

UNIVERSIDAD DE SONORA
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y MINAS
MAESTRÍA EN INGENIERIA URBANA



**“El saber de mis hijos
hará mi grandeza”**

Tesis

**Principales puentes térmicos en una vivienda en la ciudad de Hermosillo,
Sonora y estrategias para minimizar su impacto.**

Que para obtener el Grado de Maestría en ingeniería Urbana

Línea terminal Construcción

PRESENTA

JUAN PABLO CORTEZ SÁNCHEZ

DIRECTOR

DR. MARCO ANTONIO RAMOS CORELLA

HERMOSILLO, SONORA

Octubre 2022

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

RESUMEN:

En la actualidad el medio ambiente construido es uno de los mayores generadores de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en el mundo, causantes del cambio climático. Estos gases están íntimamente relacionados con el consumo energético generado en el interior de las edificaciones destinado a brindar confort térmico a sus ocupantes. Al tener construcciones en climas con temperaturas extremas, el confort se vuelve difícil de alcanzar dado que hay mucha transferencia de calor entre el interior y exterior de las construcciones, la cual se realiza a través de la envolvente de la vivienda.

Esta transferencia de temperatura no se da igual por todos los elementos de la envolvente, si no que se encuentran ciertas zonas, que, por sus características físicas, son más propensas a transmitir el calor. Estas zonas se denominan puentes térmicos.

El objetivo de este trabajo es identificar por medio de imágenes termográficas los principales puentes térmicos en una construcción, antes y después de una intervención, para determinar si las modificaciones tuvieron un impacto positivo en su aparición.

Como conclusión se encontró que el resultado de las modificaciones influyó positivamente ya que se logró reducir la diferencia de temperaturas entre la envolvente y los puentes térmicos anteriormente identificados.

Palabras claves: Medio ambiente, puentes térmicos, cámara termográfica.

Abstract

Currently, the built environment is one of the largest generators of Greenhouse Gases (GHG) in the world, which cause climate change. These gases are intimately related to the energy consumption generated inside the buildings aimed at providing thermal comfort to their occupants. Having constructions in climates with extreme temperatures, comfort becomes difficult to achieve since there is a lot of heat transfer between the interior and exterior of the constructions, which is done through the enclosure of the house. This temperature transfer is not the same for all the elements of the envelope, but certain areas are found, which, due to their physical characteristics, are more likely to transmit heat. These areas are called thermal bridges. The objective of this work is to identify by means of thermographic images the main thermal bridges in a construction, before and after an intervention, to determine if the modifications had a positive impact on their appearance. In conclusion, it was found that the result of the modifications had a positive influence since it was possible to reduce the temperature difference between the envelope and the thermal bridges identified above.

Keywords: Environment, thermal bridges.

Dedicatorias

A mis padres Reyna y Mario que siempre me han apoyado incondicionalmente y motivado a continuar aprendiendo, a investigar y poner en práctica el conocimiento adquirido.

A mi esposa Alejandra por esa paciencia y persistencia que me demuestra diariamente, por el apoyo incondicional que me brinda siempre, por estar a mi lado y siempre ver las situaciones en equipo como lo hemos formado.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por el apoyo que me dio para poder llevar a cabo esta investigación y de ser parte de mi formación académica.

A la Universidad de Sonora por permitirme volver a ser alumno de ella en una nueva etapa de mi formación académica y poder aprovechar todas las herramientas y conocimientos que sus instalaciones y académicos me dieron.

A mi director de tesis el Dr. Marco Antonio Ramos Corella, por guiarme durante el proceso de esta investigación, por la paciencia y apoyo que me brindo para sacar el mejor resultado posible de esta investigación.

A mis sinodales Dra. Gema Ibarra Torua, el Dr. Jesús Quintana Pacheco y el Dr. Miguel Davis por compartir sus conocimientos y guía para una mejor investigación y aprovechamiento de los conocimientos adquiridos y plasmados en esta investigación.

ÍNDICE

Descripción	página
1. Introducción	1
1.1 Justificación.....	1
1.2 Objetivo general	2
1.3 Objetivos específicos.....	2
2. Revisión bibliográfica	3
2.1 El calentamiento global.....	3
2.2 Generalidades de los puentes térmicos.....	5
2.3 Cámaras termográficas	6
2.4 Marco normativo.....	7
2.5 Estado del arte	8
2.6 Técnicas utilizadas en soluciones a los puentes térmicos alrededor del mundo	9
3. Metodología	18
3.1 Caso de estudio	18
3.2 Cámara termográfica seleccionada.....	21
3.3 Puentes térmicos detectados mediante la termografía.....	22
3.4 Soluciones aplicadas en el caso de estudio	26
3.5 Análisis de vivienda intervenida	31
4. Análisis y discusión de resultados.....	34
5. Conclusiones	35
5.1 Recomendaciones.....	36
6.- Referencias.....	38

Índice de figuras

Descripción	página
Figura 1 Porcentaje de gases de invernadero	4
Figura 2 Clasificación de climas de México	4
Figura 3 Imagen de una termografía	5
Figura 4 Cámara termográfica en uso	6
Figura 5 Aplicación de placas de poliestireno.....	10
Figura 6 Aplicación de poliuretano esparado en muro como aislante térmico	10
Figura 7 Fachada ventilada vista como corte	11
Figura 8Aplicación de placa aislante en muro.....	12
Figura 9Aplicación de poliuretano esparado en losa	12
Figura 10 Ejemplo fachada ventilada.....	13
Figura 11 Block de concreto celular	13
Figura 12 Casetón peraltado con fajilla de poliestireno bajo vigueta de concreto.....	14
Figura 13 Vigueta de concreto de 11cm con casetón de poliestireno de 11cm.....	14
Figura 14 Viguetas de concreto de 16cm con casetón de poliestireno de 20cm	15
Figura 15 Corte de ventana doble vidrio.....	15
Figura 16 Estructura de puerta aislada térmicamente	16
Figura 17 Arborización urbana	17
Figura 18 Ubicación de la vivienda intervenida en la ciudad de Hermosillo, Sonora.	19
Figura 19 Fachada principal de vivienda intervenida	19
Figura 20 Fachada principal tomada de la casa modelo sin intervención	20
Figura 21 Cámara seleccionada para este trabajo FLIR ONE PRO.....	21
Figura 22 Punto donde se toman las imágenes.....	23
Figura 23 Punto donde se tomaron las imágenes	24
Figura 24 Proceso constructivo de sitio, preparación para recibir volado en puerta ventana de recamara principal.....	27
Figura 25 Posición de volado en recamara principal y muro doble de terraza.....	27
Figura 26 Placa de poliestireno aplicada en muro, posicionada estratégicamente para la zona donde mayor incidencia solar se presentara.....	28
Figura 27 Aplicación de enjarre grueso y fino en muro colindante orientado al Oeste	29
Figura 28 Volado en recámara principal ampliada para protección de incidencia solar	30
Figura 29 Puentes térmicos constructivos.....	34

Índice de tablas

Tabla 1 Características de cámara “FLIR ONE PRO”	21
Tabla 2 Propuesta de intervención en puentes térmicos detectados en la vivienda	25
Tabla 3 Descripción de espacios de vivienda intervenida y comparativa de imagen infrarroja e imagen normal.....	31
Tabla 4 Comparativa de temperaturas entre vivienda intervenida y sin intervenir, tomadas el mismo día en las mismas condiciones climáticas.	35

1. Introducción

1.1 Justificación

Actualmente el mundo observa con preocupación la presencia de un cambio climático global a través de aquellas alteraciones en los sistemas naturales, físicos o biológicos que son y no pueden ser localizados, si no que afectan directamente al conjunto de la tierra.

Como resultado de la actividad humana, las emisiones de los denominados Gases de Efecto Invernadero (GEI) están modificando el clima natural a una velocidad mayor que lo considerado normal. Los gases más relevantes, sean o no producidos por el hombre son: vapor de agua, bióxido de carbono, metano, óxido de nitrógeno, ozono estratosférico y clorofluorocarbonos, los que ocasionan que la tanto la superficie de la Tierra como las capas inferiores de la atmosfera se calienten.

El cambio climático provocado por el hombre esta esencialmente relacionado con la intensificación del efecto invernadero, las actividades realizadas por el hombre agregan más gases invernadero a los ya existentes de manera natural y los procesos físicos y químicos propios de la naturaleza no pueden eliminarlos en el tiempo necesario para mantener una temperatura adecuada, por lo tanto, ocasionan efectos perjudiciales al equilibrio térmico y fisicoquímico de la atmosfera.

El incremento en la temperatura de la superficie terrestre se ha monitoreado de manera constante desde 1861, pero durante el siglo XX se han registrado incrementos más altos y los años de mayor relevancia fueron durante el periodo de 1983-1998 (Aguilar, 2004).

En la actualidad la ciudad de Hermosillo, Sonora, México ha sido reconocida por ser una de las 10 ciudades más calurosas del mundo en el año 2019, alcanzando la temperatura de 48 °C según se registró. La ciudad ubicada en el norponiente de México según el censo de 2020 (CONAGUA, 2019) cuenta con 936 263 de habitantes, los cuales buscan refugio en viviendas (Orlando Vargas-Gómez, 2014), tanto adquiridas a fraccionadores como viviendas compradas a terceros y construcción de viviendas en lotes adquiridos (INEGI, 2020).

La mayoría de las viviendas que venden los fraccionadores tienden a ser construidas de block común gris de medidas de 12x20x40 centímetros, uno de los materiales con menores propiedades térmicas que existen en el mercado. Lo anterior junto a la construcción dentro de una ciudad con temperaturas muy elevadas, ocasiona que los muros expuestos a los puntos con mayor incidencia solar se calienten más y transmitan esta temperatura al interior de las viviendas, generando un consumo energético mayor pues se requiere de aparatos artificiales para enfriar los espacios interiores de las viviendas. Aunado a los materiales de mampostería con los cuales están construidas, se encuentra el factor de la orientación de las viviendas y la orientación de las ventanas, las cuales son los principales puentes de calor que se encuentran en general en todas las viviendas y edificios.

Los puentes térmicos o puentes de calor han existido toda la vida, sin embargo, existen materiales, técnicas y objetos que ayudan a mitigarlos con los cuales se tienen ahorros en el gasto energético, sobre todo en los tiempos que vivimos donde las temperaturas son cada día más elevadas en la creciente ciudad. Conocer una manera de mitigarlos para bajar los consumos energéticos, ayudar al medio ambiente y al confort de las personas que habitan dentro de las casas en la ciudad de Hermosillo, puede traer beneficios tanto en la vida privada de cada familia como en la ciudad misma.

1.2 Objetivo general

Determinar por medio de termografía si las mejoras aplicadas a una vivienda de interés medio localizada en la ciudad de Hermosillo, Sonora, tuvieron impacto positivo en la aparición de los puentes térmicos identificados en su estado original.

1.3 Objetivos específicos

- 1- Identificar por medio de termografía los puentes térmicos en la vivienda del caso de estudio en su estado original.
2. Proponer técnicas constructivas de diseño y materiales que se encuentren fácilmente en el mercado, que sean accesibles, coadyuvando a mitigar el aumento de calor ocasionado por los puentes térmicos.
3. Identificar por medio de termografía los puentes térmicos en la vivienda con las mejoras constructivas.
4. Realizar por medio de una comparativa de las imágenes termográficas un análisis de la efectividad de las soluciones aplicadas a la vivienda modificada.

2. Revisión bibliográfica

2.1 El calentamiento global

El cambio climático provocado por el hombre está esencialmente relacionado con la intensificación de los gases que provocan el efecto invernadero, siendo que las actividades realizadas por el hombre agregan más gases invernadero a los ya existentes de manera natural, los cuales no pueden ser eliminados mediante los procesos físicos y químicos propios de la naturaleza en el tiempo necesario para mantener una temperatura adecuada, por lo tanto, ocasionan efectos perjudiciales al equilibrio térmico y fisicoquímico de la atmósfera.

El incremento en la temperatura de la superficie terrestre se ha monitoreado de manera constante desde 1861, pero durante el siglo XX se han registrado los incrementos más altos y los años de mayor relevancia fueron durante el periodo de 1983-1998 (Aguilar, 2004).

Nuestro país se ha vuelto altamente vulnerable a los efectos del cambio climático, como consecuencia, actualmente se pueden observar diferentes impactos como:

1. El clima se ha vuelto más cálido desde los años sesenta del siglo pasado.
2. Las temperaturas promedio a nivel nacional aumentaron en un 0.85 °C y las invernales en 1.3 °C.
3. La precipitación pluvial ha disminuido en la región sureste del país desde hace medio siglo.

El gas más abundante que se emite en México es el bióxido de carbono con 71% de las emisiones, seguido del metano con 21%. Del total de estas emisiones, 64% provienen del consumo de combustibles fósiles; 10% originan por los sistemas de producción pecuaria; 8% provienen de los procesos industriales; 7% se emiten por el manejo de residuos; 6% por las emisiones fugitivas por extracción de petróleo, gas y minerías y 5% se generan por actividades agrícolas (CEDRSAA, 2020).

Origen de las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) en México

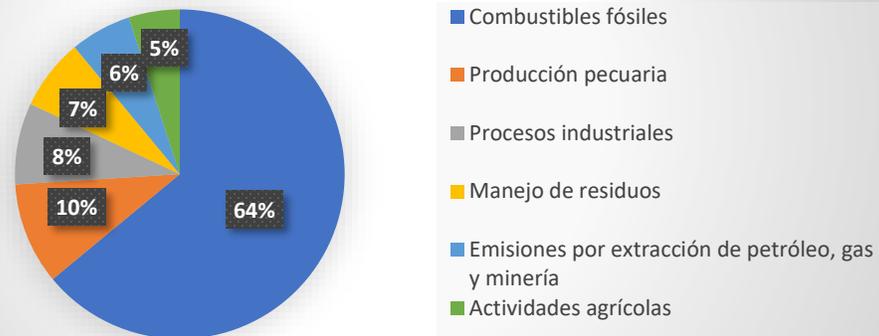


Figura 1 Porcentaje de gases de invernadero

Fuente: (CEDRSAA, 2020)

México tiene una gran variedad de climas de los cuales más del 70% de ellos corresponden a climas cálidos y secos (INEGI, 2020). Como se puede observar en la Figura 1, Hermosillo, Sonora, se encuentra en una zona de clima seco, además, como se mencionó anteriormente, es muy cálido, por lo que se vuelve aún más importante el control térmico de las viviendas para mantener el confort y evitar un exceso en la generación de GEI.



Figura 2 Clasificación de climas de México

Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Clasificacion-del-clima-de-acuerdo-Koepfen-Garcia-en-a-Mexico-y-b-Sonora-y_fig1_335754132

2.2 Generalidades de los puentes térmicos

Los puentes térmicos son aquellos puntos en una edificación por donde el calor se transmite más fácilmente en la envolvente del exterior al interior de una edificación, como por ejemplo en soleras, cubierta, ventanas, etc. donde cambia la resistencia térmica significativamente (Arquitectos, 2018). Estos pueden tener un gran impacto en la demanda energética de un edificio, o de una vivienda, dependiendo de las condiciones climáticas en las que se ubiquen, como puede ser en climas muy calientes, o por lo contrario en climas muy fríos. Para identificar los puentes térmicos en una construcción puede hacerse uso de imágenes termográficas (Figura 3).



Figura 3 Imagen de una termografía

Fuente: Arrevol Arquitectos, 26 noviembre 2018

En el mundo la construcción está controlada y guiada por lineamientos que establece cada país, estado y municipio, y que norman las nuevas edificaciones, así como materiales, volumen de aire y luz que deben tener cada área. En España dentro de su código de construcción nombrado El Código Técnico de la Edificación, en su Documento Básico HE, sección HE1, define puente térmico como: aquella zona de la envolvente térmica del edificio en la que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción, ya sea por un cambio del espesor del cerramiento o de los materiales empleados, por la penetración completa o parcial de elementos constructivos con diferente conductividad, por la diferencia entre el área externa e interna del elemento, etc., que conllevan una minoración de la resistencia térmica respecto al resto del cerramiento (Secretaria de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda, 2014, p.2):

Los puentes térmicos se dan en elementos constructivos donde se produce una variación de uniformidad y pueden ser de dos tipos (Wassouf, 2014):

1. Puntuales: Como son clavos, perforaciones, etc.
2. Lineales: Suelen tener más impacto que los puntuales. Estos a su vez se pueden catalogar en:
 - Constructivos: Cuando el cerramiento cambia de grosor.
 - Geométricos: son generados por diferencias entre las áreas internas o externas del volumen construido. Se encuentran donde hay dos o más uniones en un cerramiento mayormente en las esquinas, donde el área de la superficie exterior e interior no coincide.
 - Debidos a cambios de material: cuando un material tiene mayor conductividad térmica que el resto.

2.3 Cámaras termográficas

Los puentes térmicos se pueden detectar de varias formas, y como se mencionó con anterioridad, una de estas formas es mediante termografía infrarroja. Para obtener estos resultados necesitamos cámaras térmicas que nos permiten visualizar la energía o calor emitida por un objeto, ya que esta radiación se encuentra en el espectro invisible al ojo humano. Estos equipos permiten ver la radiación térmica emitida por los objetos independientemente de las condiciones de iluminación. Las imágenes producidas por la cámara térmica son monocromáticas, ya que las mismas han sido diseñadas con un solo tipo de sensor, que responde a un rango del espectro infrarrojo (Grekkom, 2019).



Figura 4 Cámara termográfica en uso

Fuente: GREKKOM <https://grekkom.com/que-es-y-como-funciona-una-camara-termicaexiten/>

Existen 4 tipos de cámaras que se distinguen por la tecnología utilizada en ellas (Toledo, 2020):

- 1) Infrarrojas activas: Hace uso de un reflector de luz infrarroja (integrado o independiente), ilumina el objeto y mediante la cámara realiza la medición.
- 2) Infrarroja pasiva: Las más habituales, captan la radiación emitida por un cuerpo.
- 3) Refrigeradas: Son más sensibles y avanzadas tecnológicamente, por su alto costo suele ser utilizado en el sector militar o de seguridad.
- 4) No refrigeradas: similares a las refrigeradas pero limitadas en sus resultados y usos.

2.4 Marco normativo

En algunos países se cuenta con un código de edificación en el cual se hace referencia explícita a los puentes térmicos, como es el caso de España, donde se cuenta con el Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE, Ahorro de energía, emitido por la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, que forma parte del el Ministerio de Fomento, Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda (Secretaria de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda, 2014).

En el caso de México, para atender este tipo de problemas, la secretaría de energía, a través de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), ha trabajado en un conjunto de Normas Oficiales Mexicanas (NMX) que apoyan la reducción del consumo de energía para el confort térmico en regiones de clima cálido en tres niveles: materiales, equipos y diseño de envolvente de las viviendas.

En cuestión de materiales se cuenta desde hace más de 20 años con la NOM-018-ENER, que da certidumbre sobre las características térmicas de materiales para las envolventes y permite a los arquitectos especificar los elemento que reducen las ganancias térmicas por conducción. Así mismo, desde hace más de 20 años se fue desarrollando y poniendo en vigencia las NOM para equipos de aire acondicionado.

La normativa para las envolventes de la vivienda contamos con la NOM-020-ENER, que define los límites de las ganancias térmicas por conducción e irradiación solar bajo una perspectiva integral y a la cual se cumple, respecto a los diseños más comunes, con un mayor uso de aislamiento térmico y ventanas eficientes, sin embargo, se ha tenido dificultades de aplicación por varias razones, mayormente por que no ha sido integrada a los reglamentos de construcción locales (de Buen R, 2018).

2.5 Estado del arte

A lo largo del tiempo siempre han existido los puentes térmicos y se han hecho estudios previos para la detección de estos en construcciones existentes y nuevas y han trabajado guías para detección de puentes térmicos.

Uno de ellos es la Metodología para la caracterización térmica de un edificio con termografía infrarroja, esta es una investigación de técnicas de ensayo no destructivas aplicadas al estudio de los materiales de construcción. Existe un gran interés en medir térmicamente los edificios para comprobar la condición en la cual se encuentran para identificar si es necesaria una rehabilitación energética. En este contexto las mediciones mediante una termografía como una técnica no destructiva es una de las más útiles ya que permite determinar la temperatura superficial con mucha precisión y sin contacto.

Existen múltiples aplicaciones de esta técnica, van desde las aplicaciones militares a médicas, mecánicas y de investigación. Destacan las relacionadas con la edificación que van desde detección de fugas de aire y calor, humedades en terrenos o por fugas de agua, condensaciones infiltraciones, percolaciones, detección de defectos de construcción y prevención de enmohecimiento (Salandin, Martínez-Sala, Rodríguez-Abad, Mené-Aparicio, & Ausina, 2015).

En otras partes del mundo como el Nordeste de Argentina (NEA), España y Turquía, por mencionar otros países, han hecho estudios de este tipo para donde monitorean los puentes térmicos de sus edificaciones de estudio. En ellos estudian los puentes térmicos que se presentan en construcciones de zonas del NEA que son en construcciones de maderas como en la investigación de Manuel Venhaus Held, Herminia M. Alias, y Guillermo Jacobo en su investigación de Mejoramiento del desempeño térmico de sistemas de construcción no convencional en el NEA: Evaluación y propuesta de atenuación de puentes térmicos.

En otros estudian la eficiencia de los distintos materiales novedosos que han salido a la venta, que por su novedad no son comúnmente encontrados en nuestro mercado y requieren distintas herramientas especiales o son aplicados con ciertos productos especiales y que ocupan mano de obra especializada como es el caso de estudio del Edificio monitoreado por la empresa VEKA en España y su estudio “*Análisis comparativo por simulación térmica de un edificio con estándar passivhaus que incorpora ventanas de altas prestaciones*”. Otros estudios donde por medio de técnicas no invasivas haciendo uso de cámara termográfica detectan los puentes térmicos en las fachadas, losas y volados de las edificaciones donde estos presentan pérdidas de calor del interior al exterior de los inmuebles como es el caso de la investigación de Egemen Kaymaz en su estudio “*Monitoring Thermal Bridges by Infrared Thermograph*”.

2.6 Técnicas utilizadas en soluciones a los puentes térmicos alrededor del mundo

Hoy en día debido a los grandes avances tecnológicos y las diferentes investigaciones que se han realizado, existen diferentes soluciones para contrarrestar los efectos de los puentes térmicos. Estas técnicas pueden ser de dos maneras: invasivas o pasivas. Las invasivas son aquellas en las que se detecta el puente térmico y se aplica puntualmente un método, material o producto para mitigarlo. Las pasivas son aquellas que permiten que, mediante el diseño arquitectónico, la arborización y métodos de enfriamiento de fachadas los puentes térmicos disminuyan y se controlen.

Actualmente en el mundo, la construcción está guiada por lineamientos y normas que establece cada país, estado y municipio y que obligan a las nuevas edificaciones a cumplir con áreas, m² construidos, m² vegetados, m² permeables, así como materiales que cumplen con normas federales y algunos hasta internacionales que han sido aceptados anteriormente. Con base en estas normas existen técnicas pasivas para minimizar los efectos de los puentes térmicos y a su vez ayudar a reducir las emisiones de CO₂.

En la actualidad gran cantidad de árboles plantados en las ciudades del mundo entero, han sido sembrados con intenciones estéticas, cosméticas, decorativas o paisajísticas las cuales descuidan sus funciones ambientales y ecológicas. El arbolado urbano, además de capturar y almacenar CO₂ de manera directa tiene la facultad de reproducir de manera indirecta la generación de oxígeno y la capacidad de regular la temperatura ambiental en las áreas urbanizadas (Vargas-Gómez & Prieto, 2014).

Dentro de las técnicas de mitigación invasivas que se aplican en México, se encuentra el uso principalmente de materiales aislantes como el poliuretano espreado que puede ser aplicado en grandes áreas como losas de concreto, techos de lámina, muros interiores y exteriores (Quality, 2017). Placas de poliestireno las cuales a diferencia del espreado es un material prefabricado el cual se adhiere a losas de concreto o muros mediante el uso de químicos adhesivos y accesorios de fijación como clavos fichas y metales para brindar una correcta aplicación y permitir darles cuerpo a los acabados a base de cemento-arena y otro uso que se les da aparte del aislamiento térmico es el de aislamiento acústico en algunas ocasiones (Vagusa, 2017).



Figura 5 Aplicación de placas de poliestireno

Fuente: Grupo Vagusa. <http://www.viguetasybovedillasvagusa.com/placa-de-poliestireno/>



Figura 6 Aplicación de poliuretano esreado en muro como aislante térmico

Fuente: poliuretano esreado quality. <https://www.poliuretanoesreadoquality.com.mx/blog/articles/usos-del-poliuretano-esreado->

También existen técnicas donde debido al diseño arquitectónico las fachadas según su orientación aplican el uso de materiales prefabricados que mediante su fijación le dan un espacio de entrada y salida al aire a lo que se conoce como fachadas ventiladas y que están compuestas por el muro soporte del lado interior, capa de aislamiento térmico, cámara de aire ventilada, sub estructura ligera de soporte de la capa exterior y superficie exterior de acabado “cladding” (Bonet, 2020).



Figura 7 Fachada ventilada vista como corte

Fuente: Calor y frío. <https://www.caloryfrio.com/construccion-sostenible/rehabilitacion-de-edificios/fachada-ventilada-elegir-sistema.html>

La arborización es otro método de mitigación pasiva de puentes térmicos, los árboles plantados en las ciudades del mundo entero son sembrados con intenciones estéticas, cosméticas, decorativas o paisajísticas, las cuales descuidan funciones ambientales y ecológicas. El arbolado urbano, además de capturar y almacenar CO₂ de manera directa tiene la facultad de reducir de manera indirecta la generación de CO₂, especialmente por su capacidad de regular la temperatura ambiental en las áreas urbanizadas (Vargas-Gómez & Prieto, 2014). Otra técnica aplicada no tan comúnmente por el costo que esta representa debido a los materiales que ocupa son las fachadas ventiladas donde se deja un espacio de aire entre la construcción la su fachada.



Figura 8 Aplicación de placa aislante en muro

Fuente: <https://ayfisa.com/poliestireno-extruido-foamular/>



Figura 9 Aplicación de poliuretano esreado en losa

Fuente: https://fotos.habitissimo.com.mx/foto/aislameinto-base-poliuretano-esreado_133735



Figura 10 Ejemplo fachada ventilada.

Fuente: <https://www.caloryfrio.com/construccion-sostenible/rehabilitacion-de-edificios/fachada-ventilada-elegir-sistema.html>

Hay quienes tienen mayor capacidad económica y construyen sus viviendas acudiendo a arquitectos o ingenieros para asesorarse en la construcción de sus ideas y ellos les brindan la información sobre los materiales novedosos que aparecen en la construcción, siendo uno de ellos el block de concreto celular sus propiedades aparte de ser liviano, de fácil manejo, brindar protección contra el fuego, tener altas propiedades acústicas y ser de bastante durabilidad tiene propiedades acústicas. La estructura que conforma el block al ser creado les deja con cuerpos de aire que ayudan a cortar la conductividad térmica (Silva, 2022).



Figura 11 Block de concreto celular

Fuente: <https://www.paviconj-es.es/hormigon-precios/hormigon-celular/>

Medidas de mitigación puntal para puentes térmicos en áreas de losas existen las fajillas de poliestireno para cubrir las viguetas de concreto y usar casetón peraltado así lograr cubrir la vigueta de concreto con una fajilla de poliestireno en la parte inferior de la vigueta la cual queda en el interior de la habitación y lista para recibir el aplanado propuesto (Fanosa, 2022). Generalmente la vigueta y casetón utilizada comúnmente es de 11 cm en viguetas de concreto de 16cm de peralte y bovedilla de 20cm en viguetas de concreto de 16cm de espesor.

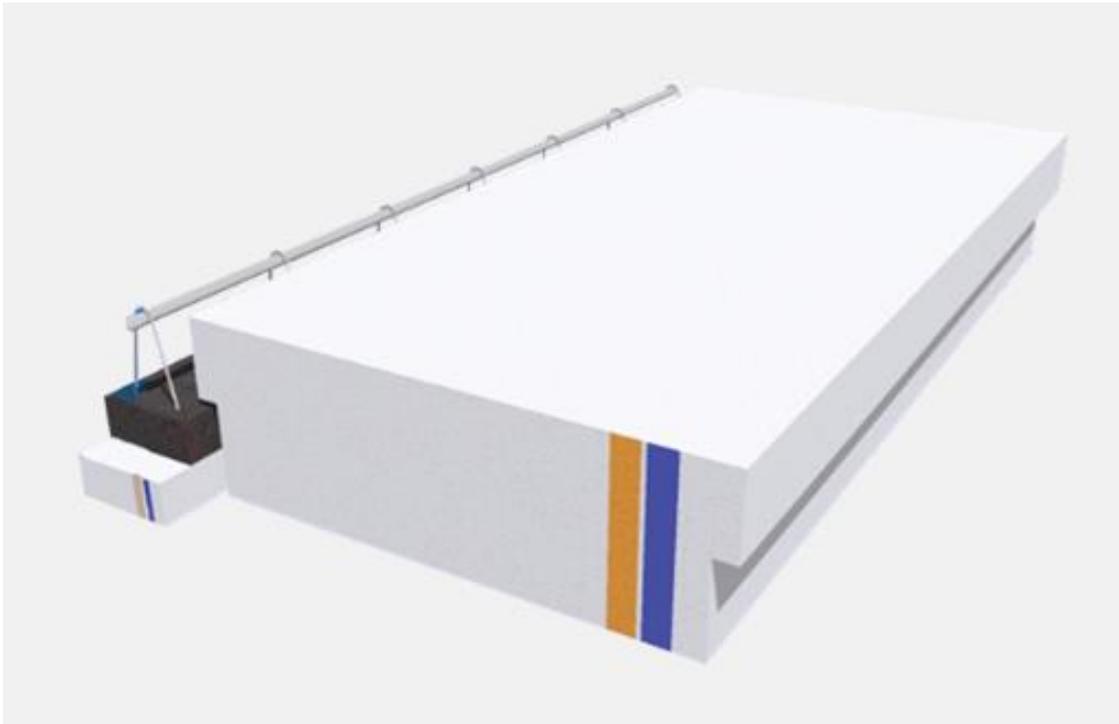


Figura 12 Casetón peraltado con fajilla de poliestireno bajo vigueta de concreto

Fuente: <https://www.fanosa.com/productos-bovedilla.html>

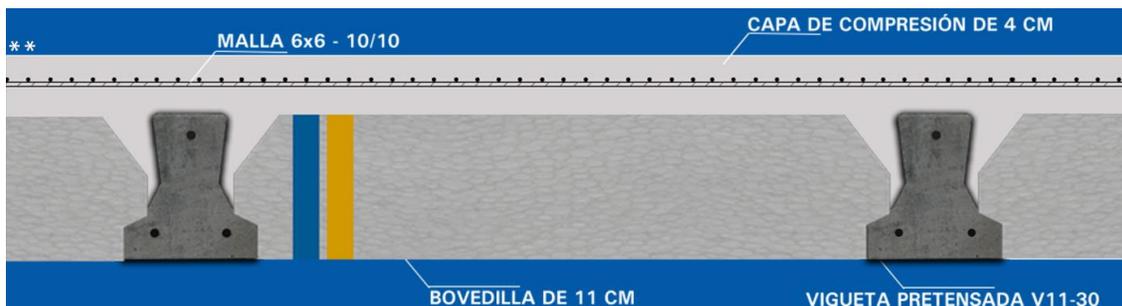


Figura 13 Vigueta de concreto de 11cm con casetón de poliestireno de 11cm

Fuente: <https://www.trabis.com.mx/soluciones/losas/vigueta-pretensada/ficha-tecnica-v1130/>



Figura 14 Viguetas de concreto de 16cm con casetón de poliestireno de 20cm

Fuente: <https://www.trabis.com.mx/soluciones/losas/vigueta-pretensada/ficha-tecnica-v1650/>

Para mitigar estos puentes térmicos de fácil detección en ventanas, se puede hacer el cambio a ventanas con perfiles de PVC o ventanas de doble vidrio el cual tiene la función con un perfil crear una barrera de aire o gas entre un cristal y otro lo que permite aislar tanto de la pérdida de frío como de la ganancia de calor, lo que en ambos casos representa ahorro en el gasto energético (Saludable, 2020).



Figura 15 Corte de ventana doble vidrio

Fuente: <https://reformacoruna.com/cambiar-ventanas/>

Al igual que las ventanas, las puertas también tienen materiales para aislarlas térmicamente y podemos dividirlos en dos las puertas acristaladas donde se aplica el mismo punto de las ventanas doble vidrio y puertas paneleadas donde vemos dos paneles de aluminio o madera según el diseño con una hoja de poliestireno en medio (García, 2019).

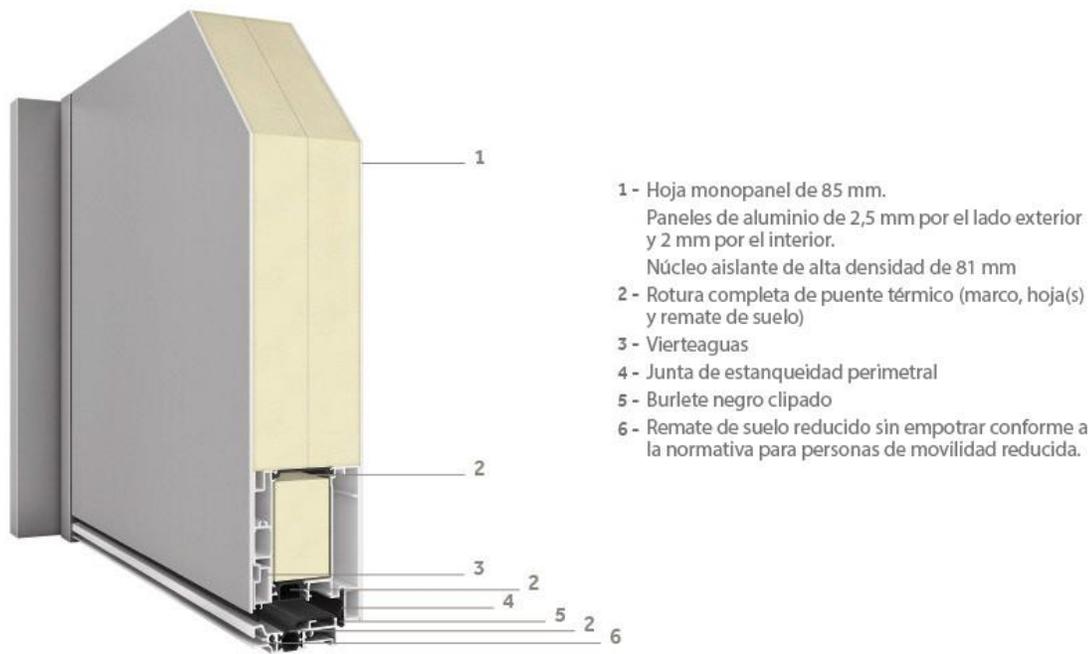


Figura 16 Estructura de puerta aislada térmicamente

Fuente: <https://ventanaskline.com/puertas-de-entrada-monopanel/>

Otro tipo de técnicas constructivas son aquellas más invasivas para mitigar los puentes térmicos existen diversos tipos de técnicas, no tradicionales o no convencionales como aquellas que por el empleo de materiales o técnicas novedosas no son tan conocidas y su uso no se encuentra muy difundido en una determinada región (Held, Alías, & Jacobo., 2017).

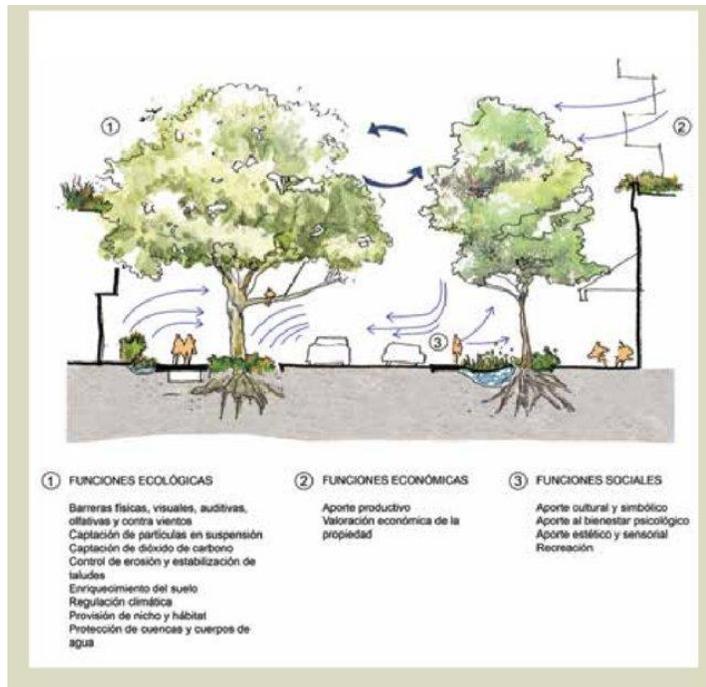


Figura 17 Arborización urbana

Fuente:

https://www.researchgate.net/publication/339737840_Voces_sobre_Ciudades_Sostenibles_y_Resilientes/figures?lo=1

3. Metodología

Para llevar a cabo este proyecto, se seguirán los siguientes pasos:

1. Elegir una vivienda de estudio dentro de un fraccionamiento de clase media en Hermosillo e identificar los materiales de construcción utilizados.
2. Selección de cámara termográfica para la toma de fotografías.
3. Tomar imágenes termográficas para detectar los puentes térmicos y analizarlas. Clasificar los puentes térmicos encontrados según su tipo e identificar los principales.
4. Propuesta de soluciones con base a la bibliografía que cumplan con los requisitos de ser viables y aplicarlas.
5. Una vez hechas las mejoras, volver a tomar fotografías con la cámara termográfica. Para poder analizar los resultados en las mismas condiciones climáticas, tomar fotografías a una casa contigua, de las mismas características, que se utilizará como punto de control.
6. Analizar y discutir los resultados.
7. Establecer conclusiones.

3.1 Caso de estudio

La vivienda seleccionada se encuentra ubicada en la privada Puerta Real Etapa IV al Norponiente de la ciudad de Hermosillo. Se tomaron imágenes termográficas para identificar los principales puentes térmicos que presenta la vivienda en su estado original y en el mismo modelo ya intervenido a la cual se construyó la cochera y sobre ella se amplió la recámara principal y terraza.

Ambas construcciones son de block gris común con castillos de varilla ahogada y dalas ahogadas, no presentaba ningún resalte que pueda considerarse en la fachada como aislante para la vivienda, la intervención se hizo con materiales de block, castillo colado con varilla, cerramientos colados con varillas, ventanas amplias de aluminio con vidrios dobles y en el exterior enjarre grueso a base de mortero y arena de 2cm de espesor y una capa de fino de cemento de 0.05cm de espesor con resaltes considerables de placa aislantes con un área aproximada de 15m². También se incorporaron volados a la fachada a base de IPR con su núcleo solido de panel w de 2" de espesor y una pérgola a base de reglas de 4" y con cubierta de policarbonato gris y muros de resalte en la fachada para cubrir la orientación del poniente en la terraza.



Figura 18 Ubicación de la vivienda intervenida en la ciudad de Hermosillo, Sonora.

Fuente: Google maps 2020



Figura 19 Fachada principal de vivienda intervenida

Fuente: Propia.



Figura 20 Fachada principal tomada de la casa modelo sin intervención

Fuente: Propia.

3.2 Cámara termográfica seleccionada

Para esta investigación se utiliza una cámara termográfica marca FLIR la cual se seleccionó por su facilidad de manejo y calidad de imagen que brinda. La FLIR *ONE PRO* se conecta a cualquier smartphone y tiene la capacidad de medir temperaturas de hasta 400°.



Figura 21 Cámara seleccionada para este trabajo FLIR *ONE PRO*

Fuente: FLIR <https://www.flir.com.mx/products/flir-one-pro/?vertical=condition-monitoring&segment=solutions>

La cámara cuenta con las especificaciones mostradas en la Tabla

Tabla 1 Características de cámara “FLIR *ONE PRO*”

ESPECIFICACIONES	
GENERALES	
Resolución térmica	160 × 120
Duración de la batería	Aproximadamente 1 hora
Temperatura operativa	0°C — 35°C (32°F — 95°F), cargando la batería 0°C — 30°C (32°F — 86°F)
GENERACIÓN DE IMÁGENES Y ÓPTICA	
Descripción general	Cámaras Térmicas y Visuales con MSX
Distancia MSX ajustable	0.3 m — Infinito
Enfoque	Fijo 15 cm — Infinito
Frecuencia de imagen	8.7 Hz
HFOV/VFOV	50° ±1° / 38° ±1°
Obturador	Automático/Manual
Paleta	Gris (blanco caliente), más cálido, más frío, hierro, contraste, ártico, lava y rueda de colores

Resolución visual	1440 × 1080
Sensibilidad térmica/NETD	100 mK
Sensor térmico	Tamaño de píxel 17 µm, rango espectral de 8 a 14 µm
Visualización/captura de vídeo e imagen fija	Guardado como 1440 × 1080
MEDICIÓN Y ANÁLISIS	
Medidor puntual	Medición más caliente, más fría y de 3 puntos
Precisión	±3°C o ±5%, porcentaje típico de la diferencia entre la temperatura ambiente y la de la escena. Aplicable 60 segundos después de la puesta en marcha cuando la unidad está entre 15 °C y 35 °C y la escena está entre 5 °C y 120 °C.
Rango de temperatura del objeto	-20°C — 120°C (-4°F — 248°F)

Fuente: Modificada de <https://www.flir.com.mx/products/flir-one-pro/?vertical=condition-monitoring&segment=solutions>

3.3 Puentes térmicos detectados mediante la termografía

Las imágenes que observamos inicialmente es la vivienda seleccionada sin ningún tipo de intervención. Las imágenes fueron tomadas a las 2:30 de la tarde con la cámara ya antes mencionada FLIR ONE PRO en un smartphone.

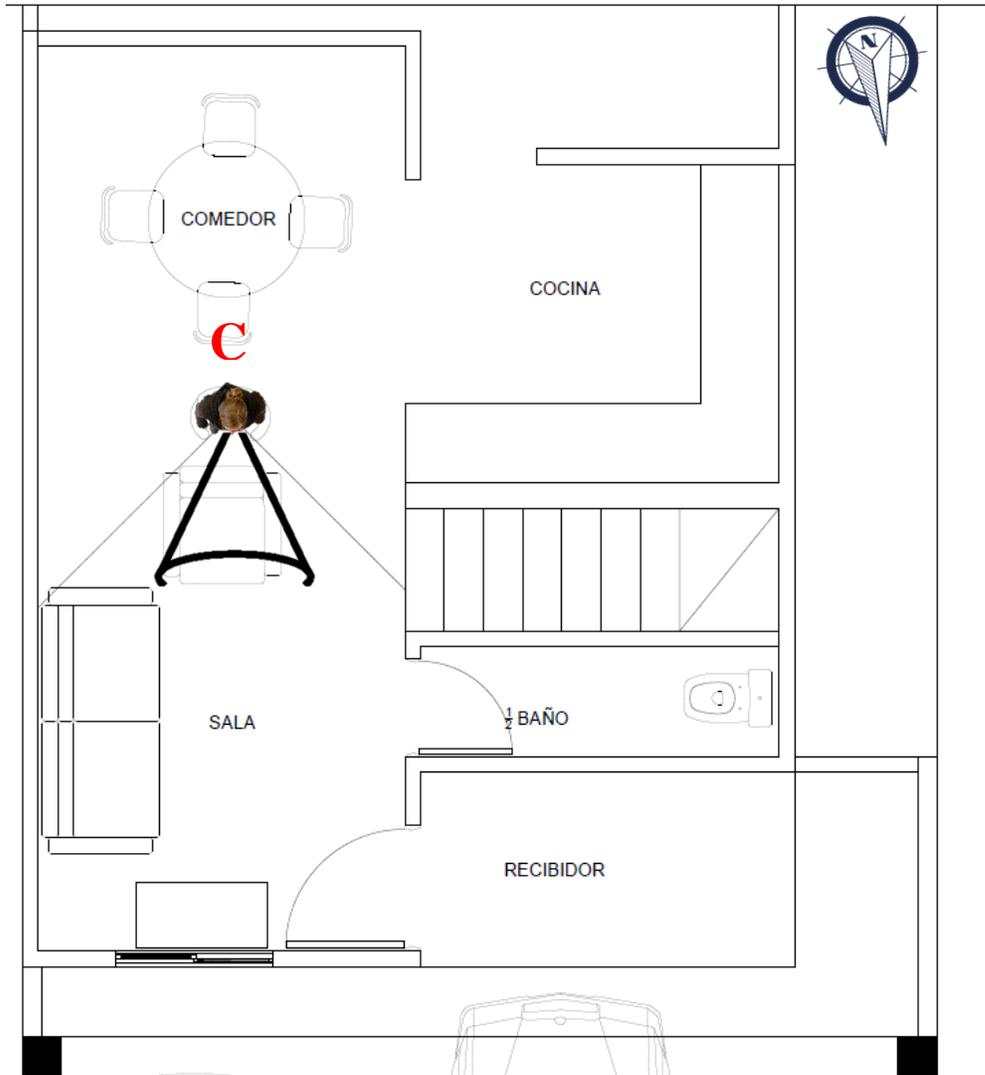


Figura 22 Punto donde se toman las imágenes.

Fuente: Propia

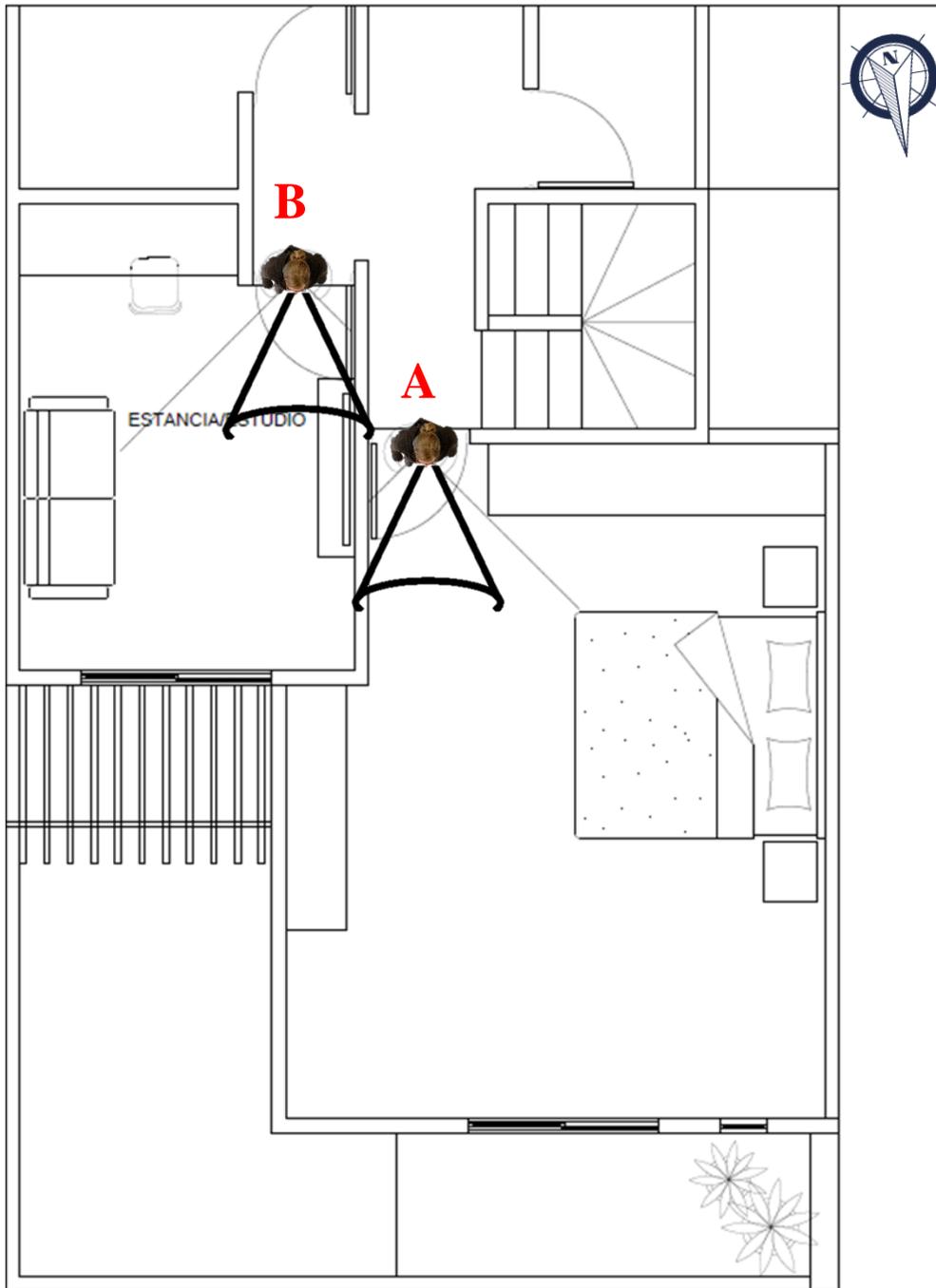
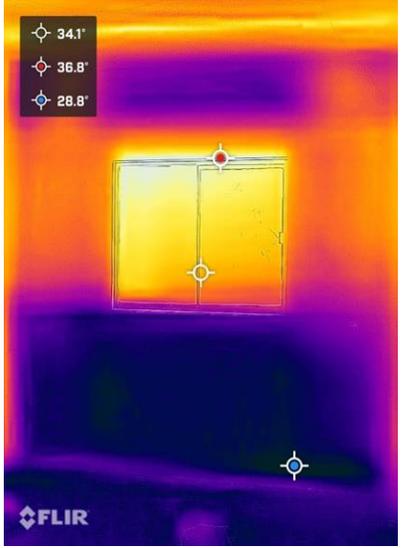


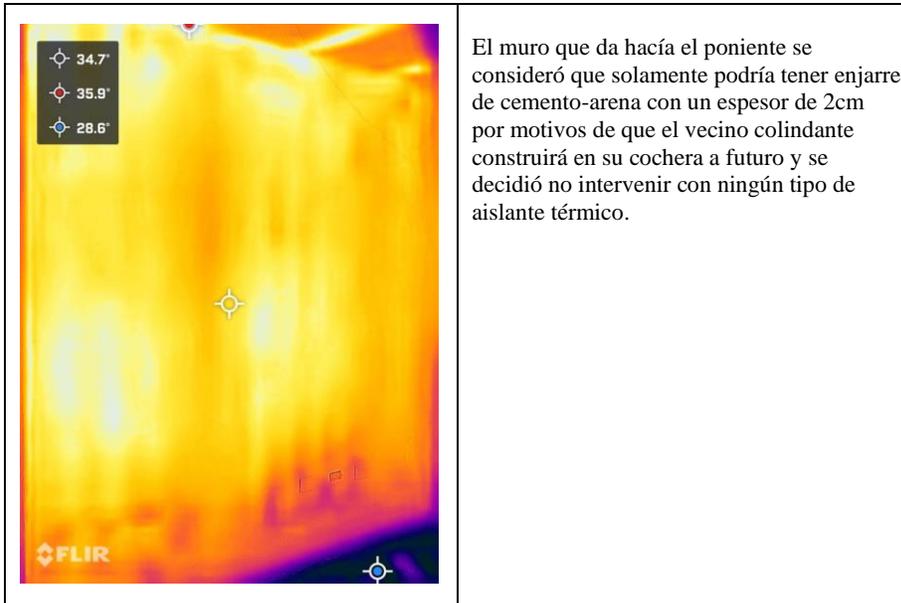
Figura 23 Punto donde se tomaron las imágenes

Fuente: propia

Tabla 2 Propuesta de intervención en puentes térmicos detectados en la vivienda

Describir intervención de los puentes térmicos que se aplicaría en esta imagen

Imagen termográfica	Propuesta de intervención
	<p>En el muro de la recamara principal se colocará un muro que le brindara protección del oeste este con la finalidad de ampliar una recamara contiguo sobre la construcción de la cochera proyectada. Se ampliará la ventana para crear paso hacía la terraza con una puerta ventana corrediza.</p>
	<p>La construcción de la cochera brindara a la sala una gran cantidad de área sombreada y a su vez el tener arriba construcción de la nueva recamara principal le ayudara a disminuir la entrada de calor desde el entrepiso en la unión del muro y losa.</p>



3.4 Soluciones aplicadas en el caso de estudio

Dentro de las distintas técnicas que existen para la mitigación de puentes térmicos se pueden decir que existen pasivas y las puntuales. Las técnicas pasivas son aquellas estrategias aplicadas las cuales no son invasivas para la construcción o edificación. Generalmente tienden a ser técnicas aplicadas desde el diseño arquitectónico como lo son el uso de ventilación natural para el enfriamiento de vanos muros y losas naturalmente (Rojas, 2019).

Para este caso de estudio se aplicaron más técnicas puntuales o invasivas que pasivas por motivos de espacio y costos. Se amplió la recámara principal con muro de block de concreto en muros de la recámara, pretil y muro colindante de la fachada donde el muro tiene un grosor de 40cm debido a que es muro doble de block.

Se aplicó en muros de la fachada de la terraza placa de poliestireno de 2" sobre enjarre a base de cemento-arena de 2cm de espesor para cubrir la cara norte y parte del este donde el sol de la mañana y de la tarde más inciden y evitar el calentamiento del muro.

Para cubrir las puertas ventanas se propusieron volados a base de panel w enjarrados con enjarre cemento-arena impermeabilizado en la parte superior y enjarrado con yeso por la parte inferior y para la segunda puerta ventana un pergolado de estructura de acero con una cubierta de policarbonato translúcido.



Figura 24 Proceso constructivo de sitio, preparación para recibir volado en puerta ventana de recamara principal

Fuente: propia.



Figura 25 Posición de volado en recamara principal y muro doble de terraza

Fuente: propia



Figura 26 Placa de poliestireno aplicada en muro, posicionada estratégicamente para la zona donde mayor incidencia solar se presentara.

Fuente: propia



Figura 27 Aplicación de enjarre grueso y fino en muro colindante orientado al Oeste

Fuente: propia.



Figura 28 Volado en recámara principal ampliada para protección de incidencia solar

Fuente: propia.

3.5 Análisis de vivienda intervenida

Las siguientes imágenes son de la vivienda seleccionada, la cual ya se intervino en su construcción como ya antes se mencionó ampliando la cochera y sobre ella la recámara principal y terraza.

Tabla 3 Descripción de espacios de vivienda intervenida y comparativa de imagen infrarroja e imagen normal

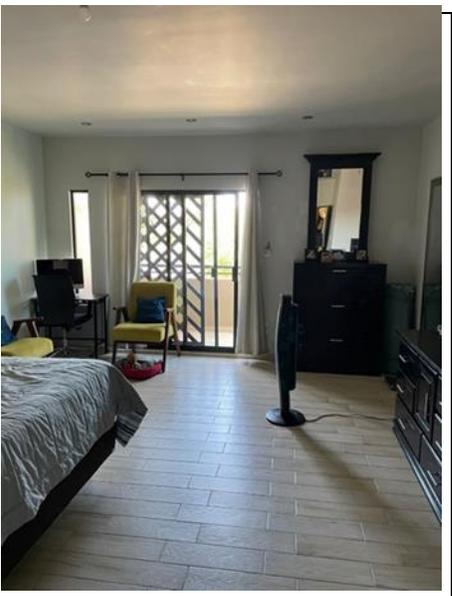
Vivienda intervenida		
Descripción de imagen	Imagen termográfica	Imagen
<p>Imagen de vivienda intervenida vista A, muro de recámara principal vista norte. Se aprecia como la fuente de calor principal es la puerta ventana aun cuando esta es de doble vidrio, en los muros se observa una reducción considerable de temperatura superficial ya que el muro tiene enjarre cemento-arena de 2cm de espesor más una placa de poliestireno de 1".</p>		

Imagen de vivienda intervenida vista A, losa de recámara principal. Se observa cómo se encienden las viguetas y las cajas de los spots empotrados en losa. La losa cuenta con un espesor de 5cm de concreto, sobre techo con pendiente hacía la puerta ventana de un espesor de 6cm a 2cm y con impermeabilizante aplicado con malla de refuerzo y a dos manos. En lo que se observa del muro se ve que disminuyo el acceso de calor por la aplicación de los enjarres y la placa aislante.

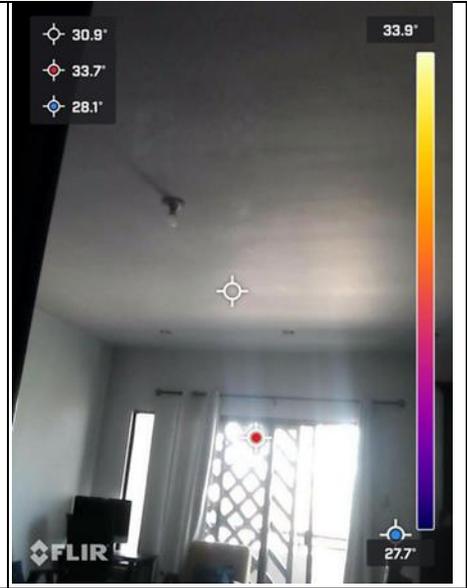


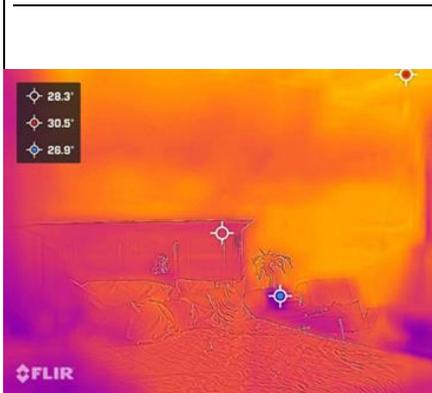
Imagen de vivienda intervenida vista B, recámara secundaria anteriormente la principal, al tener un muro que le da sombra al oeste la única entrada de calor es por la losa la cual no se intervino en esa parte de la vivienda.



Imagen de vivienda intervenida vista C, sala en planta baja. La sala anteriormente se encontraba con su cara directa al exterior en la intervención se construyó cochera lo que da un sombreado que protege el muro y su única entrada de calor es por medio de la ventana que es de cristal de mm y cancelería de aluminio.



Imagen de vivienda intervenida vista A, recámara principal, vista oeste. En este muro se aplicó un enjarre uniforme de 2cm de espesor cemento-arena, no se pudo aplicar otro tipo de material ya que intervenimos en la propiedad del vecino y no accedió a que se aplicara ningún otro material que resaltara o invadiera su propiedad. Se observa como al estar al poniente este tiene un mayor contacto y filtración de calor hacia el interior de la recámara.



4. Análisis y discusión de resultados.

Los puentes térmicos localizados en la vivienda original y la vivienda intervenida fueron puentes térmicos geométricos los que se encontraron mayormente en los muros esto debido a que el espesor del material de recubrimiento o aislamiento sufre un cambio y estos son inevitables en todas las construcciones, al igual que los cerramientos donde se encuentra una combinación de material debido al concreto y acero de refuerzo.

También se encontraron puentes térmicos constructivos que son los más fáciles de comprender y visualizar. Esto debido al cambio de material físico, una brecha o un componente que pasas a través del material interrumpiendo la continuidad de la capa como las viguetas. (Ezquerro, 2020)

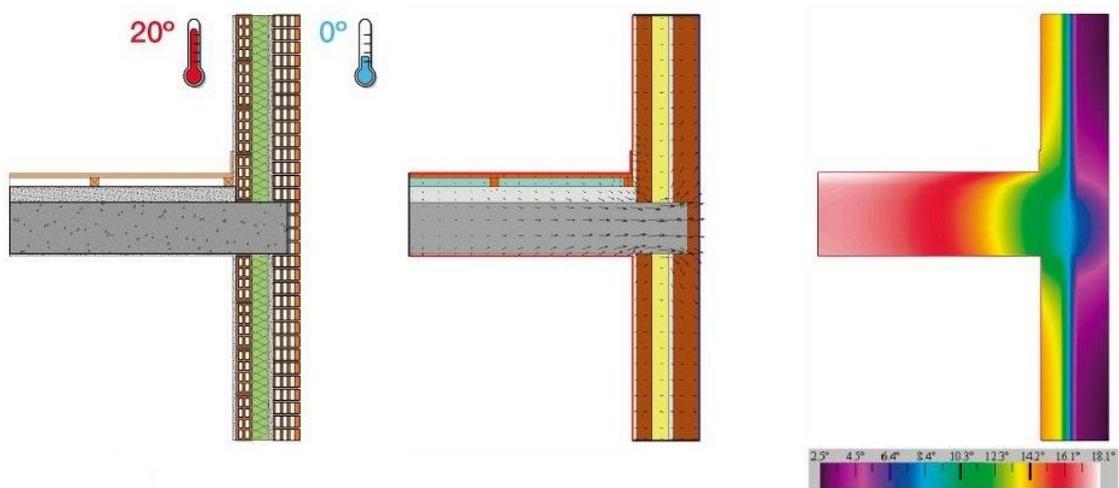


Figura 29 Puentes térmicos constructivos.

Fuente: puentes térmicos y passivhaus (www.vanesaezquerro.com/puentes-termicos-y-passivhaus/)

Los puentes térmicos encontrados podemos subdividirlos en otros tipos como lineales, puntuales y repetitivos. De los cuales lineales encontramos castillos y cadenas, puntuales como es el caso de los accesorios eléctricos en losa.

5. Conclusiones

Hoy en día es un tema sumamente importante el calentamiento global, el cual es generado por las diversas fuentes generadoras de gases tipo invernadero, los cuales diariamente se emiten al medio ambiente y una de los principales generadores de este tipo de gases es el enfriamiento de edificaciones y vivienda mediante el uso de herramientas de climatización para lograr el confort térmico dentro de edificaciones y viviendas siendo muchas de ellas construcciones antiguas o construcciones con baja calidad en términos de eficiencia energética y aislamiento térmico.

En este estudio se cumplió con el objetivo de identificar por medio de una termografía los puentes térmicos en la vivienda estudiada, para esto se hizo uso de una cámara FLIR ONE PRO que ayudó a localizar de una manera no invasiva los puentes térmicos de la vivienda por medio de una imagen infrarroja y mostró las distintas temperaturas superficiales que se encontraron en los puntos en los cuales se tomaron las imágenes. Se tuvo una diferencia de 8 hasta 10 grados en algunos puntos de las habitaciones evaluadas en la vivienda.

Se concluyo satisfactoriamente la investigación de materiales constructivos y técnicas que ayuden con la mitigación de los puentes térmicos y que son económicos y de fácil manejo para su instalación. Al igual que existen materiales que se encuentran fácilmente en el mercado para puntualmente mitigar los puentes térmicos identificados en una vivienda existen otras técnicas que se pueden emplear en la etapa de proyecto arquitectónico como lo es la arborización y el uso de vegetación para sombreado y enfriamiento de inmuebles donde mediante la posición estratégica de plantación de vegetación ayuda a mitigar los puentes térmicos y permite dar un rápido enfriamiento y natural a los inmuebles o viviendas en las cuales se aplique esta técnica conocida como ventilación cruzada.

Los puentes térmicos identificados en el caso de estudio más notorios en la vivienda intervenida, en muros se encontraron los castillos y en si gran parte del muro en el muro con orientación hacia el poniente en el cual no se tiene ningún tipo de aislamiento térmico. En la losa se encontraron que las viguetas de la losa que no se intervino en la remodelación seguía presentando gran incidencia de calor al igual que las cajas de los spots empotrados en la losa. Las filtraciones de calor marcaban una gran diferencia en las temperaturas superficiales obtenidas con la cámara térmica como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4 Comparativa de temperaturas entre vivienda intervenida y sin intervenir, tomadas el mismo día en las mismas condiciones climáticas.

Comparativa de temperaturas.				
Vivienda sin intervención				
Habitación	Temperatura interior	Temperatura superficial máxima	Temperatura superficial mínima	Distancia de la cámara
Recámara principal	31°	36.6°	29°	4.00m
Sala	31°	35.2°	28.6°	4.00m
Vivienda intervenida				
Habitación	Temperatura interior	Temperatura superficial máxima	Temperatura superficial mínima	Distancia de la cámara
Recámara principal	28°	33.7°	26.9°	5.20m
Sala	28°	32.3°	27.7°	3.50m
Recámara Secundaria	28°	33.7°	29°	4.00m

Las modificaciones que se aplicaron a la vivienda de estudio que fue intervenida tuvieron un efecto positivo, se observó en la comparativa de los puentes térmicos identificados y las variantes de temperaturas que, si existe una reducción considerable de temperaturas superficiales y ambientales con el uso de volados, ventanas de doble vidrio, enjarres con espesores correctos, sobre techo y placas aislantes en muros. Estas técnicas de diseño arquitectónico y aplicación de materiales constructivos correctos según el alcance del proyecto ejecutado indican que fueron exitosos. Los mismos inquilinos de la vivienda comentan que se siente un cambio muy grande en cuanto al confort térmico y que han observado que su gasto energético ha disminuido considerablemente al no tener tantas fugas de calor en su vivienda. Con esto se observa el cumplimiento del cuarto objetivo presentado en este proyecto de forma satisfactoria.

En la actualidad existe una gran preocupación por el cambio climático y los efectos que este tiene en el mundo y ha despertado el interés en varias personas que buscan generar un cambio positivo en el mundo ayudando con pequeños cambios, pero de grandes resultados. Hoy las personas buscan que sus viviendas duren más años y que sean de bajo costo de mantenimiento y de bajo costo energético lo que los tiene con la atención puesta en los novedosos y diversos materiales de construcción y técnicas de diseño arquitectónico que puedan aplicar a sus inmuebles y con esto contribuir a la reducción de uso de herramientas de enfriamiento que contaminan con los gases de tipo invernadero.

5.1 Recomendaciones

Actualmente la mayoría de los consumidores buscan productos que cuenten con una calidad más que buena y lo mismo sucede con las personas que adquieren sus viviendas con fraccionadoras. Al haber adquirido casas con prestigios de calidad y darse cuenta de que su vivienda puede mejorar en cuanto a la ganancia de calor y uso de sistemas de refrigeración constante pueden hacer uso de las siguientes recomendaciones para lograr disminuir esa

perdida de calor e incremento de costo por uso de sistemas de refrigeración. Identificar la orientación a la cual esta situada la fachada de su vivienda, norte, sur, este u oeste esto para tomar medidas en base a exposición de la vivienda al sol en el día y fácilmente poder decidir cual de las técnicas aplicables sería la más conveniente para su vivienda. La principal y más utilizada en México como se observo en la investigación, es el uso de placas de poliestireno para aislar muros y losas de azoteas.

Identificar las ventanas que mayor exposición tienen al sol y definir en cuanto a sus posibilidades económicas si es posible hacer el cambio de una ventana sencilla de aluminio a un sistema de ventana de doble vidrio con marcos de PVC o de materiales menos conductivos que el aluminio o bien valorar según la exposición y dirección del sol si es conveniente proteger con un elemento constructivo como volados o protecciones adicionales a las ventanas.

En cuanto a las puertas que estén directamente expuestas al sol puede hacerse el cambio a una puerta paneleada que cuente con aislante intermedio o al igual que las ventanas hacer uso de volados para disminuir el área que este en exposición directa con el sol. En viviendas donde se cuente con jardines en fachadas y patios hacer uso de vegetación de crecimiento alto o medio en este caso hablando de árboles y arbustos haciendo uso preferentemente de aquellos que son nativos de la región y de bajo consumo de agua y posicionarlo de manera que el sombreado sea en mayor área y permita la corriente de aire para enfriar naturalmente los muros desde el exterior.

6.- Referencias

- Aguilar, W. B. (2004). El cambio climático: un problema de energía. *El Cotidiano* , 66-79.
- Arquitectos, A. (26 de Noviembre de 2018). *Arrevol*. Obtenido de Arrevol:
<https://www.arrevol.com/blog/como-detectar-y-evitar-los-puentes-termicos>
- Bonet, J. S. (12 de Agosto de 2020). *Caalor y frio* . Obtenido de Calor y frio:
<https://www.caloryfrio.com/construccion-sostenible/rehabilitacion-de-edificios/fachada-ventilada-elegir-sistema.html>
- CEDRSAA. (03 de Abril de 2020). *Consecuencias de cambio climático en México*. Obtenido de Centro de estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria:
http://www.cedrssa.gob.mx/post_n-consecuencias-n-_del_-n-cambio_climnotico-n-_en_mn-xico.htm
- CONAGUA. (Junio de 2019). *CONAGUA*. Obtenido de CONAGUA SONORA:
<https://smn.conagua.gob.mx/es/pronosticos/pronosticossubmenu/pronostico-meteorologico-general>
- de Buen R, O. (2018). *Mundo HVAC&R*. Obtenido de Mundo HVAC&R:
<https://www.mundohvacr.com.mx/2021/09/vivienda-y-calor-en-mexico-impacto-retos-y-soluciones/>
- Ezquerria, V. (2020). *Puentes térmicos y passivhaus*. Obtenido de
<https://www.vanesaezquerria.com/puentes-termicos-y-passivhaus/>
- Fanosa. (2022). *Fanosa* . Obtenido de Fnosa : <https://www.fanosa.com/productos-bovedilla.html>
- Forbes México. (12 de junio de 2019). *Forbes México*. Obtenido de Forbes México:
<https://www.forbes.com.mx/hermosillo-es-el-lugar-mas-caliente-del-planeta-supera-al-sahara/#:~:text=Hermosillo%20se%20convirti%C3%B3%20en%20el,45.1%C2%BAC%20alca nzado%20en%201993.>
- García, Á. S. (25 de Noviembre de 2019). *Kömmerling*. Obtenido de Kömmerling:
<https://retokommerling.com/puertas-de-entrada/>
- Grekkom, T. (19 de Febrero de 2019). *grekkom*. Obtenido de <https://grekkom.com/que-es-y-como-funciona-una-camara-termica/>
- Held, M. V., Alías, H. M., & Jacobo., G. (2017). Mejoramiento del desempe{o térmico de sistemas de construcción no convencional en el NEA: Evaluación y propuesta de atenuación de puentes térmicos. *ADNea*, 77-86.
- Improving the detection of thermal bridges in buildings via on-site infrared thermography: The potentialities of innovative mathematical tools. (2019). En A. C.-C. Stefano Dfarra, *Energy and Buildings* (págs. 159-171). Elsevier.
- INEGI. (2020). *INEGI*. Obtenido de INEGI: <https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/#Mapa>

- Kömmerling. (s.f.). *Kömmmerling*.
- KORE Insulation. (2016). *Thermal bridging: What it is & whya you should avoid it*. UK: KORE .
- Manuj, A. (2022). *Reforma Coruña*. Obtenido de Reforma Coruña:
<https://reformacoruna.com/cambiar-ventanas/>
- Marincic , I., Ochoa de la Torre, J. M., Alpuche Cruz , M. G., Duarte, A., Vargas, L., Gonzalez, I., . . . Huelsz, G. (2011). La construcción actual de las viviendas en Hermosillo y su adecuación al clima por medios pasivos. *Memorias del XXXV Congreso Nacional de Energía Solar* , 189-193.
- Orlando Vargas-Gómez, L. F.-P. (2014). Arborizaciones urbanas: Estrategia para mitigar el calentamiento global. *Revista Nodo* , 99-108.
- Quality, P. E. (6 de Noviembre de 2017). *Poliuretano Espreado Quality*. Obtenido de Poliuretano Espreado Quality: <https://www.poliuretanoespreadoquality.com.mx/blog/articles/usos-del-poliuretano-espreado->
- Rojas, A. D. (2019). *Estrategias pasivas de ventilación natural en la envolvente de un modelo de edificación dotacional, para el mejoramiento del confort térmico en la ciudad de Bogotá*. Bogotá, Colombia.: Universidad Católica de Colombia .
- Salandin, A., Martínez-Sala, R., Rodríguez-Abad, I., Mené-Aparicio, J., & Ausina, I. T. (2015). Metodología para la caracterización térmica de un edificio con termografía infrarroja. *Tecnología e Investigación en edificación*, 181-183.
- Saludable, V. (2020). *Vivienda Saludable* . Obtenido de Vivienda Saludable :
<https://www.viviendasaludable.es/reformas-bricolaje/cerramientos/ventanas-de-doble-acristalamiento>
- Secretaria de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda. (Mayo de 2014). Documento de apoyo al documento basico. *DB-HE Ahorro de Energía : Puentes térmicos*. España: Ministerio de Fomento.
- Silva, O. J. (2022). *360 en concreto*. Obtenido de 360 en concreto:
<https://360enconcreto.com/blog/detalle/propiedades-y-aplicaciones-del-concreto-celular-1/>
- Toledo, T. (2020). *Twin Telecom*. Obtenido de Twin Telecom:
<https://www.twintelcom.com/camaras-termicas-o-infrarrojas-tipos-ventajas-y-como-funcionan/>
- Vagusa, G. (2017). *Grupo Vagusa*. Obtenido de Grupo Vagusa:
<http://www.viguetasybovedillasvagusa.com/placa-de-poliestireno/>
- Vargas-Gómez, O., & Prieto, L. F. (2014). Arborizaciones urbanas: estrategia para mitigar el calentamiento global. *Revista Nodo* , 99-108.
- Wassouf, M. (2014). *De la casa pasiva al estándar Passivhaus La arquitectura pasiva en climas calidos*. Gustavo Gill.