



## ANEXOS

**Anexo 1:** Cuadros resumen de datos climáticos mensuales.

TEMPERATURA (°C)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
2016	PROM	7.21	6.63	6.77	6.75	6.10	4.36	3.84	4.45	4.61	6.11	6.61	5.98
	MAX	8.07	7.29	7.39	7.51	6.86	4.92	4.43	5.22	5.43	7.10	7.56	6.87
	MIN	6.46	6.07	6.22	6.11	5.47	3.89	3.37	3.80	3.91	5.28	5.80	5.22
2011-2015	PROM	7.06	6.91	7.30	7.06	6.77	6.34	5.35	5.08	6.03	7.04	6.89	7.29
	MAX	11.63	11.32	12.29	11.43	11.30	9.84	9.21	9.48	11.15	12.23	12.56	12.49
	MIN	3.89	3.91	4.23	4.22	3.98	3.96	2.79	2.30	2.74	3.50	2.65	3.62
2011-2016	PROM	7.14	6.768	7.034	6.906	6.431	5.352	4.60	4.765	5.316	6.576	6.752	6.631
	MAX	9.85	9.31	9.84	9.47	9.08	7.38	6.82	7.35	8.29	9.67	10.06	9.68
	MIN	5.18	4.99	5.22	5.16	4.72	3.93	3.08	3.05	3.33	4.39	4.22	4.42

\*Se señalan las temperaturas promedias máximas y mínimas.

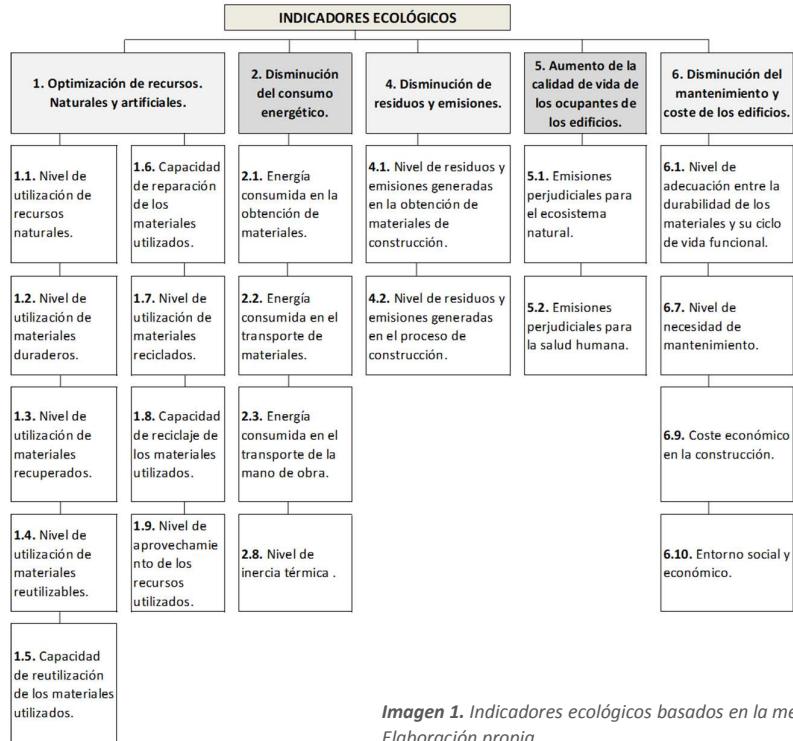
HUMEDAD RELATIVA (%)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
2016	PROM	86.8493134	94.1121025	94.8199138	93.7857454	92.5572189	94.3041921	94.5858098	88.7535417	90.17295139	83.0360565	75.2395968	85.5969388
	MAX	90.8023925	96.0825862	96.5835215	95.7850139	94.6042608	95.829875	96.1722312	91.807379	93.46695833	87.3377688	79.5555417	89.5663441
	MIN	82.2240995	91.823592	92.8364247	91.5427778	90.2607124	92.5300694	92.7860618	85.2596909	86.265875	78.2130497	70.5874833	81.004086
2011-2015	PROM	93.562	94.939	93.522	94.202	94.259	93.466	94.127	93.131	90.759	90.887	88.504	89.617
	MAX	99.191	99.8	99.605	99.871	99.735	98.891	99.749	99.739	99.674	98.83	98.266	98.933
	MIN	75.807	79.25	74.353	77.092	77.613	80.358	80.984	75.661	70.861	69.896	64.767	68.286
2011-2016	PROM	90.21	94.53	94.17	93.99	93.41	93.89	94.36	90.94	90.47	86.96	81.87	87.61
	MAX	95.00	97.94	98.09	97.83	97.17	97.36	97.96	95.77	96.57	93.08	88.91	94.25
	MIN	79.02	85.54	83.59	84.32	83.94	86.44	86.89	80.46	78.56	74.05	67.68	74.65

\*Se señalan los valores promedio de humedad relativa del mes más frío y mes más cálido.

VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)												
AÑO	ENERO	FEBRERO	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2016	1.56	2.32	2.00	1.86	2.53	3.11	3.19	2.87	2.30	2.30	2.19	1.47
2011-2015	3.42	3.37	3.01	3.36	3.54	4.57	4.92	4.84	4.58	3.31	2.87	3.27
2011-2016	2.49	2.85	2.50	2.61	3.04	3.84	4.05	3.86	3.44	2.80	2.53	2.37

\*Se señalan los valores promedio de velocidad del viento del mes más frío y mes más cálido.

**Anexo 2:** Indicadores ecológicos de acuerdo a la metodología de evaluación de Luis de Garrido.



*Imagen 1. Indicadores ecológicos basados en la metodología de Luis de Garrido.  
Elaboración propia.*

## 1. Optimización de recursos. Naturales y artificiales

### 1.1. Nivel de utilización de recursos naturales:

Este indicador mide la cantidad de recursos y materiales naturales que se hayan utilizado, o que se deban utilizar, en arquitectura.

En este indicador se valora la utilización de materiales naturales que causen el menor impacto posible a la naturaleza, materiales que presente la menor manipulación posible durante su extracción.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 8

### 1.2. Nivel de utilización de materiales duraderos:

Este indicador mide la cantidad de materiales duraderos que se proponen utilizar.

Este indicador valora la durabilidad de los materiales empleados con un menor impacto ambiental posible por unidad de tiempo. Considerando que la fabricación de materiales duraderos requiera una gran cantidad de energía inicial en su fabricación, y que genere cierta cantidad de residuos frente a otros materiales alternativos esto queda sobradamente compensado por su durabilidad.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 72

### 1.3. Nivel de utilización de materiales recuperados:

Este indicador mide la cantidad de materiales recuperados que se proponen utilizar. En este indicador se valora la disminución de residuos mediante la recuperación o reutilización de materiales generados por la actividad humana. Los materiales prioritarios para ser reutilizados deben ser los más dañinos para el medioambiente.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 24

### 1.4. Nivel de utilización de materiales reutilizables:

Este indicador mide la cantidad de materiales reutilizables (o reutilizados) que se proponen utilizar.



Se valora el uso de un material que podría ser reutilizado en el mismo lugar en el que estaba, o en cualquier otro lugar, con la misma funcionalidad, o cualquier otra. La diferencia con el punto anterior es que ahora no se trata de materiales desechados, sino de materiales que siguen siendo perfectamente válidos, pero que se les alarga su vida útil.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 56

*1.5. Capacidad de reutilización de los materiales utilizados:*

Este indicador mide la cantidad de veces que un determinado material puede volver a utilizarse, ya sea con la misma funcionalidad y ubicación que tenía con anterioridad, o con cualquier otra.

Se valora la capacidad de reutilización del material o sistema constructivo propuesto ya que esto disminuye la cantidad de residuos que se puedan generar durante la demolición.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 80

*1.6. Capacidad de reparación de los materiales utilizados:*

Este indicador mide la cantidad de veces que un determinado material se puede reparar con el fin de volver a ser utilizado, ya sea con la misma funcionalidad y ubicación que tenía con anterioridad, o con cualquier otra.

En este indicador se valora la capacidad y facilidad con la que puede ser reparado un material para su reutilización. Se potencia el uso de sistemas constructivos que se caractericen por ser fácilmente ensamblado y desensamblados, también aquellos que puedan ser reparados en lugar de ser reemplazos.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 72

*1.7. Nivel de utilización de materiales reciclados:*

Este indicador mide la cantidad de materiales reciclados (o reciclables) que se proponen. Considerando que los procesos que se requieren para el reciclaje de materiales son los que menos se parece a los mecanismos propios de regeneración natural, el reciclaje se convierte en una actividad menos interesante para la arquitectura sostenible.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 20

*1.8. Capacidad de reciclaje de los materiales utilizados:*

Este indicador mide la cantidad de veces que un determinado material se puede reciclar, sin que se deterioren sustancialmente sus características físicas, químicas o mecánicas.

Sin embargo, un material se debe reciclar únicamente cuando no haya más remedio, y cuando ya no sea posible repararlo y volverlo a utilizar. Hay que recordar que el proceso de reciclaje consume energía y recursos y genera residuos. Por lo tanto, no es un proceso realmente efectivo, desde un punto de vista medioambiental.

Algunos materiales pueden reciclarse con enorme facilidad, con un consumo muy bajo de energía, y que apenas generan emisiones y residuos en el proceso por ello no se puede generalizar absolutamente nada con respecto al proceso de reciclaje. En estos casos, si el material es adecuado desde un punto de vista medioambiental, sería interesante que se estimulara su reutilización y su biodegradación.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 40

*1.9. Nivel de aprovechamiento de los recursos utilizados:*

Este indicador mide el aprovechamiento que se realiza de los recursos ya disponibles. O lo que es lo mismo, el porcentaje de recursos que se utilizan en relación a los que se desperdician o los convierten en residuos, debido a la actividad humana.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 36



## 2. Disminución del consumo energético

### 2.1. Energía consumida en la obtención de materiales:

Este indicador mide la cantidad de energía necesaria para obtener o fabricar un determinado material o componente. Materiales como el aluminio, PVC, algunos plásticos y esmaltes tienen un consumo energético tan elevado que su utilización no está justificada en absoluto, y deberían evitarse en construcción sostenible.

Se valoran los materiales con menor consumo energético por peso del material fabricado. Esta información se la puede tomar de una tabla recomendada por el autor.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 33

### 2.2. Energía consumida en el transporte de materiales:

Este indicador mide la cantidad de energía necesaria para transportar un determinado material o componente, hasta el lugar donde se va a utilizar. En este punto se busca fomentar una economía rentable basada en el consumo de materiales locales, ya que lo que se gana aprovechándose de las desigualdades sociales, es lo que se pierde en el transporte de las mercancías.

En este indicador se valora los materiales locales, cercanos al lugar en el cual se ubica la edificación.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 7

### 2.3. Energía consumida en el transporte de la mano de obra:

Este indicador mide la cantidad de energía necesaria para transportar la mano de obra necesaria para realizar una determinada construcción.

Este indicador valora la utilización de sistemas constructivos que no necesiten de mano de obra especializada por motivo de costes económicos elevados, o aquellos que no necesiten de ciertas tecnologías.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 7

El abastecimiento responsable de materiales para la construcción, se debe medir por la distancia desde el abastecimiento hasta la obra en kilómetros existiendo una diferenciación si la edificación se encuentra en zona rural máximo 80km o urbana 25km, se diferencia también la adquisición de materiales de construcción si estos son de carácter regional existe una variación entre los métodos de evaluación para determinar el radio de influencia de lo que se considera región obteniendo una media de 500km, este abastecimiento se consideran también los dentro de los materiales de la edificación a todos los embalajes o productos de protección con los que se empacan los materiales de construcción. (Guillen Mena & Orellana Valdez, 2015)

### 2.8. Nivel de inercia térmica del edificio:

Este indicador mide la inercia térmica de un edificio. La inercia térmica es la capacidad que tiene un material de acumular calor o fresco. A mayor inercia térmica, mayor capacidad de acumulación de calor, o fresco. Por ello, un edificio con mucha inercia térmica puede acumular durante un prolongado periodo de tiempo, el calor, o el fresco, que haya podido generar y con ello se puede disminuir al máximo el consumo energético.

Por lo tanto, este indicador valora los materiales o sistemas constructivos que presenten mayor cantidad de inercia térmica.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 67

## 4. Disminución de residuos y emisiones

### 4.1. Nivel de residuos y emisiones generadas en la obtención de materiales de construcción:

Este indicador mide la cantidad de emisiones y residuos que se generan en la obtención de un determinado material o componente.

Este indicador valora el uso de materiales cuya obtención haya generado la menor cantidad posible de residuos y de emisiones.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 56



#### *4.2. Nivel de residuos y emisiones generadas en el proceso de construcción:*

Este indicador mide la cantidad de emisiones y de residuos que se generan durante el proceso de construcción de un determinado edificio.

En este punto se valoran los materiales o sistemas constructivos que permitan eliminar o reducir los residuos a lo largo de todo el proceso constructivo.

En el tema de emisiones, hay que tomar en cuenta el contenido químico de los materiales, ya que muchos de estos pueden ser realmente nocivos, y pueden estar emitiendo durante mucho tiempo.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 80

### **5. Aumento de la calidad de vida de los ocupantes de los edificios**

#### *5.1. Emisiones perjudiciales para el ecosistema natural:*

Este indicador mide el porcentaje de emisiones, como resultado de la actividad constructiva, que son perjudiciales para el ecosistema natural.

Este indicador valora los materiales o sistemas constructivos que emitan la menor cantidad de sustancias nocivas para el medio ambiente durante la construcción. Como sustancias dañinas se tiene: gases (halón), compuestos orgánicos volátiles, gases de combustión, partículas en suspensión y radiación electromagnética.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 75

#### *5.2. Emisiones perjudiciales para la salud humana:*

Este indicador mide el porcentaje de emisiones, como resultado de la actividad constructiva, que son directamente perjudiciales para la salud humana.

Este indicador valora los materiales o sistemas constructivos que emitan la menor cantidad de sustancias nocivas para la salud humana. Como elementos patógenos se tiene: gases (halón, radón), compuestos orgánicos volátiles, gases de combustión, partículas en suspensión, microrganismos (ácaros, bacterias, moho), ondas sonoras fuertes y radiación electromagnética.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 93

**Nota:** Para la evaluación de estos indicadores se tomará en cuenta la cantidad de contenido químico del material.

### **6. Disminución del mantenimiento y coste de los edificios**

#### *6.1. Nivel de adecuación entre la durabilidad de los materiales y su ciclo de vida funcional:*

Este indicador mide el nivel de adecuación entre la durabilidad de un material, con la máxima durabilidad que le permita su ubicación y su funcionalidad en un determinado edificio.

En este indicador se valora el uso de materiales que proporcionen una durabilidad adecuada con respecto a la vida útil que tendría en la edificación. En los lugares en los que se tiene la certeza que un material será sustituido en un breve lapso de tiempo, se deben utilizar materiales mucho menos duraderos. Lo ideal sería colocar siempre materiales con la misma duración con la que será sustituido.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 90

#### *6.7. Nivel de necesidad de mantenimiento en el edificio:*

Este indicador mide la necesidad de mantenimiento que tiene un determinado edificio.

En este indicador se valora el material que proporcione el mismo coste económico o menor, que un edificio convencional además de tener menos coste de mantenimiento.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 90



#### 6.9. Coste económico en la construcción del edificio:

Este indicador mide el dinero que se ha empleado en la construcción de un determinado edificio en este caso materiales o sistemas constructivos.

En este indicador se valoran los materiales o sistemas constructivos que presente bajo costo en su implementación.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 100

#### 6.10. Entorno social y económico:

Este indicador mide la adecuación a un determinado entorno social y económico, de una determinada solución arquitectónica.

Este último indicador es extremadamente importante, ya que puede cambiar el valor relativo del resto de indicadores, dependiendo de un determinado entorno particular. El desarrollo sostenible está directamente relacionado con un determinado entorno social y económico por ello a la hora de definir los indicadores sostenibles, necesariamente se debe tener en cuenta el entorno social y económico, del lugar en el que se pretende construir.

En este indicador el valor del coeficiente de eficacia relativa es: 90

Con los indicadores descritos se forma la tabla donde se colocan los valores correspondientes a cada indicador, la nota final se obtiene al ponderar los valores con los oportunos coeficientes de escala (CE) y coeficientes de eficacia relativa (CER). La tabla formada por los indicadores descritos establece una clasificación muy precisa de los materiales de construcción según su bondad y su eficacia medioambiental. Por tanto, si se desea hacer una verdadera arquitectura ecológica según Garrido se debería utilizar los materiales con notas más altas, y se deberían evitar los materiales con notas más bajas.

### **Anexo 3: Descripción de materiales evaluados y tablas comparativas de evaluación.**

#### **3.1.- Descripción de materiales evaluados:**

**Fardos de paja:** La conductividad térmica de este material depende de la densidad del fardo, de la orientación de las fibras (verticales o paralelas al paso de flujo de calor) y la humedad de la paja utilizada. Cuando la paja está colocada de canto (0,045 W/m°C) funciona mejor como aislamiento que cuando están colocadas planas (0,065 W/m°C), esto se debe a la orientación de los tallos (RCP, 2013). En los fardos de paja que están colocadas al canto la cámara de aire que forman los tallos tubulares no tienen contacto directo con el entorno, mientras que en las planas sí (CCBP, 1993).

A nivel térmico, la desventaja que puede generar construir con fardos de paja, es que este material no tiene inercia térmica gracias a lo ligero que es, y como se utiliza para reemplazar la capa estructural de la envolvente, perdemos esta propiedad. (Beyondsustainable, 2013)

También se pueden fabricar **paneles de paja** mediante un proceso de compresión a alta temperatura, libre de adhesivos químicos. Estos paneles tienen mayor resistencia que los de yeso, además de mejores prestaciones en cuanto a aislamiento acústico y térmico, resistencia al fuego y al moho. (Certificadosenergeticos, 2016)

**Tierra:** La extracción de la tierra como material de construcción puede hacerse de manera sostenible, ya que es necesario para la ejecución de un proyecto, hacer los movimientos de tierra y excavaciones durante la adecuación del terreno y las cimentaciones. (Montoya, 2011)

Resulta adecuada en climas áridos con oscilaciones extremas de temperatura entre el día y la noche, pero si se incluye un aislamiento adecuado, también es idónea en climas más suaves.

Tiene propiedades de aislamiento acústico, los muros de tierra transmiten mal las vibraciones sonoras, de modo que se convierten en una eficaz barrera contra los ruidos indeseados. Es un material inerte que no se incendia, pudre, o recibe ataques de insectos, esto es así porque se evita el uso de las capas superiores de suelo, con gran cantidad de material orgánico.

Los muros de tierra permiten la regulación natural de la humedad del interior de la casa, de modo que se evitan las condensaciones además es económicamente asequible, es un recurso barato (o prácticamente gratuito) que a menudo ya se encuentra en el lugar donde se levantará la casa. (Industrias de la Eco-Innovación, 2011)



**Adobe:** El adobe es una pieza para construcción hecha de una masa de barro (arcilla y arena) mezclada con paja, moldeada en forma de ladrillo y secada al Sol. Útil en lugares cuyo clima es templado, semifrío, o extremos tanto en invierno como en verano. Un muro grueso, absorberá y almacenará más calor durante el día para desprenderlo al interior en la noche, el espesor óptimo del muro en función de su capacidad de climatización anual, depende de la conductividad térmica del material usado. El espesor óptimo de un muro de adobe se incrementa conforme la conductividad térmica aumenta. Posee gran inercia térmica comparada con materiales ligeros como la madera. (Epistemología arquitectura, 2010)

También deberá tenerse en cuenta, que esta técnica del adobe es muy propicia para las construcciones rurales, sobre todo para aquellas alejadas de ciudades o pueblos, donde se dispone de centros de acopio de materiales para la construcción. (Montoya, 2011)

**Mortero de cal:** Este mortero están compuestos por el conglomerante y el árido que se dosifica, mezclan y amasan con agua en la obra. Se recomienda que la arena sea de partículas angulares y que esté libre de materia orgánica. La proporción de cal-arena más usada para revoque es de 1 -2 y para mampostería simple de 1-3 o de 1-4. Se debe utilizar agua potable.

Las ventajas que se tienen con este tipo de mortero son:

- Buena plasticidad y trabajabilidad (la cal, por su finura, envuelve la superficie entre los áridos, evitando rozamiento y mejorando el deslizamiento).
- Ausencia de retracción (por constancia de volumen bajo condiciones variables de humedad).
- Gran elasticidad (favorece adaptación deformaciones del soporte sin provocar agrietamiento).
- Permeabilidad apreciable al vapor de agua (los muros “respiran”). Evita condensaciones.
- No provoca eflorescencias debido a la ausencia de sales solubles.
- Buen aislamiento térmico y acústico.
- Realización capas más finas consiguiendo unos resultados inalcanzables con otros materiales.
- Fáciles de colorear alcanzando gran riqueza en cromatismos y luminosidad del color.
- Garantizan el sellado y estucado.
- Buena resistencia a la penetración del agua de lluvia (en revestimientos verticales exteriores).
- Producto desinfectante y fungicida natural por la alcalinidad de la cal.
- Producto ignífugo que no emite gases tóxicos.

Revestimientos exteriores, importante: espesor (< 10 mm) y condiciones climáticas durante ejecución ( $T= 10^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$ , primavera y otoño mejores estaciones para su realización, evitar su realización en períodos demasiado secos, demasiado húmedos e invernales). (López Salamanqués)

La cal aérea (cal viva apagada) es el producto más recomendable para revoques. Conviene muy bien a tierras arcillosas en proporciones que varían a partir de 10%; su color da un aspecto agradable a los revoques de tierra.

**Hormigón de cal:** En cierta medida se parece al tapial, ya que se emplea también un encofrado. Lo que varía es la mezcla que se utiliza para levantar el muro. En el hormigón de cal se mezcla cal con arena, grava y, en ocasiones, piedras. Las proporciones son las siguientes proporciones: 1,5 partes de cal. 2 partes de grava de 1,5 cm. 1 parte de grava de 3 cm. 2 partes de arena gruesa. 1 parte de arena fina. (Sobre Cal, 2013)

**Revoque de Barro:** La tierra empleada para revoques es tradicionalmente más arenosa que la tierra del relleno, se reduce así el encogimiento natural de la tierra y el riesgo de grietas. La falta de cohesión del material se compensa agregándole un conglomerante artificial.

Se emplean muchas fibras de paja o de heno cortadas, pero no son muy resistentes. Mejores resultados han sido logrados, con cascabillo de lino, casi imputrescible. Fibras de sisal, de cáñamo o de coco también pueden dar resultados muy interesantes. A menudo la proporción de fibras es similar o un poco más alta en el revoque que en el relleno de barro. (Minke, 2001)

**Madera:** La madera es uno de los materiales de construcción más sanos que existen. Actúa como regulador natural del ambiente interior, es un material vivo que "respira" y así ayuda a la ventilación; estabiliza la humedad y filtra y purifica el aire; es cálido al tacto y absorbe el sonido. En su aspecto sicológico y emocional conecta al hombre con la naturaleza haciendo resaltar sus conexiones biológicas. La madera se cura y mejora con el tiempo. (Industrias de la Eco-Innovación, 2011)

Como aplicación innovadora de este material se tiene "Shou Sugi Ban", una popular técnica japonesa de más de trescientos años de antigüedad, se basa en el tratamiento de las maderas utilizadas en la construcción de las tradicionales villas de casas de pescadores en la isla de Naoshima, en el intento de combatir los posibles daños causados por las intemperies y las agresiones naturales del mar en las viviendas. En este contexto, el proceso consistía en la quema de la capa externa de la madera con el uso de fogatas, sin embargo,



actualmente, el método consiste en la carbonización de las tablas por medio de un soplete, de modo que las fibras externas puedan reaccionar dejando la madera inmune al ataque de termitas, hongos y agresiones naturales, durante décadas. (Pereira, 2017)

**Yeso cartón:** Están formadas por dos capas de celulosa que recubren una capa interna de yeso, aunque, según la finalidad, el interior puede ser reforzado o complementado con otros materiales como la fibra de vidrio. El resultado es una placa agradable al tacto, resistente y no inflamable, que permite acabados en pintura, papel, barniz e, incluso, soporta recubrimiento cerámico.

El cartón-yeso permite una separación de sus dos componentes. El cartón se envía a la industria papelera (no obstante, una de las más contaminantes y de mayor impacto ambiental) y el yeso vuelve al horno (material que desprende gran cantidad de CO<sub>2</sub> durante su cocción). (Suárez Romero, 2006)

**Piedra:** La piedra, al igual que los materiales de concreto, ladrillo y similares, tiene una masa térmica elevada. Absorbe el calor durante el transcurso del día, sobre todo cuando se expone a la luz solar directa. A diferencia del metal y el vidrio, la piedra se calienta y se enfriá muy lentamente. Los propietarios pueden utilizar la piedra en la construcción para amortiguar los efectos de los cambios bruscos de temperatura. La colocación de muros de piedra en el lado de la casa que le da el sol, les permite absorber el calor cuando las temperaturas son cálidas y liberarlo cuando el clima se enfriá. Esto mantiene un hogar más cálido cuando hace frío y fresco cuando las temperaturas son altas.

Un muro de piedra puede almacenar calor durante el día en un clima frío, liberándolo por la noche, pero sólo cuando se expone al sol pleno y las condiciones relativamente cálidas regularmente. Las casas de piedra muestran un mejor rendimiento térmico en climas donde las temperaturas varían entre la noche y el día. La mampostería de piedra natural requiere de más habilidad y de mayor capacitación que construir con bloques de hormigón más comunes, ladrillo u hormigón vertido. Esto hace que la piedra sea una mala opción para los propietarios de viviendas interesados principalmente en el ahorro de dinero en costos de energía. (Palmer, 2014)

**Hormigón:** La conductividad térmica del hormigón depende de su composición y técnica de fraguado. Hormigones con piedra tienen una conductividad térmica mayor que otros realizados con cenizas, perlita, fibras u otros aislantes agregados. (ATECOS, 2005)

**Ladrillo:** Los muros de ladrillo tienen una elevada inercia térmica. Con el ladrillo se alcanzan niveles muy adecuados de insonorización frente a ruidos procedentes del exterior y a costos muy reducidos. Es una característica notable, digna de ser conocida y aprovechada. El aislamiento acústico es directamente proporcional a la masa del muro.

El ladrillo permite que el clima dentro de la vivienda se regule al ritmo que cambian los ambientes interiores y exteriores, debido a que permite la difusión de vapor de agua, lo que conduce de manera rápida y efectiva a equilibrar las condiciones higrotérmicas de habitación.

Los ladrillos se fabrican mediante la cocción de arcillas a temperaturas de 800°C ó más dependiendo de los hornos, las arcillas y los productos que se fabriquen. Por lo tanto, no se destruye a temperaturas inferiores a las de su propia fabricación, aunque los muros puedan resultar afectados por causa del daño en morteros y aceros de refuerzo, así como por circunstancias especiales de contenido de humedad y tasa de ascenso de la temperatura durante la exposición al fuego.

Sin embargo, al no ser combustible y además mal conductor del calor, el ladrillo es una excelente barrera para la propagación de incendios. Estas barreras o muros cortafuegos, tienen su máxima efectividad en muros muy anchos de ladrillos macizos, pegados con morteros muy delgados y poco expuestos. (B.L.V., 2011)

**Bloque:** Los bloques de concreto son elementos modulares pre moldeados diseñados para la albañilería confinada y armada. En su fabricación a pie de obra sólo se requiere materiales básicos usuales, como son la piedra partida, la arena, el cemento y el agua; pudiéndose evitar el problema de transporte de unidades fabricadas, lo cual favorece su elaboración y facilita su utilización en autoconstrucción, la que deberá contar con el respaldo técnico necesario.

Las transmisiones de calor a través de los muros son un problema que afecta el confort y la economía de la vivienda en las zonas cálidas y frías debido al alto costo que representa el empleo de aislantes o de calefacción, según sea el caso. Los bloques tienen un coeficiente de conductividad térmico variable, en el que influyen los tipos de agregados que se utilice en su fabricación y el espesor del bloque. En lo referente a la absorción y a la transmisión del sonido, los bloques tienen capacidad de absorción variable de un 25 % a un 50%; si se considera un 15% como valor aceptable para los materiales que se utilizan en construcción de muros, la resistencia de los bloques a la transmisión del sonido viene a ser superior a la de cualquier otro tipo de material comúnmente utilizado. (Arrieta Freyre, Peñaherrera Deza, 2001)

**Acero:** El acero es una aleación de hierro y carbono. Diferentes grados de acero incluyen cantidades variables de carbono, manganeso, cromo, vanadio y tungsteno. Las propiedades térmicas del acero varían según la cantidad y los tipos de elementos de aleación. El acero presenta alta resistencia permitiendo al constructor realizar secciones esbeltas en comparación a otros materiales.



La mayoría del acero tiene otro material agregado a él para hacer una aleación con propiedades deseadas (p. ej., resistencia de fuerza o calor). Estas aleaciones se clasifican como cualquiera acero de aleación de alta o baja, dependiendo de la cantidad de otro material se agrega al acero. (Thebellmeade, 2016)

**Fibrocemento:** Es un material formado de la mezcla de cemento con fibras minerales o vegetales y agua, en el cual, el cemento que se usa para su elaboración es Cemento Portland o Súper cemento. El uso principal actual, se orienta a la construcción de cielos rasos, divisiones, entrepisos y bases para techos al aplicarlas sobre perfiles de acero o madera. Las fibras de asbestos (amianto) utilizadas anteriormente en su fabricación desde los años sesenta se han reemplazado por otras no dañinas, debido a sus efectos nocivos para la salud, como la fibra de vidrio; y, en la actualidad, se fabrican con fibras vegetales.

“Con el uso de fibra de vidrio surge el denominado GRC por sus siglas en inglés Glass Reinforced Concrete (Hormigón Armado con Fibra de Vidrio), en donde se une la fibra de vidrio como elemento resistente a la tracción y el hormigón como aglomerante base del elemento prefabricado” (Abad, Aguirre & Pañega, 2012, p.33).

Algunas empresas en Latinoamérica han desarrollado placas de fibrocemento elaboradas 100% sin fibras de asbestos o asbestos crisotilo, lo cual favorece al mercado, la producción, abastecimiento, principalmente a la salud y al medio ambiente. (Jarama & Uzhca, 2016) Según la Norma Técnica Colombiana NTC 4373 “INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA. PLACAS PLANAS DE FIBROCEMENTO”, las placas planas de fibrocemento se dividen en dos tipos:

TIPO A: pueden estar sujetas, previo tratamiento, a la acción directa del sol y la lluvia. Estas placas se clasifican posteriormente en tres categorías de acuerdo a su módulo de rotura.

TIPO B: no están sujetas a los ensayos tipo y se usan para aplicaciones internas y externas, donde no están sujetas a la acción directa del sol y la lluvia.

El fibrocemento es Incombustible (M0), es buen aislante térmico y eléctrico, además es imputrescible (no se pudre). Se caracteriza por su escaso peso, homogeneidad y gran resistencia mecánica.

La fábrica ecuatoriana con mayor abastecimiento de planchas de fibrocemento es Eternit, es la única empresa en su rama que cuenta con las certificaciones ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 y adherido al Pacto Global de Naciones Unidas, ratificando su compromiso de responsabilidad ambiental y social a través de procesos de mejora continua. Las fábricas: Skinco, Colmbit y Gyplac, son empresas colombianas y proveen de placas de fibrocemento, innovando el mercado en la ciudad de Cuenca ya que estos productos de la construcción son fabricados y cuentan con normas como: ISO 14001 - ISO 9001 - OHSAS 18001. (Jarama & Uzhca, 2016)

**Lana de Roca:** Las principales materias primas usadas en la fabricación de la lana de roca son basalto, ofita y escoria, usándose el carbón de coque como fuente de energía. Estos materiales se introducen en un horno tipo cubilote y son fundidos hasta convertirse en el vidrio que se transformará posteriormente en lana de roca. Durante este proceso se genera una pequeña parte de desechos, los cuales son reciclados mediante la introducción de los mismos de nuevo al horno en forma de briquetas.

Este proceso es beneficioso para el medio ambiente puesto que se sustituye materias primas por materiales de desecho con composición química similar.

Por la propia naturaleza de los materiales usados en el proceso, la lana de roca tiene más porcentaje de componentes martensíticos que la lana de vidrio por lo que su punto de fusión es mucho más alto. Por esta razón los materiales fabricados a partir de lana de roca soportan más temperatura que los fabricados con lana de vidrio sin deteriorarse y son utilizados para algunos usos especiales en soluciones constructivas donde la resistencia al fuego es crítica, como por ejemplo en la fabricación de puertas cortafuego.

La lana de roca es usada como aislamiento acústico y aislamiento térmico de forma que contribuyen de forma muy importante a la reducción del gasto en calefacción y aire acondicionado en la edificación y, por tanto, disminuyen el consumo de combustibles para estos fines y las consiguientes emisiones de CO2.

Los principales beneficios son los siguientes:

- **Eficiencia térmica:** Permite alcanzar un excelente nivel de confort térmico gracias a sus propiedades aislantes. Su estructura multidireccional, que contiene aire seco en su interior, constituye una barrera al flujo de calor, además del bajo nivel de conductividad térmica de los filamentos minerales que la componen.
- **Protección contra el fuego:** Es incombustible. Clasificación A1 contra el fuego. Por este motivo se pueden llenar cámaras de aire donde haya conductos de chimeneas u otros tipos de elementos que puedan alcanzar mucha temperatura. Contribuye a aumentar la resistencia al fuego del edificio. Frena la propagación del fuego, permite ganar tiempo en caso de incendio.



- **Transpirabilidad:** Es permeable al vapor de agua, lo que quiere decir que la vivienda respira, deja pasar el vapor de agua a través de sus muros, reduciendo las posibilidades de formación de humedades por condensación.
- **No higroscópico:** No absorbe la humedad. Muy adecuado en casos donde hay mucha humedad por condensación.
- **Confort acústico:** Es el material aislante térmico con mejor nivel de aislamiento acústico. Más confort igual a más salud.
- **Evita las humedades:** Aislando fachadas y techos evitamos la formación de humedad por condensación, ya que no se alcanza el punto de rocío.
- **Protege del viento:** Rellenando juntas y huecos de las fachadas evita corrientes de aire frío hacia el interior de la vivienda que enfrián el interior de la misma.
- **Durabilidad:** La vida útil estimada es superior a 50 años. Conserva todas las prestaciones. Producto inerte, pensado para resistir.
- **Material sostenible:** Reciclabilidad del 100% sin perder propiedades.
- **El aislamiento con 1 metro cuadrado de lana de roca (e = 45 mm) permite ahorrar:**  
100 veces la energía consumida en su fabricación 70 veces el CO<sub>2</sub> equivalente emitido durante su fabricación.

Posee una baja conductividad térmica (0,036-0,048 W/mK).

**Corcho:** El corcho es el aislante más natural que existe, ya que proviene directamente de un árbol, y la elaboración del producto final no requiere componentes químicos, ya que se aglutina con su propia resina. Sus propiedades aislantes se deben a la peculiar estructura y composición química de sus células.

En cuanto a las prestaciones del material, posee una baja conductividad térmica (0,037-0,040 W/mK), a su vez tiene buenos índices de absorción acústica, compresión y comportamiento frente la humedad. Gracias a las resinas naturales que posee tiene un grado de impermeabilidad relativamente alto. Es uno de los materiales sólidos más ligeros del mercado lo cual facilita su instalación, además tiene un buen comportamiento contra el fuego y no libera gases tóxicos en la combustión debido a su procedencia natural (ASA, 2010). El corcho tiene un excelente ciclo de vida, es respetuoso con el medio ambiente, tiene una larga durabilidad, no lo atacan los insectos, tiene una gran resistencia ante los agentes químicos, es reciclabl e y reutilizable, y en caso de convertirse en residuo es completamente biodegradable. El corcho es fácilmente reciclabl e pero no es económicamente rentable.

**Lana de vidrio:** Este producto es un buen aliado cuando necesitamos ahorrar energía, ya que debido a sus propiedades aislantes es capaz de mantener climatizados los espacios por un mayor período de tiempo, ahorrando costos en calefacción y climatización.

Presentado en placas semirrígidas de 1,2m x 0,6m y 2" de espesor y 48 kg/m<sup>3</sup> de densidad, que lo hace apto para tratamientos acústicos. El precio por placa es \$11.00

Los principales beneficios son los siguientes:

- **Excelente desempeño acústico:** Ideal para fabricación de paneles, trampas de bajo, bafles, etc. Además, debido a su densidad, es apto para instalación entre tabiquerías para aislamientos acústicos. Máxima eficiencia térmica: Al tener muy baja conductividad térmica (0,036 W / m °C.), garantiza la menor pérdida de calor y un ahorro substancial en sistemas constructivos, residenciales y comerciales.
- **Resistencia a la vibración:** El diámetro y la longitud de nuestra fibra, además del tipo de fibrado, hacen que no tenga shot (0% de shot), esto impide que el aislamiento se desprenda en los equipos sujetos a vibraciones. Al conservar su forma original se garantiza uniformidad en la conductividad térmica y flujo de calor en cualquier lugar.
- **No favorece la corrosión:** La naturaleza no metálica de la fibra de vidrio evita que haya corrosión en acero, cobre y aluminio, dando como resultado una mayor vida útil en equipos e instalaciones.
- **Inorgánico e inodoro:** No crea hongos, ni bacterias con lo que se evita la aparición de olores y se alarga la vida útil del material.
- **Fácil de instalar y manejar:** Por su densidad, flexibilidad y facilidad de manejo, es un material de rápida instalación que se adapta a las superficies irregulares de los equipos maximizando su operación.
- **Ligero:** Por su ligereza permite acoplarse a los sistemas, equipos o productos finales, sin el peligro de dañar el equipo por sobrepeso.
- **Bajo mantenimiento y larga duración:** La fibra de vidrio se caracteriza por su larga duración, por lo que los gastos de mantenimiento son mínimos y la reposición del aislamiento en un sistema bien instalado, es a largo plazo.
- **El aislamiento con 1 metro cuadrado de lana de vidrio (e = 45 mm) permite ahorrar:** 170 veces la energía consumida en su fabricación y 160 veces el CO<sub>2</sub> equivalente emitido durante su fabricación.



**Lana mineral:** Está fabricada a base de rocas naturales y sintéticas. De esta combinación resulta un producto no-combustible, lo que da una excelente característica de resistencia al fuego. Repelentes al agua y permeables a la humedad. Temperatura de fusión de 1,170 C. Su conductividad térmica es 0,042-0,047 W / m °C.

#### Presentación en:

- Placas rígidas y semirrígidas
  - Densidades de 4, 6, 8 y 10 PCF (esta última sobre pedido)
  - Ancho de 24 pulgadas y longitud de 48 pulgadas
  - Espesores de 1.5, 2, 3 y 4 pulgadas
- Medias cañas para aislamiento de tubería
- Pespunteadas (una cara malla hexagonal) o armadas (una cara malla hexagonal y el otro metal desplegado), así como en diferentes densidades.
- Colcha de lana mineral, se utiliza para aislamientos con diámetros de más de 8" en tanques y ductos. Con o sin malla metálica por uno o ambas caras del material.
- Lana mineral suelta (granel) llenar en medio de dos elementos como pueden ser paneles de hornos, tinas etc. tipo sandwich / Lana mineral granulada

**Poliestireno:** Es un plástico económico y resistente y probablemente sólo el polietileno sea más común en su vida diaria. El poliestireno también se presenta en forma de espuma para envoltorio y como aislante.

El poliestireno presentan de conductividad de 0,035 W / m °C, por lo que se suele utilizar como aislante térmico.

Las ventajas principales del poliestireno son su facilidad de uso y su coste relativamente bajo. Sus principales desventajas son su baja resistencia a la alta temperatura (PS atáctico) (se deforma a menos de 100°C) y su resistencia mecánica modesta. Estas ventajas y desventajas determinan las aplicaciones de los distintos tipos de poliestireno.

**Poliuretano:** Son una solución a la necesidad de materiales especiales en construcción. Los productos de poliuretano y las correspondientes tecnologías permiten una fabricación económica.

Los sistemas de construcción progresan y las necesidades de conservar la energía aumentan, la espuma rígida de poliuretano puede ser el producto óptimo para llegar a estos objetivos. Proporcionan el aislamiento más eficiente a disposición de la industria de la construcción y refrigeración. El poliuretano se combina fácilmente con los materiales de acabado superficial disponibles, ofreciendo la posibilidad de producir diferentes compuestos. Desde cámaras frigoríficas hasta generadores de energía (donde se debe eliminar cualquier posibilidad de condensación de agua en el techo), son algunos ejemplos. La espuma rígida puede ser obtenida en forma de placas aislantes para techos y paredes o se puede inyectar para llenar cavidades. Ahí donde se requiera un aislamiento de baja conductividad, alta resistencia y bajo peso, se puede usar una espuma rígida de poliuretano.

A diferencia de la espuma rígida, la espuma flexible de poliuretano posee una estructura celular abierta, es un material muy elástico, que cuando se retira la carga a la que haya sido sometida, recupera instantáneamente su forma original. Es un material sumamente ligero y con una alta permeabilidad al aire, escogiendo las materias primas en su fabricación y variando la formulación, podemos regular sus propiedades: la amortiguación, la característica elástica, la estructura celular, la densidad aparente y la dureza.

El poliuretano presenta conductividad de 0,025 W / m °C, por lo que se suele utilizar como aislante térmico.

A continuación, se presenta la tabla 3 y tabla 4 comparativa de materiales, con la información necesaria para la calificación de los indicadores expuestos en la evaluación ecológica.

#### **3.2.- Tablas comparativa de materiales evaluados:**



Tabla 3: COMPARATIVA DE MATERIALES AISLANTES

OBJETIVOS	INDICADORES		CORCHO	POLIURETANO e=5cm	LANA MINERAL	LANA DE VIDRIO e=2"	LANA DE ROCA e=3cm	POLIESTIRENO 10mm	
1. OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS NATURALES Y ARTIFICIALES	LOCALES		No	No	No	No	No	No	
	RENOVABLES	Cultivo o de crianza	Sí	No	No	No	No	No	
		Explotación controlada	Sí	—	—	—	—	—	
	RECICLABLES	Complejidad	—	Alta	Media	Media	Media	Alta	
		Industria nacional	—	—	—	—	—	—	
	USO DE RECURSOS NATURALES		Alto	Bajo	Medio	Medio	Medio	Bajo	
2. DISMINUCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO	USO DE MATERIALES RECUPERADOS		Alto	Muy bajo	Medio	Medio	Medio	Muy bajo	
	ENERGÍA CONSUMIDA	Fabricación (MJ/kg)	26	101.5	13	28	16.8	88.6	
		Transporte de mano de obra	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	
		Transporte del material	Alta	Muy alto	Alta	Alta	Alta	Alta	
	NIVEL DE INERCIA TÉRMICA		Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	
	RESIDUOS	Inerte	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	
4. DISMINUCIÓN DE RESIDUOS Y EMISIONES		Banal o no especial	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	
		Especial o peligroso	No	Sí	No	No	No	Sí	
		Generación en la obtención	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	
		Generación en la construcción	Bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	
5. AUMENTO DE LA CALIDAD DE VIDA DE LOS OCUPANTES DEL EDIFICIO	CONTENIDO QUÍMICO		Muy Bajo	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Alto	
6. DISMINUCIÓN DEL MANTENIMIENTO Y COSTE DE LOS EDIFICIOS	DURABILIDAD	Resistencia mecánica	Alta	Medio	Medio	Alta	Medio	Media	
		Capacidad de reparación	Alta	Baja	Media	Media	Media	Baja	
		Capacidad de reutilización	Alta	Muy bajo	Alta	Alta	Alta	Alta	
		Agentes naturales externos	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	
	NIVEL DE MANTENIMIENTO		Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	
	COSTE ECONÓMICO	Precio del material	\$ 30 (m2)	\$17.00 (m2)	\$17.00 (m2)	\$15.01 (m2)	\$10.00 (m2)	\$10.00 (m2)	
		Transporte (km)	\$ 1.67	\$ 1.67	\$ 1.67	\$ 1.60	\$ 1.50	\$ 1.67	
ADECUACIÓN AL ENTORNO SOCIAL Y ECONÓMICO		Muy Baja	Media	Media	Media	Bajo	Bajo	Alta	

\*Los precios son referenciales y se obtienen mediante el rendimiento e investigación del mercado. No incluyen costos indirectos.

\*Datos de energía consumida tomados de las fuentes: [http://www.eoi.es/wiki/index.php/Impactos\\_medioambientales\\_en\\_Construcci%C3%B3n\\_sostenible](http://www.eoi.es/wiki/index.php/Impactos_medioambientales_en_Construcci%C3%B3n_sostenible) y

<http://www.tectonica-online.com>

Elaboración propia,

Fuente: Metodología general para una arquitectura ecológica, Luis de Garrido, 2017.

Tabla 4 : COMPARATIVA DE MATERIALES SELECCIONADOS

OBJETIVOS	INDICADORES	MADERA	MORTERO DE CAL	REVOQUE DE BARRO	ATADOS DE PAJA	ADOBE	HORMIGÓN DE CAL	MORTERO DE CEMENTO	PIEDRA	HORMIGÓN F'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	BLOQUE POMEZ	LADRILLO	ACERO	FIBROCIMENTO	MADERA RECICLADA	
1. OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS NATURALES Y ARTIFICIALES	LOCALES	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	
	RENOVABLES	Cultivo o de crianza	Sí	No	No	Sí	No	No	—	No	No	No	No	No	Sí	
		Explotación controlada	Sí	—	—	No	—	—	—	—	—	—	—	—	Sí	
	RECICLABLES	Complejidad	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Medio	Bajo	
		Industria nacional	Sí	—	—	—	Sí	—	—	Sí	—	Sí	Sí	—	Sí	
	USO DE RECURSOS NATURALES	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Medio	Alto	
2. DISMINUCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO	USO DE MATERIALES RECUPERADOS	No	No	No	No	No	No	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	
	ENERGÍA CONSUMIDA	Fabricación (MJ/kg)	2.1	1.11	1.5	0.15	0.3	1.15	1.6	0.1	1.64	0.53	2.5	35	9	
		Transporte de mano de obra	Medio	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio	
		Transporte del material	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Alto	Muy alto	
4. DISMINUCIÓN DE RESIDUOS Y EMISIONES	NIVEL DE INERCIA TÉRMICA	Medio	Medio	Bajo	Muy bajo	Alta	Medio	Medio	Alta	Media	Baja	Media	Baja	Media	Media	
	RESIDUOS	Inerte	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	—	Sí	—	—	—	—	Sí	Sí	
		Banal o no especial	—	—	—	—	—	—	Sí	—	Sí	Sí	Sí	—	—	
		Especial o peligroso	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		Generación en la obtención	Bajo	Bajo	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Bajo	Bajo	Ninguno	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	
		Generación en la construcción	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Bajo	Bajo	Ninguno	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo	
5. AUMENTO DE LA CALIDAD DE VIDA DE LOS OCUPANTES DEL EDIFICIO	CONTENIDO QUÍMICO	Bajo	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Bajo	Ninguno	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	
6. DISMINUCIÓN DEL MANTENIMIENTO Y COSTE DE LOS EDIFICIOS	DURABILIDAD	Resistencia mecánica	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	
		Capacidad de reparación	Medio	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio	
		Capacidad de reutilización	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Medio	Alto	Alto	Medio	
		Agentes naturales externos	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	
	NIVEL DE MANTENIMIENTO	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Alto	
	COSTE ECONÓMICO	Precio del material	\$ 25 (m <sup>2</sup> )	\$ 73 (m <sup>3</sup> )	\$ 2.74 (m <sup>2</sup> )	\$ 3.5 (u)	\$ 31.25 (m <sup>2</sup> )	\$ 82 (m <sup>3</sup> )	\$ 100 (m <sup>3</sup> )	\$ 22.5 (m <sup>3</sup> )	\$ 123.36 (m <sup>3</sup> )	\$ 8.28(m <sup>2</sup> )	\$ 16(m <sup>2</sup> )	\$ 1.50(kg)	\$ 7.29 (m <sup>2</sup> )	\$ 23.50 (m <sup>2</sup> )
		Transporte (km)	\$ 1.11	\$ 1.10	\$ 1.43	\$ 1.11	\$ 1.70	\$ 1.48	\$ 1.19	\$ 1.04	\$ 1.18	\$ 1.67	\$ 1.67	\$ 1.63	\$ 1.67	\$ 2.67
	ADECUACIÓN AL ENTORNO SOCIAL Y ECONÓMICO	Alta	Alta	Alta	Baja	Alta	Alta	Media	Alta	Media	Media	Alta	Media	Alta	Alta	

\*Los precios son referenciales y se obtienen mediante el rendimiento e investigación del mercado. No incluyen costos indirectos.

\*Datos de energía consumida tomados de la fuente ITEC (Instituto de tecnología de la construcción de Catalunya)

Elaboración propia

Fuente: Metodología general para una arquitectura ecológica, Luis de Garrido, 2017.



**Anexo 4:** Ejemplo de cálculo para obtención de nota real de la matriz evaluativa.

A manera de ejemplo se presenta el proceso de cálculo de la nota real de la madera.

Como primer paso se realiza una calificación/5 a cada indicador, una vez realizada la calificación se procede a realizar una media aritmética ponderada con los correspondientes coeficientes de eficacia relativa.

MATERIAL	Indicadores	OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS NATURALES Y ARTIFICIALES								DISMINUCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO				DISMINUCIÓN DE		AUMENTO DE LA		DISMINUCIÓN DEL MANTENIMIENTO Y COSTOS DE				
		1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	2.8	4.1	4.2	5.1	5.2	6.1	6.7	6.9	6.10
MADERA	calificación/5	5	4	2	5	4	4	1	3	3	2	4	3	4	4	4	5	5	5	3	2	5
	Coefficientes de eficacia relativa	8	72	24	56	80	72	20	40	36	33	7	7	67	56	80	75	93	90	90	100	90

La media aritmética ponderada consiste en dividir la sumatoria de la multiplicación de cada calificación con su correspondiente coeficiente de eficacia relativa por la sumatoria de los valores de los coeficientes de eficacia relativa.

**FORMULA DE MEDIA ARITMETICA PONDERADA:**

$$\bar{x} = \frac{x_1 \cdot p_1 + x_2 \cdot p_2 + \dots + x_n \cdot p_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot p_i}{\sum_{i=1}^n p_i}$$

Donde:

$\bar{x}$ =media aritmética ponderada.

$x$ =calificación /5.

$p$ =coeficiente de eficacia relativa.

$$\text{media aritmética ponderada} = \frac{4649}{1196} = 3.88 \text{ (nota 1)}$$

El valor obtenido con la ponderación se multiplica por 2 para obtener una nota /10.

$$3.88 \cdot 2 = 7.77 \text{ (nota 2)}$$

Finalmente, se multiplica el resultado anterior por el coeficiente de escala y se obtiene la nota real. En este caso el coeficiente es 0.8.

$$7.77 \cdot 0.8 = 6.22 \text{ (nota real)}$$

Este proceso se realiza con cada material para obtener la nota real con la que se evalúa el nivel ecológico.



**Anexo 5:** Reportes de ensayos térmicos de los materiales.

INER		LABORATORIO DE ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA REPORTE DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	LABET FT 08
Edición: 1	Revisión: 2015/12/01	Aprobado: 2016/01/04	Página 2 de 3

**Equipamiento:**

S17-001

Equipo: Medidor de conductividad térmica de placa caliente, Lambda-Messtechnik  
 Modelo: λ-Meter EP500e, Version C.  
 Accesorio: No se aplicó  
 Muestra de Verificación: Etal210  
 Verificación: 2015-09-25

**Condiciones de la(s) Muestra(s):**

Código	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Peso (g)	Dens. kg/m <sup>3</sup>	Otros (Color, composición)
1	1703001	150	150	14.1	444.4	1400.8 Pieza de fibrocemento, color gris
2	1703002	150	150	10.1	140.3	617.4 Pieza de madera OSB
3	1703003	150	150	16.5	389.7	1049.7 Pieza de Tetrapack reciclado

**Acondicionamiento de la(s) Muestra(s):**

24 horas a 23°C, humedad bajo 80%

**Modificaciones al procedimiento o a las muestras:**

1.- La muestra de pino estuvo conformada por dos piezas ensambladas previo ensayo, con la finalidad de cumplir con el área de medida requerida. Esta condición fue aceptada previamente por el solicitante.  
 2.- Configuración adaptada a materiales de construcción no aislantes  
 3.- Por las irregularidades en las superficies de medición, fue requerido el uso de películas y soluciones, para mejorar el contacto superficial

**Condiciones ambientales de ensayo:**

Temperatura Ambiente Promedio: 20.50 °C

Humedad Relativa: 66.70 %

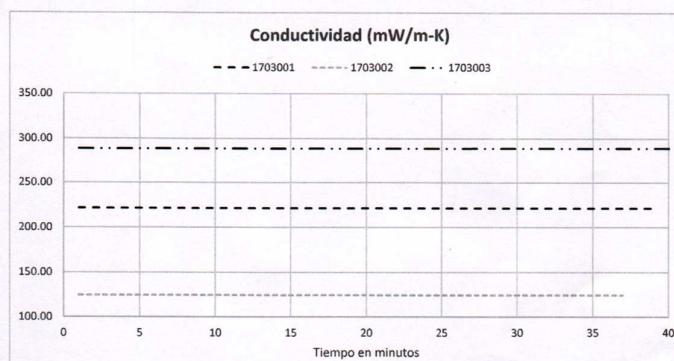
Laboratorio de Ensayos Térmicos y Eficiencia Energética  
 km 30.5 Vía Perimetral, Campus Gustavo Galindo, Edificio 33  
 laboratorio.labet@iner.gob.ec  
 593-42269703

10/03/2017

INER	LABORATORIO DE ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA REPORTE DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	LABET FT 08
Edición: 1	Revisión: 2015/12/01	Aprobado: 2016/01/04

**Resultados**

S17-001



**Temperatura media de ensayo:** 20 °C

**Diferencia de Temperatura:** 15 °C

**Id. Muestra**

Conductividad Térmica:	0.221	W/m-K	1703001
	0.124	W/m-K	1703002
	0.289	W/m-K	1703003
Resistencia Térmica:	0.064	m <sup>2</sup> -K/W	1703001
	0.081	m <sup>2</sup> -K/W	1703002
	0.057	m <sup>2</sup> -K/W	1703003

**Anexos:**

- 1.- No aplica  
 2.- No aplica  
 3.- No aplica

Analista Técnico

Laboratorio de Ensayos Térpicos y Eficiencia Energética  
 km 30.5 Vía Perimetral, Campus Gustavo Galindo, Edificio 33  
 laboratorio.labet@iner.gob.ec  
 593-42269703

10/03/2017



INER		LABORATORIO DE ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA REPORTE DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	LABET FT 08
Edición: 1	Revisión: 2015/12/01	Aprobado: 2016/01/04	Página 2 de 3

**Equipamiento:** S17-002

Equipo: Medidor de conductividad térmica de placa caliente, Lambda-Messtechnik  
 Modelo: λ-Meter EP500e, Version C.  
 Accesorio: No se aplicó  
 Muestra de Verificación: Etal210  
 Verificación: 2015-09-25

**Condiciones de la(s) Muestra(s):**

Código Largo (mm) Ancho (mm) Espesor (mm) Peso (g) Dens. kg/m<sup>3</sup> Otros (Color, composición)

1	1703004	150	150	34.7	65.9	84.4	Pieza de lana de roca, color gris
2	1703005	150	150	100.3	867.2	384.3	Panel compuesto OSB + poliestireno + fibrocemento.
3	1703006	150	150	101	1316.7	579.4	Panel compuesto OSB + viruta mineral + fibrocemento

**Acondicionamiento de la(s) Muestra(s):**

24 horas a 23°C, humedad bajo 80%

**Modificaciones al procedimiento o a las muestras:**

- 1.- La muestra de pino estuvo conformada por dos piezas ensambladas previo ensayo, con la finalidad de cumplir con el área de medida requerida. Esta condición fue aceptada previamente por el solicitante.
- 2.- Configuración adaptada a materiales de construcción no aislantes
- 3.- Por las irregularidades en las superficies de medición, fue requerido el uso de películas y soluciones, para mejorar el contacto superficial

**Condiciones ambientales de ensayo:**

Temperatura Ambiente Promedio: 21.10 °C

Humedad Relativa: 70.50 %

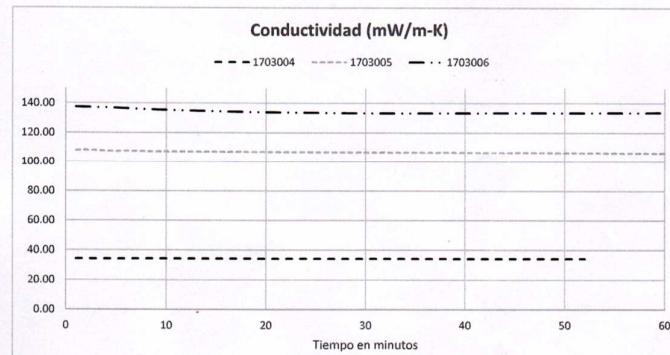
Laboratorio de Ensayos Térmicos y Eficiencia Energética  
 km 30.5 Vía Perimetral, Campus Gustavo Galindo, Edificio 33  
 laboratorio.labet@iner.gob.ec  
 593-42269703

10/03/2017

INER		LABORATORIO DE ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA REPORTE DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	LABET FT 08
Edición: 1	Revisión: 2015/12/01	Aprobado: 2016/01/04	Página 3 de 3

**Resultados**

S17-002



Temperatura media de ensayo: 20 °C

Diferencia de Temperatura: 15 °C

Conductividad Térmica:	0.034	W/m-K	1703004
	0.107	W/m-K	1703005
	0.134	W/m-K	1703006
Resistencia Térmica:	1.012	m <sup>2</sup> -K/W	1703004
	0.939	m <sup>2</sup> -K/W	1703005
	0.753	m <sup>2</sup> -K/W	1703006

**Anexos:**

- 1.- No aplica  
 2.- No aplica  
 3.- No aplica

*[Signature]*  
Analista Técnico

Laboratorio de Ensayos Térmicos y Eficiencia Energética  
 km 30.5 Vía Perimetral, Campus Gustavo Galindo, Edificio 33  
 laboratorio.labet@iner.gob.ec  
 593-42269703

10/03/2017



<b>INER</b> Instituto Nacional de Energía, Eficiencia Energética y Desarrollo Sustentable	LABORATORIO DE ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA REPORTE DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA			LABET FT 08
Edición: 1	Revisión: 2015/12/01	Aprobado: 2016/01/04	Página 2 de 3	

**Equipamiento:**

S17-003

Equipo: Medidor de conductividad térmica de placa caliente, Lambda-Messtechnik  
 Modelo: λ-Meter EP500e, Version C.  
 Accesorio: No se aplicó  
 Muestra de Verificación: Etal210  
 Verificación: 2015-09-25

**Condiciones de la(s) Muestra(s):**

	Código	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Peso (g)	Dens. kg/m <sup>3</sup>	Otros (Color, composición)
1	1703007	150	150	100	902	400.9	Panel compuesto OSB + polipropileno + fibrocemento
2	1703008	150	150	101	847.5	372.9	Panel compuesto OSB +aire + fibrocemento
3	1703009	150	150	101	935	411.4	Panel compuesto OSB + lana de roca + fibrocemento

**Acondicionamiento de la(s) Muestra(s):**

24 horas a 23°C, humedad bajo 80%

**Modificaciones al procedimiento o a las muestras:**

1.- La muestra de pino estuvo conformada por dos piezas ensambladas previo ensayo, con la finalidad de cumplir con el área de medida requerida. Esta condición fue aceptada previamente por el solicitante.  
 2.- Configuración adaptada a materiales de construcción no aislantes  
 3.- Por las irregularidades en las superficies de medición, fue requerido el uso de películas y soluciones, para mejorar el contacto superficial

**Condiciones ambientales de ensayo:**

Temperatura Ambiente Promedio: 21.50 °C

Humedad Relativa: 62.80 %

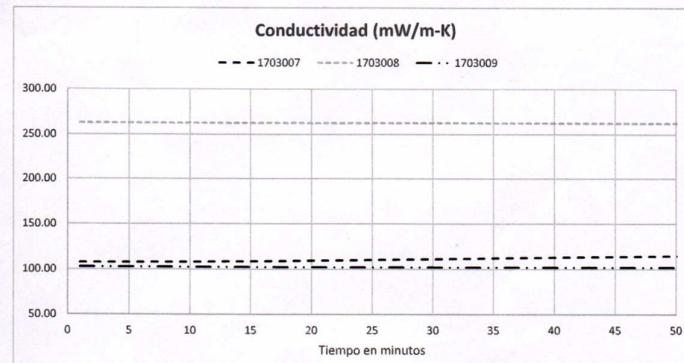
Laboratorio de Ensayos Térmicos y Eficiencia Energética  
 km 30.5 Vía Perimetral, Campus Gustavo Galindo, Edificio 33  
 laboratorio.labet@iner.gob.ec  
 593-42269703

10/03/2017

<b>INER</b> Instituto Nacional de Energía, Eficiencia Energética y Desarrollo Sustentable	LABORATORIO DE ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA REPORTE DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA			LABET FT 08
Edición: 1	Revisión: 2015/12/01	Aprobado: 2016/01/04	Página 3 de 3	

**Resultados**

S17-003



Temperatura media de ensayo: 20 °C

Diferencia de Temperatura: 15 °C

	Id. Muestra	
Conductividad Térmica:	0.110	W/m-K 1703007
	0.263	W/m-K 1703008
	0.102	W/m-K 1703009
Resistencia Térmica:	0.913	m <sup>2</sup> -K/W 1703007
	0.385	m <sup>2</sup> -K/W 1703008
	0.989	m <sup>2</sup> -K/W 1703009

**Anexos:**

- 1.- No aplica  
 2.- No aplica  
 3.- No aplica

*[Signature]*  
Analista Técnico

Laboratorio de Ensayos Térmicos y Eficiencia Energética  
 km 30.5 Vía Perimetral, Campus Gustavo Galindo, Edificio 33  
 laboratorio.labet@iner.gob.ec  
 593-42269703

10/03/2017



<b>INER</b> Instituto Nacional de Energías Renovables	LABORATORIO DE ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA Reporte de Conductividad Térmica			<b>LABET FT 08</b>
Edición: 1	Revisión: 2015/12/01	Aprobado: 2016/01/04	Página 2 de 3	

**Equipamiento:**

S16-011

Equipo: Medidor de conductividad térmica de placa caliente, Lambda-Messtechnik  
 Modelo: λ-Meter EP500e, Version C.  
 Accesorio: No se aplicó  
 Muestra de Verificación: Etal210  
 Verificación: 2015-09-25

**Condiciones de la(s) Muestra(s):**

Código	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Peso (g)	Dens. kg/m <sup>3</sup>	Otros (Color, composición)
1	1612004	175	152	40	492,9	Madera Pino
2	1612005	151	147	102,3	4106,5	Hormigón simple. 1.5 Cal, 3 Grava pequeña, 2 grava gruesa, 1 arena fina, 2 gruesa
3						

1	1612004	175	152	40	492,9	463,3	Madera Pino
2	1612005	151	147	102,3	4106,5	1808,4	Hormigón simple. 1.5 Cal, 3 Grava pequeña, 2 grava gruesa, 1 arena fina, 2 gruesa
3							

**Acondicionamiento de la(s) Muestra(s):**

24 horas a 23°C, humedad bajo 80%

**Modificaciones al procedimiento o a las muestras:**

1.- La muestra de pino estuvo conformada por dos piezas ensambladas previo ensayo, con la finalidad de cumplir con el área de medida requerida. Esta condición fue aceptada previamente por el solicitante.  
 2.- Configuración adaptada a materiales de construcción no aislantes  
 3.- Por las irregularidades en las superficies de medición, fue requerido el uso de películas y soluciones, para mejorar el contacto superficial

**Condiciones ambientales de ensayo:**

Temperatura Ambiente Promedio: 22,16 °C

Huedad Relativa: 63,90 %

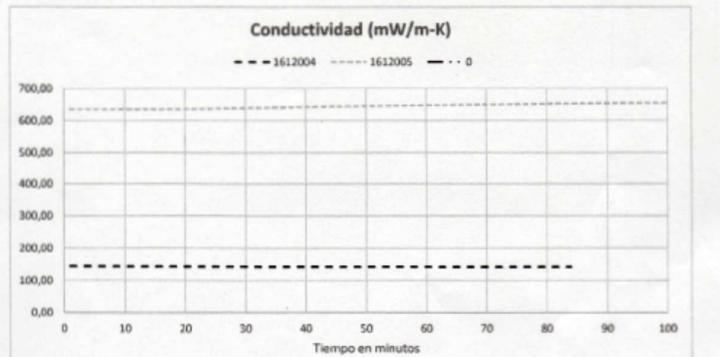
Laboratorio de Ensayos Térmicos y Eficiencia Energética  
 km 30.5 Vía Perimetral, Campus Gustavo Galindo, Edificio 33  
 laboratorio.labet@iner.gob.ec  
 593-42269703

22/12/2016

<b>INER</b> Instituto Nacional de Energías Renovables	LABORATORIO DE ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA Reporte de Conductividad Térmica			<b>LABET FT 08</b>
Edición: 1	Revisión: 2015/12/01	Aprobado: 2016/01/04	Página 3 de 3	

**Resultados**

S16-011

**Temperatura media de ensayo:** 20 °C**Diferencia de Temperatura:** 15 °C**Id. Muestra**

Conductividad Térmica:	0,142	W/m-K	1612004
	0,656	W/m-K	1612005
		W/m-K	
Resistencia Térmica:	0,282	m <sup>2</sup> -K/W	1612004
	0,156	m <sup>2</sup> -K/W	1612005
		m <sup>2</sup> -K/W	

**Anexos:**

- 1.- No aplica  
 2.- No aplica  
 3.- No aplica

*[Signature]*  
 Análisis Técnico

Laboratorio de Ensayos Térmicos y Eficiencia Energética  
 km 30.5 Vía Perimetral, Campus Gustavo Galindo, Edificio 33  
 laboratorio.labet@iner.gob.ec  
 593-42269703

22/12/2016



<b>Q INER</b> Instituto Nacional de Energía y Recursos Renovables	LABORATORIO DE ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA REPORTE DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	LABET FT 08
Edición: 1	Revisión: 2015/12/01	Aprobado: 2016/01/04
Página 2 de 3		

**Equipamiento:**

S16-011

Equipo: Medidor de conductividad térmica de placa caliente, Lambda-Messtechnik  
 Modelo: λ-Meter EP500e, Version C.  
 Accesorio: No se aplicó  
 Muestra de Verificación: Etal210  
 Verificación: 2015-09-25

**Condiciones de la(s) Muestra(s):**

Código	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Peso (g)	Dens. kg/m <sup>3</sup>	Otros (Color, composición)
--------	------------	------------	--------------	----------	-------------------------	----------------------------

1	1612004	175	152	40	492,9	463,3	Madera Pino
2	1612005	151	147	102,3	4106,5	1808,4	Hormigón simple. 1.5 Cal, 3 Grava pequeña, 2 grava gruesa, 1 arena fina, 2 gruesa
3							

**Acondicionamiento de la(s) Muestra(s):**

24 horas a 23°C, humedad bajo 80%

**Modificaciones al procedimiento o a las muestras:**

1.- La muestra de pino estuvo conformada por dos piezas ensambladas previo ensayo, con la finalidad de cumplir con el área de medida requerida. Esta condición fue aceptada previamente por el solicitante.  
 2.- Configuración adaptada a materiales de construcción no aislantes  
 3.- Por las irregularidades en las superficies de medición, fue requerido el uso de películas y soluciones, para mejorar el contacto superficial

**Condiciones ambientales de ensayo:**

Temperatura Ambiente Promedio: 22,16 °C

Huemedad Relativa: 63,90 %

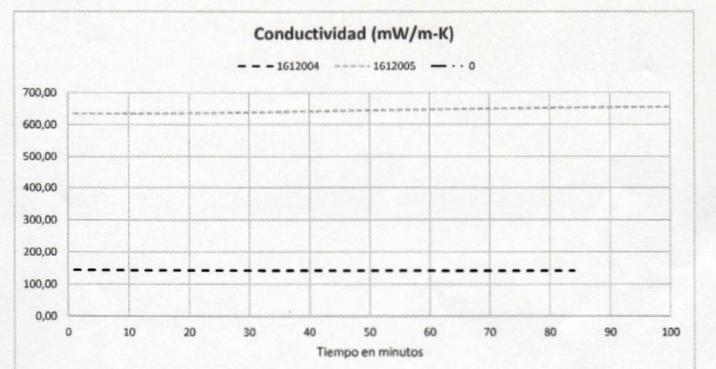
Laboratorio de Ensayos Térmicos y Eficiencia Energética  
 km 30.5 Vía Perimetral, Campus Gustavo Galindo, Edificio 33  
 laboratorio.labet@iner.gob.ec  
 593-42269703

22/12/2016

<b>Q INER</b> Instituto Nacional de Energía y Recursos Renovables	LABORATORIO DE ENSAYOS TÉRMICOS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA REPORTE DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	LABET FT 08
Edición: 1	Revisión: 2015/12/01	Aprobado: 2016/01/04
Página 3 de 3		

**Resultados**

S16-011

**Temperatura media de ensayo:**

20 °C

**Diferencia de Temperatura:**

15 °C

**Id. Muestra**

Conductividad Térmica:	0,142	W/m-K	1612004
	0,656	W/m-K	1612005
		W/m-K	
Resistencia Térmica:	0,282	m <sup>2</sup> /K	1612004
	0,156	m <sup>2</sup> /K	1612005
		m <sup>2</sup> /K	

**Anexos:**

1.- No aplica  
 2.- No aplica  
 3.- No aplica

Analista Técnico

Laboratorio de Ensayos Térmicos y Eficiencia Energética  
 km 30.5 Vía Perimetral, Campus Gustavo Galindo, Edificio 33  
 laboratorio.labet@iner.gob.ec  
 593-42269703

22/12/2016



**Anexo 6:** Tabla de datos horarios de simulaciones realizadas para definir orientación de fachadas.

HORA	TEMPERATURA (°C) -26 DE AGOSTO																							
	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00
LIM. MIN. DE CONFORT	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
LIM. MAX. DE CONFORT	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00
T. SIMULACIÓN ORIENTACIÓN FACHADA AL OESTE	8.15	7.97	7.90	7.99	7.97	7.95	8.63	8.60	8.82	9.09	9.18	9.30	9.38	9.39	9.28	9.04	8.73	8.14	8.12	7.68	7.60	7.40	6.97	6.92
T. SIMULACIÓN ORIENTACIÓN FACHADA AL ESTE	8.16	7.98	7.91	8.00	7.97	7.95	8.65	8.60	8.82	9.09	9.18	9.30	9.37	9.38	9.27	9.03	8.73	8.13	8.12	7.68	7.60	7.40	6.97	6.92
T. EXTERIOR	-1.58	-1.23	-0.43	0.47	1.08	1.65	2.25	2.92	3.78	4.90	5.50	6.05	6.20	5.82	5.03	3.90	3.22	2.88	3.10	1.70	0.82	0.03	-0.95	-1.20

Tabla 5: Valores horarios de temperatura de simulaciones con orientación este y oeste en el día más frío.

Elaboración propia, Fuente: Herramienta de Simulación Energética: Desing Builder.

**Anexo 7:** Tabla de datos horarios de simulaciones 1,2 y 3.

HORAS	TEMPERATURA (°C) - MES DE AGOSTO - FRÍO																							
	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00
T. SIMULACIÓN CASO 1	8.16	7.98	7.91	8.00	7.97	7.95	8.65	8.60	8.82	9.09	9.18	9.30	9.37	9.38	9.27	9.03	8.73	8.13	8.12	7.68	7.60	7.40	6.97	6.92
T. SIMULACIÓN CASO 2	6.60	6.62	6.82	7.26	7.55	7.76	9.39	9.48	9.86	10.40	10.62	10.77	10.84	10.77	10.48	9.96	9.35	8.21	8.11	7.54	7.34	7.18	6.58	6.49
T. SIMULACIÓN CASO 3	6.77	6.79	6.98	7.43	7.72	7.92	9.52	9.57	9.95	10.48	10.68	10.81	10.87	10.81	10.52	10.01	9.40	8.27	8.18	7.62	7.46	7.31	6.73	6.66
T. EXTERIOR	-1.58	-1.23	-0.43	0.47	1.08	1.65	2.25	2.92	3.78	4.90	5.50	6.05	6.20	5.82	5.03	3.90	3.22	2.88	3.10	1.70	0.82	0.03	-0.95	-1.20

Tabla 6: Temperaturas horarias de simulaciones en el día más frío.

Fuente: Herramienta de Simulación Energética: Desing Builder.

HORAS	TEMPERATURA (°C) - MES DE FEBRERO - CÁLIDO																							
	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00
T. SIMULACIÓN CASO 1	9.44	9.33	9.32	9.35	9.32	9.27	12.32	12.06	12.49	13.05	13.40	13.66	13.85	13.96	13.91	13.91	13.81	13.36	11.54	11.00	10.68	10.35	9.86	9.61
T. SIMULACIÓN CASO 2	7.83	7.95	8.22	8.56	8.78	8.93	11.94	14.95	15.06	15.97	16.65	16.87	16.91	16.76	16.30	15.95	15.52	14.43	10.88	9.62	9.00	8.65	8.11	7.82
T. SIMULACIÓN CASO 3	8.03	8.15	8.41	8.74	8.95	9.08	12.08	15.07	15.20	16.11	16.74	16.97	17.01	16.88	16.43	16.09	15.68	14.61	11.04	9.74	9.15	8.83	8.28	8.02
T. EXTERIOR	1.58	2.00	2.85	3.85	4.40	4.88	5.00	5.60	7.22	9.27	11.07	11.65	11.63	11.15	10.10	9.35	8.23	7.45	7.15	5.54	4.07	2.90	2.15	1.40



**Tabla 7:** Temperaturas horarias de simulaciones en el día más cálido.

Fuente: Herramienta de Simulación Energética: Desing Builder.

**Anexo 8:** Tabla de datos horarios de simulaciones 1,3 y 4.

		TEMPERATURA (°C) - MES DE AGOSTO - FRÍO																							
HORAS	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	
T. SIMULACIÓN CASO 1	8.16	7.98	7.91	8.00	7.97	7.95	8.65	8.60	8.82	9.09	9.18	9.30	9.37	9.38	9.27	9.03	8.73	8.13	8.12	7.68	7.60	7.40	6.97	6.92	
T. SIMULACIÓN CASO 3	6.77	6.79	6.98	7.43	7.72	7.92	9.52	9.57	9.95	10.48	10.68	10.81	10.87	10.81	10.52	10.01	9.40	8.27	8.18	7.62	7.46	7.31	6.73	6.66	
T. SIMULACIÓN CASO 4	11.76	11.79	11.95	12.22	12.44	12.62	13.59	13.53	13.74	14.35	14.71	14.88	14.95	14.94	14.82	14.58	14.29	13.89	13.85	13.26	12.81	12.63	11.79	11.64	
T. EXTERIOR	-1.58	-1.23	-0.43	0.47	1.08	1.65	2.25	2.92	3.78	4.90	5.50	6.05	6.20	5.82	5.03	3.90	3.22	2.88	3.10	1.70	0.82	0.03	-0.95	-1.20	

**Tabla 8:** Temperaturas horarias de simulaciones en día más frío-comparativa de propuestas con estado actual.

Fuente: Herramienta de Simulación Energética: Desing Builder.

		TEMPERATURA (°C) - MES DE FEBRERO - CÁLIDO																							
HORAS	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	
T. SIMULACIÓN CASO 1	9.44	9.33	9.32	9.35	9.32	9.27	12.32	12.06	12.49	13.05	13.40	13.66	13.85	13.96	13.91	13.91	13.81	13.36	11.54	11.00	10.68	10.35	9.86	9.61	
T. SIMULACIÓN CASO 3	8.03	8.15	8.41	8.74	8.95	9.08	12.08	15.07	15.20	16.11	16.74	16.97	17.01	16.88	16.43	16.09	15.68	14.61	11.04	9.74	9.15	8.83	8.28	8.02	
T. SIMULACIÓN CASO 4	12.68	12.77	12.95	13.22	13.43	13.59	15.97	18.34	16.95	17.28	17.63	17.80	17.85	17.81	17.62	17.40	17.19	16.95	15.64	14.66	13.99	13.61	12.86	12.63	
T. EXTERIOR	1.58	2.00	2.85	3.85	4.40	4.88	5.00	5.60	7.22	9.27	11.07	11.65	11.63	11.15	10.10	9.35	8.23	7.45	7.15	5.54	4.07	2.90	2.15	1.40	

**Tabla 9:** Temperaturas horarias de simulaciones en día más cálido- comparativa de propuestas con estado actual.

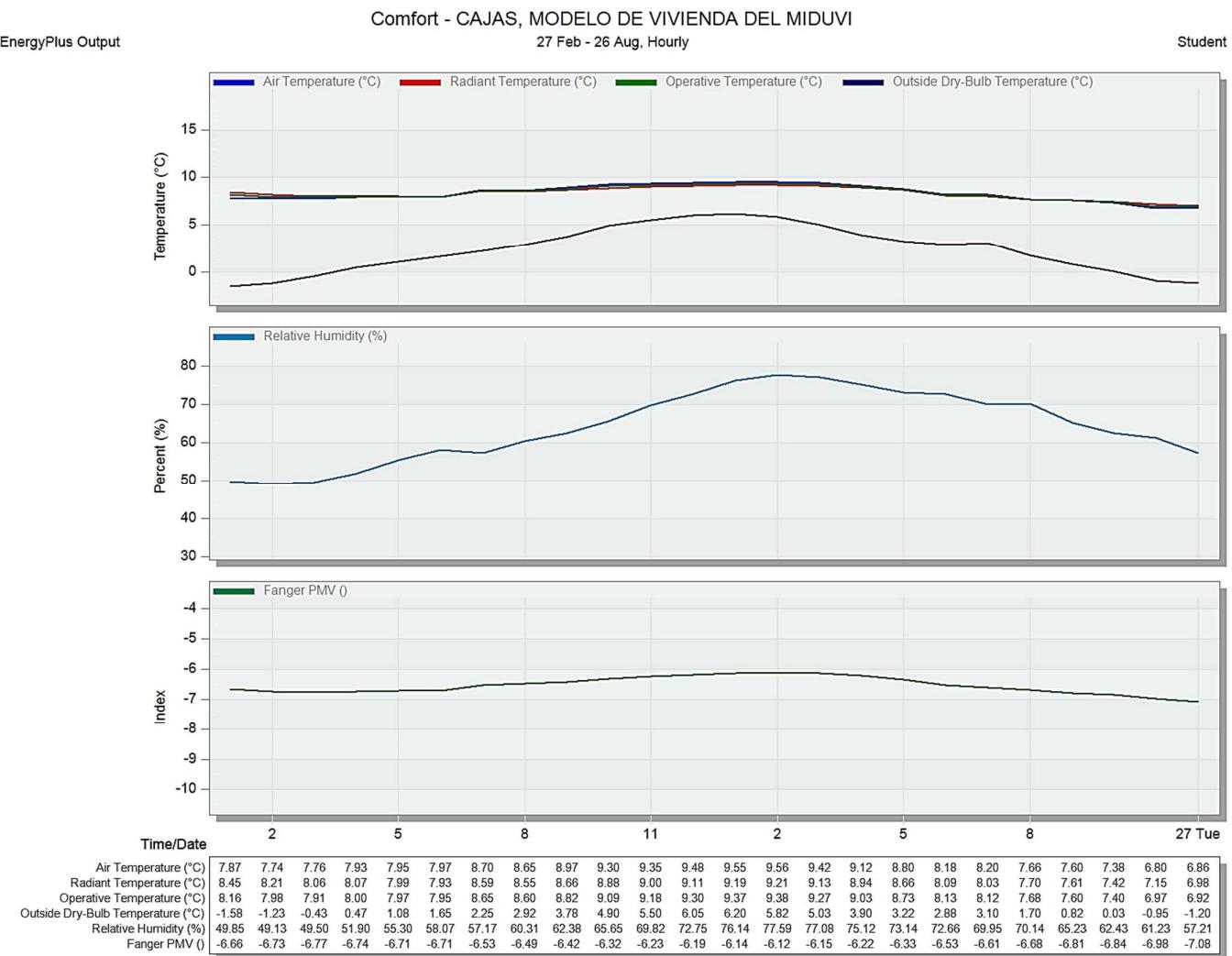
Fuente: Herramienta de Simulación Energética: Desing Builder.



**Anexo 9:** Reportes de simulaciones realizadas en Desing Builder.

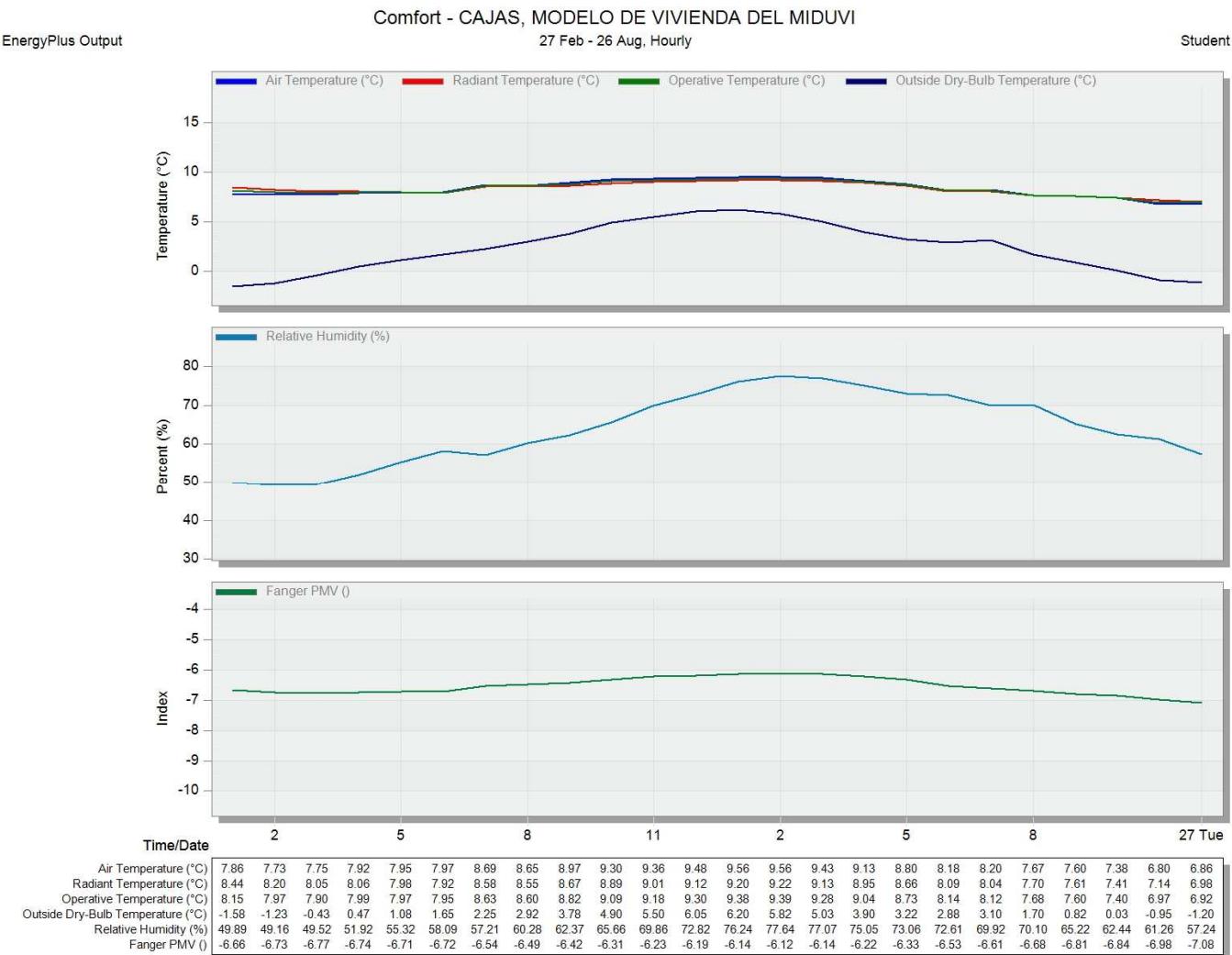
## SIMULACIONES DE ORIENTACIONES

### ORIENTACIÓN ESTE -DÍA FRÍO (26 DE AGOSTO)





ORIENTACIÓN OESTE -DÍA FRÍO (26 DE AGOSTO)





## SIMULACIÓN 1 (ESTADO ACTUAL)

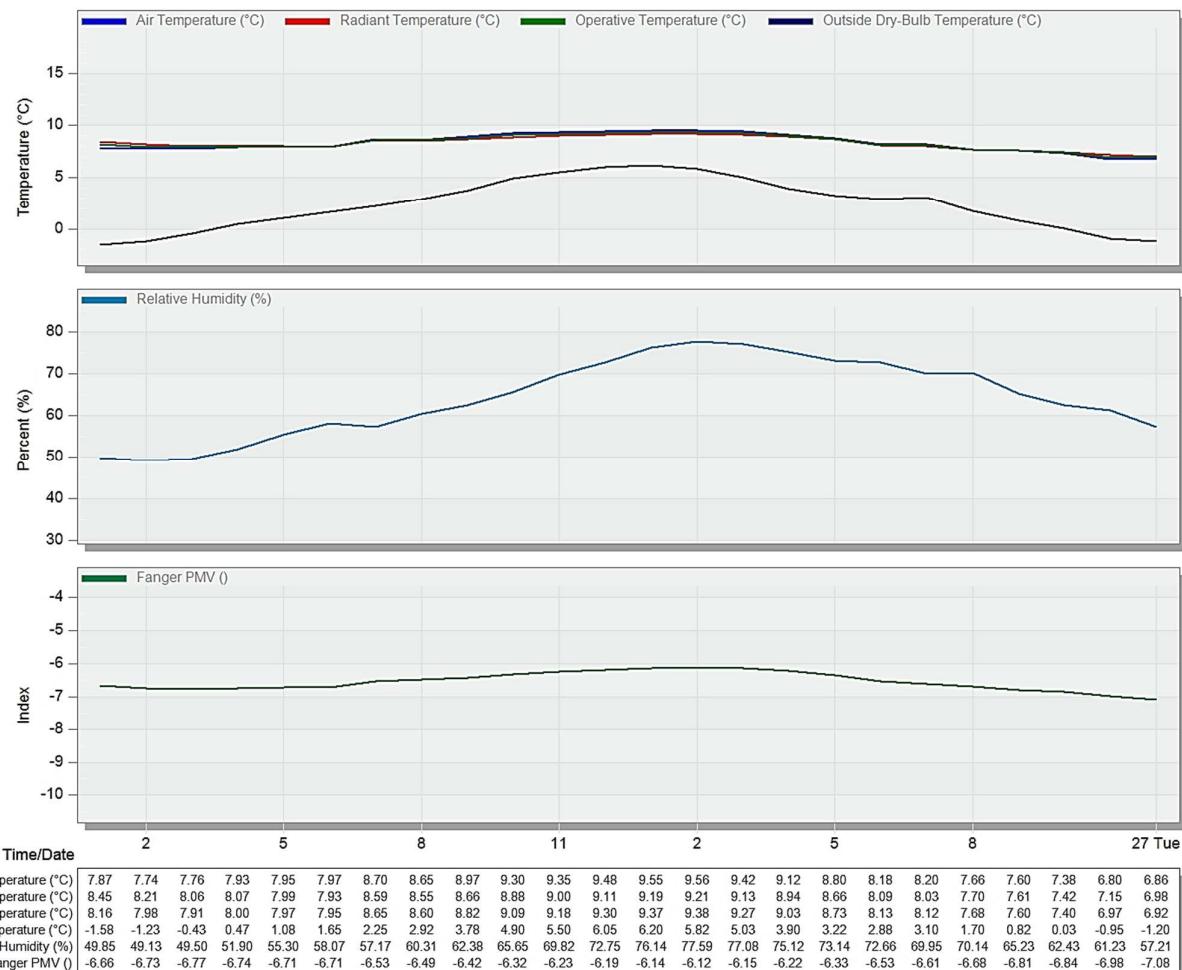
### DÍA FRÍO (26 DE AGOSTO)

Comfort - CAJAS, MODELO DE VIVIENDA DEL MIDUVI

EnergyPlus Output

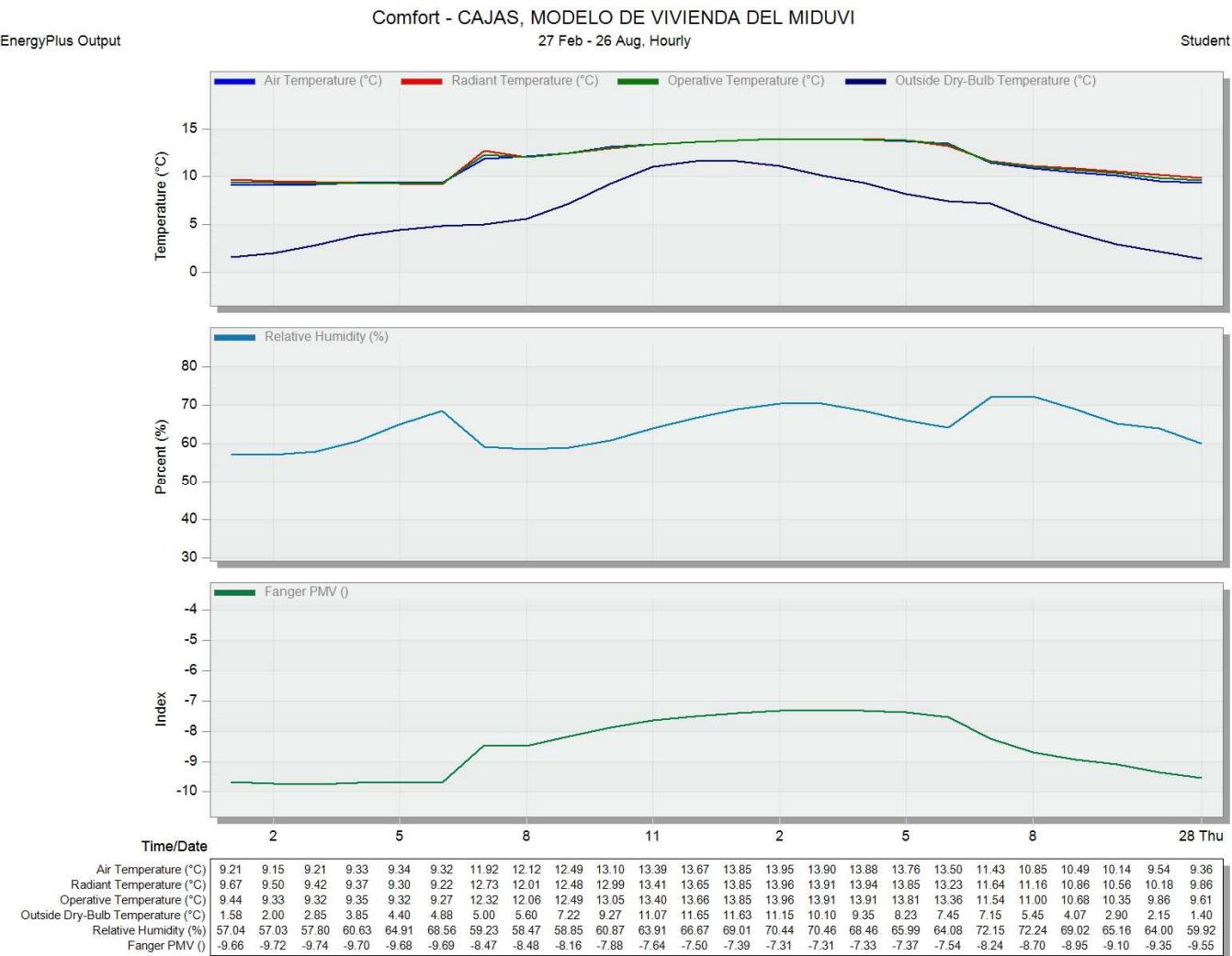
27 Feb - 26 Aug, Hourly

Student





DÍA CÁLIDO (27 DE FEBRERO)





## SIMULACIÓN 2 (PROPUESTA DE MURO e=10cm)

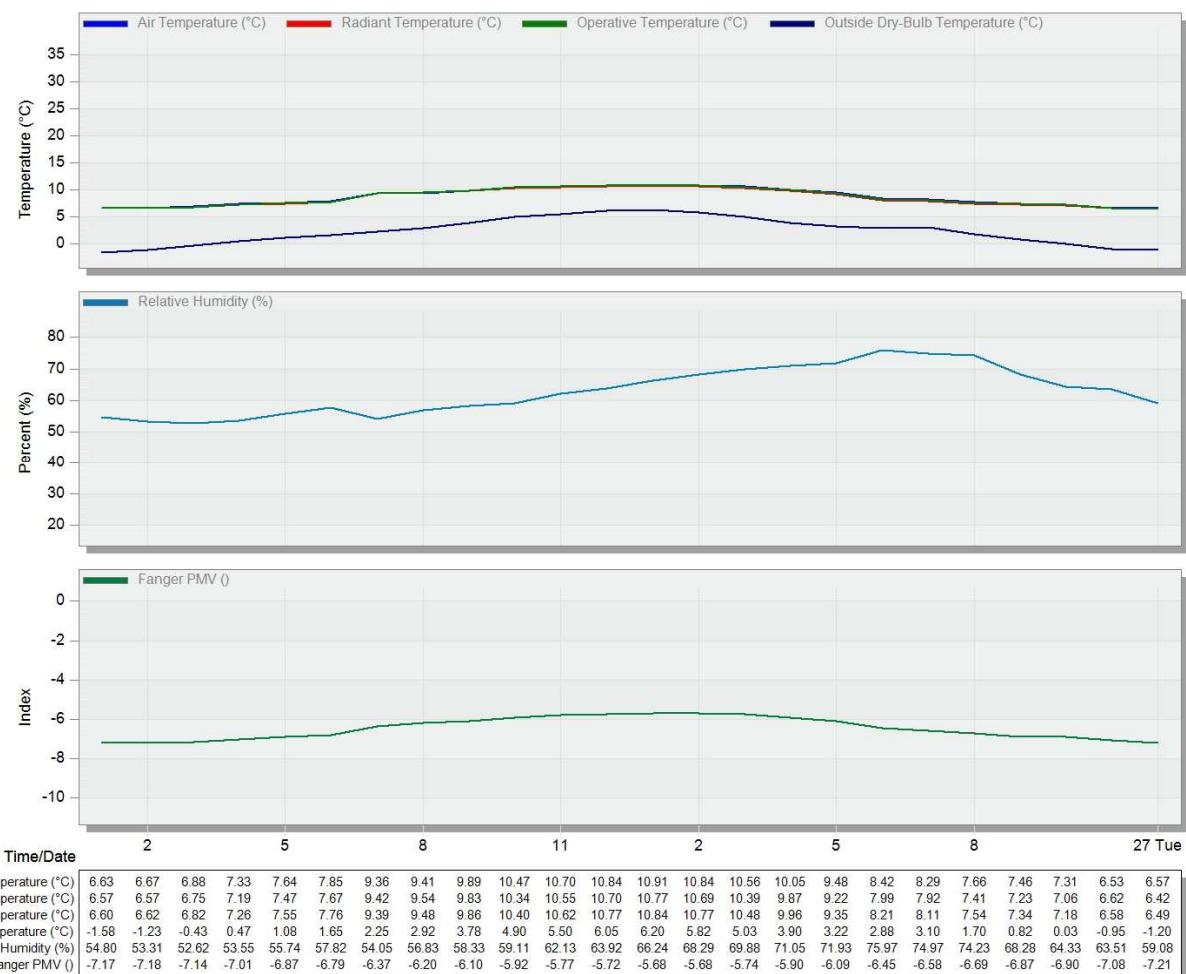
DÍA FRÍO (26 DE AGOSTO)

### Comfort - CAJAS, MODELO DE VIVIENDA DEL MIDUVI

EnergyPlus Output

27 Feb - 26 Aug, Hourly

Student



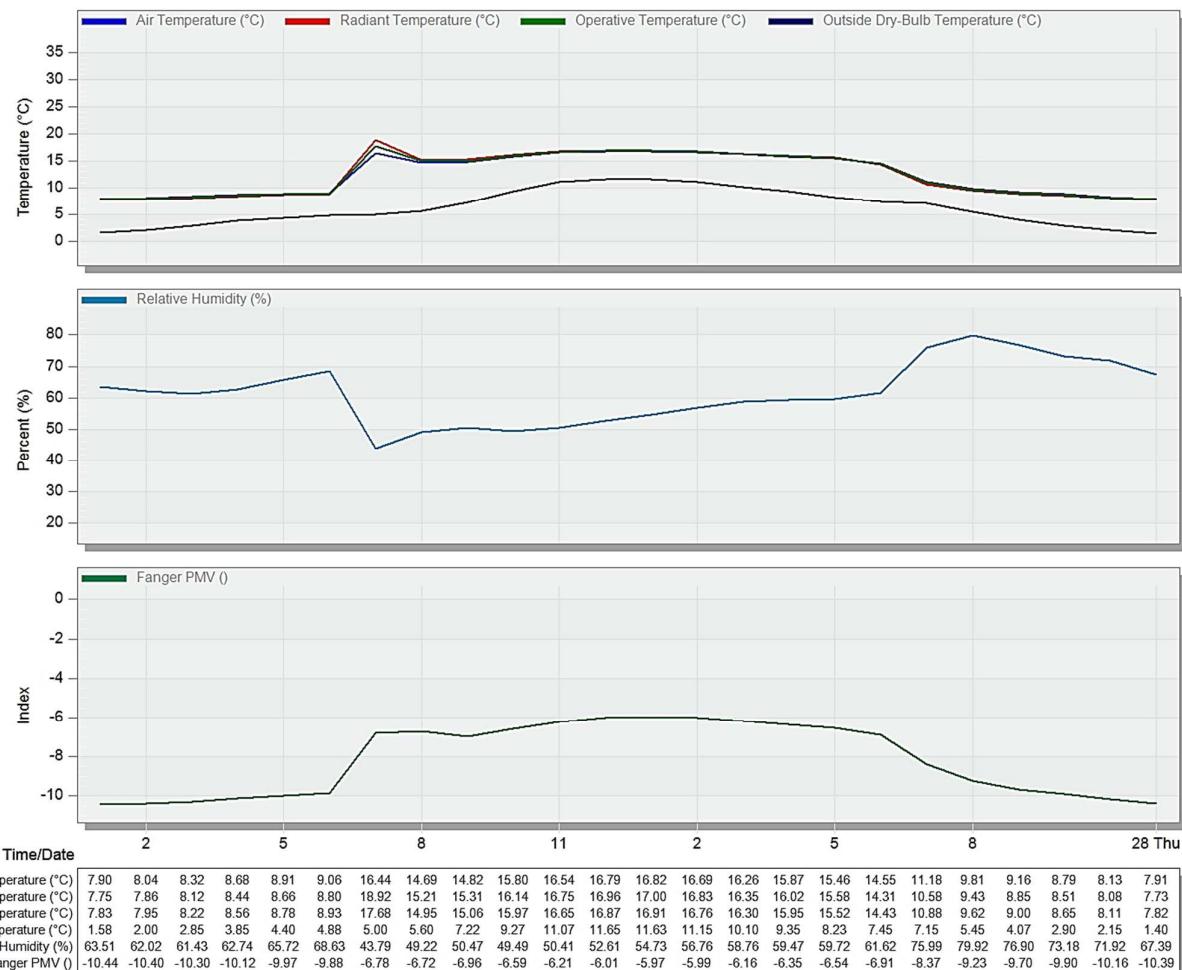
## DÍA CÁLIDO (27 DE FEBRERO)

## Comfort - CAJAS, MODELO DE VIVIENDA DEL MIDUVI

EnergyPlus Output

27 Feb - 26 Aug, Hourly

Student





### SIMULACIÓN 3 (PROPUESTA DE MURO e=20cm)

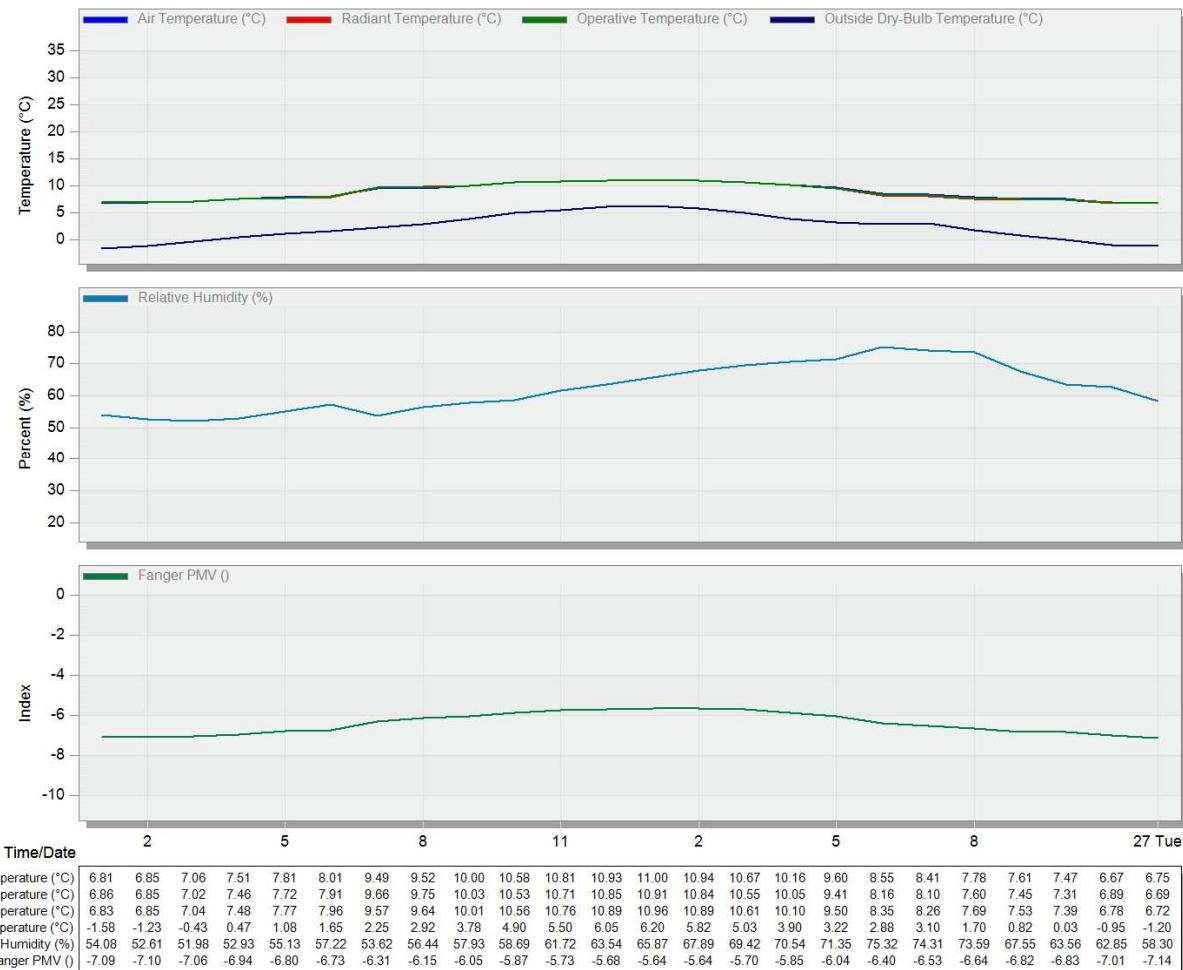
DÍA FRÍO (26 DE AGOSTO)

#### Comfort - CAJAS, MODELO DE VIVIENDA DEL MIDUVI

EnergyPlus Output

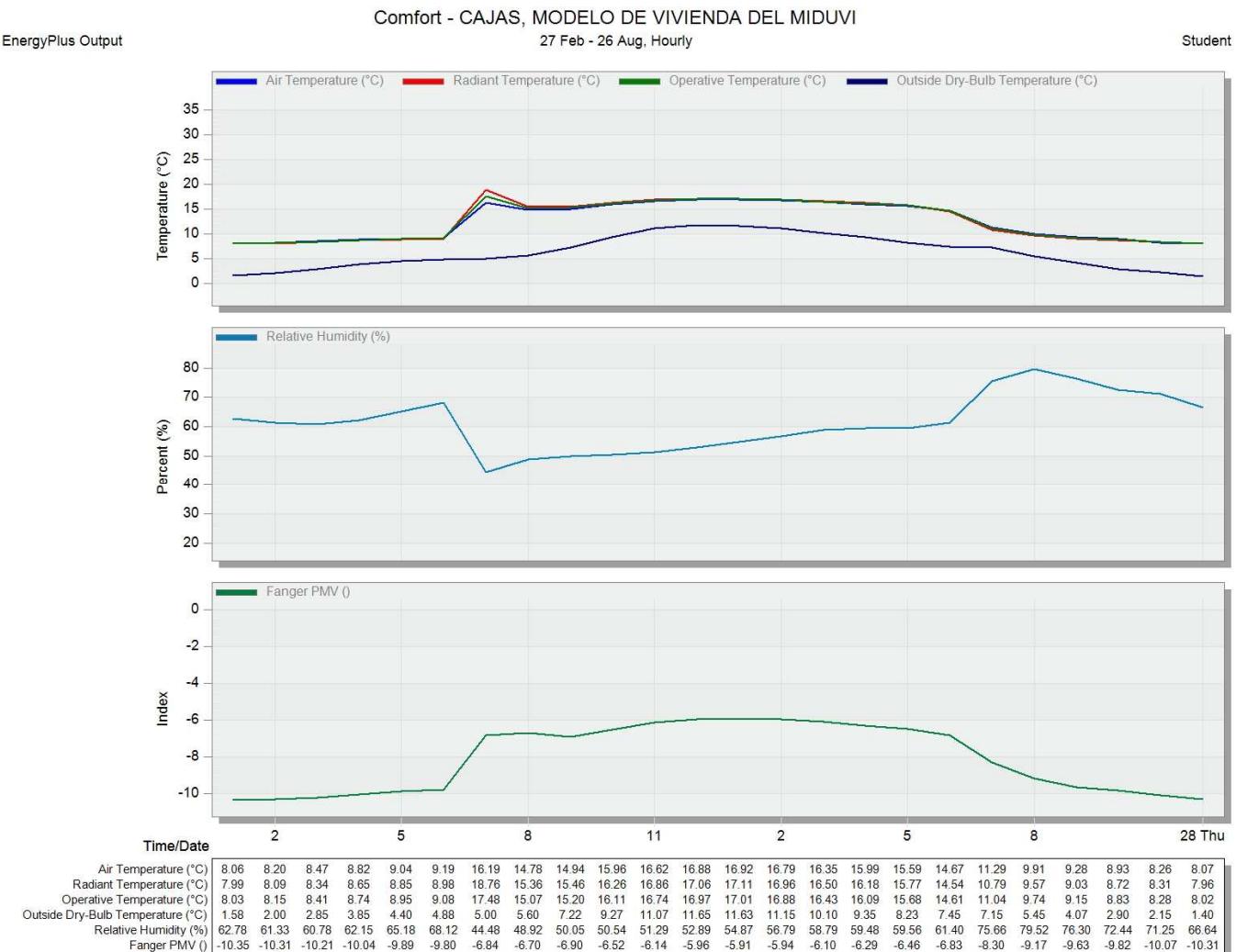
Student

27 Feb - 26 Aug, Hourly





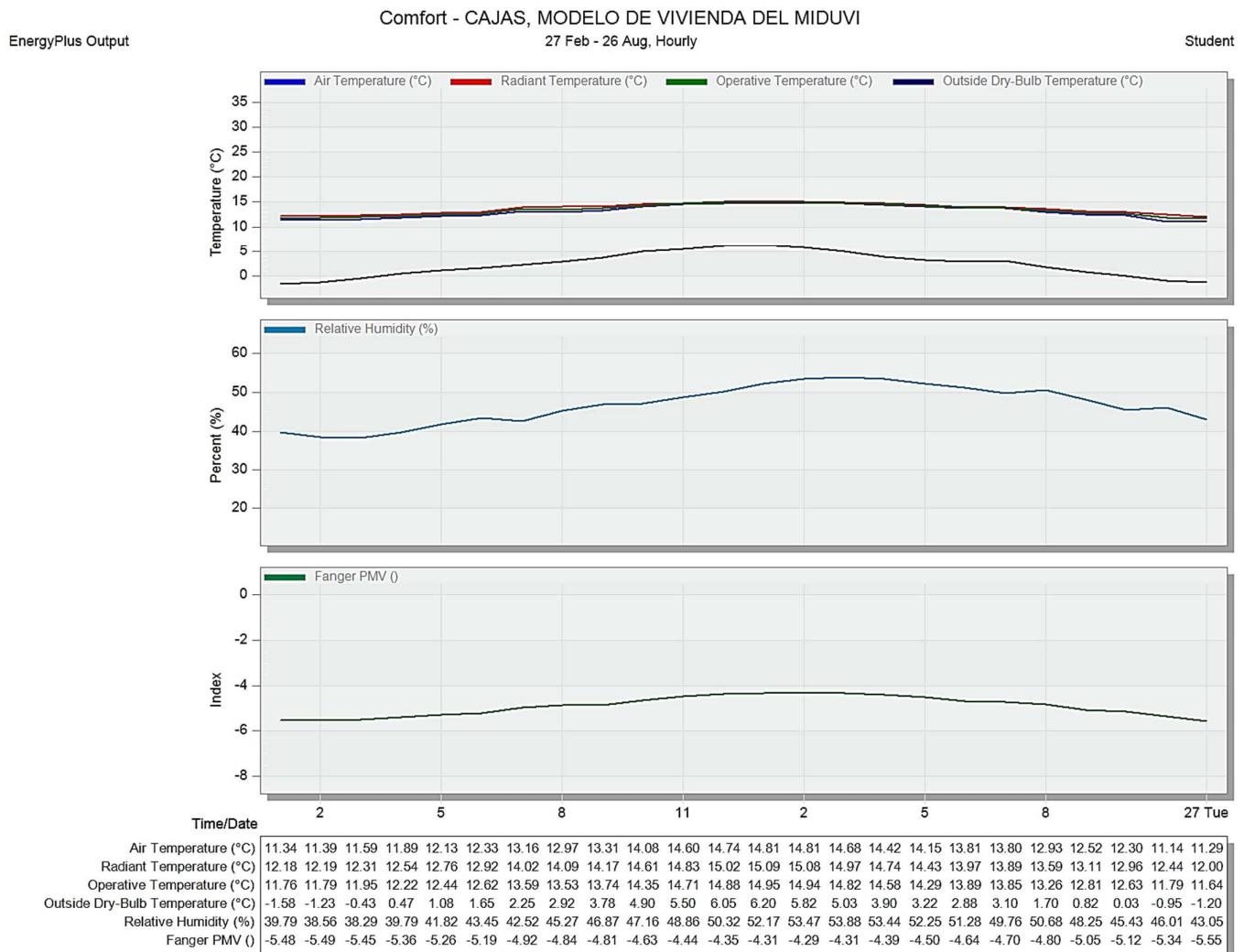
DÍA CÁLIDO (27 DE FEBRERO)



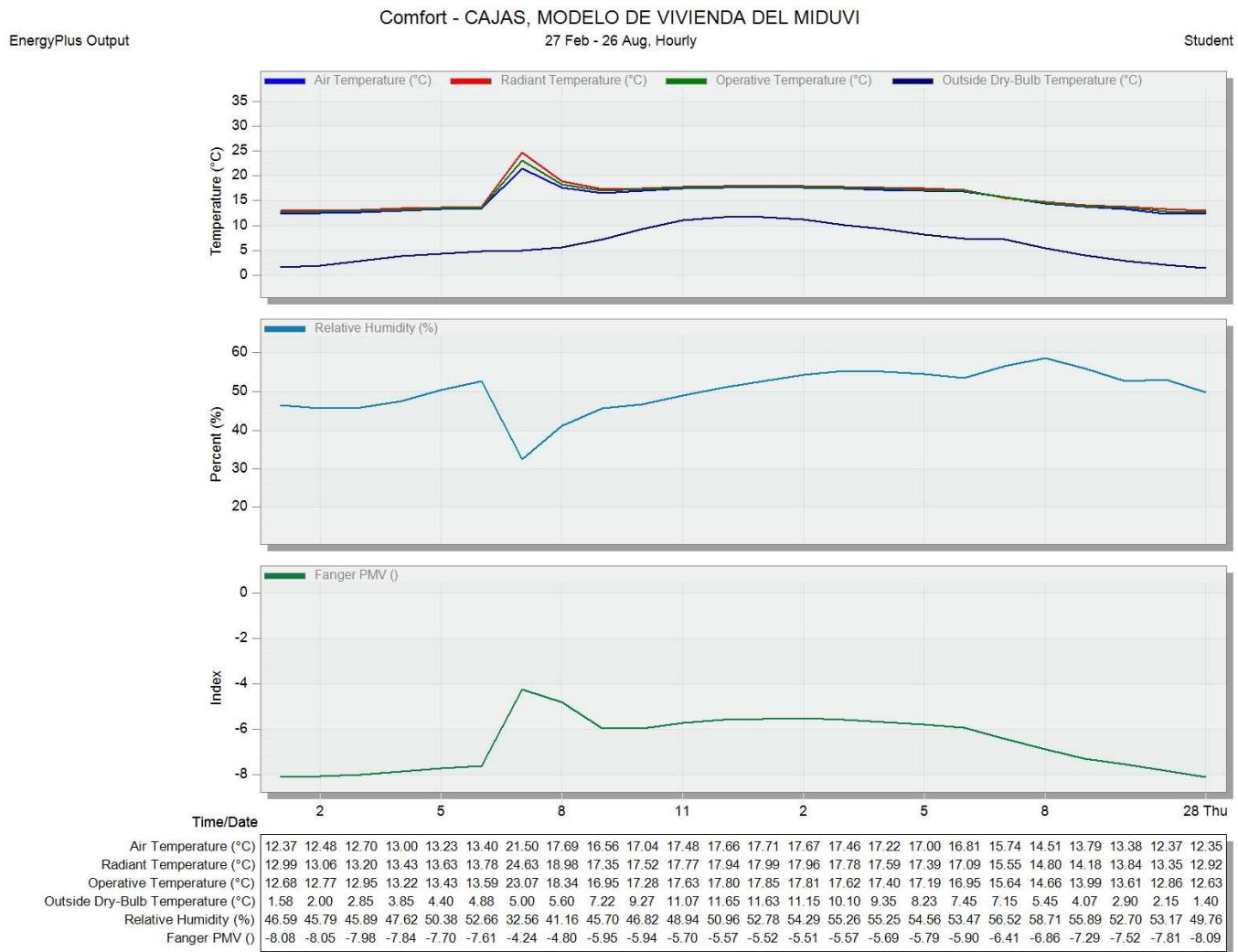


## SIMULACIÓN 4 (PROPUESTA DE MATERIALES EN TODA LA ENVOLVENTE)

DÍA FRÍO (26 DE AGOSTO)



## DÍA CÁLIDO (27 DE FEBRERO)



## Anexo 10: Cálculo de consumo energético de simulación Caso 1 y simulación Caso 4.

Para obtener el porcentaje de consumo energético se utilizó una regla de tres en donde se consideró un consumo del 100% cuando se requiere de un equipo de calefacción durante las 24 horas del día. El requerimiento de equipos de calefacción se mide por las horas de confort y desconfort que se tiene en el interior de la vivienda.

En el **Caso 1** (estado actual) no se presentan horas de confort tanto en el día frío como en el día cálido lo que indica un consumo de calefacción del 100%.

Por otro lado, el **Caso 4** (cambio de materiales de la envolvente) presenta 8 horas de confort en el día frío lo que indica un consumo de calefacción durante las 16 horas restantes lo cual equivale al 66.66%. En el día cálido se presenta 14 horas de confort lo que indica un consumo de calefacción durante las 10 horas restantes lo cual equivale al 41.66%.

Finalmente, para obtener la reducción del consumo energético se calcula la diferencia entre el consumo del Caso 1 con el consumo que se obtuvo en el Caso 4 tanto en el día frío como en el día cálido. Así se obtiene un 33.33% de reducción de consumo en el día frío y un 58.33% en el día más cálido.