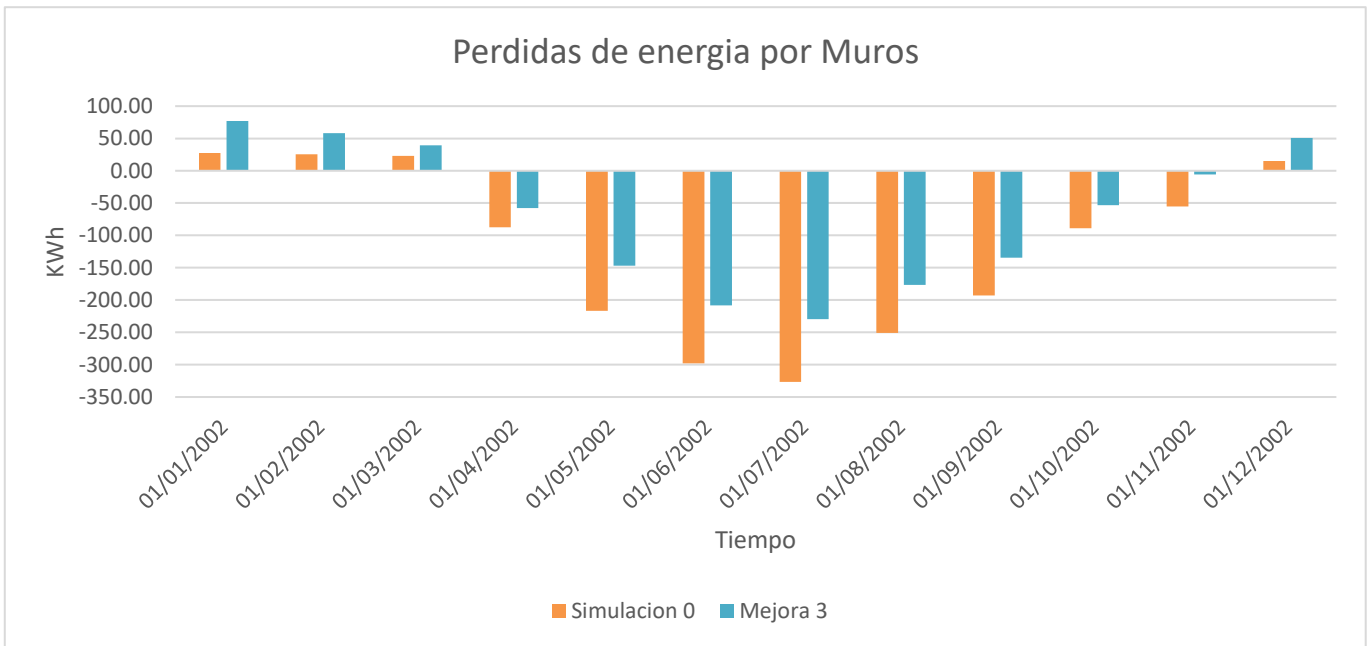
En general las ganancias solares disminuyeron, pero así mismo siguen siendo más elevadas en verano que en invierno. La orientación inicial de la vivienda no es la adecuada. Luego de la intervención las ganancias solares poseen casi el mismo valor durante todo el año.

En este caso la intervención que se le realizó a la vivienda provoco un descenso en las ganancias solares ya que la forma en que se dispone la vivienda hace que la cantidad de radiación solar que incide en cada plano varié con la orientación y según la época del año. Por lo que formas diversas de disponer la vivienda en el terreno tendrán comportamientos térmicos globales diferentes. Podemos decir que la orientación Norte es preferible en climas cálidos y húmedos como en nuestro caso.

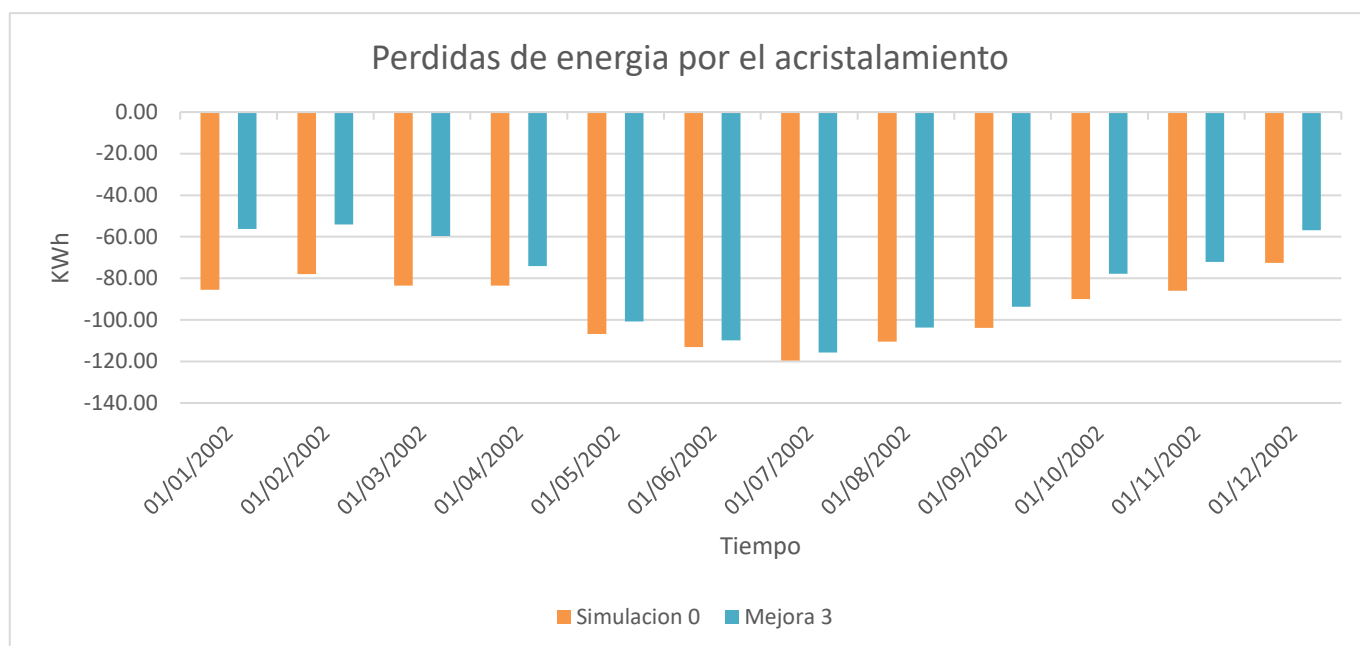


*Grafica 28: Mejora 3; Ganancias internas del edificio*

### Balance térmico del edificio – Cerramiento y ventilación



*Grafica 29: Pérdidas de energía por el cerramiento vertical. Mejora 3*



Grafica 30: Pérdidas de energía por el acristalamiento. Mejora 3

Se presenta el balance térmico de la vivienda mensualmente en cuanto a las pérdidas por los cerramientos. Las pérdidas por el acristalamiento y muros bajaron producto del cambio de orientación.

La orientación define el microclima de la vivienda o ambiente interior, las consecuencias son importantes tanto para el confort térmico de los usuarios como para el menor usos de energía para acondicionar la vivienda.

#### Consumos desglosados

Consumos desglosados		Simulación 0 (con equipos)	Mejora 3	Porcentaje de variación
Consumo promedio anual (kWh)	Aparatos (Electricidad kWh)	1263	1263	0%
	Iluminación (kWh)	459	460	0%
	Calefacción (BIOMASA kWh)	9372	5953	-36%
	Refrigeración (Electricidad kWh)	428	443	+4%
	Calefacción (BIOMASA kg de leña)	3124	1984	-36%

Tabla 32: Mejora 3; consumos desglosados



Si observamos los valores y los cotejamos con la simulación inicial los aparatos e iluminación no variaron. En cuanto a la calefacción disminuyo a nivel anual un 36%. La refrigeración aumento un 4%.

Como se dijo anteriormente, es beneficioso el cambio de orientación de la vivienda ya que produce una disminución del consumo de calefacción y el aumento de refrigeración es mínimo.

#### **Mejora 4:**

Se cambió la ubicación de las ventanas de los dormitorios 2 y 3 quedando ahora localizadas hacia el Norte para mejorar el confort de la vivienda y disminuir las ganancias solares sin cambiar la orientación de la mismas.

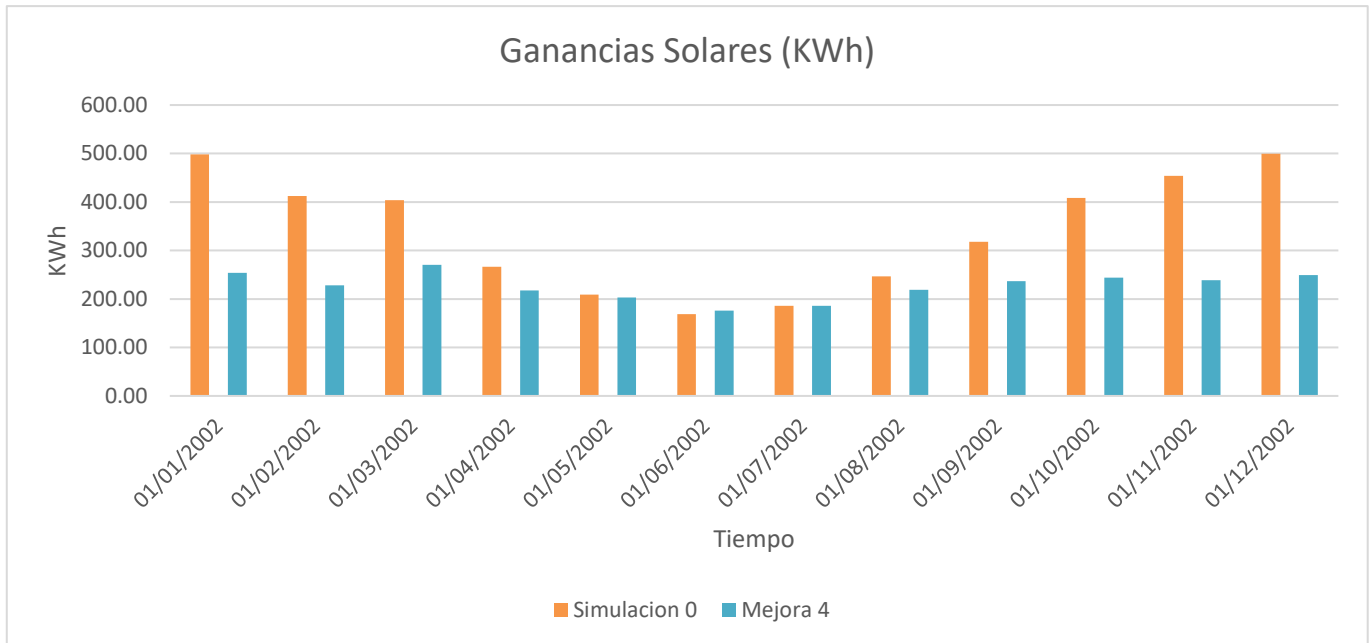
Se analizaron las horas de confort de las distintas zonas de la vivienda intervenida comparándola con la simulación inicial, También se obtuvo el balance de energía y los consumos desglosados que nos permitirán ver cuál es la mejor opción.

<b>Horas en confort</b>	<b>Simulación 0 (con equipos)</b>	<b>Mejora 4</b>	
<b>Zona térmica</b>	<b>% de horas en confort anuales</b>	<b>% de horas en confort anuales</b>	<b>Incremento de hs de confort</b>
Edificio	64%	69%	+5%
Cocina-Comedor	57.60%	57.94%	+0.3%
Dormitorio 1	59%	61%	+2%
Dormitorio 2	54%	60%	+6%
Dormitorio 3	46%	55%	+9%
Estar	99%	99%	0%

*Tabla 33: Mejora 4; Porcentaje de horas de confort en el periodo ocupado*

Comparando los valores de confort de la mejora 4 con la simulación inicial con equipos, las horas de confort crecen en porcentajes ínfimos. El dormitorio 3 es el más beneficiario que aumenta su valor un 9%.

## Balance térmico del edificio -Ganancias internas



*Grafica 31: Mejora 4; Ganancias internas del edificio*

Cotejando los valores de la primera simulación que incorpora equipos de acondicionamiento con la mejora 4 se puede ver que existe un cambio notorio de las ganancias solares. Disminuyeron su valor en verano lo que es importante ya que producen valores elevados de temperatura en el interior perjudicando el confort y en invierno aumentaron su valor lo cual nos permite aprovechar las mismas para contribuir a dicho confort.

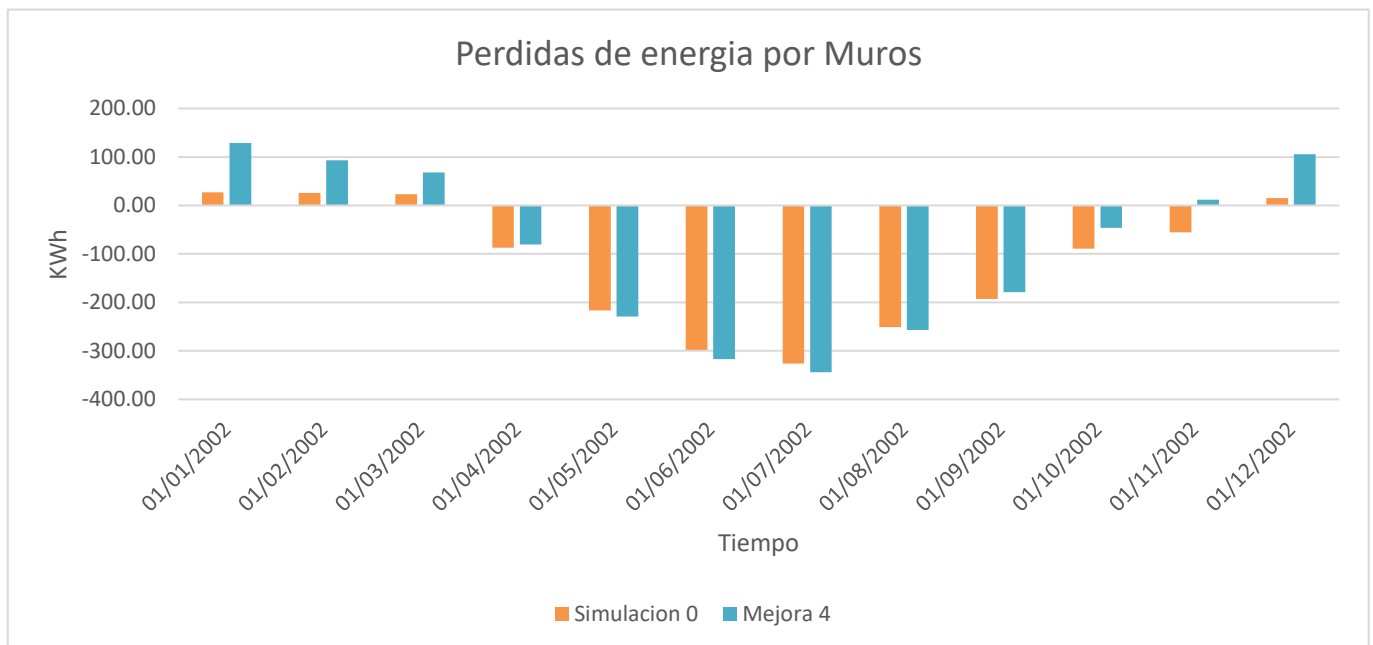
Las ganancias solares disminuyen su valor ya que la disposición de las ventanas orientadas al Norte recibe pocas horas de radiación solar directa en el periodo caluroso, por lo tanto, aberturas orientadas al norte disminuyen los valores de ganancias solares en verano.

## Balance térmico del edificio -Cerramientos y ventilación

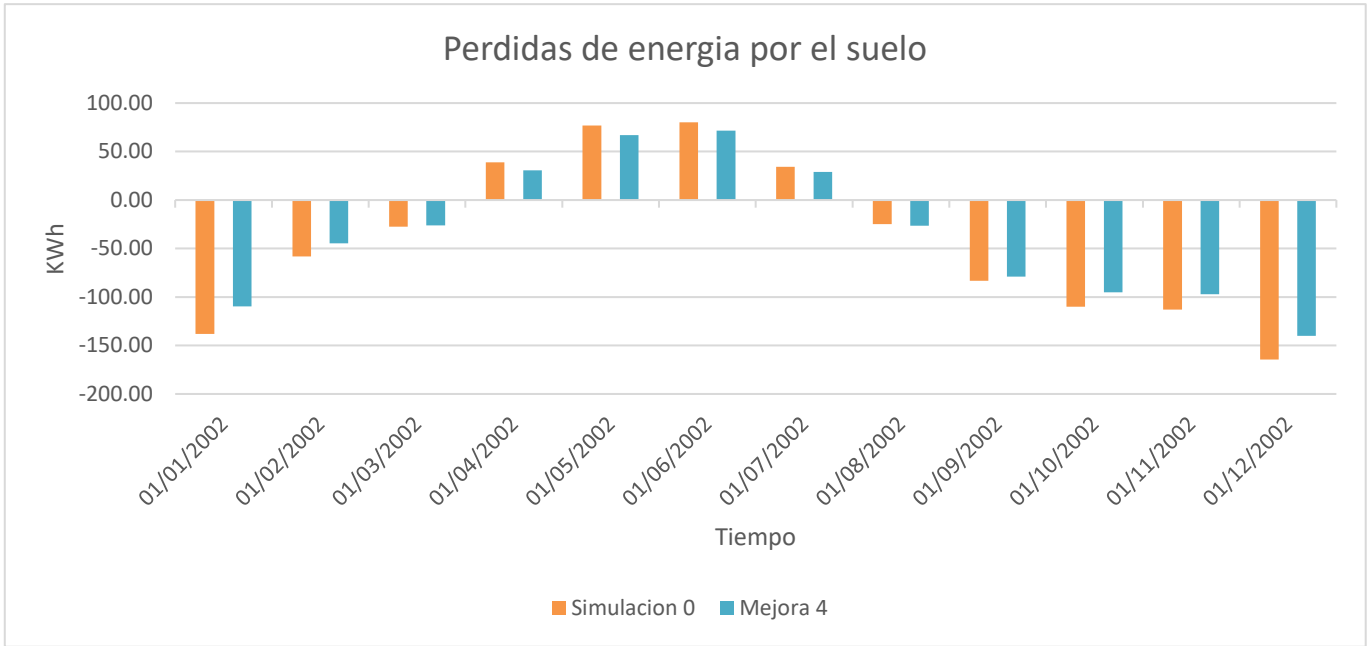
Observado los resultados de la mejora 4 y comparándolos con la simulación inicial, bajaron las pérdidas por el acristalamiento, por muros y por el suelo. De igual manera las infiltraciones siguen ocupando valores altos en las pérdidas de energía.

Las pérdidas por el acristalamiento bajaron producto de incorporar ventanas al norte, en los dormitorios 2 y 3. Como se explicó anteriormente las horas de insolación van a ser menos y la radiación directa sobre las áreas vidriada va a ser menos por lo tanto se traduce en un descenso de las pérdidas por el acristalamiento.

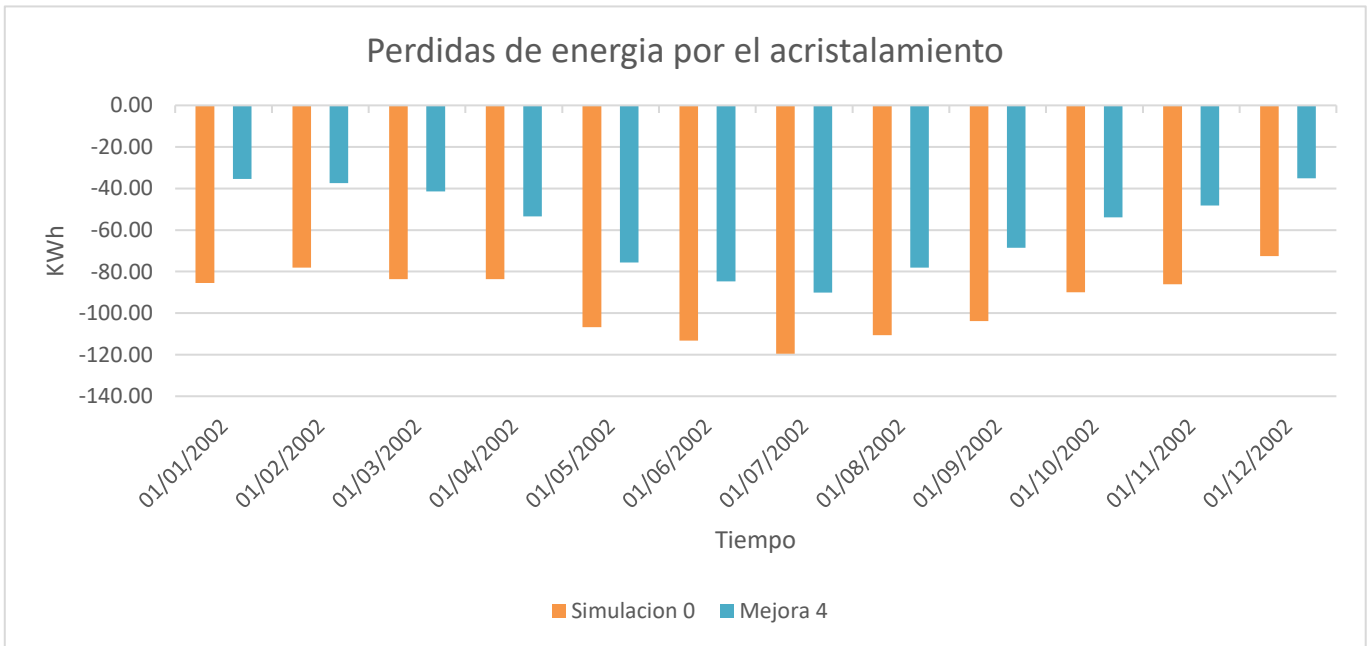
Las pérdidas por el muro y por el suelo disminuyen ya que con la implementación de ventanas orientadas al norte que evita el sobrecalentamiento del ambiente interior, la temperatura interior media de la vivienda va a ser menor y a la vez la diferencia de esta con el exterior. Al ser más chica esta diferencia las pérdidas disminuyen.



Gráfica 32: Pérdidas de energía por el cerramiento vertical. Mejora 4



*Grafica 33: Pérdidas de energía por el suelo sobre el terreno. Mejora 4*



*Grafica 34: Pérdidas de energía por el acristalamiento. Mejora 4*

## Consumos desglosados

Consumos desglosados		Simulación 0 (con equipos)	Mejora 4	Porcentaje de variación
Consumo promedio anual (kWh)	Aparatos (Electricidad kWh)	1263	1263	0%
	Iluminación (kWh)	459	459	0%
	Calefacción (BIOMASA kWh)	9372	9361	-0.12%
	Refrigeración (Electricidad kWh)	428	419	-2%
	Calefacción (BIOMASA kg de leña)	3124	3120	-0.12%

*Tabla 34: Mejora 4; consumos desglosados*

Observando los consumos que se obtuvieron en la simulación inicial y comparándolos con estos no se obtuvieron cambios significativos.

La calefacción disminuyó 0.12 % y la refrigeración un 2%. Son porcentajes mínimos de descenso.

## Capítulo 5 Resultados y Discusión

Para determinar el grado de cumplimiento de los objetivos propuestos en esta investigación, se analizaron los resultados de todas las acciones planteadas.

Se tomó como guía para el análisis de los resultados extraídos a la norma UNIT 1026:99 Aislamiento térmico de los edificios – Zonificación climática.

La norma UNIT 1026:99 recomienda que el eje mayor de la vivienda tiene que tener orientación E-O y que su fachada principal no debe estar orientada al Este o al Oeste, pero el eje mayor de nuestra vivienda se encuentra orientado N-S y su fachada principal al Este. Respetar las pautas que dicta la norma es una recomendación a MEVIR, ya que a la hora de implantar en el terreno la trama de calles y la ubicación de las viviendas se debería prestar atención a las mismas. Con la visita al lugar se puede ver que el predio que se les asigna a cada casa es adecuado y que el cambio de orientación es viable por lo que es una de las mejoras a incorporar. Se debería modificar el criterio de ocupación del territorio a intervenir.

Cada una de las fachadas de la vivienda se expondrá de manera distinta a la radiación y a la acción del viento. Una correcta orientación deberá minimizar las ganancias solares en verano y maximizarlas en invierno, por lo tanto, una de las propuestas de mejora de la vivienda es modificar la disposición de esta en el terreno. Dicha modificación se realizó utilizando el programa Desing Builder que nos proporcionó datos para evaluar si es beneficioso cambiar la orientación. Los datos de horas de confort, ganancias internas y consumos desglosados de la vivienda nos indicaron que si es conveniente realizar la modificación.

Analizando la composición de la vivienda, las habitaciones más importantes son los dormitorios los cuales no tienen la mejor orientación. El dormitorio 1 tiene una pared

expuesta al Este donde se ubica una ventana en esa orientación a la que el propietario debió colocarle una estera de madera para disminuir los efectos del sol. El dormitorio 2 tiene su única ventana orientada al Este con 3 de sus paredes expuestas, lo que constituye una crítica al diseño de la vivienda ya que si la misma estuviera ubicada en el Norte disminuirían las ganancias solares y las pérdidas por el acristalamiento. El dormitorio 3 tiene su única ventana orientada al Oeste, con esta orientación sucede lo mismo que con la Este; recibe más incidencia del sol en comparación con otras orientaciones y además tiene 2 de sus paredes expuestas. El resto de las habitaciones como son los servicios (baño y cocina) tienen una orientación óptima. Orientación Sur la cocina y Oeste el baño; es más no tienen grandes superficies vidriadas hacia esos lados.

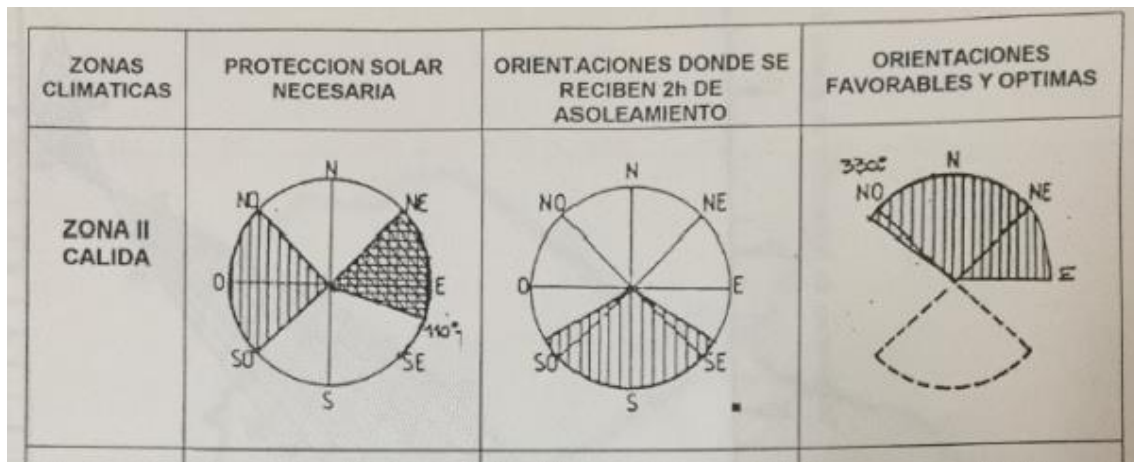
También la norma prescribe que hay que tener especial cuidado en cuanto al dimensionado de la aislación térmica, la casa cuenta con aislación térmica en el techo (lana de vidrio de 38mm de espesor) pero no en los cerramientos verticales. Otra de las mejoras a plantear es incorporar aislación térmica de 3 cm de espesor en la cámara de aire de los muros, comparando con los valores extraídos de la simulación se obtuvo una mejora sustancial con un pequeño aumento en el presupuesto.

La forma de la vivienda es un factor importante, haciendo referencia a los aspectos de diseño e implantación de la misma, lo cual determinará la exposición a la radiación solar y la acción del viento. Existe un indicador llamado factor de forma ( $FF^6$ ) que relaciona el total del área expuesta y el volumen interno. En la medida que la superficie del edificio en contacto con el exterior sea mayor, más intercambios de energía habrá. En conclusión, lo que se busca es tener un FF bajo para reducir las pérdidas de calor del interior de la vivienda al exterior.

---

<sup>6</sup> Factor de forma

De la norma se extrajo una imagen que muestra cuales son las orientaciones adecuadas para la vivienda, las protecciones solares necesarias para cada orientación y las orientaciones que reciben 2 horas de asoleamiento.



*Imagen 27: Imagen extraída de Norma UNIT 1026:99*

Las fachadas Este y Oeste reciben más radiación solar en verano en comparación con otros planos, según el Repartido de Acondicionamiento Térmico (gráfica de radiación solar directa recibida en fachadas). Por lo tanto, es conveniente considerar protecciones solares en las ventanas que se encuentran distribuidas en estas fachadas. La vivienda tiene protecciones solares tanto exteriores como interiores en los cerramientos transparentes orientados al Este. Es importante que la superficie acristalada en fachada sea la menor posible, dado que puede ocurrir que en las habitaciones las temperaturas sean elevadas. El área acristalada de la vivienda es mínima contando con una ventana por local de 1.44 m<sup>2</sup>. Nuestro clima obliga a incorporar soluciones flexibles o componentes que puedan cambiar según las situaciones climáticas como lo son en este caso las protecciones solares tipo esteras de madera que impiden el acceso a la radiación solar en verano y en invierno dejarla penetrar. Conociendo y caracterizando el clima donde estamos implantados es posible plantear las soluciones más convenientes para la vivienda en particular.

Las protecciones solares permiten controlar la radiación solar y mejoran las condiciones dentro del ambiente inmediato. Parte de la radiación solar penetra directamente al interior



y otra parte es absorbida por paredes y cubierta. Gran parte de la energía que se acumula en los cerramientos acaba en el interior. Todo lo contrario, ocurre en situaciones de temperaturas bajas, cualquier aporte de energía es conveniente para la vivienda. El invierno coincide con bajos niveles de radiación, donde solo el aporte directo de energía solar que penetra por las aberturas y cerramientos no permite acondicionar el interior y se deben evitar las pérdidas de calor, por lo tanto, es conveniente la aislación de los cerramientos opacos. Es beneficioso orientar las aberturas hacia la orientación que recibe más radiación solar en invierno (Norte, Noreste y Noroeste) y aislar el aire interior respecto del exterior. Se tiene que tener en cuenta la necesidad de minimizar las superficies transparentes en las orientaciones E y O. Nuestra vivienda tiene ventanas en las dos orientaciones nombradas, pero de tamaño pequeño y con protecciones solares, además el cerramiento vertical no cuenta con aislación en su composición.

Siguiendo con los parámetros de diseño según la norma UNIT 1026:99 se recomienda pintar las paredes exteriores y techos de colores claros, la vivienda en su exterior está pintada de color blanco y desde el suelo 70 cm hacia arriba de color rojo y el techo es de color de la chapa galvanizada.

En el estudio realizado por el Arq. José Miguel Aroztegui (no publicado) argumenta que “El pavimento de los terrenos esta predominantemente sin cobertura vegetal y si no es por la obstrucción de las otras viviendas no reciben sombra ninguna”. Esta situación que relata el autor es del año 1996 cuando se realizó el estudio. En la actualidad la situación del complejo de vivienda de MEVIR es tal cual la narra el autor. La falta de vegetación es evidente a simple vista en el terreno e imposibilita que se generen microclimas que mejoran las condiciones del sitio. La vegetación es beneficiosa para el sombreado de paredes.

### Análisis de amortiguación y el retardo térmico de los cerramientos

Los cerramientos con poca amortiguación copian el movimiento oscilatorio de temperaturas del exterior. El decrecimiento de la amplitud de temperatura, depende de la densidad, calor específico, espesor y aislamiento térmico de cada material que componen el cerramiento. La resistencia térmica y la amortiguación influyen en la temperatura superficial interior de un cerramiento.

El retardo térmico de los cerramientos se define como el tiempo que tarda en apreciarse una variación de temperatura exterior en el interior. Este depende de la densidad, calor específico, espesor y conductividad de cada material que compone el cerramiento.

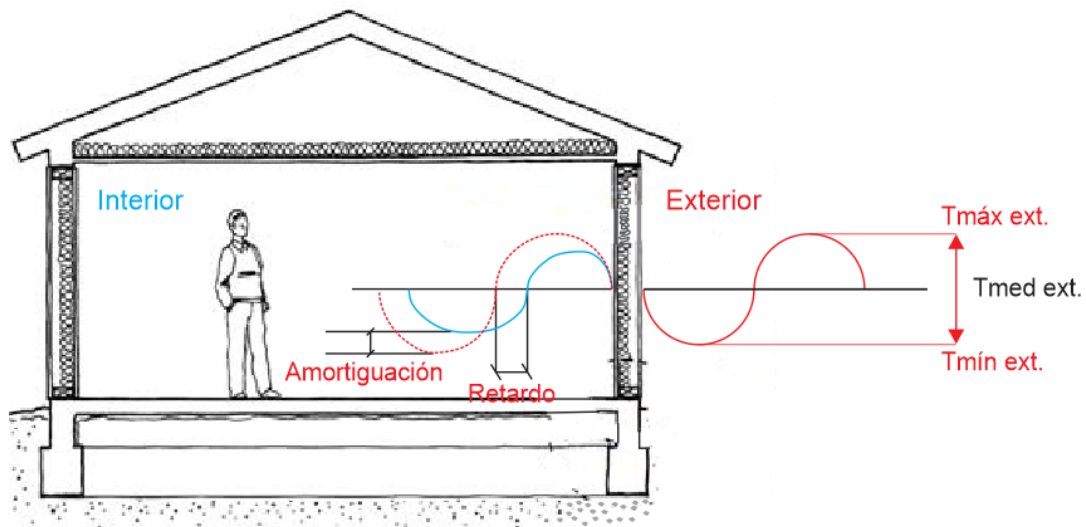


Figura 9: Esquema explicativo de retardo térmico y amortiguación de los cerramientos.

El cerramiento vertical de la vivienda presentó un valor de amortiguación de 0.08 y 7 horas de retardo térmico. El cerramiento horizontal muestra un valor de amortiguación de 0.09 y 1 hora y media de retardo térmico. En comparación los valores de amortiguación y retardo térmico calculados mediante el software Hterm dan valores bastante similares. Los valores de amortiguación y retardo térmico de los cerramientos son aceptables. Estos valores nos permiten apreciar que tan buenos son los cerramientos que estamos estudiando, entonces el retardo térmico es el tiempo que transcurre entre el pico de temperatura en la cara exterior del cerramiento y el pico de la misma en la cara interior cuando un elemento constructivo está sujeto a fluctuaciones periódicas de temperatura. El retardo térmico y la amortiguación de los cerramientos son suficientes como para que los interiores tengan condiciones térmicas más estables y favorables que el exterior. Los resultados hacen que en su interior no se noten las oscilaciones exteriores diarias. Las construcciones pesadas son propicias en cuanto a la amortiguación de las variaciones climáticas exteriores.

Los cerramientos con mayor masa en su composición provocaran un retardo térmico más pronunciado, los cerramientos livianos transmiten más rápidamente las variaciones térmicas.

### Estudio de la transmitancia térmica y condensaciones de los cerramientos

Comenzando con el cerramiento vertical éste presenta condensaciones en las capas que dan hacia el interior. Este fenómeno se produce cuando el vapor de agua contenido en el aire cambia de fase pasando del estado gaseoso al líquido. Este cerramiento manifiesta condensaciones ya que su temperatura superficial es igual o menor a la temperatura de rocío por lo tanto el vapor de agua del aire en contacto con esa superficie va a condensar pasando a estado líquido.

Una de las razones determinantes por las cuales se produce el fenómeno es la falta de aislación térmica en el cerramiento, la alta producción de vapor de agua y ventilación insuficiente. En este caso, el muro no cuenta con aislamiento térmico por ende lo que ocurre es que el cerramiento alcanzará temperaturas más frías en su masa y en la superficie interior del mismo, por lo tanto, este cerramiento debe encontrarse por debajo de la temperatura de rocío. El agregado de poliestireno expandido de 3cm de espesor en la cámara de aire del muro que se plantea como posible mejora para la vivienda va a garantizar que disminuyan las probabilidades de que se produzca dicho fenómeno.

La tasa de ventilación de la vivienda es eficaz ya que la hermeticidad de las aberturas es ineficiente provocando que la renovación de aire en el ambiente interior sea permanente eliminando al mismo tiempo los problemas de condensación, pero de este modo se incrementan las pérdidas térmicas. Esta afirmación queda demostrada ya que controlando las infiltraciones a través de una mejor calidad hermética de puertas y ventanas se reducen los consumos y aumentan las horas de confort.

Otra de las razones que favorece a que se produzca este fenómeno es la alta producción de vapor de agua. La ocupación de la vivienda es alta y en ella se realizan actividades que generan gran cantidad de vapor de agua (la cocina y baño) lo cual ponen en riesgo al cerramiento. También el uso de estufa a combustión como es el caso de la vivienda

estudiada aporta vapor de agua al ambiente ya que no evacua los gases producto de la combustión.

Según la Ficha 2 de Acondicionamiento Térmico – Tema condensaciones, se demostró que el aislante térmico tiene mejor desempeño que la cámara de aire para imposibilitar que se produzca el fenómeno ya que el aire está quieto, encerrado, mientras que en la cámara el aire se mueve.

Este cerramiento posee una transmitancia térmica ( $U$ ) elevada de  $1.68 \text{ W/m}^2\text{K}$ , valor que no respeta la recomendación de la normativa vigente. Un muro con el valor  $U = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$  pierde por hora, por cada metro cuadrado de superficie y por cada grado de diferencia de temperatura entre el interior y el exterior una cantidad de calor de 1 Watt. Este valor permite caracterizar al cerramiento en cualidades energéticas, en términos de pérdidas de energía. A mayor valor de transmitancia térmica mayor serán las pérdidas de calor a través de la envolvente, lo que introduce un mayor gasto de energía para calefaccionar o refrigerar.

Podemos demostrar que con un gasto mínimo en el presupuesto con el agregado de aislante térmico en la cámara del muro mejora notoriamente. A continuación, se muestran los resultados a partir del software Hterm. El cerramiento vertical ya casi no presenta condensaciones en su composición y el valor de transmitancia térmica es admisible para la normativa vigente  $0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

## Reporte Hterm

### Cerramiento vertical con aislación

#### Sección 1 : Datos Muro

- e -> Espesor [mm]
- ro -> Densidad [kg/m<sup>3</sup>]
- M -> Masa [Kg/m<sup>2</sup>]
- Lambda -> Conductividad térmica [W/(m.K)]
- Cp -> Calor específico [kJ/m<sup>2</sup>.K]
- R -> Resistencia térmica [m<sup>2</sup>.K/W]
- CT -> Capacidad térmica media [kJ/(m<sup>2</sup>.K)]
- delta -> Permeabilidad al vapor de agua [kg/m.s.Pa]
- Z -> Resistencia al vapor de agua [m<sup>2</sup>.s.Pa/kg]
- 1/Z -> Permeancia al vapor de agua [kg/m<sup>2</sup>.s.Pa]
- mu -> Factor de resistencia al vapor de agua
- Sd -> Espesor de aire equivalente Sd [m]
- OBS -> Observaciones:  
BDO: Material proveniente de la base de datos original.

	e	ro	M	Lambda	Cp	R	CT	delta	Z	1/Z	mu	Sd	OBS
Revoque (densidad 1800)	10.0	1800.0	18.0	1.0	1000.0	1.00E-02	18.0	9.90E-12	1.01E+09	9.90E-10	20.0		BDO
Ladrillo de campo	120.0	1300.0	156.0	0.65	1000.0	0.18	156.0	1.98E-11	6.06E+09	1.65E-10	10.0		BDO
Cal y arena	10.0	1600.0	16.0	0.8	1000.0	1.25E-02	16.0	1.98E-11	5.05E+08	1.98E-09	10.0		BDO
Asfalto	5.0	2100.0	10.5	0.7	1000.0	7.14E-03	10.5	3.96E-15	1.26E+12	7.92E-13	5.00E+04		BDO
Poliestireno expandido EPS	30.0	30.0	0.9	4.00E-02	1450.0	0.75	1.3	3.30E-12	9.09E+09	1.10E-10	60.0		BDO
Ladrillo de campo	50.0	1300.0	65.0	0.65	1000.0	7.69E-02	65.0	1.98E-11	2.53E+09	3.96E-10	10.0		BDO

#### Sección 2 : Condiciones base

- te -> Temperatura Exterior [°C]
- ti -> Temperatura Interior [°C]
- Hre -> Humedad relativa exterior [%]
- Hri -> Humedad relativa exterior [%]
- Rse -> Resistencia superficial exterior [m<sup>2</sup>.K/W]
- Rsi -> Resistencia superficial interior [m<sup>2</sup>.K/W]

te	ti	Hre	Hri	Rse	Rsi
4	18.0	85	80	0.04	0.25

Tipo de cerramiento: Cerramiento Horizontal  
 Zona A  
 Fuera de Norma

# Reporte Hterm

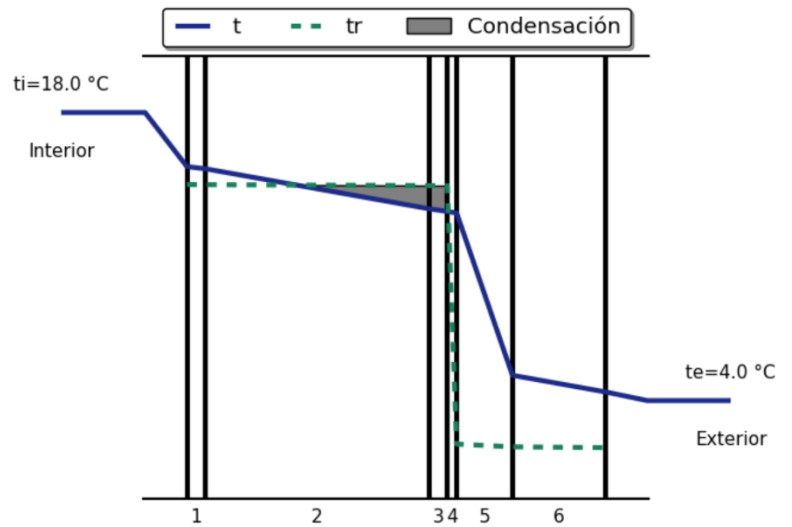
## Sección 3 : Gráfica Condensación

Plano	Temperatura [°C]	Temperatura rocío [°C]
In-1	15.37	14.5
1-2	15.27	14.49
2-3	13.32	14.45
3-4	13.19	14.45
4-5	13.12	1.89
5-6	5.23	1.75
6-Ex	4.42	1.71

Transmitancia Térmica: 0.85 W/m²K @ Rsi=0.1 m².K/W

Masa: 266.4 Kg/m²

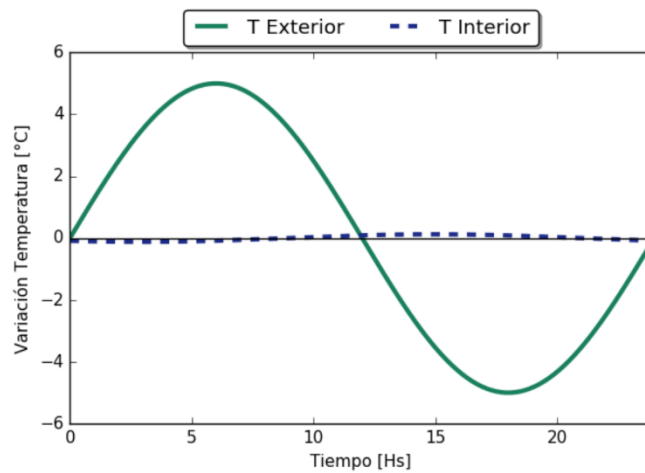
Espesor: 0.225 m



## Sección 4 : Gráfica Amortiguamiento

Factor de Amortiguación: 0.024

Retardo Térmico: 8.94 Hs



El cerramiento horizontal (techo) muestra condensaciones en su composición en las capas más exteriores. El fenómeno se produce en casi todas las capas del cerramiento menos en la capa que oficia de cielorraso. La causa de que se produzcan condensaciones es la falta de ventilación de la cámara de aire. En la Ficha 2 de Acondicionamiento Térmico – Tema condensaciones se afirma que las condensaciones en los cerramientos livianos son producto de la cámara no ventilada cuando el material que da hacia el exterior es un metal. Es el caso de la vivienda estudiada, el cerramiento horizontal es un cerramiento liviano de chapa de zinc con cielorraso de madera y la cámara no ventilada.

Presenta una transmitancia térmica (U) no muy elevada de  $0.71 \text{ W/m}^2\text{K}$ ; valor que respeta la recomendación de la normativa vigente. La normativa exige un valor de  $0.70 \text{ W/m}^2\text{K}$  para techos livianos.

El fenómeno de condensación en los cerramientos puede provocar daños en los sistemas constructivos de la vivienda, lo que reduce su durabilidad y puede facilitar la aparición de moho en las superficies. Por lo tanto, es de necesidad que antes de comenzar la construcción de la vivienda se analicen los cerramientos constructivamente como pretende hacerlo esta investigación. Al diseñar el cerramiento al momento del anteproyecto se debe colocar la capa aislante hacia el lado exterior del cerramiento y la barrera de vapor del lado interior.

La humedad relativa nos proporciona una relación directa de la cantidad de vapor de agua que una masa de aire puede admitir. Es por esta razón que la humedad relativa se considera un indicador más práctico y corriente de la humedad que posee el aire. En esta investigación se relevó la humedad relativa de los ambientes interiores lo cual no brindo una aproximación a cuan húmedos eran estos espacios. Los valores hallados indicaron que los ambientes son muy húmedos. Presentaron valores por encima de los 80% de humedad.



### Estudio de la ventilación natural

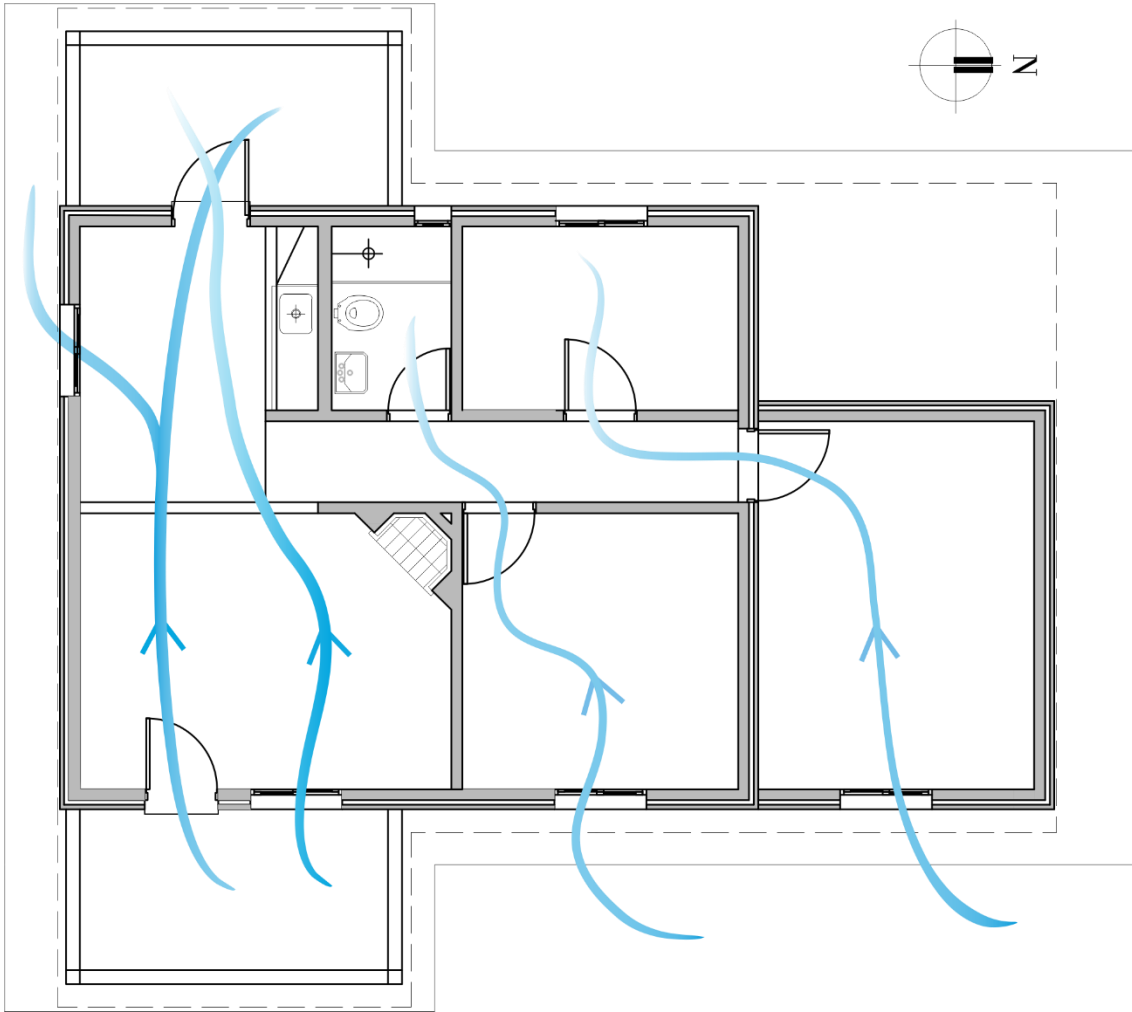
La acción del viento sobre la vivienda tiene repercusiones directas e indirectas acerca de las condiciones interiores.

Nuestra vivienda presenta una situación bastante variada en relación a la ventilación, en el espacio amplio y de concepto abierto que ocupa la cocina – comedor – estar predomina la ventilación cruzada, pero a la vez la unilateral. En las tres habitaciones restantes que son los dormitorios, predomina la ventilación unilateral, pero con la posibilidad de ventilar hacia el pasillo central mediante la apertura de las puertas de las respectivas habitaciones y en el baño prevalece la ventilación por efecto de diferencia de alturas.

La dirección de los vientos predominantes en este caso, provienen del Noreste en verano, el tamaño de las ventanas que presenta la vivienda no es de gran porte, sino que son más bien chicas, estas mismas se distribuyen en las orientaciones Este, Sur y Oeste. En este caso las ventanas están bien distribuidas para que la ventilación sea óptima.

La Norma UNIT 1026:99 recomienda la ventilación cruzada para aumentar el bienestar en las habitaciones. La vivienda estudiada no posee ventilación cruzada únicamente, sino que exhibe un escenario variado.

También la forma de la vivienda afecta a la correcta ventilación del espacio interior, “Las formas alargadas se situarán transversales a la dirección de los vientos agradables” (Serra, 1999, p51). Es el caso de nuestra vivienda, orientada transversalmente al Este facilitando a que los vientos predominantes penetren por las aberturas. El resultado final de la circulación del aire en el ambiente interior será producto de la disposición de las aberturas y de la distribución de los espacios interiores.



*Imagen 28: Esquema de ventilación natural en planta*

Vientos predominantes en verano del Noreste

### Análisis de la metodología de temperatura interior media de la vivienda:

La TIM es el valor promedio de las temperaturas que se registra en el interior. Esta misma dependerá de la transmitancia del cerramiento, área vidriada, la forma de la vivienda, renovación del aire y posibles ganancias solares.

Si no existe en el interior de la vivienda una producción de calor, la TIM será igual a la temperatura promedio exterior. Pero si se considera un aumento de calor en el local o bien la incidencia de la radiación solar, la TIM modificara su valor. Esa variación se llama  $\Delta t$  y está en relación con la temperatura exterior media.

Este método tiene como objetivo la apreciación rápida de lo que sucede en el ambiente y que decisiones tomar al respecto. Por lo tanto, se van a comparar los valores extraídos del análisis de la metodología de la temperatura interior media con los suministrados por los aparatos de medición directa que se instalaron en la vivienda. Para poder evaluar los resultados obtenidos, como primera instancia se los va a comparar con el rango de confort ya establecido. Y como segunda instancia, sin considerar la incidencia de la radiación tomamos el criterio de aceptabilidad.

Para el cálculo se tomará  $T_e = 17.9 \text{ }^\circ\text{C}$  que corresponde a la temperatura media exterior medida por los sensores en el periodo de medición y luego a este valor se le suma el  $\Delta t$  hallado por la metodología de TIM calculado con ganancias solares y sin ganancias.

Si estudiamos la fórmula de la TIM es:

$$TIM = T_m + \Delta t$$

Donde  $T_m$  es la temperatura media de la localidad donde se encuentra la vivienda a estudiar y el  $\Delta t$  es

$$\Delta t = \frac{\phi \text{ oc total } (\frac{W}{m^3})}{FF \times U_m + \frac{Rph}{3}}$$

En esta fórmula tenemos dos variables que dependen mucho del usuario como son el flujo ( $\phi$ ) de ocupación y las Rph (renovaciones de aire por hora). En el medio rural es costumbre abrir siempre puertas y ventanas para ventilar y además que las puertas que posee la vivienda son muy poco herméticas ayudando a que varíe continuamente las Rph dándonos un valor incierto. También el flujo de ocupación depende del usuario, la vivienda que se está estudiando como ya se dijo anteriormente está habitada por 6 personas y ubicada en el medio rural. Es habitual que la gente que vive en centros rurales trabaje en el campo por lo que las personas se trasladan de un lado a otro y no siempre sea el mismo número de personas que están en la vivienda.

Si observamos los cálculos de TIM en el capítulo 4 la temperatura media que se utiliza en la metodología es 11.9°C (temperatura media de Paysandú en julio) lo cual nos permite aproximarnos a cómo se comporta la vivienda en invierno. Podemos ver que la vivienda en invierno alcanza el rango de aceptabilidad.

	Comedor	Dormitorio 1	Dormitorio 2	Dormitorio 3	Estar	Vivienda
tm (relevada)	20.3	19.5	20.7	0	20.3	20.2
TIM (con ganancia)	22.2	25.4	22.5	25.4	23.6	23
TIM (sin ganancia)	21.5	24.5	22.2	21.8	22.6	22

Si analizamos los resultados según el rango de confort establecido, la vivienda en general se encuentra en confort sin ganancias solares alcanzando los 22°C y con ganancias solares 23°C. Las habitaciones también se encuentran en confort sobrepasando los 20°C.

Si analizamos la vivienda en cuanto al régimen de aceptabilidad (16°C) esta se encuentra dentro del rango aceptable de temperaturas.

Estudio del comportamiento térmico de la vivienda mediante el programa de simulación energética.

Se realizó en una primera instancia dos simulaciones donde el modelo es la vivienda tipo 3 de MEVIR como se encuentra en la actualidad con y sin equipos de acondicionamiento térmico, para luego implementar mejoras que se relacionan con los resultados extraídos anteriormente.

Todas las mejoras que ya fueron mencionadas tienen una justificación: se agregó aislación térmica en la cámara del cerramiento vertical ya que las pérdidas por el mismo poseen valores relevantes en el balance térmico, en las ventanas orientadas al Este se les modificó la programación para que las ganancias solares bajaran su valor en el periodo caluroso, se alteró la orientación de la vivienda para tener una mejor disposición de los servicios, disminución de los consumos y un ascenso en cuanto a horas de confort y finalmente se modificó la tasa de renovaciones/hora para controlar las infiltraciones mejorando la hermeticidad de las aberturas. Luego de haberse analizado los resultados en profundidad de las propuestas planteadas, se obtuvo la opción más adecuada para la mejora de la vivienda. La cual corresponde a incorporar aislación térmica en el cerramiento vertical, cambio de orientación de la misma, control de las infiltraciones y modificar el tipo de control de las persianas. Para culminar se estudió el comportamiento térmico de la vivienda en cuestión mediante el software.

Seguidamente se van a estudiar los resultados de esta simulación comparándolos con la simulación inicial (con y sin equipos de acondicionamiento) adquiriendo horas de confort, ganancias solares, balance de energía y consumos de energía de la vivienda. Se realizaron las simulaciones con y sin equipos complementarios para poder comparar cuanto es el aumento en horas de confort y consumos.

Horas en confort	Simulación 0 (sin equipos)	Simulación 0 (con equipos)	Mejora definitiva (sin equipos)	Mejora definitiva (con equipos)	Porcentaje de incremento (1)	Porcentaje de incremento (2)
Zona térmica	% de horas en confort anual	% de horas en confort anual	% de horas en confort anual	% de horas en confort anual		
Edificio	52%	64%	63%	78%	11%	14%
Cocina-Comedor	52%	57.60%	54%	59%	2%	1%
Dormitorio 1	52%	59%	69%	78%	18%	19%
Dormitorio 2	52%	54%	65%	69%	13%	15%
Dormitorio 3	45%	46%	56%	57%	11%	11%
Estar	54%	99%	59%	99%	5%	0%

*Tabla 35: Tabla comparativa de porcentaje de horas de confort anual.*

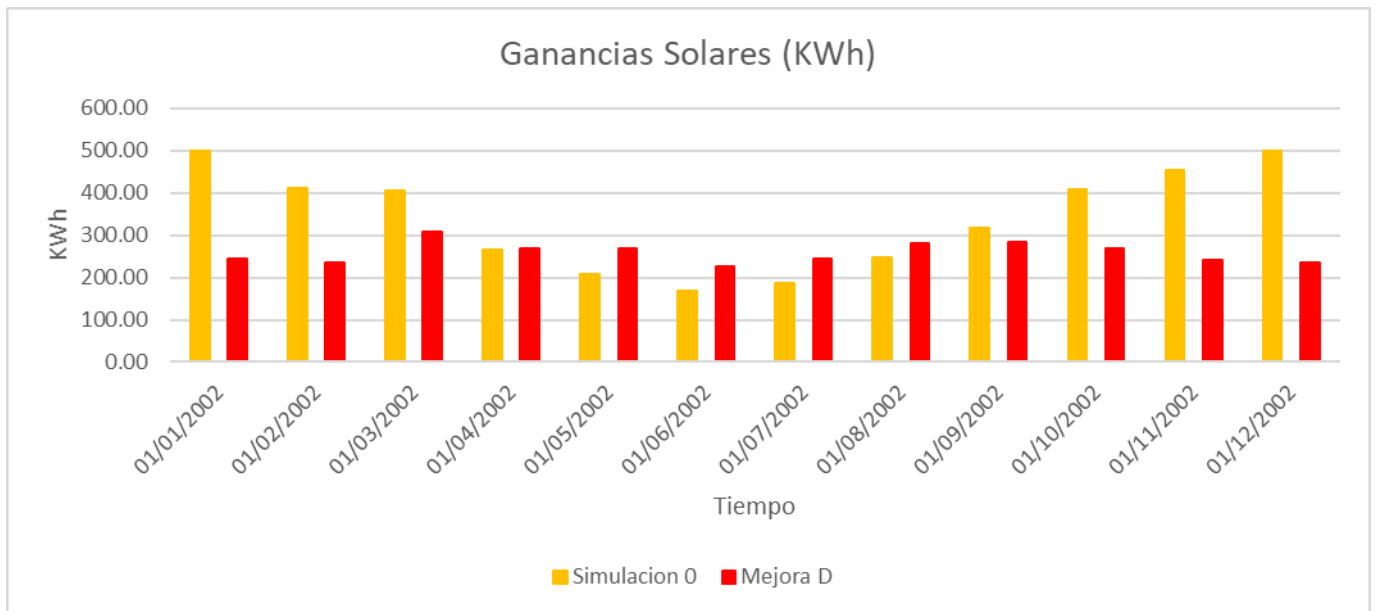
La vivienda sin la ayuda de equipos complementarios alcanzó un 63% de horas en confort,  $\frac{2}{3}$  del año. Aumentando un 11% en comparación con la simulación inicial sin equipos. La cocina-comedor obtuvo un 54% de horas en confort anuales, un 2% de variación con la simulación inicial. Los dormitorios superan el 50 % de horas en confort teniendo en comparación con la simulación inicial (sin equipos) un aumento por encima del 10%, el que más aumenta su valor es el dormitorio 1.

La vivienda con la incorporación de los equipos obtuvo un 78% de horas en confort,  $\frac{3}{4}$  parte del año en confort, aumentando un 14% en comparación con la simulación inicial (con equipos de acondicionamiento). La cocina-comedor posee un 59% de horas en confort anuales, un 1% de variación con la simulación inicial. Los dormitorios se comportan de forma desigual entre sí en cuanto a las horas de confort teniendo como diferencia entre cada uno por encima de un 10% y en comparación con la simulación inicial, el que más aumenta su valor es el dormitorio 1. En el Estar las horas de confort son de 99%. En esta zona es donde se encuentran los equipos de refrigeración y calefacción por lo tanto se va a encontrar acondicionada y sus niveles de confort son aceptables.

## Balance térmico del edificio – Ganancias internas

Respecto a las ganancias internas de energía no son afectadas por los equipos de acondicionamiento térmico. Los valores de las ganancias solares disminuyeron en verano y se aprecia un aumento de ellos en invierno.

Si observamos la gráfica de las ganancias podemos ver que los valores de las mismas son casi igual en todo el año, estos cambios son producto de que se modificó la orientación de la vivienda. También por el uso de protecciones solares, la utilización de las mismas en el exterior tiene un efecto importante y mejora de forma significativa las condiciones térmicas del interior. La radiación solar que atraviesa las ventanas sin protección eleva la temperatura del ambiente.



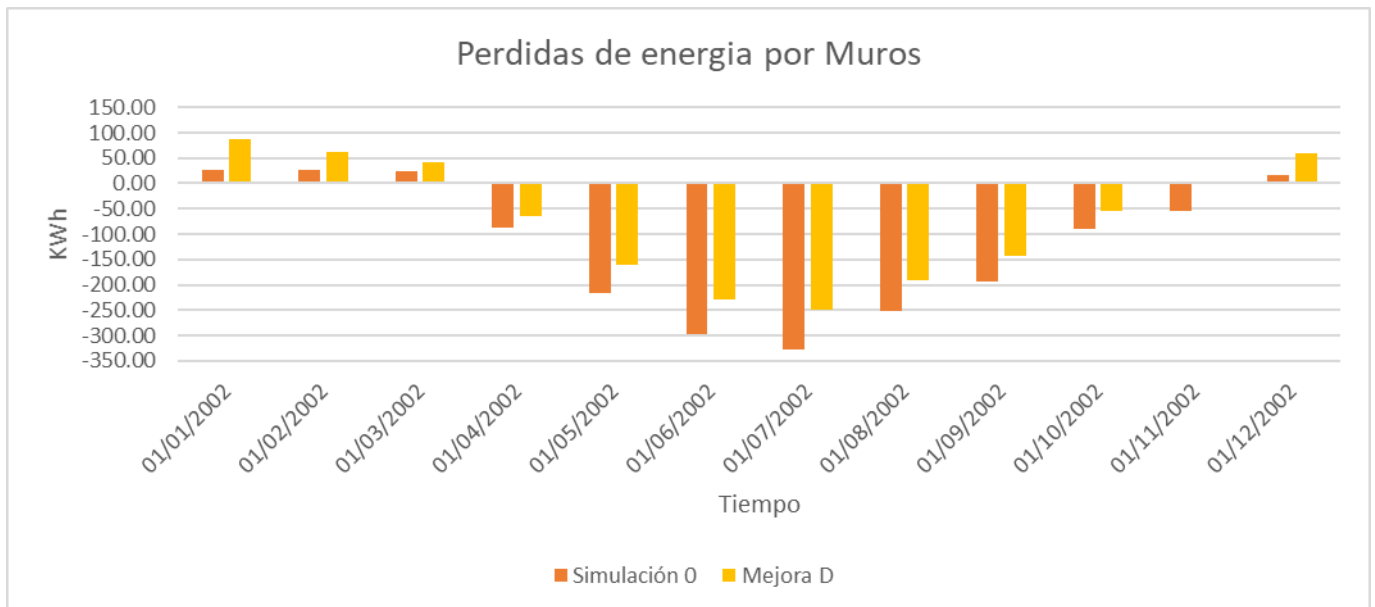
Gráfica 35: Ganancias internas

## Balance térmico del edificio – Cerramiento y ventilación

Con respecto a las pérdidas por los cerramientos, estos valores no se alteran si la vivienda cuenta o no con equipos complementarios y se comprobó que en general disminuyeron todos los valores. Las pérdidas por el acristalamiento bajaron considerablemente, también por infiltraciones y muros. La variación de los resultados en las pérdidas por los cerramientos de la vivienda son producto de las intervenciones.

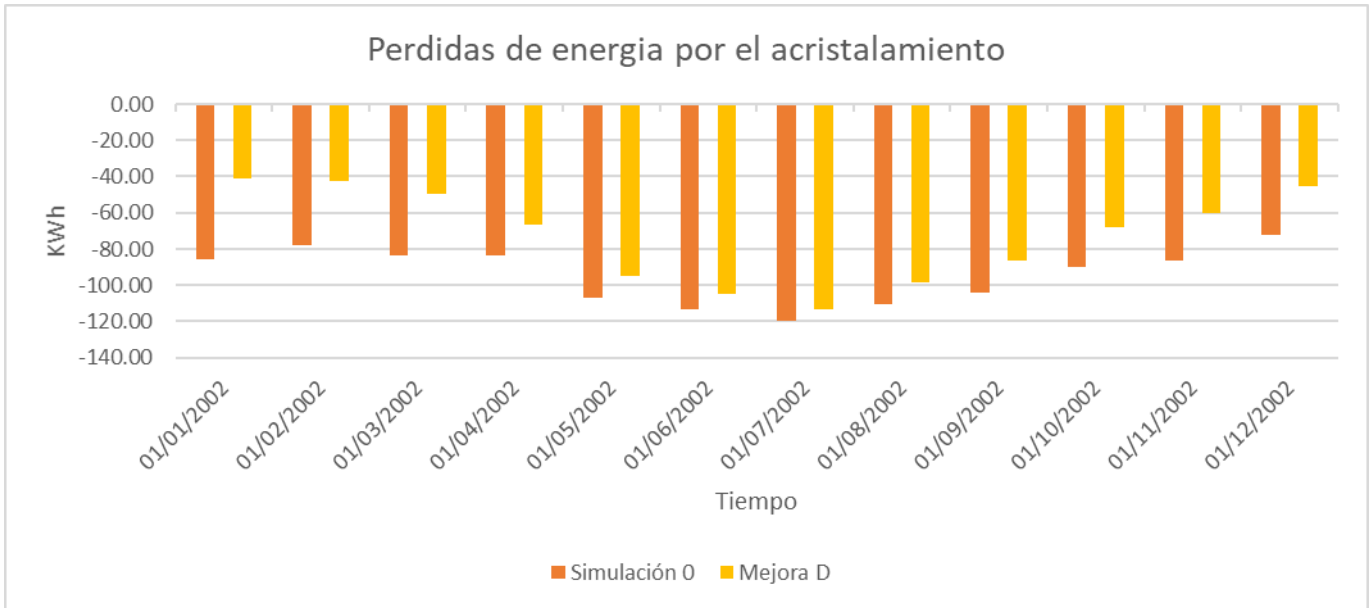
Las pérdidas por el acristalamiento disminuyeron producto del cambio de implantación recibiendo menos radiación solar directa en algunas zonas e incluso la utilización de persianas.

Las pérdidas por los muros se redujeron ya que se agregó aislación térmica en el cerramiento. Y finalmente las infiltraciones disminuyeron ya que se modificó la tasa de renovaciones/hora lo cual nos permite afirmar que, si se controlan las infiltraciones mediante la hermeticidad de aberturas, estas disminuyen su valor.

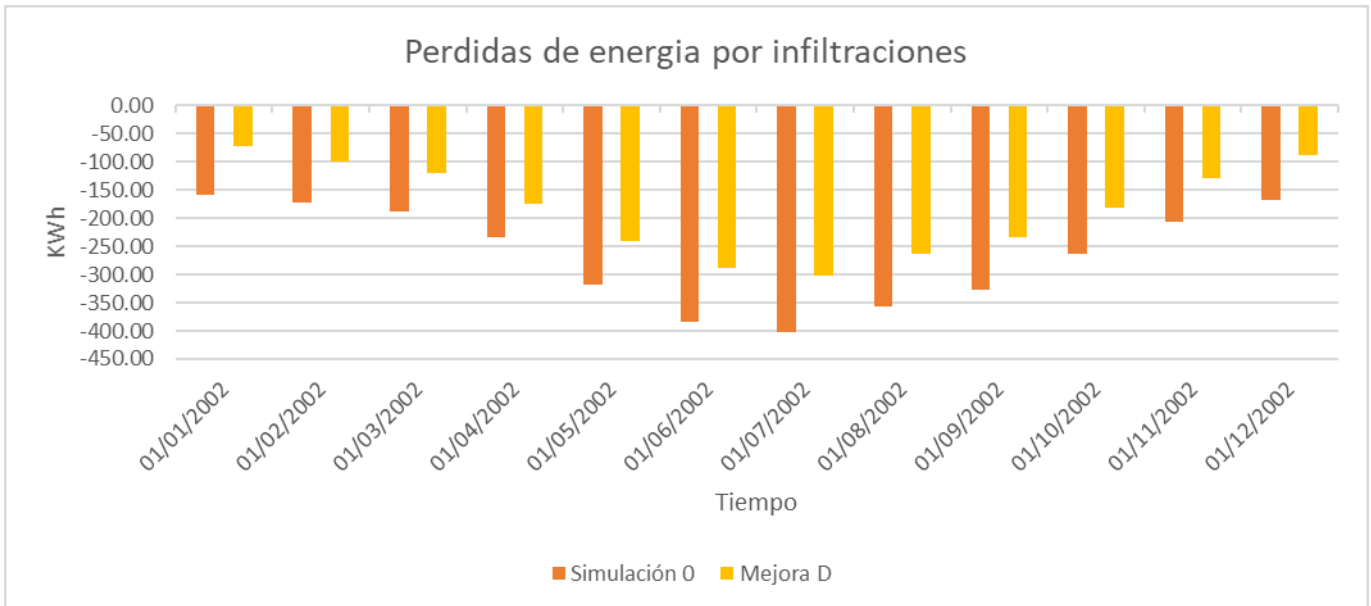


Grafica 36: Pérdidas por el cerramiento vertical. Mejora definitiva





*Grafica 37: Pérdidas por el acristalamiento. Mejora definitiva*



*Grafica 38: Pérdidas por infiltraciones. Mejora definitiva*

## Consumos desglosados

Consumos desglosados		Simulación 0 (sin equipos)	Simulación 0 (con equipos)	Mejora definitiva (sin equipos)	Mejora definitiva (con equipos)	Porcentaje de incremento
Consumo promedio anual (kWh)	Aparatos (Electricidad kWh)	1263	1263	1263	1263	0%
	Iluminación (kWh)	459	459	459	459	0%
	Refrigeración (kWh)	-	428	-	436	-2%
	Calefacción (BIOMASA kWh)	-	9372	-	3808	59%
	Calefacción (kg de leña)	-	3124	-	1269	59%

*Tabla 36: Consumos desglosados de la vivienda*

En lo que respecta a los consumos por calefacción estos disminuyeron notoriamente comparándolos con la simulación inicial, los consumos que corresponden a la refrigeración aumentaron mínimamente, lo que se desprecia.

La calefacción se reduce un 59% anualmente y la refrigeración aumenta un 2%. Son valores favorables de descenso ya que la calefacción presentaba valores notables en la simulación inicial al contrario de la refrigeración.

Como se explicó antes la calefacción tiene valores elevados de consumo por lo que se pasó a calcular cuánto se necesita para calefaccionar la vivienda con la utilización de otros equipos que no sean la estufa abierta tradicional. Como equipos alternativos se eligieron la estufa de alto rendimiento y un equipo de aire acondicionado.

Se tomo la carga de calefacción ya calculada por el programa = 3808 KWh y los respectivos rendimientos de los equipos. Para la estufa  $\eta = 0,60$  y para el Split el  $\eta = 3,60$  que es el COP de calefacción del equipo.

Para hallar el consumo de calefacción se realiza una ponderación con los rendimientos de los respectivos equipos.

Se emplea la fórmula:

$$C_{calefa} = \frac{\text{carg de calf}}{\eta}$$

#### I. Caculo de consumo para el Split

$$C_{calefa} = \frac{3808 \text{ KWh} \times 0,1}{3,60}$$

$$C_{calefa} = 106 \text{ KWh}$$

#### II. Caculo de consumo para la estufa de alto rendimiento

$$C_{calefa} = \frac{3808 \text{ KWh} \times 0,1}{0,60}$$

$$C_{calefa} = 635 \text{ KWh}$$

Los 635 KWh que consume la estufa en su periodo de utilización equivalen a 211Kg de leña.

Con la utilización del Split para calefaccionar los gastos se reducen a un 97 % y con la estufa de alto rendimiento a un 83%. Cualquiera de las dos opciones es válida ya que reducen notoriamente el consumo. Para acondicionar la vivienda con una estufa eficiente se pasan a consumir 211 Kg anuales de leña y de electricidad para la calefacción el consumo sería de 106 KWh. Siendo una vivienda ubicada en el medio rural quizás la leña tiene un menor costo para ellos y es de fácil acceso, por ende, se elige la estufa a leña de alto rendimiento.

Consumos de calefacción		
Equipos:	KWh	% de cambio
Estufa abierta	9372	-
Estufa de alto rendimiento	635	83%
Split	106	97%

A continuación, se van a presentar tablas comparativas de horas de confort y consumos de las diferentes propuestas que justificaron la elección de la intervención definitiva para la vivienda.

<b>Tabla Comparativa</b>				
<b>Simulaciones Energéticas</b>	<b>Horas totales en %</b>			<b>Incremento de hs de confort.</b>
	<b>Horas de confort</b>	<b>Horas de discomfort</b>		
		<b>Por frio</b>	<b>Por calor</b>	
<b>Simulación 0 (sin equipos)</b>	52%	25%	23%	-
<b>Simulación 0 (con equipos)</b>	64%	18%	18%	12%
<b>Mejora 1</b>	66%	15%	19%	2%
<b>Mejora 2</b>	66%	21%	13%	2%
<b>Mejora 3</b>	73%	12%	15%	9%
<b>Mejora 4</b>	69%	17%	14%	5%
<b>Mejora Definitiva (sin equipos)</b>	63%	18%	19%	11%
<b>Mejora Definitiva (con equipos)</b>	78%	13%	9%	14%

*Tabla 37: Tabla comparativa*

En esta tabla podemos observar las horas de confort y discomfort de cada una de las propuestas y el porcentaje de variación con respecto a la simulación inicial (con y sin equipos de acondicionamiento térmico).

Se optó por la mejora definitiva y los resultados son visibles. Esta simulación se realizó primeramente sin equipos de acondicionamiento térmico para luego incorporarlos y ver cómo se comporta la vivienda con las mejoras ya realizadas. Las horas de confort crecieron un 11% sin la ayuda de equipos complementarios y un 14% con la ayuda de estos.

Se estudiaron los consumos desglosados de cada una de las propuestas. Como se observa en la tabla a continuación. La elección de la mejora definitiva se debe a que disminuye la calefacción notoriamente y la refrigeración presenta un aumento despreciable.

Simulaciones Energéticas	Consumo promedio anual de Calefacción (kg)	Consumo promedio anual de Refrigeración (kWh)	Porcentaje de variación	
			Calefacción (Kg)	Refrigeración (KWh)
<b>Simulación 0</b>	3124	428	Calefacción (Kg)	Refrigeración (KWh)
			-	-
<b>Mejora 1</b>	2493	427	Calefacción (Kg)	Refrigeración (KWh)
			-20%	0%
<b>Mejora 2</b>	3193	418	Calefacción (Kg)	Refrigeración (KWh)
			+2%	-2%
<b>Mejora 3</b>	1984	443	Calefacción (Kg)	Refrigeración (KWh)
			-36%	+4%
<b>Mejora 4</b>	3120	419	Calefacción (Kg)	Refrigeración (KWh)
			0%	-2%
<b>Mejora Definitiva</b>	1269	436	Calefacción (Kg)	Refrigeración (KWh)
			-59%	+2%

*Tabla 38: Tabla comparativa de consumos*

Seguidamente se muestra una tabla de costos estimativos de las mejoras que se aconsejan que se le realice a la vivienda estudiada.

Mejoras		Costo
1	Agregado de aislación en muros	\$7800
2	Uso de protecciones solares (c/u)	\$1500
3	Control de infiltraciones	\$14000
4	Cambio de orientación	\$0
5	Estufa de alto rendimiento	US\$ 700

*Tabla 39: Tabla de costos mejoras*

Los costos expresados en la tabla son gastos que se le agregan al presupuesto de MEVIR, pero como se dijo anteriormente y los resultados lo demuestran, las modificaciones que se deben realizar a la vivienda son satisfactorios ya que mejoran el comportamiento de la misma.

## **Capítulo 6 Conclusiones**

La presente tesis tuvo como objetivo realizar un estudio del comportamiento higrotérmico y energético de la vivienda tipo 3 de MEVIR en Piedras Coloradas, Paysandú.

Ante este escenario concluimos que:

### 1. Sobre el Diseño e Implantación:

- La implantación de la vivienda no es la más adecuada. Se dispone de espacio en el terreno para ubicar la vivienda de una forma más conveniente cuidando aspectos del diseño bioclimático que favorecen al confort de los beneficiarios. Las viviendas de MEVIR se implantan en el terreno de manera de conformar un conjunto con un criterio más bien de ocupación del espacio y no de diseño pasivo.
- La distribución de las habitaciones de la vivienda no es la más apropiada. Dos de sus habitaciones tienen ventanas al Este recibiendo toda la incidencia del sol. El dormitorio 3 tiene su única ventana al Oeste. El resto de las habitaciones como son los servicios (baño y cocina) tienen una orientación y distribución aceptable. Según el repartido de Acondicionamiento Térmico (representación de radiación solar directa para cada plano) las fachadas Este y Oeste son las que reciben más radiación solar directa en verano en comparación con otras fachadas.
- El eje mayor de la vivienda posee orientación N-S, mientras que lo recomendable es que el eje mayor este orientado E-O y, además, la vivienda tiene su fachada principal

al Este. En conclusión, la vivienda no cumple con las recomendaciones que expresa la norma UNIT N°1026:99.

Sobre La envolvente – características térmicas de los cerramientos:

- Los cerramientos que componen la envolvente poseen buenos coeficientes de amortiguación y retardo térmico.
- El cerramiento vertical presenta condensaciones en las capas que dan hacia el interior y además no cumple con la recomendación de la normativa vigente de transmitancia térmica (la transmitancia que exterioriza el cerramiento es elevada).

El Cerramiento horizontal presenta condensaciones en las capas que dan hacia el exterior y cumple con la recomendación de la normativa vigente de transmitancia.

En conclusión, el cerramiento vertical es el más comprometido ya que a mayor valor de transmitancia térmica mayor serán las pérdidas de calor a través de la envolvente.

El fenómeno de condensación afecta a los dos cerramientos en su totalidad lo que provoca daños en el sistema constructivo.

2. Sobre el Monitoreo real de la vivienda:

- El periodo de medición en que se relevó temperatura y humedad no fue el ideal, ya que no se registraron valores en los meses donde se dan las temperaturas más extremas (invierno y verano).
- En el gráfico de temperaturas exteriores e interiores de los ambientes monitoreados se observa que los datos presentaron menor variación en comparación con las temperaturas exteriores.
- Las 3 habitaciones monitoreadas durante el periodo (Cocina – comedor, Dormitorio 1 y 2) mantuvieron temperaturas promedio similares, cercanas a los 20°C. Una temperatura aceptable ya que el clima se presentó bastante inestable en ese lapso de tiempo.

- Si bien el dormitorio 1 registró valores superiores de temperatura que las demás habitaciones, mantuvo una diferencia de 7.3 °C con el exterior. Estos valores nos dan un indicio del efecto que tienen los cerramientos.
  - Las gráficas de temperaturas muestran que cuando los máximos del exterior (38.1°C) tuvieron valores elevados los máximos de temperatura de las habitaciones (28°C) se mantuvieron dentro del rango de confort.
  - Al observar las variaciones de temperatura del interior se comprueba que presentan una forma más homogénea en comparación con las temperaturas exteriores. En conclusión, es resultado del efecto que tienen los cerramientos de la envolvente, que permiten que la temperatura del aire interior no copie la forma de la curva de la temperatura exterior.
  - Todas las habitaciones se encontraron dentro del Rango de confort establecido, durante la mayor parte del periodo de medición.
3. Luego de procesar las opiniones de los entrevistados pudimos concluir que todos ellos están conformes con la vivienda y no desean cambiar la misma porque consideran que las condiciones de confort son buenas. Por ende, cualquier modificación que se le realice a la vivienda será para superarse.

4. Sobre la situación actual de la vivienda (simulación 0):

La vivienda sin la ayuda de equipos de acondicionamiento térmico presentó un 52% de horas en confort, la mitad del año en condiciones de aceptabilidad. Las horas de discomfort son de 23% por calor y un 25% por frío. Estadísticamente la vivienda logra un 30 % de horas en confort naturalmente mientras que el 22% restante lo consigue con el aporte de la envolvente.

Posteriormente se asume que por sí sola la vivienda no alcanza un nivel aceptable de confort ya que la experiencia de los moradores indica que hay que utilizar sistemas



complementarios de acondicionamiento como son el Split y la estufa tradicional con los que cuenta la vivienda hoy en día. La vivienda obtuvo un 64% de horas en confort ( $\frac{2}{3}$  del año). Las horas de desconfort son menores un 18% tanto por frío como por calor. Resumiendo, las horas de confort presentan valores buenos con la ayuda de equipos o sin ellos.

En cuanto a las ganancias térmicas de la vivienda se analizó que los valores de mayor incidencia son las ganancias solares, sobre todo en verano perjudicando el confort. Se debe a que la vivienda posee ventanas al Este y Oeste.

Respecto al balance de energía las infiltraciones presentan un valor elevado de pérdidas. Se evaluó que los muros también tienen pérdidas significantes y que las pérdidas por la cubierta son de menor relevancia, pero así mismo tienen un valor alto. En este caso el valor elevado de las infiltraciones se debe a la mala calidad hermética de las aberturas. Las pérdidas de energía por el cerramiento vertical se deben a que el mismo no posee aislación en su composición afectando de esta manera a la envolvente.

La vivienda sin equipos complementarios de acondicionamiento consume anualmente, de electricidad 1722 KWh. Si utiliza estos equipos, consume anualmente en electricidad 2150 KWh de estos 428 KWh son empleados para refrigerar la vivienda y para calefaccionar se consumen 3124 Kg de leña que equivalen a \$12.495. Concluimos que el consumo que abarca la calefacción es significativo y que la refrigeración en comparación con esta es mínima. Se llegó a la conclusión que calefaccionando con un equipo de aire acondicionado los consumos disminuyen un 97% (260 KWh anuales) y con una estufa de alto rendimiento un 83% (1562 KWh que equivalen a 520 kg de leña.).

## 5. Sobre las intervenciones realizadas a la vivienda:

Concluimos de las sucesivas simulaciones energéticas que se realizaron en este trabajo, que, con pequeñas intervenciones en la envolvente de la vivienda, controlando las infiltraciones y haciendo énfasis en el diseño bioclimático, las horas de confort aumenta notoriamente y los consumos se reducen, mejorando la calidad de la vivienda y cuidando la economía familiar, sobre todo. Esta afirmación se justifica con los nuevos valores de horas de confort y consumos de la vivienda. Estas intervenciones nombradas anteriormente posicionan a la vivienda en un estándar de confort muy bueno, lo que nos indica que son necesarias.

La vivienda sin la ayuda de equipos complementarios alcanzó un 63% de horas en confort,  $\frac{2}{3}$  del año en confort. Las horas de desconfort que presentó fueron de 18% por frío y un 19% por calor. Aumentando un 11% en comparación con la simulación inicial sin equipos. La cocina-comedor obtuvo un 54% de horas en confort anuales, un 2% de variación con la simulación inicial. Los dormitorios superan el 50 % de horas en confort teniendo en comparación con la simulación inicial un aumento por encima del 10%, el que más aumenta su valor es el dormitorio 1.

La vivienda con a incorporación de los equipos de acondicionamiento posee un 78% de horas en confort,  $\frac{3}{4}$  del año en confort aumentando un 14% en comparación con la simulación inicial (con equipos de acondicionamiento). Las horas de desconfort son de 9% por calor y un 13% por frío. Los dormitorios presentan casi un 10% de diferencia entre sí en cuanto a las horas de confort y en comparación con la simulación inicial, el que más aumenta su valor es el dormitorio 1 logrando alcanzar un nivel aceptable de confort. Las horas de confort mostraron un aumento considerable posicionando a la vivienda en un estándar de confort muy bueno.

Respecto a los resultados de las ganancias internas de la vivienda se comprobó que los valores disminuyeron sustancialmente. En la representación gráfica de estas mismas podemos ver que los valores son similares en los periodos de extrema temperatura (verano e invierno). Concluyendo que las variaciones en los resultados se deben a que se modificó la orientación de la vivienda. También a la utilización de protecciones solares en el exterior ya que tienen un efecto importante y mejoran de forma significativa las condiciones térmicas del ambiente interior.

En cuanto al balance térmico de la vivienda se logró un descenso en general de las pérdidas que se producen por los cerramientos. Las pérdidas por el acristalamiento bajaron considerablemente al igual que por los muros e infiltraciones. Concluyendo que las pérdidas por el acristalamiento disminuyeron producto del cambio de implantación de la vivienda. Las pérdidas por el cerramiento vertical redujeron su valor gracias al agregado de aislación térmica en el mismo, lo que provoca un descenso de las pérdidas de energía por el cerramiento, aumentando las horas de confort y un consumo menor de leña para calefaccionar la vivienda. Las infiltraciones disminuyeron su valor ya que se pudieron controlar. Si se utilizan aberturas más herméticas de buena calidad las horas de confort aumentan y los consumos de energía disminuyen. Estos logros son los que producen un menor gasto económico y mejoran el confort de los ambientes.

Conclusión: un descenso de las pérdidas de energía por la envolvente mejora el comportamiento termo-energético del prototipo, plasmándose en los consumos de energía y horas de confort.

En lo que respecta a los consumos para acondicionar la vivienda bajaron notoriamente comparándolos con la simulación inicial (con equipos). La calefacción se reduce un 59% anualmente y la refrigeración aumenta mínimamente un 2% valor que se desprecia. Son

valores favorables de descenso ya que la calefacción sostenía valores notables en la simulación inicial al contrario de la refrigeración.

Concluimos que las intervenciones que se le realizaron a la vivienda ayudaron a mejorar la calidad de la misma. Como se explicó antes la calefacción tiene valores elevados de consumo por lo que se pasó a calcular cuánto se necesita para calefaccionar la vivienda con la utilización de otros equipos que no sean la estufa abierta tradicional. En conclusión, la opción más adecuada es que se remplace la estufa existente por una de alto rendimiento que conlleva un descenso del consumo de 83% consumiendo anualmente 211 KWh (un equivalente en leña de 71kg) ya que para las familias que residen en el medio rural la leña puede tener un menor costo y es de fácil acceso. Además de esto la estufa trae consigo cuestiones que hacen referencia a las tradiciones.

A modo de desenlace de este capítulo concluimos que, con el desarrollo de este trabajo se respondió a la pregunta científica más relevante de la investigación ¿Es posible mediante la introducción de pequeñas mejoras en la envolvente constructiva y el diseño, mejorar el desempeño termo-energético de esta vivienda? Si, es posible. Los resultados de la simulación definitiva lo demuestran, aumentando las horas de confort notoriamente, disminuyendo las ganancias solares en verano, descendiendo las pérdidas de energía por la envolvente y reduciendo los consumos, mejorando así el desempeño higrotérmico y energético del prototipo estudiado. Simplemente mejorando la envolvente con la incorporación de aislación térmica en el cerramiento vertical, controlando las infiltraciones mediante aberturas de buena calidad, optando por una correcta orientación que tienda a optimizar las condiciones del ambiente interior y finalmente el agregado de persianas en las superficies vidriadas para controlar la energía proveniente del sol.

## Capítulo 7 Recomendaciones

Antes de finalizar el presente trabajo se van a sugerir algunas recomendaciones en base a los resultados y conclusiones.

- Es necesario a la hora del anteproyecto estudiar la implantación que sea más adecuada para la vivienda, ya que esta va a favorecer notoriamente a la ventilación, a las condiciones de confort y a los consumos energéticos.
- La distribución de las habitaciones de la vivienda debe respetar ciertas recomendaciones como por ejemplo los servicios al Sur y las habitaciones más importantes (dormitorios y estar) al Norte. También es una pauta a atender al momento del anteproyecto.
- Es necesario aumentar la calidad hermética de aberturas ya que las infiltraciones tienen una incidencia importante en el balance de energía.
- Es preciso el estudio previo de las características térmicas de los cerramientos que componen la envolvente.
- Incluir en los cerramientos barrera de vapor.
- La cubierta de la vivienda debe ser ventilada.
- Es conveniente y los resultados de la mejora 4 lo comprueban, orientar las ventanas existentes al Norte para disminuir las ganancias solares.
- El control de las protecciones móviles es crucial para controlar la radiación que incide en la vivienda.
- Es necesario que los cerramientos que componen la envolvente posean aislación. El aislamiento térmico en los cerramientos de la envolvente es un tema crucial, un punto clave a atender desde todos los puntos de vista: energético, económico y de confort. La aislación es un punto importante en la edificación ya que el rendimiento termo-energético depende de la misma.

- Es conveniente reemplazar la estufa abierta que proporciona MEVIR ya que los consumos por calefacción afectan en gran parte a la economía familiar. Reemplazando este dispositivo por una estufa de alto rendimiento o por un Split.
- Se recomienda la utilización de vegetación ya que tiene efectos beneficiosos sobre las construcciones. Dicha recomendación va dirigida a los usuarios y a MEVIR ya que la falta de vegetación es evidente en todo el predio.
- Se recomienda en el caso de viviendas unifamiliar como lo es este, la ventilación cruzada ya que es más efectiva. Se sugiere ventilar cuando la temperatura exterior es inferior a la interior, en las primeras horas de la mañana en verano y en la tarde para favorecer el confort.

## Capítulo 8 Referencias bibliográficas

- Franchi Ornella, Grisi Daniella. (2012). “*Hacia una tipología eficiente*”. Director: Arq. Balarini Gonzalo, Arq. Sarthou Evandro. Tesis de grado [Tesis]. Facultad de Arquitectura, Universidad de la República. Montevideo, Uruguay. 2012. 27 p.
- MVOTMA | Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. (2017) Mvotma.gub.uy. Recuperado de: <http://www.mvotma.gub.uy/>
- Terra Ortiz Carmen. “*Sistema de acceso a la vivienda y segregación territorial*”. Tesis de grado [Tesis]. Facultad de Ciencias Sociales. UDELAR. Montevideo, Uruguay. 12 p.
- AChEE Agencia chilena de Eficiencia Energética. Manual de uso. Mi vivienda reacondicionada. Chile. 2013. 60 p.
- Editorial Gustavo Gili SL. “*Un Vitruvio ecológico: Principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible*”. 7ª edición. España. Editorial GG. 2014. 160 p. ISBN/EAN: 9788425221552.
- Arq. Delia Chan López. “*Principios de arquitectura sustentable y la vivienda de interés social*”. Tesis de grado [Tesis]. Facultad de Arquitectura y Diseño. Universidad Autónoma de Baja California. Baja California. México. 2010. 16 p.
- Walter Giraldo Castañeda. “*Diagnóstico y mejoramiento del comportamiento térmico y la ventilación en viviendas de interés social en Cali con medios pasivos*”. Director: Herrera Carlos Alberto. Tesis de grado [Tesis]. Universidad del valle. Facultad de artes integradas, Escuela de arquitectura. Cali, Colombia. 2013. 185 p.
- *El Hornero. MEVIR entrega más de 5 mil viviendas en el quinquenio con inversión que supera los US\$ 250 millones.* Cardozo, F. 2015. N. °16. Uruguay.

- Álvaro J. Portillo. “*Vivienda y sociedad, la situación actual de la vivienda en Uruguay*” Llamado interno de la facultad a investigación. Informe inédito. Montevideo, Uruguay. Facultad de Arquitectura -UDELAR. Diciembre 2009 – junio 2010. 160 p.
- Instituto Nacional de Estadística – República Oriental del Uruguay. Situación de la Vivienda en Uruguay Informe de Divulgación 2006. Montevideo, Uruguay. 2006. 73 p.
- Unidad de evaluación. *El escenario en el que opera MEVIR (2008/2009)*. Montevideo, Uruguay. 2008. 25 p.
- Arq. María Noel López. “*Cambio climático y edificación: Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) aplicada a un programa habitacional de la década del noventa en el área metropolitana de Montevideo*”. Tesis de posgrado [Tesis]. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Ciencias. Montevideo, Uruguay. 2012. 109 p.
- Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM). Plan Nacional de Eficiencia Energética 2015 – 2024. Montevideo. Uruguay. 2015. 39 p.
- Uruguay. USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN EL TERRITORIO NACIONAL. Se declara de interés nacional y se dictan normas sobre su regulación y promoción. 16 de octubre de 2009. N°18.597. 6 p.
- Catedra de Acondicionamiento Térmico. Repartido AT01. Montevideo, Uruguay. 2002. 30 p.
- Uruguay. Norma UNIT. Aislamiento térmico de edificios. Zonificación climática. 1999. N°1026:99. 25 p.
- Neila Gonzales, Javier. “*Arquitectura bioclimática en un ambiente sostenible*”. España, Madrid. Editorial Munilla-Leria. 2004. 11 p.



- Montaña Gutiérrez, Viviana. “*El rol de las mujeres en el medio rural dentro del programa MEVIR*”. Tesis de grado [Tesis]. Universidad de la república facultad de ciencias sociales. Departamento de trabajo social. Montevideo, Uruguay. 2009.
- Serra, R. “*Arquitectura y climas*”. Barcelona, España. Editorial Gustavo Gili, SA. 1999. 50 p. ISBN: 84-252-1767-9.
- Rivero, R. “*Arquitectura y clima, acondicionamiento térmico natural para el hemisferio norte*” México. Editorial Unam. 1998. 271 p. ISBN 10: 9683604870
- Prof. José Miguel Aroztegui † (Informe de 1º etapa, 1996), *Monitoreo comparado de casas MEVIR y casa bioclimática ASTER*, Servicio de Climatología Aplicada a la Arquitectura, Facultad de Arquitectura, UDELAR. Este informe es un informe no publicado, que está disponible para su consulta en Archivo Instituto de Construcción, FADU, UDELAR.
- Ordoñez García, A. Manual de ayuda DesignBuilder en español. 2017. 540 p.
- Manual Ashrae, capítulo 18
- Camacho, Magdalena; López Salgado, María Noel; Milicua, Sara. “*Pautas de diseño bioclimático para optimizar condiciones de confort y uso de energía en el sector residencial financiado por organismos públicos, para Uruguay, caso de clima complejo*”. Director: Picción, Alicia. Informe final [Tesis]. Facultad de Arquitectura. UDELAR. Montevideo, Uruguay. 2009. 90 p.
- H.M. Alias; G. J. Jacobo. “*Eficiencia energética en viviendas sociales. Incidencia de la envolvente en el consumo eléctrico para mantener el bienestar higrotérmico en los espacios interiores*”. Tesis de grado [Tesis]. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional del Nordeste. Argentina. 2011. 14 p.
- A. Piccion; S. Milicua; M. Camacho. “*Consumo de energía residencial y confort*”. Montevideo, Uruguay. 2014. 8 p.

- Leff, E. *SABER AMBIENTAL Sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder*. 1ª edición. México. Siglo xxi editores, s.a. de c.v. 1998. 141 p. ISBN 968-2-2141-7.
- Bozzano, H. “*Territorios: El Método Territorii. Una mirada territorial a proyectos e investigaciones no siempre territoriales*”. Italia. 2009.

## **Capítulo 9 Anexos**

### **Marco legal de MEVIR**

#### **Art 47 de la Constitución de la República (2004)**

“el acceso al agua potable y el acceso al saneamiento, constituyen derechos humanos fundamentales”

“el servicio público de saneamiento y el servicio público de abastecimiento de agua para el consumo humano serán prestados exclusiva y directamente por personas jurídicas estatales”

#### **Creación de la Dirección Nacional de Aguas (actual DINAGUA) - Ley 17.930 (2005)**

Organismo encargado de “la formulación de las políticas nacionales de agua y saneamiento”

#### **Principios rectores de la Política Nacional de Aguas – Ley 18.610 (2009)**

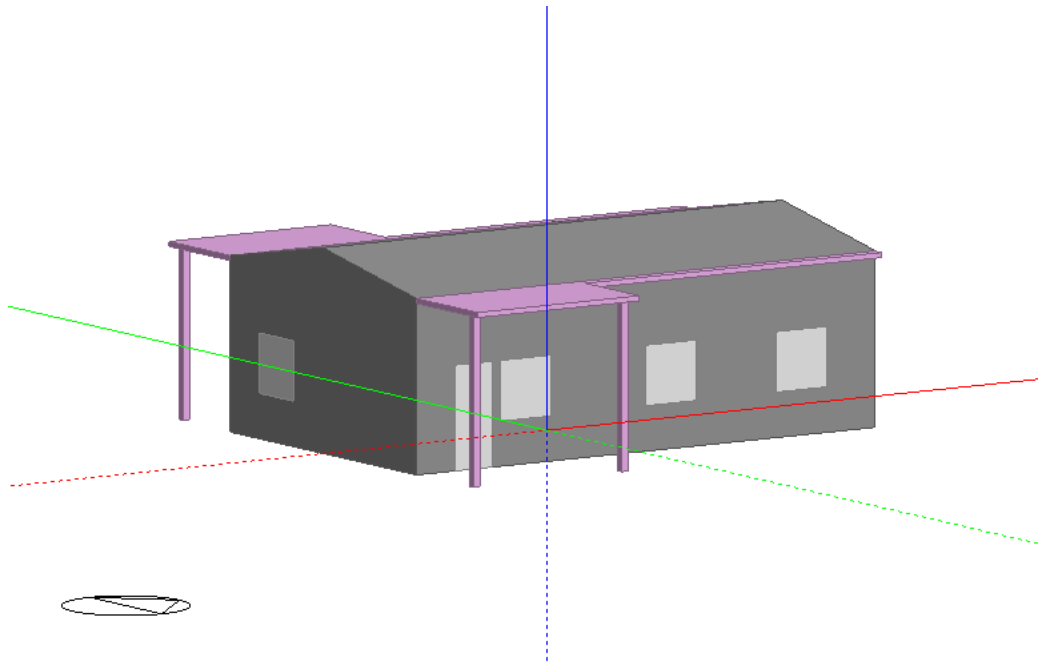
Elaboración participativa de la política nacional de aguas para “garantizar la universalidad en el acceso al agua potable y saneamiento”

#### **Reglamentación de la ley 18.610 - Decreto 78/010 (2010)**

“el saneamiento comprende el alcantarillado sanitario, así como otros sistemas para la evacuación, tratamiento o disposición de las aguas servidas”

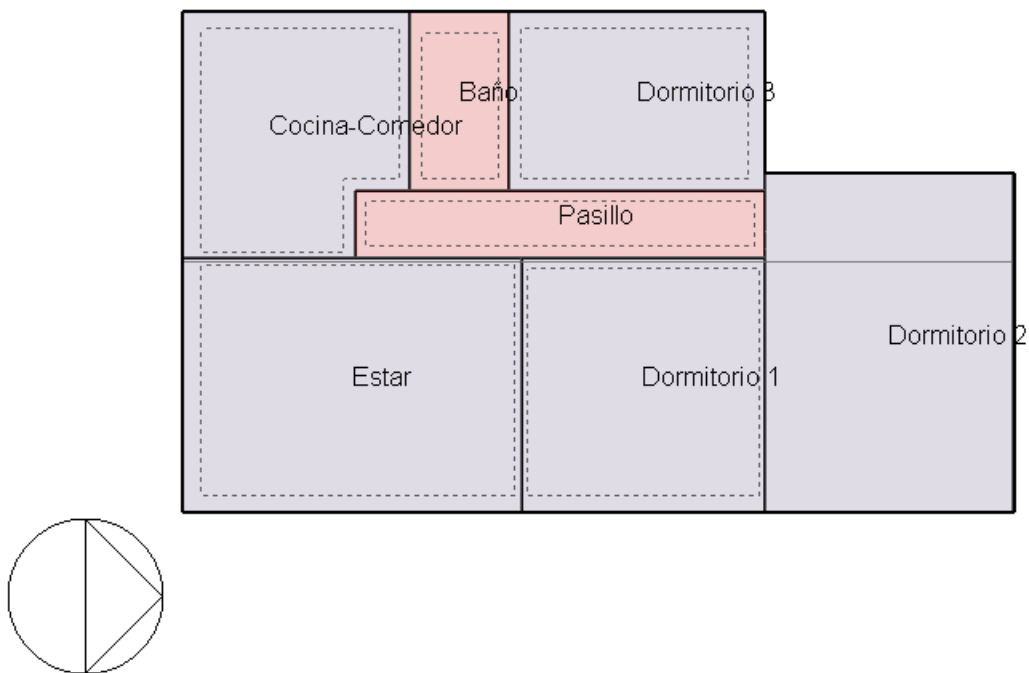
## Tablas y cálculos detallados que se utilizaron para crear el modelo virtual en el software Design Builder

### Caso de estudio



*Imagen 29: Visualización 3D de la vivienda*

Se estudiará una vivienda construida por MEVIR, específicamente la vivienda tipo 3 en donde su funcionamiento y descripción fue desarrollada anteriormente en este trabajo. El edificio es usado como una vivienda unifamiliar destinada a alojar 6 personas.



*Imagen 30: Planta general de la vivienda y sus respectivas zonas*

### **Sitio**

En el archivo sitio se establecen datos de la ubicación de Piedras Coloradas, Paysandú; latitud  $-32^{\circ}32'S$  y una longitud  $-57^{\circ}37'O$ , incluida en la zona climática 3A. Para los detalles del sitio se consideran los datos predefinidos por el programa, modificando solamente la temperatura superficial del terreno que se cambió de  $14^{\circ}C$  a  $18^{\circ}C$ . Consideramos como condición general que Uruguay se encuentra en una zona climática templada, subtropical y semi húmedo.

Para el diseño de calefacción seleccionamos una temperatura nominal anual de bulbo seco con percentil del 99.6%, con una temperatura mínima de bulbo seco de  $1.0^{\circ}C$ , velocidad coincidente del viento  $10\text{ m/s}$ .

En el caso del diseño de refrigeración para las temperaturas nominales anuales, se selecciona una temperatura nominal de bulbo seco con percentil de 0.4%, temperatura máxima de bulbo seco  $35.9^{\circ}C$ , temperatura coincidente de bulbo húmedo  $23.8^{\circ}C$ , temperatura mínima de bulbo seco  $23.5^{\circ}C$ .

## Edificio

Estando a nivel de sitio creamos el edificio compuesto por un bloque el cual es dividido internamente por particiones para diferenciar los distintos espacios. Se le adjunta un bloque de componente auxiliar, simulando los aleros, pero no influyen en los demás cálculos. El modelo se creó dentro de los parámetros del tipo de modelo genérico o por default que brinda el programa.

Una vez creado el modelo se comienza la etapa de carga de datos, para ello nombramos los espacios de la siguiente manera.

- A. Estar
- B. Dormitorio 1
- C. Dormitorio
- D. Matrimonial
- E. Dormitorio
- F. Baño
- G. Cocina-Comedor
- H. Pasillo

En los siguientes cálculos no se tiene en cuenta para la simulación de las zonas en gris (el baño y el pasillo) ya que tienen poco uso. No se consideran las ganancias internas, entre otras cosas, por lo tanto, se definen como zonas no acondicionadas. Las zonas restantes son acondicionadas y se considerarán para los cálculos térmicos.

Comparación de áreas			
Zonificación	Área real (m <sup>2</sup> )	Área DB (m <sup>2</sup> )	%
Estar	12.97	12.31	-5.09%
Cocina-Comedor	7.14	6.85	-4.06%
Dormitorio 1	9	9.01	0.11%
Dormitorio 2	12	14.41	20.08%
Dormitorio 3	6	5.85	-2.50%
Baño	2.6	1.91	-26.54%
Pasillo	4.52	2.98	-34.07%

*Tabla 40: Comparación de áreas: entre el área real de la habitación y la que el programa nos indica.*

o

### **Actividad**

Dentro de esta planilla se definen los datos relacionados con el uso y la ocupación para cada uno de los espacios. Los datos de ganancias internas serán modelados del modo simplificado, las ganancias por personas, aparatos e iluminación se definen por separado. Se considerará como método de ocupación las personas por el área, lo que quiere decir que la densidad de ocupación será determinada en términos de la cantidad fraccional de personas por área de suelo. Las ganancias latentes por ocupación (humedad aportada por las personas mediante procesos de transpiración o respiración) se simulará por cálculo dinámico, la fracción latente de estas ganancias es calculada en base a la temperatura interior y a la tasa metabólica. La proporción de ganancias sensibles respecto a las totales será menor en la medida en que aumente la temperatura de la zona, en estos casos si las temperaturas interiores superan los 30 °C todas las ganancias por ocupación se consideran latentes.

Se utiliza la sincronización para el control de los horarios de acuerdo con la ocupación y al uso de los aparatos dependiendo de cuál sea la zona estudiada. Para ello, se selecciona la opción de día laborable para lograr una modelación simplificada mediante periodos diarios definidos por una hora de inicio y de fin. Definimos que el día laborable es de lunes a lunes por lo tanto tiene un valor de 7 con un uso horario variado en algunas zonas.

Se considera que tanto las ganancias internas como los sistemas de HVAC y ventilación natural operan con la ocupación.

## Ocupación

Los datos de ocupación se utilizan junto a las condiciones metabólicas y a los días festivos, para calcular las ganancias de calor asociadas a las personas. Habiendo seleccionado el método de cálculo para este campo procedemos al cálculo de la densidad de ocupación para los períodos de ocupación ya establecidos. Se estima una cantidad de 6 personas en total, 4 adultos y 2 niños.

Densidad de ocupación= Cantidad de personas/área (m<sup>2</sup>).

## Condiciones metabólicas

En este campo se establece un componente de tasa metabólica (Watt por persona) la que representa el calor generado por el cuerpo humano. Este valor depende del nivel de intensidad de la actividad realizada por los ocupantes, e influye en las ganancias totales de calor por persona bajo condiciones nominales. Se seleccionan las siguientes opciones que brinda el programa: dormitorio matrimonial, dormitorio 1 y dormitorio “Bedroom (dwelling)”, Estar “Seated quiet” y Cocina- Comedor “Cooking”.

El factor metabólico calculado posteriormente permite establecer que el espacio está ocupado por personas con condiciones físicas diferente a la estándar. En general se consideran valores 1.00 para hombres, 0.85 para mujeres y 0.75 para niños, dado a que estamos trabajando con una familia donde hay niños y adultos realizamos un promedio y utilizamos el valor 0.90 para adultos y 0.75 para niños.

Factor metabólico=

$$((\text{Cant.Mujeres}+\text{Cant.Hombres})\cdot 0.9+(\text{Cant.Niños}\cdot 0.75))/\text{Total de personas.}$$



Ocupacion											
Zona	Horarios	Días de funcionamiento	Tasa metabólica	Fracción latente	Personas	Total	Factor metabólico	Área (m²)	Densidad	clo verano	clo invierno
Estar	8:00 a 22:00 hs	7	Seated quiet	0.50	6	6	0.85	12.31	0.49	0.5	1.5
Dormitorio 3	22:00 a 8:00 hs	7	Bedroom (dwelling)	0.32	2	2	0.75	5.85	0.34	0.5	1.5
Dormitorio 1	22:00 a 8:00 hs	7	Bedroom (dwelling)	0.32	2	2	0.90	9.01	0.22	0.5	1.5
Dormitorio 2	22:00 a 8:00 hs	7	Bedroom (dwelling)	0.32	2	2	0.90	14.41	0.14	0.5	1.5
Cocina-Comedor	10:00 a 12:00 hs	7	Cooking	0.50	6	6	0.85	6.85	0.88	0.5	1.5

*Tabla 41: Tabla Ocupación*

Actividad	Fraccion Sensible BTU/h	Fraccion Latente	Carga Total (ajuste M/F)
Estar (Caminando y sentados)	275	275	550
Dormitorio 1 (Sentados en un Teatro)	225	105	330
Dormitorio 2 (Sentados en un Teatro)	225	105	330
Dormitorio 3 (Sentados en un Teatro)	225	105	330
Cocina-Comedor (Caminando y sentados)	275	275	550
Pasillo (Caminando y sentados)	275	275	550

*Tabla 42: Ocupación*

La vestimenta es un factor importante a la hora de calcular los niveles de confort, ayuda a reducir las pérdidas de calor del cuerpo humano y se clasifica de acuerdo con su nivel de aislamiento. Los valores empleados se extraen del repartido 01 de la Cátedra de Acondicionamiento Térmico de la FADU, dichos valores son 0.5 clo para verano y 1.5 para invierno.

### Condición ambiental

Aquí definiremos diversos parámetros relacionados con el control de las condiciones ambientales del edificio como, por ejemplo, las consignas de temperatura y humedad relativa, ventilación mínima por persona y niveles mínimos de iluminancia.

Definimos como temperatura mínima de calefacción a aquella que se pretende mantener en las zonas cuando se requiere que este sistema esté en funcionamiento, proponemos un rango de 22 °C. Como consigna secundaria se establece 18 °C, siendo esta para lapsos en los que el edificio requiera un nivel bajo de calefacción durante

periodos desocupados con el fin de evitar problemas de condensaciones o que el espacio alcance temperaturas muy bajas.

Por otro lado, para la refrigeración se determina una temperatura máxima que se pretende mantener en el ambiente cuando se hace uso del sistema, dado que esta temperatura siempre debe ser mayor que la consigna de temperatura de calefacción se estima un rango de 24 °C. Al igual que en el caso anterior, pero con intensidad inversa, no alcanzar altas temperaturas cuando el espacio esta deshabitado se designa una consigna secundaria de 28 °C.

En control de la ventilación natural utilizamos la opción ventilación natural programada, la que define a la ventilación como una tasa de renovación del aire, dependiente de una programación de funcionamiento y controlada por una consigna de temperatura. Dicha consigna de temperatura se definió por la temperatura interior mínima y se establece mediante un valor fijo de 24 °C, esto quiere decir que la ventilación natural solo se puede activar si la temperatura interior de ese espacio es mayor que la de la consigna. Al igual que la ventilación natural, la mecánica se controla a partir de la temperatura del aire interior. Se plantea una temperatura mínima de 10 °C, si la temperatura interior es menor que ese valor se activará la ventilación mecánica.

Para iluminación se establece un promedio para el nivel mínimo de iluminancia (lux) requerido para cada zona, en el caso de que la iluminación natural no cumpla con ese valor se recurre a la iluminación artificial. Estos valores dependen del tipo de actividad, consideramos 300 lux para actividades en general. Para el ingreso del valor de densidad de iluminación de tarea y acento (W/m<sup>2</sup>) se recurrió a la ASRHAE, capítulo 18, tabla 2.

## **Ganancias por aparatos y equipos**

En este módulo activaremos distintos tipos de aparatos y equipos dependiendo de cuál sea la categoría acorde para que sean considerados en las simulaciones energéticas, en todos los casos hay aportes de calor y consumo energético. Los espacios que presentan este módulo son: Estar, Cocina-Comedor, Dormitorio Matrimonial.

En el Estar y dormitorio: En estos espacios al cumplir con funciones parecidas, se ingresan los mismos datos. Cuenta con equipos como computadora y televisor. Estos equipos son ingresados dentro de la categoría equipos de oficina, por lo que se asume que el combustible empleado es la electricidad. Se define a partir de una programación del período en que se darán las ganancias de calor asociadas al uso de esos equipos. Los valores de fracción latente utilizada por los equipos se toman de la ASRHAE, capítulo 18, tabla 8, y luego se los promedia entre la cantidad de los equipos. Este número es empleado para calcular la porción del calor generado por los equipos que será emitido como radiación de onda larga.

En cuanto a las ganancias, se suman las potencias de los tres equipos también sacadas del capítulo citado anteriormente y luego se las divide por el área del local.

Cocina-Comedor: En esta zona se emplean dos categorías distintas para introducir las ganancias. Comenzamos al igual que en las zonas anteriores con los equipos de oficina en el cual incluimos a la heladera, con una programación de funcionamiento de 24 horas todos los días de la semana. A diferencia de la categoría anterior, la cocina funciona con un tipo diferente de combustible, el gas, que genera también ganancias de calor latente. Se le indica una programación de 4 horas que va desde las 10.00 a 14.00. Suponemos que la cantidad de calor generada por el equipo será emitida al interior por lo que se le da un valor de 0.0 al factor de pérdidas, es decir, ninguna porción de calor emitida por el aparato será expulsada al exterior del edificio.

Se emplea 0.5 para establecer la porción de calor que se ira al espacio en forma de calor latente, el cual no afecta directamente a la temperatura interior, sino que representa un aumento en la humedad. Para la fracción radiante se emplea un valor de 0.25. Todos estos valores fueron recolectados de la ficha técnica de una cocina industrial, para el cálculo de ganancias se considera una cocina con cuatro quemadores de 6 pulgadas de diámetro y un horno. Según la DNE<sup>7</sup> se considera un consumo diario por persona de unos 1.125kWh al día para la cocción de las 4 comidas diarias. A dicho valor se lo divide por el número de horas de utilización (4hs) y se lo multiplica por el número de personas (6). Dando un valor de Potencia total de 1687 W. Esta última es dividida por el área del local (6.91 m<sup>2</sup>) dejando una ganancia total de 244W/m<sup>2</sup>.

Ganancias por equipo							
Zona	Horarios	Potencia total (w)	Área (m <sup>2</sup> )	Ganancia	Factor radiante	Factor Perdida	Factor latente
Cocina-comedor	0:00 a 24.00 hs	400	6.85	58.4	0.45	0	0.5
Estar	10:00 a 20:00 hs	126	12.31	10.2	0.4	-	-
Dormitorio 1	21:00 a 23:00 hs	90	9.01	10.0	0.4	-	-

Ganancias por equipo							
Zona	Horarios	Potencia total(w)	Área (m <sup>2</sup> )	Ganancia (w/m <sup>2</sup> )	Factor radiante	Factor Perdida	Factor latente
Cocina (Gas natural)	10:00 a 14:00 hs	1687.5	6.85	246	0.25	0	0.5

Ganancias por equipo							
Zona	Equipos	Horarios	Potencia promedio (w)	Potencia nominal (w)	Fracción Radiante	Cantidad	Potencia total (W)
Cocina-Comedor	Heladera	24hs	42.9	400	0.45	1	400
	Microondas		0	0	0	0	0
Estar	Laptop	10:00 a 20:00 hs	36	130	0.4	1	36
	Televisión		22	90	0.4	1	90
Dormitorio 1	Televisión	20:00 a 23:00 hs	22	90	0.4	1	90

Ganancias por equipo							
Zona	Equipos	Horarios	Potencia promedio(Kw)	Potencia nominal (Kw)	Fracción Radiante	Cantidad	Potencia total (W)
Cocina	Cocina a gas	10:00 a 14:00 hs	1.69	1.69	0.11	1	1687.5

Tabla 43: Ganancias por equipo

<sup>7</sup> Dirección Nacional de Energía

## Cerramientos

Se denominan cerramientos a los componentes opacos que modelan el edificio: muros, cubierta, suelos. Estos componentes son definidos mediante planillas de cerramientos, en ellas se definen la composición, su comportamiento térmico, las principales propiedades termo físicas y ópticas de los materiales que la componen. Para esta etapa se selecciona dentro de las opciones de modelo para datos de cerramiento y acristalamiento la predeterminada por el programa “Opción de modelo general”.

Consideramos como muro exterior a todos aquellos que se encuentran expuestos directamente con el ambiente, se ven afectados por la radiación solar y aire exterior. La vivienda cuenta con un solo tipo de muro M01.

En el punto 7.2 se describen detalladamente los cerramientos opacos que componen la vivienda.

Muro M01	espesor (m)	C (J/kg.k)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (w/m.k)	R (m <sup>2</sup> .k/w)	Absortancia solar ( $\alpha$ )	Absortancia visible ( $\alpha$ )	Emicividad ( $\epsilon$ )
Ladrillo de campo	0.05	920	1450	0.79	-	0.77	0.77	0.93
Cámara de aire	0.03	-	-	-	0.37	-	-	-
Revoque hidrofugado	0.01	1000	2100	1.8	-	-	-	-
Membrana asfáltica	0.005	920	2100	0.7	-	-	-	-
Ladrillo de campo	0.12	920	1450	0.79	-	-	-	-
Bolseado de Arena y Porlant pintado de color blanco	0.01	1000	2100	1.8	-	0.10	0.10	0.90
e (espesor)	0.225							

*Tabla 44: Muros exteriores*

Como cerramiento de cubierta inclinada con ocupación se designa al techo el que se encuentra expuesto directamente con el exterior y está vinculado a los espacios ocupados del edificio. En el punto 7.2 se detalle cómo está compuesto la cubierta específicamente.

Techo	espesor (m)	C (J/kg.k)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (w/m.k)	R (m <sup>2</sup> .k/w)	Absortancia solar ( $\alpha$ )	Absortancia visible ( $\alpha$ )	Emicividad ( $\epsilon$ )
Chapa Galvanizada	0.002	390	7800	47	-	0.25	0.25	0.75
Lana de vidrio C/papel craft	0.038	670	50	0.036	-	-	-	-
Placa de OSB	0.011	230	300	0.054	-	-	-	0.90

*Tabla 45: Composición del techo*

Los cerramientos de partición se aplican a los muros interiores, muros que dividen las distintas zonas siempre y cuando éstas sean aclimatadas. Contamos con dos tipos distintos de particiones o tabiques.

Tabique T01	espesor (m)	C (J/kg.k)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (w/m.k)	R (m <sup>2</sup> .k/w)	Absortancia solar ( $\alpha$ )	Absortancia visible ( $\alpha$ )	Emicividad ( $\epsilon$ )
Bolseado de Arena y Porlant pintado de color blanco	0.015	1000	2100	1.8	-	0.10	0.10	0.90
Ladrillo de campo	0.12	920	1450	0.79	-	-	-	-
Bolseado de Arena y Porlant pintado de color blanco	0.015	1000	2100	1.8	-	0.10	0.90	0.90
e (espesor)	0.15							

Tabique T02	espesor (m)	C (J/kg.k)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (w/m.k)	R (m <sup>2</sup> .k/w)	Absortancia solar ( $\alpha$ )	Absortancia visible ( $\alpha$ )	Emicividad ( $\epsilon$ )
Bolseado de Arena y Porlant pintado de color blanco	0.015	1000	2100	1.8	-	0.10	0.10	0.90
Ladrillo de campo	0.12	920	1450	0.79	-	-	-	-
Revestimiento Cerámico 20x20	0.015	1000	2500	2.3	-	-	-	0.92
e (espesor)	0.15							

*Tabla 46: Tabiques internos*

Dentro de los suelos se utiliza el denominado suelo sobre terreno dado a que todos los pisos del edificio están en contacto con el mismo. Éste no se ve afectado por las mismas condiciones que los cerramientos anteriores, sino por las temperaturas del terreno. Cuenta con un único tipo de piso.

Piso 01	espesor (m)	C (J/kg.k)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (w/m.k)	R (m <sup>2</sup> .k/w)	Absortancia solar ( $\alpha$ )	Absortancia visible ( $\alpha$ )	Emicividad ( $\epsilon$ )
Porcelanato 30x30	0.01	1000	2500	2.3	-	-	-	0.92
Carpeta de nivelación	0.04	1000	2100	1.8	-	-	-	-
Hormigón de cascote + malla electrosoldada 3mm	0.1	950	1800	0.95	-	-	-	-
Tierra comprimida	1	880	1460	1.28	-	-	-	-

*Tabla 47: Composición del piso*

Sin importar de qué tipo de cerramiento se trate se define la absorción solar y visible para las superficies exteriores, parámetros que se utilizan para modelar las reflexiones de la radiación solar. Se fija también la conductividad (w/m.K), el calor específico (J/Kg.K) y densidad (kg/m<sup>3</sup>) de cada material que compone la capa exterior. Dichos valores son extraídos del repartido de la catedra de acondicionamiento térmico de la FADU.

Activamos la casilla “modelar infiltración” para establecer un valor a la tasa de infiltraciones, es decir, al ingreso no controlado del aire a través de aberturas. El valor

asignado es de 1.5 con unidad en renovaciones/hora. Se deja la programación predeterminada por el programa, “On 24/7”.

### **Aberturas**

Se denomina aberturas a cualquier perforación que se realice en los cerramientos opacos del edificio. Utilizaremos dos tipos de aberturas: ventanas y puertas.

### **Ventanas exteriores**

Las ventanas son las superficies traslúcidas a través de las que ingresa una parte de la radiación solar. Se emplean también para modelar el flujo de aire que ingresa y sale de los locales. Se establece el tipo de acristalamiento para ventanas, las propiedades térmicas y ópticas de éstas. Dichas propiedades son asignadas a partir del método de definición simple, en la que se introduce el valor de la transmisión solar total (0.85), la transmisión de luz (0.78), y el valor U (5.84 W/m<sup>2</sup>-k). Las ventanas son dimensionadas y posicionadas de forma manual en el modelo siguiendo los planos existentes. Para el tipo de distribución se selecciona la opción de “acristalamiento no continuo (altura fija)” la que genera el acristalamiento a partir de la altura de la ventana y el porcentaje de acristalamiento (proporción ventana-muro) el cual en este caso es de 30. Se incluyen los marcos y divisores en el modelado de las ventanas designándole un material de madera pintada con propiedades ya designadas por el programa. Los divisores son del tipo con parteluz, el divisor separa al acristalamiento en partes con un ancho de 0.02 m y una cantidad de un divisor horizontal y otro vertical. El marco por otro lado tiene un ancho de 0.04m.

Se activa el sombreado de ventana mediante el cual se le agrega un dispositivo de protección interna frente a la radiación solar del tipo persianas opacas con láminas de alta reflectividad, con una programación de 8.00 a 16.00 horas solo durante el período de verano.

Ventanas	espesor (m)	U(W/m <sup>2</sup> -K)	$\tau_v$	$\tau$
Vidrio simple	0.002	5.84	0.85	0.78

Tabla 48: Composición ventanas

### Puertas

Puertas	espesor (m)	C (J/kg.k)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (w/m.k)	R (m <sup>2</sup> .k/w)	Absortancia solar ( $\alpha$ )	Absortancia visible ( $\alpha$ )	Emicividadada ( $\epsilon$ )
Placa MDF	0.01	2300	800	0.17	-	-	-	0.90
Camara de aire	0.04	-	-	-	0.37	-	-	-
Placa MDF	0.01	2300	800	0.17	-	-	-	0.90

Puertas	espesor (m)	C (J/kg.k)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (w/m.k)	R (m <sup>2</sup> .k/w)	Absortancia solar ( $\alpha$ )	Absortancia visible ( $\alpha$ )	Emicividadada ( $\epsilon$ )
Aluminio Anodizado	0.005	880	2700	230	-	-	-	0.60
Camara de aire	0.04	-	-	-	0.37	-	-	-
Aluminio Anodizado	0.005	880	2700	230	-	-	-	0.60

Tabla 49: Composición de Puerta

Puertas: La composición de las puertas están definidas en el encabezado de sub-superficies en la pestaña de cerramientos.

### Iluminación

En esta parte se definen los parámetros asociados a la iluminación artificial del edificio, se selecciona la opción de ganancias simplificadas. Se adopta como planilla de iluminación la de referencia del programa, y se activa la iluminación general refiriéndose al sistema de iluminación principal de la zona para que sea incluida en el modelo. Se debe ingresar la densidad de potencia (w/m<sup>2</sup>), para ello es necesario realizar el cálculo previo de la potencia de iluminación (energía eléctrica máxima para iluminar la zona que varía en cada local). La unidad de ganancia por iluminación se considerará al Watt/m<sup>2</sup>, es decir, la potencia de iluminación será definida como una tasa por metro cuadrado de área de suelo. Para el cálculo de la densidad de potencia de iluminación se recurrió a extraer los valores de la ASHRAE, capítulo 18 tabla 2. Se realiza una conversión de unidades de W/ft<sup>2</sup> a W/m<sup>2</sup>.



Iluminación								
Zona	Horario	Días por semana	Potencia total	Iluminancia total (lux)	Área de suelo (m2)	Densidad de potencia (W/m2)	Densidad normalizada de potencia (W/m2 @ 100 lux)	Tipo de luminaria
Estar	17 a 23	7	36	98.0	12.31	2.92	2.99	Suspendida
Dormitorio 3	18 a 23	7	18	103.1	5.85	3.08	2.99	Suspendida
Dormitorio 1	18 a 23	7	18	66.9	9.01	2.00	2.99	Suspendida
Dormitorio 2	18 a 23	7	36	83.7	14.41	2.50	2.99	Suspendida
Cocina-Comedor	17 a 23	7	18	88.0	6.85	2.63	2.99	Suspendida
Pasillo	17 a 23	7	18	202.3	2.98	6.04	2.99	Suspendida

Iluminación								
Zona	Horario	Días por semana	Potencia total	Iluminancia total (lux)	Área de suelo (m2)	Densidad de potencia (W/m2)	Densidad normalizada de potencia (W/m2 @ 100 lux)	Tipo de luminaria
Estar	17 a 23	7	36	98.0	12.31	2.92	2.99	Suspendida
Dormitorio 3	18 a 23	7	18	103.1	5.85	3.08	2.99	Suspendida
Dormitorio 1	18 a 23	7	18	66.9	9.01	2.00	2.99	Suspendida
Dormitorio 2	18 a 23	7	36	83.7	14.41	2.50	2.99	Suspendida
Cocina-Comedor	17 a 23	7	18	88.0	6.85	2.63	2.99	Suspendida
Pasillo	17 a 23	7	18	202.3	2.98	6.04	2.99	Suspendida

Estimado aproximado de la cantidad de lámparas								
Zonas	Iluminación requerida (lux)	Denominación de lámpara	Cantidad de lámparas	Potencia de cada lámpara (W)	Rendimiento de cada lámpara (lm/W)	Flujo luminoso de cada lámpara (lm)	Área de suelo (m2)	Iluminancia total (lux)
Estar	300	FL CD (compact. Doble)*	2	18	67	1206	12.31	98.0
Dormitorio 3	300	FL CD (compact. Doble)*	1	18	67	1206	5.85	103.1
Dormitorio 1	300	FL CD (compact. Doble)*	1	18	67	1206	9.01	66.9
Dormitorio 2	300	FL CD (compact. Doble)*	2	18	67	1206	14.41	83.7
Cocina-Comedor	300	FL CD (compact. Doble)*	1	18	67	1206	6.85	88.0
Pasillo	300	FL CD (compact. Doble)*	1	18	67	1206	2.98	202.3

Tabla 50: Iluminación

Se programa el período de funcionamiento de la iluminación para que sea el mismo que el del funcionamiento de cada zona. Gran parte de la energía consumida por la iluminación se convierte en calor que es emitido al ambiente e influye en las ganancias del local. En nuestro caso la vivienda cuenta con luminaria de tipo suspendida.

## HVAC

Los sistemas de climatización del edificio son modelados mediante la opción de HVAC simple. Este método no modela un sistema de HVAC real, sino un sistema ideal que suministra aire con propiedades determinadas de caudal, temperatura y humedad. Se carga la planilla “Fan Coil Unit (4-Pipe), Air cooled Chiller” disponible en el programa. La ventilación mecánica se aplica únicamente a la cocina-comedor mientras que la refrigeración solo al estar y ventilación natural se activa en los dormitorios.

## Ventilación mecánica

En la cocina activamos esta casilla para indicar que una cierta cantidad de aire exterior será suministrada a la zona mediante algún sistema de ventilación mecánica. El caudal de aire exterior se define en renovaciones por hora (renov/hora), extraemos este

valor de la tabla de renovaciones para ventilación en cocinas de la página de la empresa Ingeniería Mecánica, la que define una ventilación de 20 renov/hora.

Se le programa a la ventilación mecánica un funcionamiento únicamente de 4 horas que van de 10.00 a 14.00 horas, período en el que se encuentra en funcionamiento la cocina.

### **Calefacción**

El sistema de calefacción usado en esta vivienda son las antiguas estufas a leña, MEVIR entrega al beneficiario su vivienda con la estufa incorporada. Para el diseño de la calefacción se elige el modo de dimensionado de HVAC manual y se define la capacidad del sistema de calefacción en el Estar. A continuación, se explicará cómo se realiza el diseño de refrigeración ya que se realiza de la misma manera para el de calefacción. Cambiando el coeficiente de rendimiento estacional, CoP para calefacción= 0.1 valor constante para la habitación en donde se encuentra el equipo y el funcionamiento se especifica solo para el invierno.

<b>Diseño de calefacción</b>					
<b>Zonas térmicas</b>	<b>Area (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Potencia de calefacción calculada</b>		<b>Potencia de calefacción empleada para simulación</b>	
		<b>(KW)</b>	<b>BTU/hr</b>	<b>(KW)</b>	<b>BTU/hr</b>
Estar	12.31	6.14	20950	7.03	24000

*Tabla 51: Calefacción*

### **Refrigeración**

Se selecciona el modo de dimensionado de HVAC manual y se define directamente la capacidad del sistema de calefacción en el Estar. Se comienza anotando en una tabla los valores de capacidad nominal de refrigeración que brinda por defecto el programa los cuales están en KW, debido a que la potencia de los equipos de aire acondicionado que vienen en BTU/hr se multiplica los valores obtenidos por 3412 para hacer la conversión de unidades. Observando los valores que nos da el paso anterior se

estima el tamaño del equipo (9000, 12000, 18000 o 24000 BTU/h) y se procede a hacer la conversión de BTU a kW (dividimos por 3412). Se diseña para un sistema de refrigeración del tipo Split que utiliza como combustible la electricidad. Se requiere el ingreso del coeficiente de rendimiento estacional (CoP) de este sistema para calcular los consumos de combustible requeridos para cumplir con la demanda de calefacción.

El CoP representa la eficiencia estacional total del sistema e incluye todos los consumos de energía asociados a la producción de calor.

Consumo energético= Carga de refrigeración (KWh) / CoP de refrigeración (KWh)

Se especifica un CoP para refrigeración de 3.10, valor constante para la habitación en donde se encuentra el equipo. El sistema se programa para que funcione en el horario de funcionamiento del local solo en el período de verano.

Diseño de refrigeración					
Zonas térmicas	Area (m <sup>2</sup> )	Potencia de refrigeración calculada		Potencia de refrigeración empleada para simulación	
		(KW)	BTU/hr	(KW)	BTU/hr
Estar	12.31	2.35	8018	2.64	9000

*Tabla 52: Refrigeración*

### Ventilación natural

Esta sección se aplica para todos los espacios de la vivienda. La ventilación natural se modeliza a partir de la opción de modelo programada, en esta situación no se explicita la abertura de puertas y ventanas exteriores, sino que se define una tasa de renovación de aire por zona con cierta programación que modifica esta tasa en el tiempo. Sobre este cálculo también influyen los valores de temperatura interior mínima y máxima especificados en la parte de datos de Actividad. Se consulta el repartido de Acondicionamiento Térmico para las renovaciones/ hora de la cocina que da un valor de 20, consideramos que dicha estimación es muy grande y decidimos bajar el valor a 10

que es un estimativo más razonable. A estas 10 renov/hora se le debe restar las renovaciones por infiltraciones que es 1.5, por lo que nos queda un caudal exterior para ventilación natural de 8.5 renov/hora.

El uso de la ventilación natural va a la par de las horas de funcionamiento de la vivienda. Se define un único valor límite para la temperatura interior mínima y temperatura interior máxima, valores fijos de 18 y 28 °C respectivamente. Al ser ventilación programada solo opera cuando la temperatura del aire exterior es superior a la temperatura exterior mínima e inferior a la temperatura exterior máxima. También al incorporarle un delta T con valor 0.0 se asume que dicha ventilación programada sólo funcionará cuando la temperatura exterior es menos a la temperatura interior.

Programamos el sistema a través del modo mixto para que se alterne de manera automática el funcionamiento de la ventilación natural y el sistema de HVAC. Se emplea además el indicador de lluvia, esto permite modelar el comportamiento común cuando hay precipitaciones que consiste en cerrar las ventanas para evitar la entrada del agua. Al igual que para la lluvia, se indica un tope de velocidad máxima del viento de 40 m/s, por arriba de esa velocidad se desactivará el uso de la ventilación natural. Se programa además un control de desactivación si entalpía exterior es menor a 20000 J/Kg, o mayor a 30000 J/Kg. El punto de rocío también tiene control sobre este tipo de ventilación ya que si la temperatura exterior de punto de rocío es menor a los 15 °C o mayor a los 30°C quedará fuera de funcionamiento.

## **Cálculos y simulaciones**

### **Diseño de refrigeración**

Los cálculos de diseño de refrigeración se utilizan para dimensionar el sistema de refrigeración, determinando que potencia se requiere para cubrir las cargas de refrigeración de la vivienda. Se utilizan datos específicos para la refrigeración como la temperatura máxima de bulbo seco, temperatura coincidente de bulbo húmedo y la temperatura mínima de bulbo seco. Los cálculos se efectúan en régimen periódico, se simula un día de diseño de 24 horas. Se determina el día de verano 15 de enero como día de diseño. Se tiene en cuenta la radiación solar que recibe la vivienda, pero no se considera ni la velocidad, ni dirección del viento. También se incluyen las ganancias internas, las pérdidas o ganancias por infiltración, ventilación mecánica, ventilación natural programada, y las transmisiones de calor entre los distintos locales.

