

Efecto de la altura sobre la ganancia térmica en una casa habitacional en zona noreste de Mérida, Yucatán: Una evaluación computacional.

E.M. Méndez Atoche¹, E.A. Estrella Euán¹, S.B. Amaro Balam¹, María Italia Jiménez Ochoa², O. May Tzuc³, E.E. Ordoñez Lopez¹, A. Bassam^{1*}.

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, Av. Industrias no contaminantes, Mérida, Yucatán, México.

²Departamento de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Mérida, Av. Tecnológico km. 4.5 S/N C.P. 97118, Mérida, Yucatán.

³Facultad de ingeniería, Campus V, Av. Humberto Lanz González, Ex Hacienda Kalá. San Francisco de Campeche, Campeche.

Fecha de recepción: 16 de marzo de 2022 - Fecha de aceptación: 13 de septiembre de 2022

Resumen

En regiones de clima tropical húmedo y en las de clima subhúmedo, como es la del Estado de Yucatán, se presentan temperaturas elevadas en las temporadas de primavera y verano. Esto impacta en la economía doméstica debido a que el uso de algunos métodos de enfriamiento activo se está volviendo comunes, al mismo tiempo que métodos pasivos, como el uso de techos con doble altura, típicos de la arquitectura colonial yucateca, se van relegando. En este trabajo se evaluaron y compararon el desempeño de los techos con doble altura en combinación con los techos fríos (cool roof) como mecanismo de enfriamiento pasivo como una alternativa a los techos de baja altura que se están empleando actualmente en la zona. Se encontró que al comparar la temperatura de la casa con el techo estándar agregando el sistema pasivo de enfriamiento (impermeabilizante) se obtiene una diferencia de temperatura de 3.13 °C. Contrastando el techo estándar con el techo de doble altura se obtiene una diferencia de temperatura de 1.22 °C; al agregar el sistema pasivo de enfriamiento al techo de doble altura se obtiene una diferencia de temperatura de 3.14 °C, respecto a un techo estándar.

Palabras clave: *SketchUp, EnergyPlus, OpenStudio, ganancia térmica, impermeabilizante (cool roof material).*

*baali@correo.uady.mx

Effect of height on thermal gains in a residential house located at the northeast area of Mérida, Yucatán: A computational evaluation.

Abstract

In regions with a humid tropical climate and in those with a sub-humid climate, such as the state of Yucatán, high temperatures occur in the spring and summer seasons, this impacts the domestic economy due to the use of some active cooling methods. It is becoming common, at the same time that passive methods, such as the use of double height ceilings, typical of Yucatecan colonial architecture, are being relegated. In this work, the performance of double-height ceilings in combination with cool roofs as a passive cooling mechanism as an alternative to the low-rise ceilings that are currently being used in the area were evaluated and compared. It was found that comparing the temperature of the house with the standard roof, adding the passive cooling system (waterproofing), a temperature difference of 3.13°C is obtained. Contrasting the standard ceiling with the double height ceiling, a temperature difference of 1.22°C is obtained; adding the passive cooling system to the double height ceiling gives a temperature difference of 3.14°C , still comparing it to the standard ceiling.

Keywords: *SketchUp, EnergyPlus, OpenStudio, thermal gain, waterproofing (cool roof material).*

1. Introducción

La construcción de viviendas sin el estudio térmico adecuado suele ser muy común, y en climas como el de Yucatán, resulta en problemas a largo plazo, pues en el verano los hogares yucatecos tienden a tener altas temperaturas en su interior, siendo 44°C la temperatura más alta registrada por la Comisión Nacional del Agua (2018). Por este motivo la mayoría de las personas suelen optar por la compra de equipos de aire acondicionado, incrementando de manera significativa el consumo de energía en el hogar. En México entre el año 2000 y 2015 se incrementó un 33.4% el gasto en consumo energético para refrigeración en el hogar (CEPAL 2018). Al comparar la arquitectura de las casas coloniales y modernas vemos que las coloniales poseían una característica de techo de doble altura. Hoy en día esta característica en las casas se ha perdido, principalmente por el costo que significaba y por la tendencia a reducir el espacio de construcción y hacer casas de dos pisos. Si bien es importante la manera en la que es construida una casa y la

zona geográfica, también lo son los materiales que conforman las paredes y el techo. De acuerdo con un estudio computacional realizado en Singapur se obtuvo que, aproximadamente el 64% de las ganancias térmicas de un edificio provienen del techo (Chua & Chou 2011). El principal beneficio de los techos de doble altura es que permiten una mayor circulación del aire permitiendo una convección natural que reduce las temperaturas internas del recinto.

En el presente estudio se emplea una herramienta computacional para evaluar la eficiencia energética de una casa por medio de cuatro modelos: con techo de altura estándar, con techo de altura estándar con impermeabilizante reflejante, techo de doble altura y techo de doble altura con impermeabilización reflejante. Los estudios realizados en campo y en laboratorio muestran que los revestimientos fríos (cool roof coatings) contribuyen a disminuir la transferencia de calor que se da a través de las cubiertas, las cuales son una de las principales causas de malestar térmico en el clima cálido

subhúmedo (Porrás-Salazar & Contreras-Espinoza 2020). Debido a lo anterior se analiza el uso de impermeabilizante, ya que se está convirtiendo en el principal método pasivo para reducción de temperatura. Sin embargo, debido al desgaste natural del material es necesario aplicar de nuevo el impermeabilizante en un periodo que varía (principalmente por factores climáticos) entre los 5 y 8 años, teniendo un costo de \$200 el metro cuadrado de impermeabilizante, sin considerar otros aspectos como lo son la mano de obra y refuerzos. En Mérida Yucatán la mano de obra por metro cuadrado de pintura es de en promedio \$20 MXN (\$1USD).

Por las razones ya descritas y los posibles beneficios en reducción de la temperatura en el interior de un edificio se analizará la implementación de impermeabilizante en dos casos, el primer caso en un techo de 3 metros de altura y el segundo caso en un techo de 6 metros de altura. Esto para poder encontrar una relación de costo/beneficio entre distintos métodos de reducción de temperatura en las envolventes.

2. Descripción del caso

En este estudio se compara la disminución de temperatura en una casa habitación (que por ende representa un ahorro en el consumo energético) y el costo que implica bajar esta temperatura dependiendo del método empleado.

Para la localidad de Mérida, Yucatán el mes de mayo resulta de mayor relevancia a causa de las altas temperaturas registradas durante este periodo de tiempo según datos nacionales (INEGI, 2019). Finalmente se evaluará el costo de la disminución de temperatura de una casa con ciertas características diferentes, estas se enlistan a continuación:

- Techo estándar (estándar de referencia)
- Techo estándar con impermeabilizante.
- Techo alto
- Techo alto con impermeabilizante

Una de las principales características de una casa antigua en Mérida es la presencia de techos altos lo que ayudaba a mantener una sensación térmica adecuada en el interior del recinto; las casas de estilo “colonial” se caracterizan por ser de una planta con techos de doble altura. Las tendencias en las construcciones están olvidando esta característica de la arquitectura colonial que resultaba de utilidad en climas como los de Mérida. La evaluación de los cuatro casos mencionados permitirá conocer si incorporar techos de mayor altura en las construcciones modernas pudieran tener un efecto significativo en la sensación térmica dentro de las edificaciones en comparación con los esquemas actuales de construcción.

2.1 Clima del lugar

Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2008): Yucatán posee diversas características climatológicas presentando en más 85% de la región un clima cálido subhúmedo, en el restante 14.5% un clima seco a semiseco. La temperatura media anual es de 26°C, la temperatura máxima promedio es alrededor de 36°C y se presenta en el mes de mayo, la temperatura mínima promedio es de 16°C y se presenta en el mes de enero (INEGI, 2008). La precipitación media estatal es de 1 100 mm anuales, las lluvias se presentan en verano en los meses de junio a octubre. El porcentaje de humedad promedio anual es del 71%. En sí, Yucatán es un lugar en el que, para entrar en la zona de sensación térmica adecuada se necesita de la aplicación de medidas físicas como la refrigeración. (INEGI, 2008)

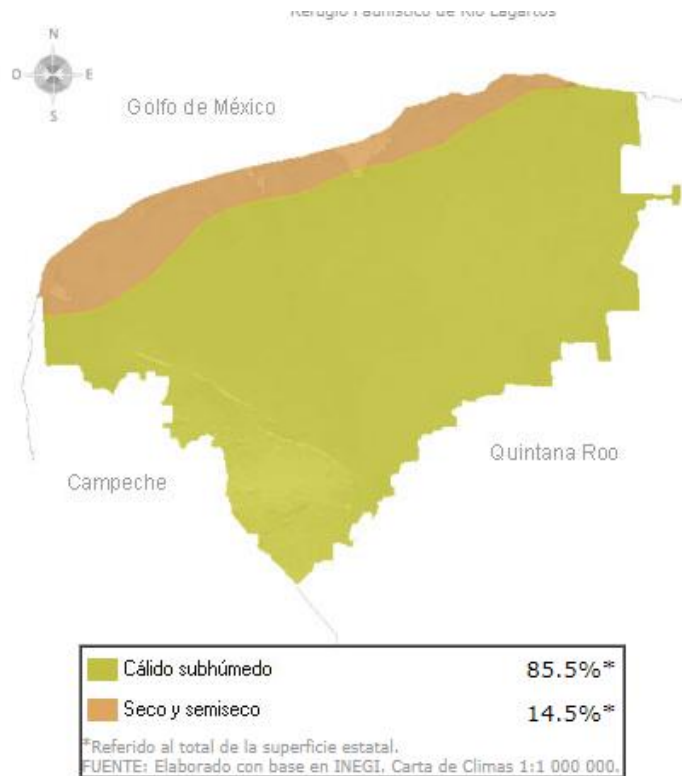


Ilustración 1, fuente: (INEGI, 2008).

2.2 Ubicación y características de la casa estudiada

Para este estudio se plantea la idea de realizar un balance de cargas en una vivienda ubicada en Mérida, Yucatán en la colonia Santa Rita Cholul. La principal razón en la elección de esta zona es que, en la misma, han aumentado el número de construcciones para residencia, además, no es un espacio altamente urbanizado, lo que significa una alta presencia de áreas verdes.

La zona de estudio tiene un perímetro de 4.35 km y un área de 0.98 km². El área de construcción en el presente estudio es de 1600 m². En el análisis se considerarán dos

elevaciones de techo: 3 metros (estándar) y 6 metros (techo alto). La construcción de la vivienda tiene las siguientes características: tiene un techo de vigueta y bovedilla y un colado de 5 cm, los muros tienen un grosor de 21 cm contruidos con block de 15 cm x 20cm x 40 cm y 3 cm de acabado de concreto. La tabla 1 contiene las medidas y las especificaciones necesarias de la casa de estudio, estas mismas consideraciones fueron tomadas en cuenta en el software.

En la ilustración 2 se muestra una vista aérea del sitio que comprende la colonia ya mencionada y en la ilustración 3 se aprecia el área específica donde se llevó acabo el estudio.



Ilustración 2 Vista área del área de estudio "Santa Rita Cholul"



Ilustración 3 Plano de la residencia de estudio.

La construcción completa cuenta con un área (indicada en la ilustración 3 por el color rojo) techada sin muros interiores, por lo que permite el paso del aire y la luz solar, los cuales logran incidir en el área de estudio (indicada por color

verde). La sección en azul no está orientada a un uso constante por lo que se decidió descartarla del estudio y enfocarse a las habitaciones y baños que se emplean de manera habitual.

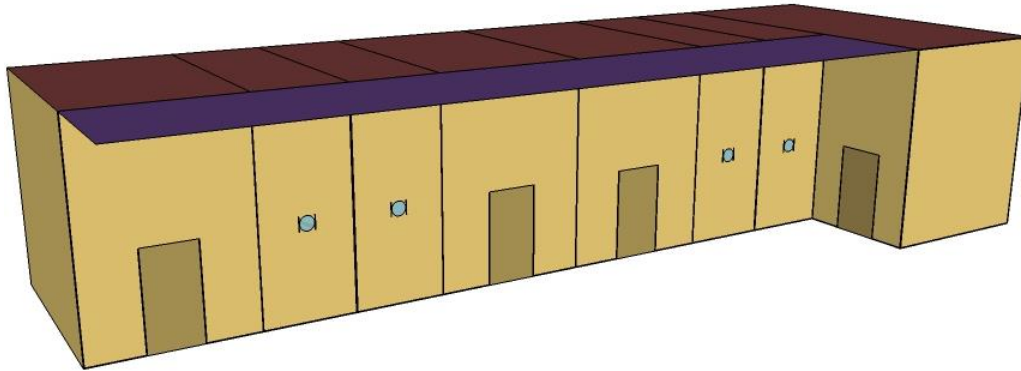


Ilustración 4 Modelo 3D de la zona de estudio

Tabla 1: Características de las áreas de estudio.

Características	Dimensiones
Baño	2.5 m x 6.6 m
Cuarto	4.3 m x 6.6 m
Orientación de la fachada del predio	Inclinación de 42.8° con respecto al norte
Coordenadas	21.031702, -89.571740

Para la casa estándar se considera un precio de construcción de \$7500 MNX (\$365USD a enero 2021) el metro cuadrado con acabados. De acuerdo con la cotización de un ingeniero con experiencia en el área se nos estimó que el precio de una casa de doble altura oscila entre los \$9000MNX (\$438USD a enero 2021), es decir un costo del 20% más. Esto sin tener en cuenta la ubicación de la casa, ya que es considerablemente más elevado el precio de la construcción dependiendo de la zona geográfica.

3. Metodología

La metodología consiste en evaluar, mediante un programa computacional, la ganancia térmica en una casa con techos de 3 metros de altura con y sin impermeabilizante. Esto se contrasta con una edificación de 6 metros de altura con y sin la implementación de impermeabilizante. Se evaluará el costo de reducción de temperatura partiendo de un costo

base de construcción de una casa estándar con techos de 3 metros de altura, por lo mismo, se usará las temperaturas del techo de esa altura como bases para compararlo con las demás temperaturas.

Para fines prácticos la metodología se divide en cinco fases de ejecución como se aprecia en la ilustración 5. En la primera fase se definió la forma de realizar el estudio mediante la comparación de las ganancias térmicas en una casa habitación con alturas de techos diferentes para posteriormente compararlas empleando un método pasivo de enfriamiento en cada techo (el ya mencionado, impermeabilizante). En la segunda fase se realiza la delimitación del espacio y a la medición del área de este para poder en la fase tres y cuatro trasladar esas características a un modelo computacional y evaluarlo en el software Open Studio, finalmente cerramos con la fase cinco donde se muestran los resultados, que consta de gráficas obtenidas por los softwares utilizados. Estas gráficas son la variación de la temperatura a lo largo del mes de mayo dentro de una casa

habitación con las cuatro características mencionadas en el apartado de descripción del caso. De igual manera se agregan gráficas semanales, estas representan los cuatro

periodos anuales donde existe un cambio de temperatura (primavera, verano, otoño e invierno).

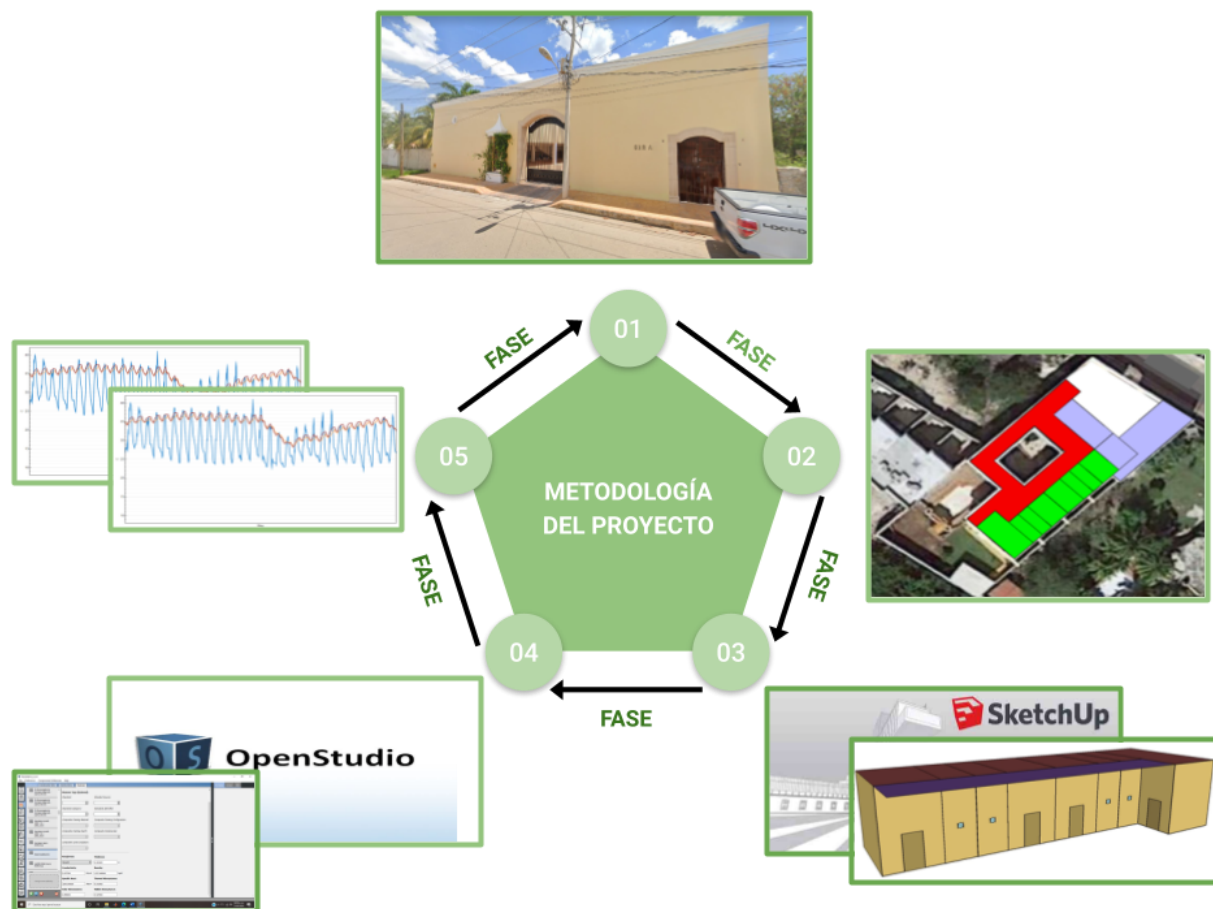


Ilustración 5. Metodología del trabajo para la realización de los cálculos.

3.1 Metodología computacional (*Open Studio*, *SketchUp* y *EnergyPlus*)

Tal y como lo describen Jiménez et al. (2020): Los programas utilizados en este estudio son *SketchUp*, *OpenStudio* y *Energy Plus*. De manera conceptual, se puede decir que *SketchUp* es el software destinado a crear el modelo geométrico de la zona de estudio; con él se creará el edificio basándose de los planos correspondientes, creación de las divisiones o particiones de los diferentes espacios existentes. A partir de la extrusión de los volúmenes comienza la función de *Open*

Studio que es afinar y ajustar los parámetros para la ejecución de las simulaciones, los componentes de cada envolvente y escoger el formato en el que queremos obtener el sumario de resultados. Finalmente, *Energy Plus* es el programa encargado de realizar las simulaciones propiamente dichas. Dicho software, se encarga de recoger o recopilar toda la información introducida mediante *SketchUp* y *OpenStudio*, de procesarla y con la ejecución de una serie de algoritmos, es capaz de calcular el comportamiento de los modelos y ofrecer unos valores de salida que serán plasmados u

ordenados en el formato que se haya escogido. Es importante señalar que los softwares con los cuales se desarrolló esta metodología son de licencia libre o *General Public License* (GPL por sus siglas en inglés).

3.2 Diseño de los modelos

Primero se procedió a la creación del croquis del edificio en el software de *SketchUp* y mediante la extensión de *Open Studio* pasó a ser un modelo 3D, donde los espacios se dividieron y se nombraron las distintas zonas térmicas con la finalidad de distinguirlas; posteriormente se añadieron los elementos: puertas, ventanas, puentes térmicos y sombreado, con la finalidad de establecer las condiciones y parámetros con los cuales se ejecutarán los 4 modelos (Una vez finalizada

esta sección procedemos a seleccionar un archivo de extensión *Energy Plus Weather* (.epw), el cual nos provee los datos climatológicos de la zona necesarios para llevar a cabo la simulación.

Posteriormente se crearon los sets de construcción tomando las propiedades de los materiales, tal y como explican Jiménez et al. (2020): Se requiere ingresar los valores de conductividad, calor específico y grosor de acuerdo con la normatividad nacional vigente. Dichas propiedades se pueden modificar en *OpenStudio*; de igual manera, es importante ingresar otras variables como la absorptancia térmica, visible y solar. En la tabla a continuación se presentan dichas propiedades:

Tabla 2 Materiales implementados en la construcción de casas de interés social tomando como referencia normativa nacional (SENER, 2011).

Envolvente	Materiales	Grosor (cm)	Densidad (kg/m ³)	Conductividad (W/m*K)	Calor específico (J/kg*K)
Techo	Concreto	3 – 5	2, 130	1.8	1, 050
	Vigueta	12	1, 900	0.41	1, 000
	Bovedilla	15	1, 200	1.74	1, 000
	Acabado	3	1, 570	0.53	1, 000
Muros	Block de concreto	15	1, 920	0.8	800

Las características del impermeabilizante fueron obtenidas principalmente de su hoja de datos; se utilizó el FT Impac Ultra 12 pues se

contaba con una experiencia positiva previa en su uso y efectividad, sus datos se plasman en la siguiente tabla:

Tabla 3: características del impermeabilizante consideradas en el software OpenStudio.

Material	Grosor (mm)	Densidad (kg/m ³)	Conductividad (W/m*K)	Calor específico (J/kg*K)
Impermeabilizante	5	1527.49	.0777	1000

Una vez plasmadas todas las características de los materiales en *Open Studio* se procede a realizar la simulación y recopilar los resultados del software *Energy Plus*, los cuales se muestran y analizan en el siguiente apartado.

4. Resultados y discusiones

En la gráfica 1 se observan los 4 casos de estudios, tomando las cargas térmicas en el cuarto (cuarto 2), debido a que es la zona donde se presenta el mayor porcentaje de ocupación por parte de los usuarios.

En la siguiente tabla se puede observar el promedio, la moda y el valor máximo

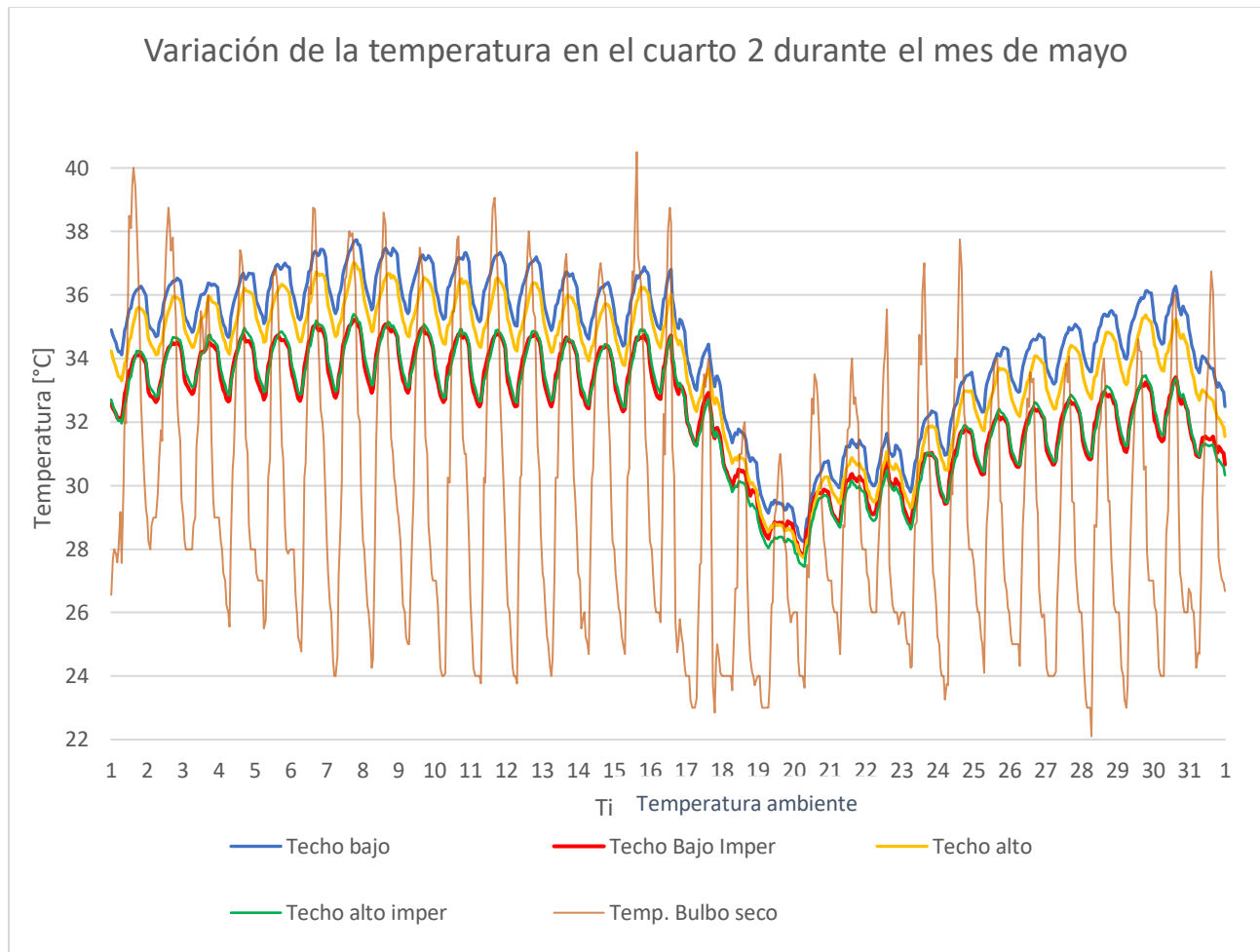
registrado del cambio de temperatura que sufre un cuarto, contrastando con la casa estándar sin impermeabilizante respecto al techo con impermeabilizante y el techo alto con y sin impermeabilizante. Para el cuarto (ver tabla 4) se proyectó una disminución máxima de temperatura de 3.14°C en el techo alto con impermeabilizante, sin embargo, el techo bajo con impermeabilizante tuvo una disminución máxima de 3.13°C, una diferencia de 0.01 °C, insignificante en comparación al dato anteriormente presentado. Al analizar esta la tabla, se contempla que el mejor método para bajar la temperatura dentro de un cuarto es con el uso del impermeabilizante.

Tabla 4 promedio y la moda de la diferencia de temperatura en grados centígrados para el cuarto

CUARTO 2	DT casa techo estándar	DT casa techo estándar con impermeabilizante	DT casa techo alto	DT casa techo alto con impermeabilizante
Promedio	0.0°	2.02°	0.74°	2.04°
Moda	0.0°	1.80°	0.97°	2.34°
Val. Max	0.0°	3.13°	1.22°	3.14°

A continuación, se muestra la gráfica de variación de temperatura interior, esta se obtuvo de calcular la diferencia de temperaturas entre el exterior y las cuatro configuraciones de las casas, siendo que la casa estándar, por sus características, siempre presentará la temperatura registrada más

elevada y las configuraciones con impermeabilizante son muy similares (además de que consiguen una alta disminución de temperatura). Se usa el mes de mayo por ser el que posee las temperaturas más altas de todo el año de acuerdo con los datos meteorológicos proporcionados por el software *Energy Plus*.



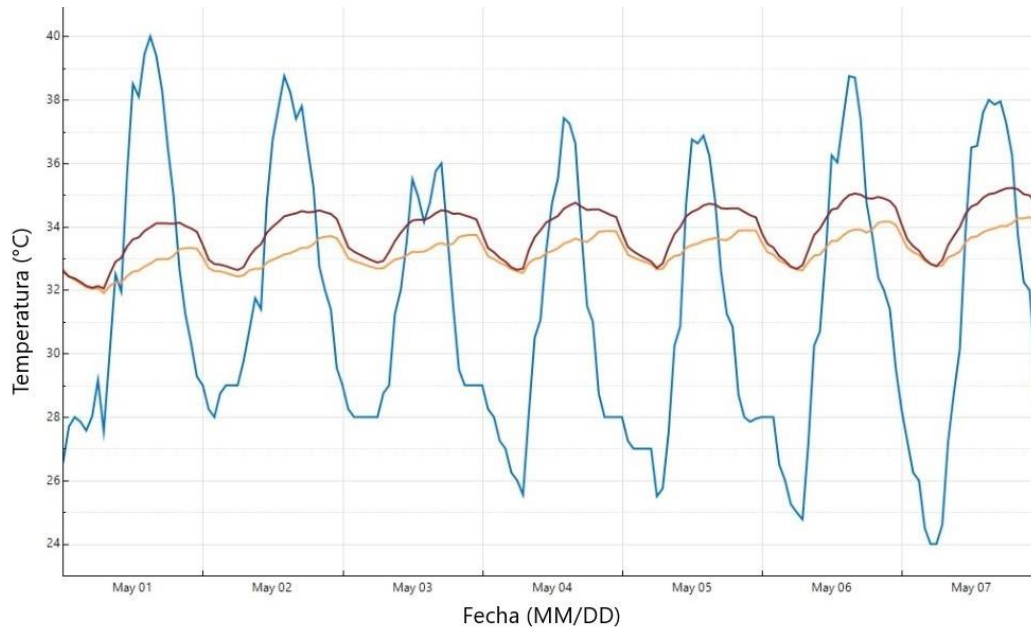
Gráfica 1. Variación de la temperatura a lo largo del mes de mayo en los 4 casos de estudio dentro del cuarto.

Considerando los resultados previos y con el objetivo de apreciar el comportamiento de mejor manera, se graficaron las temperaturas de 4 semanas representativas (para cada una de las estaciones del año) en la configuración del techo estándar con impermeabilizante (pues demostró ser el de mayor eficacia).

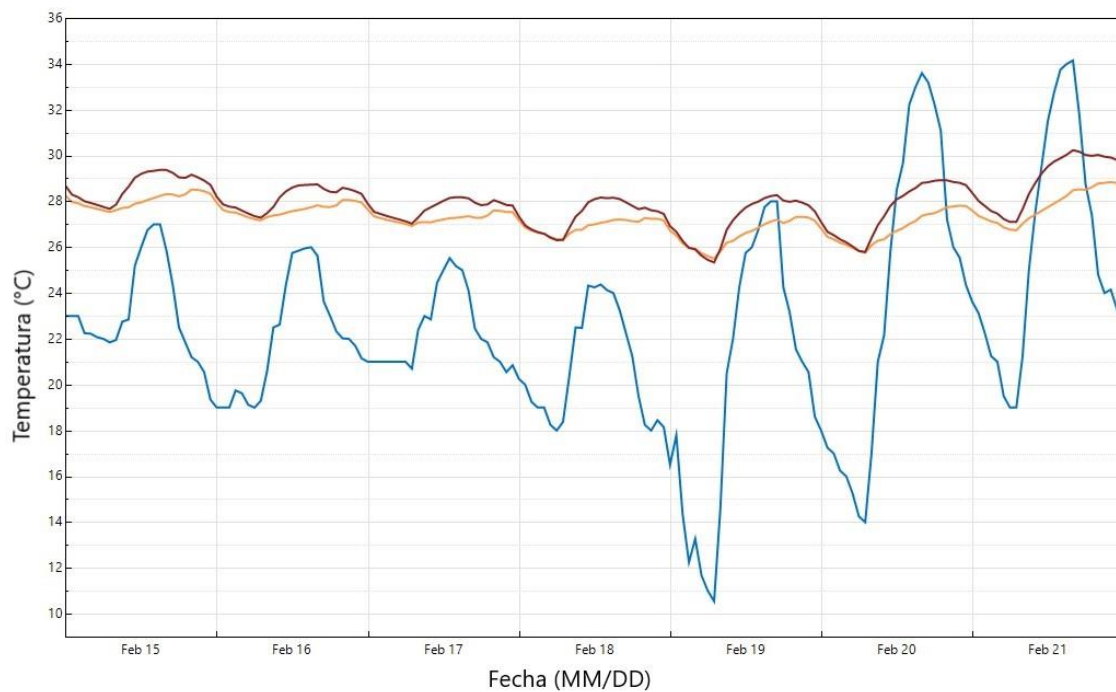
La gráfica 2 corresponde a la variación de temperatura durante el mes de mayo, en este caso se implementó el uso de impermeabilizante con el objetivo de analizar

el comportamiento de la temperatura interna. Se observó una temperatura interna estable con un decremento de hasta 6 °C respecto al exterior.

La gráfica 3, corresponde a la variación de temperatura en el caso de techo estándar durante el periodo de verano, se observa un comportamiento estable y se logra una disminución superior a los 7 °C respecto a la temperatura ambiente.



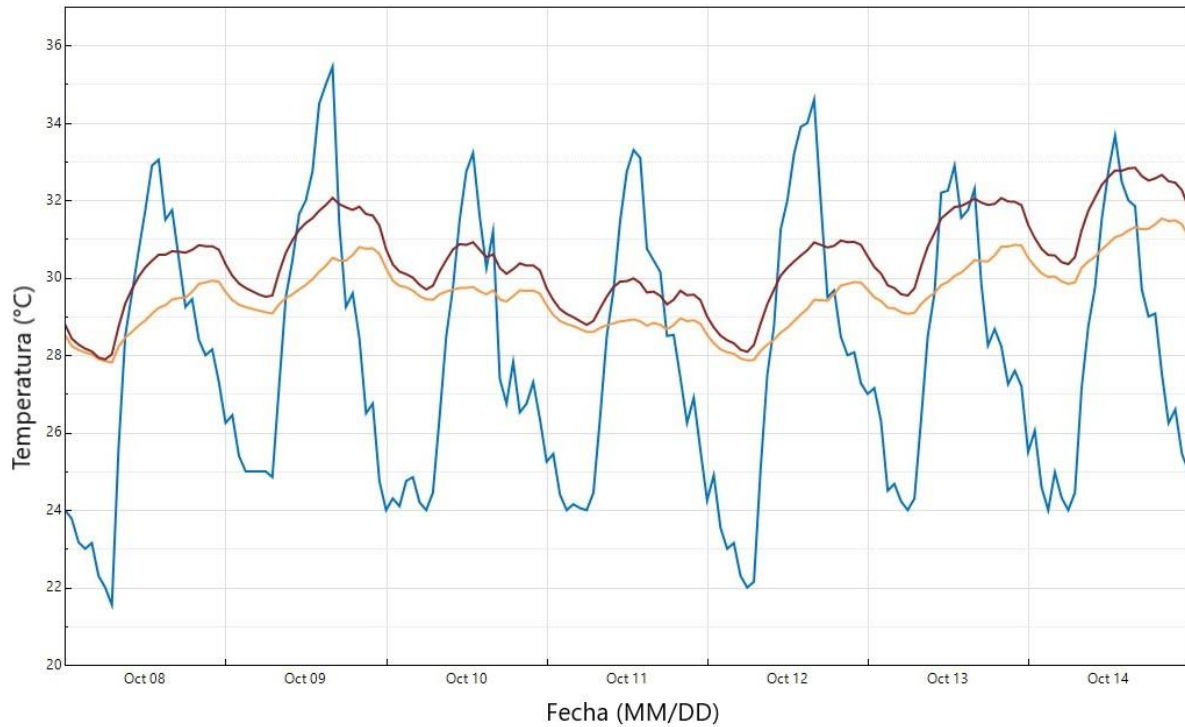
Gráfica 2. Variación de la temperatura en la primera semana de mayo (techo estándar con impermeabilizante).



Gráfica 3. Variación de la temperatura en la semana de agosto (techo estándar con impermeabilizante).

La gráfica 4, corresponde a la variación de temperatura en el caso de techo estándar con impermeabilizante en otoño, se observa una

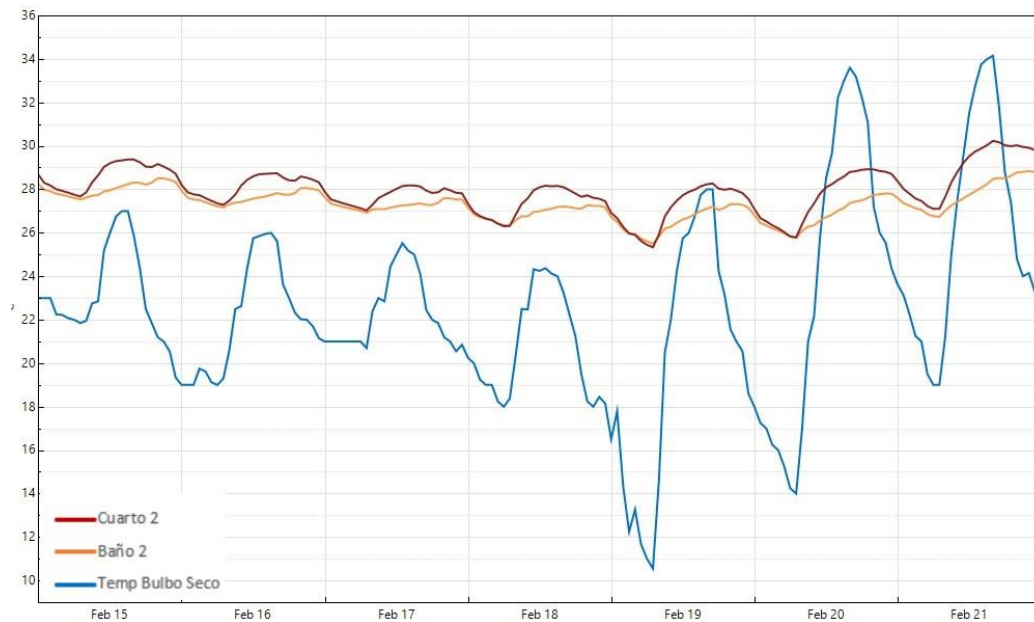
temperatura interna relativamente estable y con una disminución de hasta 3.5 °C con respecto al exterior.



Gráfica 4. Variación de la temperatura en la semana de octubre (techo estándar con impermeabilizante).

Por último, la gráfica 5 es el techo estándar con impermeabilizante en invierno, se observa una temperatura interna estable, y esta vez presenta principalmente un aumento de hasta 15.5 °C (dejando una temperatura confortable interior de 25 °C, mientras que el exterior presenta una

temperatura de 10.5 °C, considerado como muy frío para un habitante promedio de Yucatán), con esto podemos ver incluso una ventaja ante temperaturas frías, pues los materiales de esta configuración consiguen aislar correctamente el interior.



Gráfica 5. Variación de la temperatura en la semana de febrero (techo estándar con impermeabilizante).

4.1 Estudio económico

Para el estudio económico únicamente se tomará en cuenta el sistema con mejor rendimiento, que fue el techo estándar con impermeabilizante. Para ello se contempla que 19 litros de impermeabilizante de la marca Ultra 12, cuesta \$ 1,500 MXN (\$ 73.66 USD a enero 2021), la cubeta rinde 13m² y la mano de obra por metro cuadrado es de \$ 20 MXN (\$ 1 USD). Se considera además un costo extra por \$ 20 MXN de gastos extra operativos, como lo es malla de refuerzo y equipo como brochas y cubetas. Al final se tiene un costo total por metro cuadrado de \$ 155 MXN (\$7USD). Es importante mencionar que se espera una durabilidad máxima de 8 años del impermeabilizante antes de que se tenga que volver a aplicar. Elevar tres metros el techo de

la edificación resulta en un 20% extra, lo que suponiendo un valor promedio de construcción de \$ 7,500 pesos por m², nos da un extra de \$1,500 pesos por metro cuadrado de construcción, el tema es que es por toda la vida de la edificación. La diferencia está en que no se observa una disminución elevada de la temperatura, no más de 1.22°C durante el mes de mayo.

De la tabla 1 (características de las áreas de estudio) se obtienen las dimensiones correspondientes para obtener los metros cuadrados, multiplicando el costo total por m², \$ 155 MXN para techo bajo con impermeabilizante, o \$ 1,500 MXN para techo con doble altura; por el área se obtienen los datos económicos correspondientes (ver tabla 6)

Tabla 6. Costo del proyecto para reducir la temperatura en el cuarto hasta 3.23 °C

	Cuarto con techo bajo e impermeabilizante	Cuarto con techo de doble altura
Área	28.38 m ²	28.38 m ²
\$ MXN	\$ 4,399	\$ 42,570

A 32 años el costo total de bajar la temperatura interna en el cuarto es de \$20,369 MXN (\$ 1,000 USD a enero 2021). Teniendo en cuenta que un aire acondicionado de 24,000 BTU (tamaño necesario para esta área) consume 2 kW (Mirage, 2020), con un tiempo de encendido de 6 horas diarias, costaría \$2,172.00 al bimestre, se puede concluir que el decremento de temperatura por impermeabilizante es una inversión redituable.

5. Conclusiones

En este trabajo se ha evaluado, mediante la comparación de las temperaturas de la casa estándar con impermeabilizante, han resultado ser menores que las obtenidas del techo alto con impermeabilizante, existe la posibilidad que esto se deba al hecho de que la variable de salida en la simulación es la temperatura

promedio de la habitación completa; por lo que no es posible diferenciar la temperatura de la región superior, con la temperatura cercana al suelo, así siendo el techo de doble altura, un buen método pasivo para mantenerse en una adecuada sensación térmica.

De los resultados, se obtuvo que la diferencia promedio de temperatura entre un techo estándar con impermeabilizante y un techo alto con impermeabilizante es de apenas 0.01 °C. De acuerdo con la relación costo/beneficio, la mejor opción, es construir una casa con una altura de 3 m y colocar impermeabilizante, reduciendo hasta un 20% de la temperatura ambiente fuera de la casa. en el periodo de primavera hemos obtenido una disminución de temperatura de hasta 6 °C, y para el verano se puede observar que existe una mayor disminución de temperatura pues esta se

reduce hasta 7 °C, para el periodo de otoño podemos ver el menor cambio de temperatura, este se reduce hasta 3.5 °C, caso contrario en el

periodo de invierno, en este se encuentra el mayor cambio de temperatura, existiendo un incremento de hasta 15 °C.

Referencias

CEPAL: México City (2018), Informe Nacional de Monitoreo de la Eficiencia Energética de México; México.

Chávez, J. (2009). Evaluación experimental de propiedades térmicas de materiales de construcción nacionales y desarrollo de ventanas ahorradoras de energía. *Facultad de Ingeniería Mecánica, (Máster Tesis)*.

Chua, K. J., & Chou, S. (2011). A performance-based method for energy efficiency improvement of buildings. *Energy Conversion and Management*, 52(4), 1829-1839.

Comisión nacional del agua (CONAGUA). (2018). Servicio meteorológico nacional proyecto bases de datos climatológicos. [Información Climatológica por estado \(conagua.gob.mx\)](http://informacion.climatologica.conagua.gob.mx)

Dornelles, K., Roriz, M., Roriz, V., & Caram, R. (2011). Thermal performance of white solar-reflective paints for cool roofs and the influence on the thermal comfort and building energy use in hot climates. In Solar World Congress. ISES. International Solar Energy Society. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1745.5843>

IMPAC. (2020). *Impermeabilizante Acrílico Fotosensible Fibrado*. Recuperado de: <https://www.impac.com.mx/files/impac-ultra-12.pdf>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2008) Clima en Yucatán. Recuperado de: [Clima. Yucatán \(inegi.org.mx\)](http://clima.inegi.org.mx)

INEGI. (2019). Clima. Yucatán. Retrieved February 18, 2019, from <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/yuc/territorio/clima.aspx?tema=me&e=31>

Jiménez Torres, M., Pérez Sánchez, M. M., Ordoñez López, E. E., Cruz Jiménez B. J. & Bassam, A. (2020). *Evaluación computacional de la implementación de techos ventilados en casas de interés social en ciudad Cauce Mérida: Un enfoque para la mejora de la sensación térmica*. Facultad de Ingeniería UADY.

Mirage. (2020) Ficha técnica: LIFE 12. Recuperado de: [Minisplit LIFE12.pdf \(egnyte.com\)](http://egnyte.com/Minisplit%20LIFE12.pdf)
SENER, S. de E. (2011). Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011. 47.

Porras-Salazar, J. A., & Contreras-Espinoza, S. (2020). Efecto de los revestimientos fríos sobre la temperatura superficial de las cubiertas en el clima cálido-húmedo. REVISTARQUIS, 9(1), 70-81.

Wong, N. H., & Li, S. (2007). *A study of the effectiveness of passive climate control in naturally ventilated residential buildings in Singapore*. Building and Environment, 42(3), 1395-1405.