

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

INSTITUTO DE INGENIERÍA

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA



**ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO RESIDENCIAL DE MEXICALI B.C Y
SU RELACIÓN CON LA PERCEPCIÓN DEL AMBIENTE TÉRMICO INTERIOR
DE SUS HABITANTES**

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA

GRECIA CATALINA GÓMEZ BRAVO

DIRECTOR DE TESIS

DR. CARLOS PÉREZ TELLO

MEXICALI B.C, A MARZO DE 2021

DEDICATORIA

A Dios, a mi abuelo, a mis padres, a mi hermana, a mis tíos, amigas, maestros y todas las personas que me ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto. Gracias de todo corazón.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Dr. Carlos Pérez Tello por recibirme en el laboratorio de Sistemas Térmicos y Eléctricos, por su apoyo y orientación como director de tesis; por sus consejos que me han ayudado a crecer personal y académicamente. Gracias por compartir su conocimiento, por haberme brindado la oportunidad de aprender de su experiencia, por su paciencia y su calidad humana.

Al Dr. Héctor Enrique Campbell Ramírez y al Dr. Diego Bonilla mi más sincero agradecimiento por su apoyo.

A mis maestros de posgrado, Dr. Nicola Radnev Nedev y Dra. María de los Ángeles Santos Gómez, por su apoyo y conocimiento brindado.

Al Dr. José Alejandro Suástegui Macías y al Dr. Conrado García González por sus comentarios y observaciones a este proyecto durante la evaluación en la asignatura de actividades de investigación.

Al Dr. Gonzalo Bojórquez Morales por su disponibilidad, conocimiento y apoyo. Por sus recomendaciones a este trabajo de investigación en las asesorías y motivación.

A la Dra. Marianela Soledad Reinhardt por el apoyo y compañerismo brindado antes y durante mis estudios de maestría. Por los consejos, por el conocimiento compartido y la amistad.

A la Dra. Elia Ivette Cota Rivera y la Dra. María Eliazar Raygoza Limón por su apoyo, paciencia y enseñanzas.

A mis compañeros; Ing. Marco Antonio Casados Pérez por su apoyo y compañerismo, e Ing. Juan Ríos Arriola por apoyarme en la aplicación de encuestas.

Al Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California, al personal administrativo y docente por el apoyo proporcionado, así como al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo otorgado para la realización de mis estudios de maestría.

RESUMEN

El confort térmico estudiado con el enfoque de adaptación, sirve como referencia para establecer la expectativa de los usuarios y sus condiciones térmicas preferidas, que pueden implicar aumento en el costo de operación por climatización artificial de los edificios. La envolvente de la vivienda es por lo general de block de concreto, que observa una conductividad térmica menos que óptima, lo que obliga a un consumo excesivo de energía en los equipos de aire acondicionado si no se cuenta con elementos adicionales como aislamiento térmico.

La investigación presenta los resultados de un estudio sobre confort térmico y consumo de energía eléctrica a usuarios del sector residencial, donde se empleó el enfoque de adaptación durante un periodo determinado, en Mexicali, B.C. La ciudad, se caracteriza por tener uno de los climas mundiales más extremos, presenta clima cálido seco que comprende tanto a la ciudad como a su valle y San Felipe. El estudio es de tipo transversal correlacional y fue analizado con una muestra de encuestas aplicadas en línea, utilizando los formularios de Google, siendo una herramienta fácil de utilizar, gratuita y con facilidad de gestión de resultados. El diseño del cuestionario está basado en la ISO 10551(2019) y en la revisión de ANSI ASHRAE55-2010 sobre condiciones ambientales térmicas para la ocupación humana. La selección fue determinística, debido a las facilidades de aplicar encuestas a alumnos universitarios mayores de 18 años y menores de 60 años.

Para el procesamiento de datos se diseñó una hoja de cálculo de Excel, debido a su capacidad para hacer análisis estadístico, además de su compatibilidad con programas especializados sobre análisis estadístico. Se utilizó el simulador térmico desarrollado por el Instituto de Ingeniería de la UABC como herramienta para el comportamiento energético de cada vivienda. Este permite calcular ganancias instantáneas de calor, potencia de enfriamiento, rapidez de retiro de calor, así como el consumo y la facturación mensuales.

Los datos recabados fueron procesados estadísticamente para caracterizar una muestra de usuarios residenciales de Mexicali por sistema constructivo, niveles de consumo y percepción de confort en sus viviendas. Se identificaron parámetros del ambiente térmico con una influencia en el confort térmico y la percepción de éste. La percepción térmica de las personas se vio influenciada principalmente por el historial térmico, sobre todo habitantes de clima cálido como el de Mexicali B.C. y por las acciones, voluntarias e involuntarias, que los usuarios aplican en busca de la adaptación al ambiente térmico, como la vestimenta o el uso de aire acondicionado.

Se establece una propuesta de índices energéticos característicos del usuario residencial en Mexicali a partir de consumo energético, variables térmicas y criterios de confort.

ABSTRACT

Thermal comfort studies developed with the adaptive approach, serves as a reference to establish the expectations of the users and their preferences of thermal conditions, which may imply an increase in the cost of operation due to artificial air conditioning of the buildings. The dwelling envelope is generally made of concrete block, which has a less than optimal thermal conductivity and forces an excessive consumption of energy in the air conditioning equipment if there are no additional elements such as thermal insulation.

This research shows the results of a study about thermal comfort and electricity consumption to users of the residential sector in Mexicali, B.C, where the adaptative approach was used during a determined period of time. The city is characterized by having one of the most extreme climates in the world, it has a warm dry climate which includes both the city and its valley. It is a correlational cross-sectional study, which was analyzed with a sample of surveys applied online using Google forms, a simple and free tool with easy results management. The questionnaire design is based on ISO 10551 (2019) and on ANSI ASHRAE55-2010 revision of thermal environmental conditions for human occupation. A deterministic selection was used, due to the facilities of applying surveys to university students over 18 years old and under 60 years old.

An Excel spreadsheet was designed for data processing, due to its ability to perform statistical analysis, in addition to its compatibility with specialized programs on statistical analysis. The thermal simulation program developed by the UABC Institute of Engineering was used as a tool for the energy behavior of each dwelling. This allows you to calculate instantaneous heat gains, cooling power, heat removal speed, as well as monthly consumption and billing.

The collected data was statistically processed to characterize a sample of residential users in Mexicali city by construction system, consumption levels and perception of comfort in their dwellings. Thermal environment parameters with an influence on thermal comfort and its perception were identified. The thermal perception of the people was influenced mainly by the thermal history, especially

residents of a warm climate such as that of Mexicali B.C, and by voluntary and involuntary actions that users apply in search of adaptation to the thermal environment, such as clothing, or the use of air conditioning.

A proposal of characteristic energy indices of the residential user in Mexicali city is established based on energy consumption, thermal variables and comfort criteria.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	V
Lista de figuras.....	X
Lista de tablas	XII
Capítulo 1. Introducción	1
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Justificación	2
1.3 Preguntas de investigación	4
1.4 Hipótesis	4
1.5 Objetivos de la investigación	4
1.5.1 Objetivo general.....	4
1.5.2 Objetivos particulares	5
1.6 Alcances y limitaciones.....	5
Capítulo 2. Antecedentes	7
2.1 Clima.....	7
2.2 Energía sector residencial	8
2.3 Antecedentes históricos del confort térmico	9
2.4 Normatividad.....	11
2.5 Tipología vivienda	14
2.6 Estado del arte.....	15
2.6.1 Métodos y tipos de estudio	15
2.6.2 Enfoques de estudio	17

2.6.3 Autores destacados	18
2.6.4 Tendencias	19
Capítulo 3. Marco teórico	25
3.1 Bioclimatología.....	25
3.2 Radiación	26
3.2.1 Efecto de la radiación sobre el confort térmico	26
3.3 Confort térmico	27
3.3.1 Ambiente térmico	28
3.3.2 Sensación térmica	29
3.3.3 Enfoque adaptativo	30
3.4 Método de simulación	33
3.4.1 Uso de simulación térmica.....	34
Capítulo 4. Materiales y métodos.....	37
4.1 Características de la investigación.....	37
4.1.1 Enfoque de estudio.....	37
4.1.2 Diseño de la investigación	38
4.1.3 Definición operacional de las variables.....	40
4.1.4 Periodo de evaluación	41
4.2 Caso de estudio	42
4.2.1 Universo de estudio	42
4.2.2 Muestra.....	42
4.2.3 Criterios de inclusión y exclusión.....	43
4.3 Encuesta en línea	44
4.3.1 Diseño de cuestionario	44
4.3.2 Trabajo de campo y aplicación de encuesta.....	44

4.3.3 Cuestionario en línea.....	45
4.3.4 Captura de datos	48
4.4 Simulador térmico	49
4.5 Regresión lineal	50
4.6 Método de Medias por Intervalos de Sensación	52
Capítulo 5. Resultados.....	54
5.1 Análisis de la vivienda.....	54
5.2 Análisis de la percepción del ambiente térmico	56
5.3 Sensación térmica percibida por kWh/m ²	58
5.3.1 Comportamiento anual	58
5.3.2 Comportamiento verano	61
5.4 Análisis de consumos	65
5.5 Análisis resistencia térmica.....	66
Capítulo 6. Conclusiones	68
ANEXO I. Cuestionarios de referencia.....	70
ANEXO II. Diseño final encuesta.	79
ANEXO III. Manual de encuesta	87
ANEXO IV. Histogramas	101
ANEXO V. Aplicación de Regresión Lineal Simple	104
Bibliografía	109

Lista de figuras

Figura 1. Evolución del consumo eléctrico para confort térmico en México (1998 a 2019).	9
Figura 2. Clasificación de los estudios de confort según su enfoque	18
Figura 3. Tipos de enfoque de estudio confort térmico	31
Figura 4. Esquema metodológico para la realización de la investigación.	37
Figura 5. Esquema sobre la clasificación del diseño de la investigación.	39
Figura 6 Pirámide de edades del municipio de Mexicali.	43
Figura 7. Proceso de creación de encuesta en línea.	47
Figura 8. Vista en computadora y celular de la encuesta en línea.	47
Figura 9. Sesión grabada vía ZOOM para explicar el cuestionario en línea.	48
Figura 10. Base de datos a partir de la recopilación de datos obtenida de formularios de Google.	49
Figura 11. Distribución de materiales en las viviendas encuestadas.	55
Figura 12. Porcentajes de los sistemas constructivos de la vivienda representativa de Mexicali, B.C.	56
Figura 13. Aislamiento en techo.	57
Figura 14. Comparación consumos de vivienda representativa.	65
Figura 15 Consumo eléctrico por área climatizada en verano al sentir confort.	66
Figura 16 Consumo eléctrico anual por área climatizada al sentir confort	66
Figura 17. Frecuencia de resistencia térmica de las viviendas.	67
Figura 18. Cuestionario de Universidad Politécnica de Madrid y Universidad del Zulia. Facultad de Arquitectura y Diseño, Maracaibo, Venezuela.	71
Figura 19. Cuestionario del proyecto financiado por National Natural Science Foundation of China.	76
Figura 20. Cuestionario del proyecto “Confort térmico y ahorro de energía en viviendas económicas en México: regiones de clima cálido, seco y cálido húmedo”.	78
Figura 21. Esquema de diseño de cuestionario.	80
Figura 22. Diseño final de encuesta para el presente proyecto.	85
Figura 23. Histograma de votos de preferencia térmica.	101

Figura 24. Histograma de votos de tolerancia personal.	102
Figura 25. Histograma de votos de aceptación personal del ambiente en verano.	103
Figura 26. Histograma de votos de aceptación personal del ambiente en invierno	103

Lista de tablas

Tabla 1. Sistemas constructivos de la vivienda representativa de Mexicali, B.C. ..	14
Tabla 2. Clasificación de la vivienda en Mexicali, B.C.	15
Tabla 3. Enfoques de estudio del confort térmico	18
Tabla 4. Factores internos y externos del confort térmico.....	28
Tabla 5. Modelos de confort adaptativos	33
Tabla 6. Porcentaje de votos de sensación térmica.	56
Tabla 7. Aparatos utilizados durante la evaluación de confort térmico	57
Tabla 8. Análisis de confort térmico por efecto de consumo eléctrico anual por área climatizada	59
Tabla 9. Análisis de confort térmico por efecto de consumo eléctrico anual por área climatizada en viviendas con techos de madera y muros de ladrillo.	60
Tabla 10 Análisis de confort térmico por efecto de consumo eléctrico anual por área climatizada en viviendas con techos de concreto y muros de bloque.	61
Tabla 11 Análisis de confort térmico por efecto de consumo eléctrico en verano por área climatizada.	62
Tabla 12 Análisis de confort térmico por efecto de consumo eléctrico en verano por área climatizada en viviendas con techos de madera y muros de ladrillo.....	63
Tabla 13 Análisis de confort térmico por efecto de consumo eléctrico en verano por área climatizada en viviendas con techos de concreto y muros de bloque.....	64
Tabla 14 Componentes del cuestionario y términos utilizados.	99
Tabla 15 Escala de preferencia térmica.....	101
Tabla 16 Escala tolerancia personal.	102

Capítulo 1. Introducción

El confort térmico al interior de las viviendas es una necesidad permanente que hoy día se resuelve con cantidades crecientes de energía. Esta necesidad no se origina solamente en la simple búsqueda de confort, sino que también tiene implicaciones importantes en la conservación de la salud de quienes habitan viviendas en regiones de clima cálido (de Buen R., 2020).

La ciudad de Mexicali está ubicada en una región de clima cálido-seco extremo donde las viviendas que se construyen ahí, no han sido diseñadas pensando en criterios de confort o de uso eficiente de energía para las condiciones climatológicas, lo que afecta a sus habitantes y al medio ambiente. Además de ser la envolvente de las edificaciones uno de los principales factores que determinan el consumo de energía en las viviendas ubicadas en regiones de clima cálido (Briguela Gamboa, 2019).

Actualmente las zonas áridas y semiáridas, como Baja California, son particularmente vulnerables al cambio climático, por el incremento en la temperatura (Secretaría de Protección al Ambiente, 2013), lo cual requerirá más energía para satisfacer las necesidades de confort dentro de las viviendas. Es por eso que en este trabajo se presentan los resultados obtenidos de un estudio sobre los consumos de energía eléctrica de una muestra del sector residencial de la ciudad de Mexicali, en relación con la sensación de confort térmico de los usuarios, para conocer el nivel de comodidad que mantiene la muestra respecto a su uso de la energía.

Un cuestionario en línea basado en la norma ISO 10551 (2019) fue aplicado a la comunidad estudiantil universitaria de la ciudad y posteriormente se realizaron simulaciones térmicas de sus viviendas. Se busca conocer si altos consumos de energía eléctrica de viviendas en Mexicali significan mejores condiciones de confort, así como establecer un análisis de las características de los sistemas constructivos de las viviendas residenciales en la ciudad de Mexicali, sobre el consumo de energía eléctrica de dichas viviendas y la percepción del ambiente térmico interior de los habitantes.

1.1 Planteamiento del problema

La ciudad de Mexicali, Baja California, es una zona cálida que presenta temperaturas muy altas en temporada de verano, la vegetación es muy escasa y hay radiación solar directa fuerte durante el día, provocando con esto, incomodidad en sus habitantes y que prefieran permanecer en espacios interiores climatizados artificialmente mediante el uso de aire acondicionado.

En 2015 se caracterizó por ser el segundo municipio con mayores niveles de urbanización del estado, con 90.6% de su población residiendo en localidades urbanas y 9.4% en localidades rurales. De acuerdo a las proyecciones, el municipio continuará avanzando en su proceso de urbanización hasta alcanzar una tasa de urbanización de 92.2% en 2030 (Flores Rojas, 2015).

Si bien el uso del aire acondicionado permite satisfacer las necesidades de confort térmico al interior de las viviendas, y mejorar la calidad de vida de las personas que las habitan, tiene como consecuencia un aumento en el consumo de energía eléctrica y una mayor demanda energética para el sistema de suministro eléctrico. A esto se le atribuye también la falta de adecuaciones ambientales en las viviendas.

Este proyecto propone emplear un enfoque adaptativo que ayude a analizar información sobre consumos energéticos y de confort térmico de una muestra de usuarios del sector residencial de la ciudad de Mexicali, con el objetivo de establecer un análisis de las características de los sistemas constructivos de las viviendas, sobre el consumo de energía eléctrica y la percepción del ambiente térmico interior de los habitantes.

1.2 Justificación

En climas cálidos, la mayoría de los edificios dependen de sistemas de aire acondicionado y electricidad, sin los cuales no pueden adaptarse a un clima más cálido. Esto lleva a un mayor uso de equipos eléctricos y energía para mantener el confort térmico deseado para los ocupantes, lo que a su vez genera más

emisiones de gases de efecto invernadero que impulsan el cambio climático y el calentamiento global (Foruzanmehr, 2017).

La vivienda ha sido reconocida como un elemento fundamental en la estructura de demanda energética en el país, ya que consume más de una cuarta parte de la electricidad total. Esto la constituye en un sector clave para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) causantes del calentamiento global según el Programa Específico para el Desarrollo Habitacional Sustentable ante el Cambio Climático de CONAVI (Conavi, 2008).

Las altas temperaturas también causan un deterioro en la salud humana. El calor es una de las causas líderes de las muertes relacionadas con el tiempo, y también es un factor importante que contribuye a la creación de ozono a nivel superficial, que es un serio peligro para la salud (Climate centers, 2019). Se ha producido un aumento de la mortalidad asociada al calor y una disminución de la mortalidad asociada al frío en algunas regiones como resultado del calentamiento global (IPCC, 2007).

De acuerdo con la CONUEE, el uso de electricidad para confort térmico en zonas de clima cálido representa más del 30% de todo el consumo eléctrico del sector residencial. El consumo eléctrico per cápita más alto se presenta en Mexicali debido al de equipo electromecánico para mantener condiciones ambientales confortables en las viviendas (Secretaría de Protección al Ambiente, 2013).

El consumo eléctrico, en un contexto de clima árido, como Mexicali representa un problema tanto para la empresa generadora y suministradora del servicio eléctrico, Comisión Federal de Electricidad (CFE) por el incremento del consumo y demanda en verano, como para los usuarios residenciales (Romero Moreno, 2002). Por eso surge la importancia de que se investigue sobre el consumo eléctrico residencial en los sitios con climas áridos, en este caso la ciudad de Mexicali, tanto por el impacto de altas temperaturas, como por los altos consumos eléctricos, pues también se influye en las condiciones de confort térmico de los usuarios. Resulta útil para determinar si los altos consumos reflejan condiciones de confort en los usuarios, así como para la generación en un futuro de

propuestas de estrategias que aumenten el tiempo de confort térmico dentro de las viviendas al aplicarlas, y que se mejore así la calidad de vida de los usuarios en un equilibrio entre consumo de energía y bienestar térmico.

1.3 Preguntas de investigación

¿Mayores consumos de energía de viviendas en Mexicali, B.C. significan mejores condiciones de confort?

¿Cómo afectan las variables térmicas a la percepción de confort de cada individuo en la vivienda?

¿Cómo influye el sistema constructivo de la vivienda en la percepción de confort térmico del ocupante y en el consumo de energía eléctrica?

1.4 Hipótesis

- El consumo eléctrico del sector residencial en zonas de clima cálido seco extremo, como el de la ciudad de Mexicali, está relacionado con la percepción de confort de los usuarios en espacios interiores, lo cual depende de variables como la tipología constructiva, hábitos de uso de la energía y la utilización o carencia de adecuaciones ambientales.
- Es posible determinar índices energéticos que relacionen consumo de energía, criterios de confort y variables térmicas para establecer medidas de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica aplicables al usuario final como para la planificación energética de nuevos desarrollos inmobiliarios.

1.5 Objetivos de la investigación

1.5.1 Objetivo general

Establecer un análisis de las características de los sistemas constructivos de viviendas de una muestra de usuarios del sector residencial en la ciudad de Mexicali, sobre el consumo de energía eléctrica de dichas viviendas y la percepción del ambiente térmico interior de los habitantes, para determinar indicadores de confort térmico.

1.5.2 Objetivos particulares

- Diseño y aplicación de instrumento sobre confort térmico y características físicas de la vivienda a una muestra de usuarios del sector residencial de la ciudad de Mexicali.
- Simulación térmica de viviendas.
- Caracterizar una muestra de usuarios residenciales de Mexicali por sistema constructivo, niveles de consumo y percepción de confort en sus viviendas.
- Identificar las variables de confort térmico que tengan una influencia directa en el ambiente térmico y en la percepción de éste, a partir de encuestas a usuarios residenciales.
- Establecer índices energéticos característicos del usuario residencial en Mexicali a partir de consumo energético, variables térmicas y criterios de confort.

1.6 Alcances y limitaciones

Los **alcances** de esta investigación están definidos por el estudio de la sensación térmica percibida de confort y el consumo energético de viviendas de una muestra de habitantes de la ciudad de Mexicali, con un clima cálido seco extremoso.

La investigación desarrolla el enfoque adaptativo que sustenta los estudios del confort térmico por medio de un estudio de tipo correlacional y transversal, desarrollando un cuestionario en línea para su aplicación.

La investigación se enfocó en el estudio de la sensación térmica percibida de confort en relación con el sistema constructivo típico de las viviendas en Mexicali, B.C., y su resistencia térmica.

La muestra de análisis fueron los adultos jóvenes residentes de la ciudad de Mexicali, mayormente la población estudiantil universitaria ocupantes de espacios climatizados.

Se establece una propuesta de índices energéticos característicos del usuario residencial en Mexicali a partir de consumo energético y sensación térmica percibida de confort.

Las **limitaciones** que tiene la investigación son el tiempo y los problemas técnicos de aplicación de los formularios para el desarrollo del estudio. Se tiene un periodo vacacional durante la aplicación de encuestas con lo que se contrae o extiende esta fase.

El tiempo y la honestidad depositados en contestar la encuesta estuvo determinado por el grado de cooperación que cada sujeto aportó para la realización del estudio. Los usuarios fueron libres de elegir en cooperar o no con la investigación.

La calidad de las respuestas obtenidas con la aplicación del cuestionario en línea estuvo en función del nivel de confianza, comprensión de las preguntas y cooperación de los sujetos evaluados.

Fue posible registrar únicamente una variable física del confort térmico, que fue la temperatura del exterior, y no se analizan todas las variables registradas en el formulario en línea aplicado, siendo una cantidad de información significativa.

El efecto de la adaptación en los sujetos de estudio será considerado en función de sus respuestas y en la escala de sensaciones subjetivas utilizadas, sin llegar a hacer un análisis específico de estos aspectos.

Capítulo 2. Antecedentes

2.1 Clima

La climatología local es importante en la evaluación energética de una edificación, una combinación adecuada de temperatura, humedad y velocidad del aire, produce la sensación de confort a las personas que se encuentran en un espacio acondicionado. Esta sensación de bienestar del ser humano, depende de factores como el clima y la geografía, de la envolvente de la edificación, y del sentido de adaptabilidad a un ambiente establecido, requiriendo solamente un mínimo de energía (Castillo Quimis y cols., 2019).

El clima hace referencia al estado promedio de la atmósfera para un punto determinado de la superficie terrestre en un periodo de varios años. Se requiere por lo menos de 30 años de datos, para describir las condiciones climáticas de un lugar en particular según la Organización Meteorológica Mundial, y las variables que se analizan como puntos de referencia son la temperatura y la precipitación (Ley García y cols., 2011).

Los factores principales que caracterizan el clima de un lugar son la latitud, la altura sobre el nivel del mar, relaciones Tierra-Sol (rotación, inclinación del eje terrestre, etc.), continentalidad, la proximidad del océano, topografía y rasgos locales. Otra característica del clima son las temporadas climáticas o estaciones del año, condiciones regulares o promedio de la atmósfera, que siguen un ritmo y una periodicidad que no cambia, cada temporada ocurre en un periodo de meses (Ley García y cols., 2011).

Según Romero (2002), la envolvente arquitectónica es el filtro para estudiar el impacto del clima en la temperatura interna de la vivienda, el cual depende del sistema constructivo de muros y techos, orientación de la vivienda, infiltraciones, presencia de aislamiento térmico, tamaño de la vivienda, además de la influencia del microclima exterior y superficies sombreadas. Estas características del hogar mencionadas pueden tener efectos positivos y/o negativos en el uso de la energía,

de modo que empleando adecuaciones ambientales en la vivienda ayudaría a reducir los requerimientos de equipos mecánicos de acondicionamiento ambiental.

En este caso de estudio, la ciudad de Mexicali se encuentra 32° 43' al norte, al sur 30° 52' de latitud norte; al este 114° 42' y al oeste 115° 56' de longitud oeste y 4 metros de altitud sobre el nivel medio del mar. Se caracteriza por tener uno de los climas mundiales más extremos, presenta clima cálido seco que comprende tanto a la ciudad, como a su valle y San Felipe (INEGI, 1995).

Mismo clima predomina en el 47% del territorio municipal, aproximadamente. El clima semicálido seco abarca el 37% del territorio y se manifiesta en la parte central del municipio (INEGI, 1995).

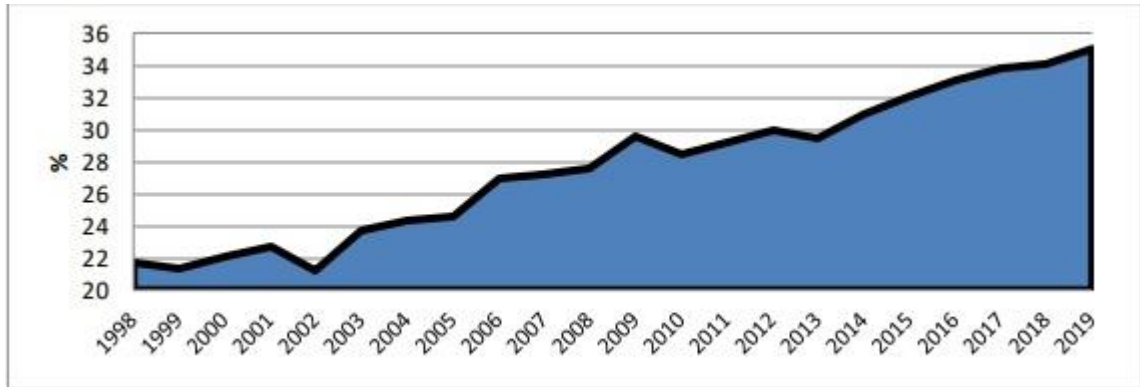
En un medio ambiente árido desértico debido a su clima, la ciudad mantiene una temperatura anual promedio de entre 20-22 °C, una temperatura promedio en verano de 38 a 40° C y máximas registradas de 52° C durante los meses de julio y agosto. El mes más frío es enero, con una media mensual de 12.7 a 15° C. Su precipitación pluvial es muy escasa con 75 mm anuales, a diferencia de la abundancia de insolación media que, durante el verano, es de 2400 y 2500 horas al año con una distribución uniforme, y la velocidad del viento alcanza los 100km/h. (Méndez Fierros, 2007) (Briguela Gamboa, 2019).

2.2 Energía sector residencial

El consumo eléctrico en regiones de clima cálido ha crecido 6.6 veces, este crecimiento se debe en parte a la creciente demanda de confort térmico en sectores de la población de ingresos medios, que coincide con la construcción de cientos de miles de viviendas de interés social en zonas de clima cálido y su equipamiento con AC (de Buen R., 2020).

De acuerdo a los cuadernos de la CONUEE 2020, el crecimiento de la demanda de confort térmico en regiones de clima cálido, representa un porcentaje muy significativo del consumo total del sector residencial de México. Hace poco más de veinte años el consumo por confort térmico representaba una quinta parte del consumo total de electricidad de las viviendas en México, sin embargo, en el año

2019 ese consumo representó el 35%, como se muestra en la Figura 1; una tendencia de crecimiento que no parece tender a aminorarse según de Buen (2020).



Fuente: CONUEE, 2020.

Figura 1. Evolución del consumo eléctrico para confort térmico en México (1998 a 2019).

Cabe resaltar que los reportes de la CONUEE muestran que entre 2012 y 2019, los usuarios en tarifa 1F (principalmente Mexicali y Hermosillo) han reducido su consumo promedio. Para los usuarios en tarifas 1F (clima cálido en verano) el consumo en los meses de verano puede ser de más de 3 veces que en invierno.

2.3 Antecedentes históricos del confort térmico

Los riesgos para la población en su vida cotidiana al exponerse a las altas temperaturas son evidentes, y se vuelve una prioridad absoluta el considerar la determinación del ambiente térmico ideal para el diseño de viviendas.

Sócrates, alrededor del año 400 a. C., tenía algunas ideas sobre los beneficios que proveía el aprovechamiento climático en el diseño de las casas, cómo construir para garantizar el confort térmico. Hacia el s. I a. C., Vitruvio también escribió sobre la necesidad de considerar el clima en el diseño de edificios, por razones de salud y de comodidad, sin embargo, esto tuvo muy poca influencia en la práctica de la arquitectura (Auliciems y Szokolay, 2007).

El estudio del confort térmico inició en las primeras décadas del siglo XX, cuando se hizo posible controlar las características de los espacios interiores de las viviendas, gracias a la invención del sistema de calefacción y del aire

acondicionado por Willis Carrier, logrando conseguir mejores condiciones de confort dentro de los espacios (Kristian, 2015).

El primer estudio sobre confort térmico, según Auliciems y Szokolay (1997), fue realizado en 1905 por Haldane en Inglaterra, la iniciativa para desarrollar este tipo de investigaciones surgió por parte de los ingenieros, por lo que comenzaba a ser necesario establecer temperaturas de diseño (Rincón Martínez, 2015).

En 1923, Houghten y Yagloglou, en el ASHVE (American Society of Heating and Ventilating Engineers) establecieron la conocida zona de confort basada en el modelo de temperatura efectiva. En Inglaterra la motivación vino de la higiene industrial: los límites de las condiciones ambientales para el trabajo. Vernon y Warner (1932) y más tarde Bedford (1936) llevaron a cabo estudios empíricos entre trabajadores de fábricas (Auliciems y Szokolay, 2007).

En 1932, Vernon H.M y Warner C.G incluyeron la velocidad del aire en los diagramas de bienestar gracias “La influencia de la humedad del aire sobre la capacidad de trabajo a altas temperaturas”.

En 1957, Yaglou y Minard desarrollaron un indicador que combina el efecto de la temperatura, humedad relativa, intercambio de calor por radiación solar conocido como temperatura de globo de bulbo húmedo (WBGT por sus siglas en inglés), el cual determina el grado de exposición al calor de las personas (Kristian, 2015).

El trabajo analítico comenzó en los Estados Unidos a mediados de la década de 1930, donde Winslow, Herrington y Gagge (1937) hicieron una significativa contribución (Auliciems y Szokolay, 2007).

En 1971, con la colaboración del investigador A.P Gagge se introdujo la escala de temperatura efectiva, que tomaba en cuenta aspectos como la vestimenta, actividad e intercambio de radiación.

Los factores que afectan al confort térmico se exploraron experimentalmente en la década de 1970, con investigaciones realizadas por Fanger en la Universidad Técnica de Dinamarca, enfocados en los principales parámetros que impactan la

calidad del ambiente interior. Se encontró que la percepción de confort es una interacción compleja de estas variables (Kristian, 2015).

Conforme se avanzaba en el estudio de estas relaciones del confort térmico, se desarrollaron dos enfoques distintos, que permitirían determinar rangos de confort del ambiente térmico interior y exterior. Estos son los enfoques predictivo y adaptativo.

El primer enfoque basa sus estudios en el confort térmico en estado estable, en las respuestas fisiológicas del organismo obtenido a partir de investigaciones en cámaras climáticas de ambiente controlado. Mientras que en el enfoque adaptativo sus estudios son en campo, en condiciones reales y en relación al confort térmico de estado estable, no generaliza como el predictivo, sino que considera la adaptación del ser humano a las condiciones térmicas y que para alcanzar el confort térmico puede realizar ciertas acciones de ajuste en su comportamiento.

2.4 Normatividad

Actualmente el confort térmico al interior de las viviendas es una necesidad que se resuelve con una alta demanda de electricidad del sector residencial en México. Para mitigar este consumo de energía en viviendas ubicadas en regiones de clima cálido, la CONUEE elaboró y puso en vigor Normas Oficiales Mexicanas, además que existen estándares y normas internacionales para confort térmico en edificaciones, que sirven de referencia al evaluar los niveles de confort al interior de los edificios, aunque sin ser obligatoria su aplicación en determinados contextos.

- NOM-018-ENER2011: Aislantes térmicos para edificaciones.

Establece las características y métodos de prueba que deben cumplir los productos, componentes y elementos termoaislantes, para techos, plafones y muros de las edificaciones, y aplica a los que sean de fabricación nacional. Se excluyen los aislantes térmicos para cimentaciones.

- NOM-024-ENER2012: Características térmicas y ópticas del vidrio y sistemas vidriados para edificaciones.

Establece la obligación de certificar las características ópticas y térmicas de los vidrios y sistemas vidriados, homogéneos transparentes y translúcidos.

- NOM-020-ENER2011: Eficiencia energética en edificaciones. Envoltente de edificios para uso habitacional.

Se apoya en las dos NOM señaladas anteriormente, limita la ganancia de calor de los edificios para uso habitacional a través de su envoltente, y aplica a todos los edificios nuevos para uso habitacional y las ampliaciones de los edificios para uso habitacional existentes.

- NOM-011-ENER-2006 Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo central, paquete o dividido.

Establece el nivel mínimo de REEE que deben cumplir los AC tipo central y aplica para los AC tipo central, tipo paquete, operados con energía eléctrica, que funcionan por compresión mecánica y que incluyen un serpentín evaporador enfriador de aire, un compresor y un serpentín condensador enfriado por aire o por agua.

- ASHRAE RP-884

De acuerdo a la Universidad de Sidney, la base de datos utilizada en el Proyecto RP884 implicó un largo proceso de adquisición de datos, estandarización y asimilación. Los datos los proveyeron algunos de los principales investigadores de confort térmico del mundo. Los archivos en la base de datos se dividieron por temporada, las cuales fueron verano e invierno. Había 160 edificios dentro de la base de datos los cuales se clasificaron por tipo de edificio, 38 tenían ventilación natural, 119 aire acondicionado y tres tuvieron un sistema mixto. Las ciudades de los países participantes se clasificaron por zonas climáticas.

- ISO 10551-2019: Ergonomía del ambiente térmico. Evaluación de la influencia del ambiente térmico empleando escalas de juicio subjetivo.

Presenta principios y ejemplos de aplicación práctica para la construcción de escalas subjetivas apropiadas para su uso en la evaluación del entorno físico.

Considera escalas de percepción, comodidad, preferencia, aceptabilidad, forma de expresión y tolerancia, y componentes ambientales como térmico, visual, calidad del aire, acústica y vibración (ISO, 2019).

Basados en esta norma, se pueden utilizar escalas subjetivas para preguntar a las personas como sienten o perciben el ambiente físico en el que se encuentran. Son un método importante que pueden incorporarse en encuestas, para evaluar y mejorar las condiciones del ambiente de las personas en espacios, considerando el confort o la satisfacción.

- ANSI/ ASHRAE 55: 2017 Condiciones ambientales térmicas para la ocupación humana.

Este estándar especifica las condiciones en las cuales una fracción específica de los ocupantes encontrará el ambiente térmicamente aceptable. Está diseñado para su uso en el diseño, la puesta en marcha y las pruebas de edificios y otros espacios ocupados y sus sistemas de enfriamiento y para la evaluación de entornos térmicos.

- ISO 7730: 2005

Es una norma internacional para la predicción de la sensación térmica general y del grado de incomodidad de personas expuestas a ambientes térmicos moderados. Utiliza los índices PMV (voto medio estimado) y PMD (porcentaje estimado de insatisfechos para la determinación analítica y la interpretación del bienestar térmico, así como también toma en cuenta los criterios de bienestar térmico local, indicando las condiciones ambientales que se consideran aceptables.

Se aplica a hombres y mujeres sanos, en ambientes interiores indicada para el diseño de ambientes nuevos o para la evaluación de los ya existentes.

- ISO 7726: 2002

Esta norma internacional especifica las características mínimas de los instrumentos de medida de las magnitudes físicas que definen un ambiente, y los

métodos a emplear para su medida. No busca la definición de un índice global de confort térmico, solo estructurar el proceso de registro de la información que permita la determinación de estos índices.

2.5 Tipología vivienda

De acuerdo a estudios realizados por Romero en 1994 y 2002, la tipología de la vivienda representativa de la ciudad de Mexicali está dividida en cinco tipos de acuerdo a los sistemas constructivos de techos y muros, como se muestra en la Tabla 1.

Sistemas constructivos de la vivienda representativa de Mexicali
1. Techos de madera y muros de ladrillo
2. Techo de concreto y muros de bloque de concreto
3. Techo de madera y muros de adobe
4. Techo de concreto y muros de ladrillo
5. Techo de madera y muros bloque de concreto

Fuente: Elaboración propia con base en (Romero, 2002).

Tabla 1. Sistemas constructivos de la vivienda representativa de Mexicali, B.C.

Los dos primeros constituyen 62% de la vivienda representativa, con consumos eléctricos promedio en agosto de 719 kWh en las viviendas construidas con muros de ladrillo y techos de madera; y de 840 kWh en las de muros de bloque de concreto y losas de concreto (Romero, 2002). En términos generales, las características de la vivienda muestran el predominio uso de la madera y el concreto en techos, del bloque de concreto y el ladrillo en muros, escasa presencia de aislamiento térmico en techos y muros, así como viviendas con fachadas principales al norte o al sur, en tanto que la mayor área de exposición está al oeste y este.

La vivienda también se clasifica de tipo residencial, medio, popular y precario, en función de sus condiciones físicas, generalmente es de tipo unifamiliar y la construcción de un nivel, como se muestra en la Tabla 2.

Clasificación de la vivienda

Residencial	Tiene mayores superficies de construcción, espacios de vegetación y corresponde a los niveles económicos de mayores ingresos.
Medio	También de interés social, tienen menores superficies de construcción y lote. Utilización de losas de concreto o casetones en los techos, muros de bloque de concreto, superficies de construcción de 40 a 60 m ² , lotes con dimensiones cada vez menores y pueden estar en uno o dos niveles.
Popular	
Precario	Materiales como cartón o lámina o adobe parado, tamaño reducido de la vivienda, escasez de árboles y pueden contar un ventilador para el verano

*Fuente: Elaboración propia con base en (Romero, 2002).
 Tabla 2. Clasificación de la vivienda en Mexicali, B.C.*

Se resalta que la vivienda en el municipio de Mexicali presenta una problemática térmica ambiental diferente en la zona rural (valle de Mexicali) y en la urbana. Esto debido a que la vivienda en zona rural tiene mayor grado de adecuación ambiental por el uso del ladrillo y la madera como sistema constructivo y por el manejo de la vegetación, mientras que la zona urbana presenta un uso no adecuado de materiales de construcción que favorecen una mayor ganancia térmica en el interior (Romero Moreno, 2002).

2.6 Estado del arte

2.6.1 Métodos y tipos de estudio

De acuerdo con Bojórquez (2010), los métodos de investigación que se identifican para el estudio del confort térmico se pueden clasificar en: cualitativos, experimentales, casuísticos y correlacionales. Cada uno de estos métodos se describen a continuación:

El método cualitativo hace referencia a los estudios que trabajan bajo procesos empíricos de observación y experiencia para generar conocimiento. Se realizaron investigaciones bajo este método por Vernon, Wagner y Lee.

Los estudios de confort térmico con el método experimental se llevan a cabo en condiciones de prueba controladas en cámaras climáticas. Incluye los estudios analíticos y los modelos a escala (maniquíes térmicos) que simulan el cuerpo humano. Dentro de este método se incluye los estudios de tipo cuasiexperimental, en los cuales no se tiene control total de las variables que intervienen, y los sujetos de estudio no están asignados aleatoriamente.

Los estudios con el método casuístico se centran en los casos de coincidencia, es decir en una revisión de estudios ya realizados, para hacer un análisis diferente al de referencia, o se recopilan varios estudios similares con un análisis en conjunto de los resultados individuales.

El método correlacional se refiere a los estudios que se basan en encuestas de opinión y medición de variables meteorológicas, se intenta comparar respuestas cualitativas con datos cuantitativos para establecer una correlación existente (Urías, 2019). Los estudios de confort térmico con el enfoque de adaptación tienen como base este método de investigación (Bojórquez, 2010).

En el caso del confort térmico, los tipos de estudio se pueden clasificar según Bojórquez (2010) en: 1) estudios teóricos y métodos, 2) análisis de modelos bioclimático, 3) desarrollo de modelos y 4) normas. Quien puntualiza que aun cuando las normas no son propiamente un estudio, establecen condiciones específicas para el desarrollo de los mismos.

Para los tipos de datos recabados en campo, Brager y deDear en 1998, establecieron una clasificación en función de la precisión de los instrumentos de medición y los procedimientos de aplicación del monitoreo de datos (Bojórquez, 2010). La clasificación es la siguiente:

- Clase I: Los sensores y el procedimiento de aplicación es conforme a las normas ANSI/ASHRAE 55, ISO 7730 e ISO 7726.
- Clase II: Se miden variables necesarias para el cálculo del balance térmico, PMV y PPD como la temperatura ambiente, temperatura radiante, velocidad del viento, humedad relativa, vestimenta, metabolismo, y se aplican

cuestionarios de manera simultánea a las mediciones. Los equipos de medición utilizados cumplen con algunas normas de calidad.

- Clase III: Mediciones simples de temperatura interior, y en algunos casos de humedad relativa. Mediciones no continuas y de tipo asincrónico con relación a la aplicación del cuestionario.

2.6.2 Enfoques de estudio

Existen dos tipos de enfoques a través de los cuales se intenta explicar el fenómeno del confort térmico: de predicción conocido también como “enfoque predictivo” y el de adaptación, conocido como “enfoque adaptativo” (Urias Barrera, 2019).

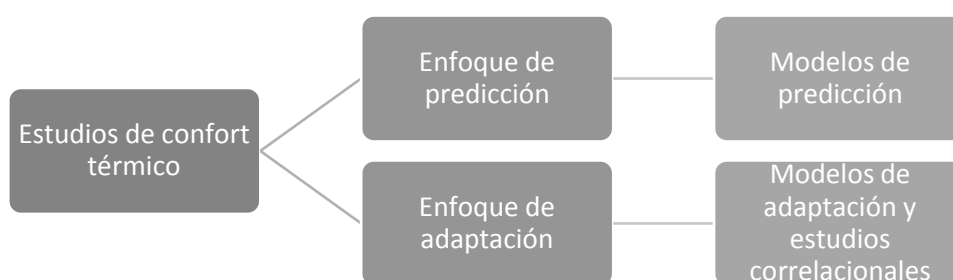
Como se muestra en la Tabla 3, el enfoque de predicción se realiza bajo condiciones de prueba controladas, el individuo es aislado y por lo tanto se manipula su aspecto psicológico, lo que repercute en la modificación del funcionamiento fisiológico. El enfoque de adaptación es un índice empírico de confort, implica varias interacciones de variables tanto físicas, biológicas (clima, metabolismo, aislamiento térmico), como psicológicas (adaptación, tolerancia, experiencia y expectativa) cualificables pero difícilmente cuantificables (Bojórquez, 2010).

predicción	Recopilación en laboratorio	Recopilación de datos en campo	adaptación
	Condiciones de prueba controladas	Condiciones de prueba con variación continua	
	Individuo aislado de su hábitat	El individuo se estudia en su hábitat	
	Se estudian reacciones fisiológicas	Se estudian reacciones fisiológicas y psicológicas	
	Individuo como receptor pasivo no busca el confort térmico	Individuo como receptor activo en busca de confort	

Nivel de adaptación: fisiológico	Nivel de adaptación: fisiológico, psicológico
----------------------------------	--

Fuente: Elaboración propia con base en Urías (2019)
Tabla 3. Enfoques de estudio del confort térmico

Los estudios realizados para entender el confort térmico, desarrollaron bases del estudio sobre el mismo, tiene sus principios en conocer los aspectos de tipo general, que permiten identificar los enfoques de estudio, sus modelos teóricos-conceptuales, además de sus ventajas y desventajas (Figura 2).



Fuente: Elaboración propia con base en Urías (2019)
Figura 2. Clasificación de los estudios de confort según su enfoque

2.6.3 Autores destacados

Diferentes autores han marcado un liderazgo dentro de las investigaciones sobre confort térmico, se presenta una clasificación general basada en el enfoque de estudio de adaptación.

Autor	Aportaciones
Webb	Estudios publicados en 1959, sobre climas en la franja ecuatorial, en Malasia y Singapur, de las cuales se generó el Índice de Confort Ecuatorial (ECI). Se basan en un análisis de observaciones, encuestas y mediciones de temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del aire.
McIntyre	Trabajos que se relacionan con el desarrollo y análisis de escalas de confort, variables meteorológicas y sensaciones subjetivas, el efecto de aislamiento de la ropa y las variables del ambiente construido involucradas en el confort térmico.

Humpreys	En 1975, dio inicio formalmente a los estudios con enfoque de adaptación, al realizar estudios de campo en los que encontró una relación estadística significativa de las neutralidades térmicas (o temperaturas neutrales) en las que se reportó un mínimo de estrés, en escalas subjetivas, en niveles medios de temperatura del aire o temperatura de globo (Ti) que experimentaron los sujetos de estudio (en interior o exterior) en un periodo aproximado de un mes.
Auliciems	Se ha destacado por sus estudios sobre ambiente térmico y confort, clima y su influencia en la morbilidad y mortalidad.
Griffiths	Investigaciones especializadas sobre la radiación solar y su efecto en el confort térmico. Así como las implicaciones del confort térmico en el potencial ahorro de energía en los edificios
Nicol	Sus estudios son con respecto al ambiente térmico y su influencia en los ocupantes, autorregulación humana, tiempo de exposición, sustentabilidad, normas y variación climática.
de Dear	Ha desarrollado varios trabajos sobre el enfoque de adaptación, preferencias térmicas, confort y ventilación natural, modelos para exteriores, entre otros. Dirección del proyecto RP-884 de ASHRAE, cuyos resultados dieron origen a los cambios en la norma sobre confort térmico ANSI/ASHRAE 55-2004.
Brager.	Investigaciones sobre los métodos para el desarrollo de modelos de adaptación, preferencias térmicas, ventilación natural y confort. Participación en el proyecto RP-884 de ASHRAE

2.6.4 Tendencias

- Confort térmico en el trópico húmedo: experiencias de campo en viviendas naturalmente ventiladas.

En un estudio de campo realizado en Maracaibo, Venezuela, se analizó el confort térmico en viviendas ventiladas naturalmente y de construcción ligera en las condiciones de un clima cálido y húmedo, con el propósito de contribuir con el

establecimiento de estándares locales sobre confort térmico para el diseño y construcción de edificaciones (G. C. Bravo Morales y González Cruz, 2003).

Se clasificaron en dos grupos los individuos para el análisis, uno de ocupantes que permanecen la mayor parte del tiempo en espacios ventilados, y otro de los encuestadores acostumbrados a ambientes con uso del aire acondicionado. La recopilación de información se realizó durante la estación seca de la ciudad de Maracaibo (en febrero y abril), con dos estudios de campo correspondientes a encuestas a habitantes de dos barrios en la zona norte de la ciudad, con 20 (abril, 1998) y 55 (febrero, 2000) personas respectivamente. Tres estudios corresponden a las encuestas aplicadas a individuos habituados a los edificios enfriados por aire acondicionado; el primero a 20 individuos (abril, 1998), y los otros a 48 individuos cada uno (febrero, 2001).

La selección de muestra no fue probabilística, y la encuesta se diseñó considerando las escalas de percepción evaluativa (RSTI) y de preferencia térmica (RPTI) que propone ISO 10551. En las encuestas también se registró la ubicación y características físicas de las viviendas, las cuales se agruparon por tipologías constructivas de acuerdo a la fase de la vivienda (formativa, en consolidación, consolidada), así como la vestimenta de los ocupantes.

Variables climáticas internas como la temperatura de bulbo seco (Tbs), la temperatura de bulbo húmedo (Tbh), la humedad relativa (HR), la temperatura de globo (Tg) y la velocidad del viento (Vv) fueron registradas como parte del estudio con equipos y sensores al aplicar las encuestas.

El análisis de los resultados mostró que las viviendas de ese sector de la población de Maracaibo no son adecuadas y se confirmó la premisa del modelo adaptativo, la cual refiere que los niveles de adaptación dependen de las experiencias y expectativas térmicas de los individuos y la tesis de que las condiciones donde las personas expresan neutralidad son el resultado del promedio de las condiciones internas de sus casas (G. C. Bravo Morales y González Cruz, 2003).

-
- Temperaturas de confort dentro de viviendas de bajo costo, Caso: seis ciudades de clima cálido en México.

Se realizó un estudio de campo, como parte de un proyecto financiado por el Consejo Nacional de la Vivienda (CONAVI) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) llamado “Confort térmico y ahorro de energía en viviendas económicas en México: regiones de clima cálido, seco y cálido húmedo”, de acuerdo a los principios del enfoque adaptativo en viviendas de bajo costo en seis ciudades mexicanas con clima cálido entre agosto de 2006 y mayo de 2007. Las ciudades donde se desarrolló el estudio fueron Mexicali, Hermosillo, La Paz, Culiacán, Colima y Mérida.

El enfoque de la investigación fue adaptativo, ya que puede evaluar la sensación térmica de los individuos en su propio hábitat; permite el estudio integral de las reacciones fisiológicas y psicológicas; y considera a los individuos como ocupantes proactivos, en busca de su confort térmico (Gómez-Azpeitia y cols., 2009).

Se aplicaron encuestas de acuerdo con ISO 10551 e ISO 7730 a sujetos sanos sin ninguna condición particular, como embarazo, periodo menstrual o enfermedad crónica pues estos factores influyen en la percepción de confort. La muestra para este estudio fue de al menos 150 personas por temporada climática, por cada ciudad.

El método empleado fue de correlación, consistió en la aplicación de encuestas y el registro simultáneo de datos climáticos como temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, temperatura de globo negro, humedad relativa y la velocidad del viento. Los datos recopilados se clasifican como Clase I por el tipo de equipo utilizado.

Se estimó la temperatura neutra (T_n) y los límites del confort térmico en cada ciudad, así como se correlacionaron los valores de temperatura de confort definidos en el estudio de campo con los valores promedio mensuales de temperatura exterior para cada temporada, lo que resultó en una alta correlación de $r = 0.898$.

$$T_n = 15.6 + 0.545(T_o)$$

- Sensación térmica percibida en vivienda económica y auto-producida, en periodo cálido, para clima cálido húmedo (2011).

Se realizó un estudio, comparativo entre dos investigaciones sobre confort térmico en Mérida, Yucatán, México, ciudad del sureste de México, con clima cálido húmedo.

En el estudio se utilizó un enfoque de adaptación, el cual según Gómez. Bojórquez y Ruiz, establece como parte de su aplicación el diseño de una investigación basada en correlaciones, lo que conlleva a un diseño de la investigación de tipo “no experimental” (García Gómez y cols., 2011).

Se aplicaron encuestas a habitantes de vivienda de tipo económica y auto-producida con base en la norma ISO 10551 (1995) y se registraron datos climáticos como temperatura de bulbo seco, temperatura de globo, humedad relativa y velocidad de viento. Se obtuvo una muestra de 150 encuestados, los cuales fueron hombres y mujeres entre 12 y 65 años de edad, sin condiciones biológicas particulares.

En este estudio se aplicó el método MIST a la temperatura de bulbo seco, se utilizó el método de medias por intervalo de sensación térmica para la estimación de la temperatura neutral (T_n), y se compararon preferencia, aceptación y tolerancia del ambiente térmico.

- Confort térmico y comportamiento energético en sistema constructivo residencial en Mexicali B.C.

Se realizó un estudio de campo en la ciudad de Mexicali, B.C., sobre el confort térmico y comportamiento energético entre los meses de marzo a octubre del año 2012, con enfoque de adaptación.

La recolección de información se hizo mediante la aplicación de encuestas con escalas de sensaciones percibidas de ISO 10551:1998, fue de tipo no experimental y los sujetos de estudio fueron personas que tuvieran una vivienda,

pues no se hicieron distinciones de edad, condición económica o tipo de elementos constructivos.

Con esta investigación, se buscaba determinar el efecto sobre el confort de usuarios residenciales y su relación con el empleo de elementos para ahorro y uso eficiente de la energía, sistemas constructivos y características de uso final de la energía en la vivienda.

Se concluyó que factores como hábitos de uso, eficiencia energética, aislamiento térmico están relacionados con el consumo energético y afectan la sensación de confort que manifiestan sus ocupantes.

- Modelos matemáticos para estimar el confort térmico adaptativo en espacios interiores: Un estudio en la transición térmica de Ensenada, B.C.

Es un estudio sobre confort térmico desarrollado con el enfoque adaptativo y de tipo correlacional, en edificios educativos ventilados naturalmente, durante la transición térmica del periodo cálido al periodo frío en la ciudad de Ensenada, Baja California con bioclima templado-seco. Los resultados muestran que se aplicaron cuestionarios diseñados con base en la ISO 10551 y la ANSI/ASHRAE 55; y se utilizaron instrumentos de medición con base en la ISO 7726. El estudio fue analizado con 818 encuestas y el registro simultáneo de la temperatura, la humedad relativa y la velocidad de viento, durante el año 2016. Para el procesamiento de datos recabados se emplearon los métodos de Regresión Lineal Simple y de Medias por Intervalos de Sensación Térmica. En cada caso, los parámetros térmicos estimados, respectivamente, fueron: 23.7 °C y 22.6 °C para la temperatura neutral; 21.4 °C a 26.0 °C y 19.7 °C a 25.7 °C para el rango de confort; y, $y=0.2159x-1.1115$ y $y=0.61x-9.78$ como modelos matemáticos para estimar el confort térmico (Rincón-Martínez y cols., 2020).

Capítulo 3. Marco teórico

3.1 Bioclimatología

Se ha estudiado el confort térmico desde varias perspectivas, como parte de esta revisión se seleccionó la bioclimatología, también conocida como biometeorología, como apoyo al objetivo principal de esta investigación. En esta disciplina existe un interés particular sobre el estudio, estimación y simulación del confort térmico humano (Bojórquez, Luna y Romero, 2013).

La Sociedad Internacional de Biometeorología (International Society of Biometeorology) define a la biometeorología como “una ciencia interdisciplinaria que estudia las interacciones entre los procesos atmosféricos y los organismos vivos”. Se encarga de manera particular del estudio de las relaciones entre los elementos climáticos y los seres vivos (Fuentes, 2009).

La biometeorología, ofrece herramientas para definir zonas o regiones similares en términos climáticos y de requerimientos de confort para la definición de estrategias de diseño regionales. En este caso, la ciudad de Mexicali tiene un clima desértico, caracterizándose por tener uno de los climas mundiales más extremos y considerado BWh según la clasificación climática de Köppen-Geiger.

Para autores como Givoni y Olgyay en la década de los 60's, el bioclima es el factor importante que interviene en los aspectos cotidianos de los seres vivos, y además una característica fundamental en el diseño de espacios interiores y exteriores. Por eso surge la importancia y la necesidad de desarrollar estudios y proyectos sobre el bioclima y confort térmico, sobre todo en regiones con climas extremos como el de Mexicali, B.C.

3.2 Radiación

La radiación solar es la energía emitida por la materia en forma de ondas electromagnéticas (o fotones) como resultado de los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas (Yunus A., 2013). Es la cantidad de energía que llega a la superficie en un intervalo de tiempo especificado, expresado como W/m^2 (Vega Carrillo y cols., 2020).

3.2.1 Efecto de la radiación sobre el confort térmico

La radiación térmica asimétrica es causada por las superficies frías de las ventanas grandes, las paredes no aisladas, así como por las superficies calientes (Yunus A., 2013). Causa incomodidad térmica por la exposición de lados diferentes del cuerpo a superficies con temperaturas diferentes y, por lo tanto, a distintas pérdidas o ganancias de calor por radiación.

La exposición a la luz solar en interiores produce un efecto sustancial en la comodidad de los ocupantes y en la energía del aire acondicionado necesaria para corregirla. En la mayoría de los edificios, la ganancia de calor de la radiación solar absorbida en el interior debe eliminarse mediante un alto consumo energético del aire acondicionado, y la radiación solar que cae sobre los ocupantes afecta directamente a su confort térmico (Arens y cols., 2015).

La sensación de “escalofrío” en invierno y “bochorno” en el verano en las viviendas, incluso cuando el ajuste del termostato se mantiene igual se debe al llamado “efecto de radiación”, resultante del intercambio de calor por radiación entre nuestros cuerpos y las superficies circundantes de las paredes y el techo (Yunus A., 2013). El calor solar absorbido y liberado en la ropa y la piel debe compensarse con el aire más frío y las temperaturas de la superficie alrededor del cuerpo para que el ocupante permanezca cómodamente en equilibrio térmico. La compensación de temperatura puede ser sustancial y más allá de la capacidad correctiva de los sistemas de enfriamiento convencionales.

3.3 Confort térmico

El termino confort lo define la Organización Mundial de la Salud como “un estado de completo bienestar físico, mental y social”, y confort térmico como “la condición mental que expresa satisfacción con el entorno térmico” según la norma ISO 7730. Se hace énfasis en condición mental, por lo tanto, es un fenómeno psicológico y no un estado psicológico (Gómez-Azpeitia y cols., 2007).

ASHRAE 55 define el entorno térmico como “las características del ambiente que afectan la pérdida de calor de una persona” y un ambiente térmico aceptable como “un ambiente que una mayoría sustancial de los ocupantes consideraría térmicamente aceptable”. Así pues, el confort térmico humano, representa las condiciones adecuadas de ambiente térmico, donde el sujeto puede desarrollar sus actividades de forma correcta con el menor esfuerzo metabólico (Bojorquez y cols., 2013).

Fanger (1970, 1973) propuso que la condición de confort térmico pertenecía a una situación que se experimentó y describió como térmicamente confortable. Según él, esta condición dependía de cuatro factores ambientales (temperatura del aire, temperatura radiante, velocidad del aire y humedad relativa) y dos variables corporales (actividad y valor de aislamiento de la ropa).

El confort se refiere de manera más puntual a un estado de percepción ambiental momentáneo (casi instantáneo), el cuál ciertamente está determinado por el estado de salud del individuo, pero además por muchos otros factores, los cuales se pueden dividir en forma genérica en dos grupos, en factores endógenos, internos o intrínsecos del individuo, y factores exógenos o externos y que no dependen del individuo (Fuentes, 2002) entre los cuales destaca los siguientes (Tabla 4):

Factores internos	Factores externos
Raza, sexo, edad, características físicas y biológicas, salud física o mental, estado de ánimo, grado de	Grado de arropamiento, tipo y color de la vestimenta, factores ambientales como temperatura del aire,

actividad metabólica, experiencia y asociación de ideas, tiempo de permanencia (aclimatación), etc.	temperatura radiante, humedad del aire, radiación, velocidad del viento, niveles lumínicos, niveles acústicos, calidad del aire, olores, ruidos, elementos visuales, etc.
---	---

*Fuente: Elaboración propia, 2020.
Tabla 4. Factores internos y externos del confort térmico.*

Estos parámetros y factores del confort influyen enormemente en la sensación de bienestar de los usuarios. Básicamente y en términos generales, el hombre califica un ambiente confortable, si ningún tipo de incomodidad térmica está presente (Godoy Muñoz, 2012).

Se sabe que las personas que no mantienen un buen grado de confort con su entorno, suelen tener problemas de salud, su rendimiento decrece, aumenta su irritabilidad, además que el ser humano debe mantener constante su temperatura corporal (entre 36.5 °C y 37.5 °C) bajo cualquier condición climática. Por eso cuando se habla de confort térmico es necesario considerar las relaciones que existen entre el medio ambiente térmico y las sensaciones fisiológicas y psicológicas que experimentan las personas frente las condiciones impuestas por ese ambiente.

El estudio del confort térmico, permite identificar los parámetros y factores que afectan las edificaciones residenciales, con el propósito de mantenerlas dentro de la llamada zona de confort o de bienestar mediante un buen diseño bioclimático y acondicionamiento interior. La creación de un ambiente térmicamente cómodo (mejorando las condiciones exteriores) siempre ha sido una de las prioridades del hombre a la hora de crear una vivienda o refugio (Godoy Muñoz, 2012).

3.3.1 Ambiente térmico

El ambiente térmico está conformado por parámetros de tipo meteorológico, fisiológico, del espacio arquitectónico o natural, y circunstanciales, los cuales influyen en la termorregulación humana y la sensación térmica percibida

(Bojórquez, 2010). La influencia que las condiciones adversas del ambiente térmico ejercen sobre las personas puede derivar en afectación directa a su bienestar, eficiencia y confort (Rincón y cols., 2017).

Los parámetros de tipo meteorológicos corresponden a la humedad relativa, velocidad de viento, radiación solar, radiación infrarroja y la temperatura del aire. La humedad no afecta directamente la carga de calor operativa del cuerpo humano, pero si determina la capacidad de evaporación del aire, por lo que influye en la capacidad de enfriamiento o no de la transpiración.

En lo que respecta a los parámetros fisiológicos se refiere a el sexo, la edad, la complexión física como el peso, estatura, área de piel, volumen, índice de masa, así como el metabolismo. La complexión física, según Bojórquez (2010), afecta de forma considerable la sensación de confort térmico.

El color, la textura, vegetación, ventilación, materiales constructivos o naturales, la adecuación del clima y climatización artificial, son parámetros del espacio arquitectónico. Las propiedades termofísicas de los materiales determinan su capacidad de almacenar, transmitir, reflejar y emitir energía, por lo que afectan en la temperatura del espacio (Bojórquez, 2010).

Los parámetros circunstanciales son el nivel de actividad, el estado de salud de las personas, la ingesta, la vestimenta, la aclimatación y el tiempo de permanencia en el espacio. El nivel de actividad se refleja de manera fisiológica en la relación metabólica y el estado de salud influye en la percepción de confort térmico al afectar funciones relacionadas con la termorregulación y el metabolismo.

3.3.2 Sensación térmica

La sensación térmica representa la fase final del proceso de análisis del ambiente térmico, el proceso inicia al realizarse una lectura del ambiente de tipo perceptivo donde se involucran aspectos psicológicos y fisiológicos, posteriormente se analiza esta primera información, a partir de la cual se inicia el proceso de termorregulación. Después de este registro se llega a la “toma de decisiones” de tipo psicológico sobre la sensación térmica percibida. Posteriormente en caso de

ser una condición de discomfort térmico se genera un requerimiento, el cual deberá satisfacerse por medio de acciones de termorregulación o modificaciones del ambiente térmico, que pueden ser desde consumo de bebidas frías o calientes, postura, vestuario y acondicionamiento del espacio e incluso cambios de espacio.

De acuerdo con Bojórquez (2010), los parámetros que hacen que la sensación térmica varíe se clasifican de la siguiente manera: Meteorológicos (temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento, radiación solar y radiación infrarroja), espacio construido (materiales, colores, texturas, climatización artificial, adecuación al clima, vegetación), circunstanciales (actividad, vestimenta, estado de salud, aclimatación, tiempo de permanencia en el ambiente térmico, ingesta), fisiológicos (sexo, edad, complexión física, metabolismo), psicológicos (hábitos y preferencias personales, expectativa y experiencia, control de la fuente de incomodidad, estimulación del medio, adaptación) y sociológicos (entorno cultural, entorno social, modo de vida, costumbres, tipo de alimentación, condición social, nacionalidad). La variación de cada parámetro afecta la manera como se percibe el ambiente térmico, por lo que la posibilidad de tener una sensación térmica de confort depende de ellos.

3.3.3 Enfoque adaptativo

El confort térmico estudiado con el enfoque de adaptación sirve como referencia para establecer la expectativa de los usuarios y sus condiciones térmicas preferidas, que pueden implicar aumento en el costo de operación por climatización artificial de los edificios (García Gómez, Bojórquez Morales, & Ruiz Torres, 2011).

Este enfoque implica varias interacciones de variables tanto físicas, biológicas (clima, metabolismo, aislamiento térmico), como psicológicas (adaptación, tolerancia, experiencia y expectativa) (Bojórquez, 2010), como se muestra en la Figura 3. La temperatura que las personas encuentran confortable se aproxima a la temperatura media que hayan experimentado, “esto implica que las condiciones que los ocupantes encuentran confortables están influenciadas por su experiencia

térmica y que se pueden adaptar a un amplio margen de condiciones” (Nicol y Roaf, 2005).

En el estudio de enfoque de adaptación, según Gómez Bojórquez y Ruíz, el diseño de la investigación se debe basar en correlaciones, lo que conlleva a un diseño de la investigación de tipo “no experimental” (Garcia Gomez y cols., 2011). Además, sus resultados varían respecto a las condiciones del lugar de estudio, a los estratos socioculturales e inclusive de cada individuo (Brager y de Dear, 2003).



Fuente: Bojórquez, 2010.
Figura 3. Tipos de enfoque de estudio confort térmico

Modelos de confort adaptativos

Modelo	Características
Temperatura neutral de Humphreys (Tn-Humphreys)	Surgió por estudios realizados en oficinas, escuelas, vivienda y áreas industriales, en lugares con climas cálido seco y húmedo, templado y frío hacia empleados, obreros, estudiantes y amas de casa. Los factores analizados fueron metabolismo y nivel de arropamiento, y en exterior se tomaron la TBS, HR, TGN.
Temperatura neutral de Griffiths (Tn-Griffiths)	Estudios en Europa realizados en oficinas, escuelas y vivienda, con clima templado, hacia empleados,

	estudiantes y amas de casa. Los factores analizados fueron metabolismo y nivel de arropamiento, y en exterior se tomaron la TBS, HR, TGN.
Temperatura neutral de Nicol (Tn-Nicol)	Estudios en Pakistán realizados en oficinas y vivienda, con clima cálido y semicálido, hacia empleados, estudiantes y amas de casa. Los factores analizados fueron metabolismo y nivel de arropamiento, y en exterior se tomaron la TBS, HR, RS.
Temperatura neutral de ANSI/ASHRAE 55	Estudios en 31 ciudades de 7 países diferentes, realizados en oficinas, escuelas, áreas industriales y vivienda, con clima cálido húmedo y seco, semicálido, templado y frío, hacia empleados, estudiantes y amas de casa. Los factores analizados fueron metabolismo y nivel de arropamiento, y en exterior se tomaron la TBS, HR, TGN, PR.
Temperatura neutral de Humphreys y Nicol	Estudios en diversos lugares, realizados en oficinas y vivienda, con clima cálido y semicálido, hacia empleados de oficina, estudiantes y amas de casa. Los factores analizados fueron metabolismo y nivel de arropamiento, y en exterior se tomaron la TBS y TGN.

Temperatura neutral Bravo y González-Cruz	Estudios en Venezuela, realizados en oficinas, escuelas y vivienda, con clima cálido y cálido húmedo, hacia empleados, estudiantes, y amas de casa. Los factores analizados fueron metabolismo y nivel de arropamiento, y en exterior se tomaron la TBS, HR y TGN.
Temperatura neutral de Ruiz	Estudio en México, aplicado en viviendas, con clima cálido húmedo, a empleados, estudiantes, y amas de casa. Los factores evaluados fueron metabolismo y nivel de arropamiento, y en exterior se tomaron la TBS, HR y TGN.
Temperatura neutral CONAVI	Estudio en siete ciudades de México, con clima cálido seco y cálido húmedo, a empleados, estudiantes, y amas de casa habitando viviendas en serie de tipo económico. Los factores evaluados fueron metabolismo y nivel de arropamiento, y en exterior se midieron la TBS, HR y TGN.

*Fuente: Elaboración propia, con base en Bojórquez, 2010.
Tabla 5. Modelos de confort adaptativos*

3.4 Método de simulación

El Instituto de Ingeniería de la UABC ha trabajado en una serie de proyectos orientados al ahorro y uso eficiente de la energía, lo que los ayudó a obtener una metodología confiable para determinar y caracterizar el comportamiento energético del sector residencial, con el fin de estandarizar el cálculo energético y proporcionar elementos sólidos para analizar, implementar y evaluar acciones

efectivas de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica a través de la simulación térmica.

Este programa informático para simulación térmica ha sido de gran utilidad en el análisis energético de edificaciones. Está programado en hojas de cálculo de Excel, donde cada módulo o archivo realiza cálculos específicos.

En el archivo de entrada de datos se selecciona la ubicación, se ingresa información sobre las dimensiones del recinto a evaluar, orientaciones, materiales de construcción de la envolvente, ocupación de la vivienda a lo largo del día, cantidad de habitantes, cargas internas, iluminación, eficiencia real o estimada del aire acondicionado, entre otras características del edificio. El archivo está vinculado a una base de datos interna que contiene información del lugar seleccionado, como la latitud, longitud, temperaturas máximas y mínimas, parámetros solares, coeficientes de ASHRAE y valores de resistencias térmicas.

En los archivos del simulador se calcula la temperatura exterior por hora, y la cantidad de radiación difusa y directa que reciben las superficies del edificio. El Método de Funciones de transferencia de ASHRAE se emplea para calcular las ganancias instantáneas de calor, potencia de enfriamiento, rapidez de retiro de calor, así como el consumo y facturación mensual. La metodología puede ser ampliamente utilizada para seleccionar y dimensionar equipo de aire acondicionado, para evaluar diferentes métodos constructivos y materiales de construcción, para probar diferentes diseños arquitectónicos, o bien establecer programas de ahorro y uso eficiente de la energía (Pérez Tello y cols., 2018).

El simulador ha sido utilizado en distintos proyectos desde los años 90, siendo en 1996 cuando se adaptó la metodología del Método de Funciones de transferencia de ASHRAE. Cabe mencionar que el programa es actualizado y mejorado constantemente.

3.4.1 Uso de simulación térmica

Con el propósito de ahorrar energía eléctrica en las viviendas residenciales de la ciudad de Mexicali, el gobierno federal mexicano inició un programa local llamado

Programa de Ahorro Sistemático Integral (ASI) en 1990. Este programa consistía en el aislamiento del techo, y en el reemplazo de aire acondicionado viejos de baja eficiencia por aparatos nuevos de alta eficiencia, lo cual se inició en 1997 y en 2003 se comenzó con el remplazo de refrigeradores viejos con más de 10 años de uso.

El uso de la simulación térmica permitió llevar a cabo las estrategias y acciones de ahorro de energía que pretendía el programa ASI, tanto en la ciudad de Mexicali como en todo el país. Con el paso del tiempo la simulación térmica ha demostrado ser una herramienta muy útil para el análisis y evaluación de proyectos, del sector residencial, público, gubernamental e industrial, relacionados con el ahorro y uso eficiente de la energía (Pérez-Tello y cols., 2018).

En 2008 se llevó a cabo un proyecto sobre una modelación híbrida mediante técnicas de inteligencia artificial, que, junto al desarrollo de una estrategia ocupacional en función de las variables climáticas, las cualidades constructivas y la ocupación, permiten minimizar el consumo energético de un hotel turístico. Se tomó como caso de estudio el Hotel Jagua de la Provincia de Cienfuegos, Cuba. En este proyecto se utilizó el simulador térmico para hacer una estimación de la carga de enfriamiento para distintos niveles de ocupación y diferentes condiciones climatológicas (Montelíer Hernández y cols., 2008).

El estudio de evaluación de temperaturas en México para analizar el ahorro y eficiencia de energía realizado en el periodo de 2010 a 2012, tuvo como objetivo recoger datos de tiempo en algunas regiones de nuestro país, a partir de los sistemas de datos especializadas para la simulación térmica de viviendas residenciales, edificios de oficinas, o cualquier tipo de construcción en México, empleando el programa de simulación térmica desarrollado por el Instituto de Ingeniería de la UABC. Con este se puede obtener una caracterización realista del comportamiento energético y establecer condiciones de conservación y uso eficiente de la energía para todo tipo de edificaciones en las regiones evaluadas (Magaña Almaguer y cols., 2016).

Capítulo 4. Materiales y métodos

Este capítulo presenta los métodos utilizados para la realización de la investigación, es decir, los procedimientos para obtener y analizar los datos. Se incluyen las características de la investigación, así como la descripción del caso de estudio, se definen las etapas del estudio correlacional, el diseño y desarrollo de un índice, el análisis de los datos y los resultados de la investigación (Figura 4).



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Figura 4. Esquema metodológico para la realización de la investigación.

4.1 Características de la investigación

4.1.1 Enfoque de estudio

La selección del enfoque de estudio se basa en los objetivos y características de la investigación, así como en la información presentada en el Capítulo 2 del documento, donde se describen las características específicas de los enfoques de estudio del confort térmico, y se hace un comparativo entre ellos. Se consideraron las características de cada uno y las similitudes con la investigación para elegir el enfoque conveniente a las necesidades del estudio.

Esta investigación analiza una muestra de habitantes dentro de sus viviendas, bajo condiciones reales de ambiente térmico, recabando información acerca de características físicas de las viviendas, así como de factores fisiológicos y psicológicos, con el fin de establecer una relación entre el consumo de energía eléctrica de los hogares y la percepción térmica de los habitantes. Con base en lo anterior, se eligió el enfoque de estudio de adaptación para cumplir los propósitos del trabajo.

También se tomó en cuenta que las personas pasan la mayor parte de su tiempo en el interior, en este caso dentro de sus viviendas, y la aplicación del enfoque de adaptación en una evaluación de campo, se ajusta mejor a las condiciones interiores (Höppe, 2002). Esto facilitó la selección del enfoque de estudio de adaptación sobre el de predicción.

4.1.2 Diseño de la investigación

El diseño que se elige en una investigación depende del problema que se quiere resolver y del contexto del estudio. Para la elección o desarrollo del diseño del estudio, es necesario definir cuál es el tipo de diseño más apropiado para la investigación: experimental, no experimental o múltiple, además, precisar el diseño específico y justificar el diseño elegido o desarrollado (Hernández Sampieri y cols., 2014).

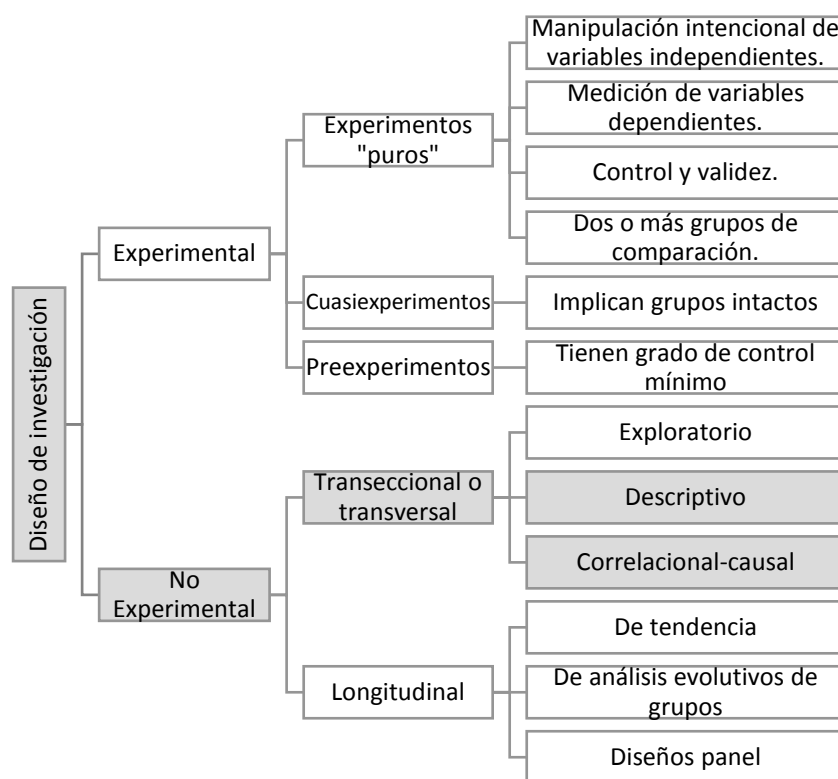
Los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula (denominadas variables independientes), sobre otras variables (las dependientes) en una situación de control (Hernández Sampieri y cols., 2014). En cambio, en los diseños no experimentales no se puede manipular las variables, se basa en la interpretación de los fenómenos como se muestran en su entorno o contexto real (Urías, 2019).

Según Bojórquez (2010), el enfoque de adaptación en el estudio del confort térmico establece como parte de su aplicación una investigación basada en correlaciones, lo que conlleva a un diseño de investigación de tipo “no experimental”. El tipo de diseño no experimental se puede clasificar en

transeccional o transversal y longitudinal, por su dimensión temporal o el número de momentos o puntos en el tiempo en los cuales se recolectan datos (Figura 5).

Los diseños de investigación transeccional o transversal se definen según Hernández Sampieri y cols. (2014), como investigaciones que recopilan datos en un momento único, se recomienda varias observaciones para mayor representatividad de los resultados, y los sujetos de estudio deben ser informados sobre la finalidad del estudio y se les debe aplicar el cuestionario por personal capacitado (Bojórquez, 2010). Estos se dividen en tres: exploratorios, descriptivos y correlacionales-causales.

En cambio, los diseños longitudinales recaban datos en diferentes puntos del tiempo, con pocas observaciones y los sujetos de estudio deben de conocer los objetivos del estudio y estar capacitados para responder las encuestas (Urías, 2019). Se clasifican en tres tipos: diseños de tendencia, diseños de análisis evolutivo de grupos y diseños panel (Hernández Sampieri y cols., 2014).



Fuente: Elaboración propia con base en Hernández Sampieri y cols., 2014.
Figura 5. Esquema sobre la clasificación del diseño de la investigación.

Considerando lo descrito anteriormente, y la necesidad de conocer tanto la percepción del ambiente térmico interior, como los consumos de energía eléctrica de las viviendas en la temporada cálida y en un periodo de transición (de frío a calor), se eligió el estudio de tipo transversal correlacional. De igual manera los objetivos y el enfoque de estudio adaptativo de esta investigación, permitieron definir el diseño apropiado a aplicar en este caso de estudio: transversal.

Cabe mencionar que, de acuerdo a la clasificación para los tipos de datos recabados en campo, en función de la precisión de los instrumentos de medición y los procedimientos de aplicación del monitoreo de datos (Bojórquez, 2010), mencionada en el estado del arte del capítulo 1, este estudio puede ser considerado clase III.

4.1.3 Definición operacional de las variables

La selección de variables se basó en los objetivos de la investigación, así como en el efecto de las mismas en la percepción de los individuos del ambiente térmico. Se analizaron las normas sobre confort térmico en interiores ISO 10551: 2019, ISO 7730: 2005, ISO 7726: 2002 y ANSI/ASHRAE 55:2004, además de casos de estudio referentes al confort térmico e implicaciones energéticas en viviendas.

Para conocer la percepción térmica de los individuos dentro de sus viviendas se emplea parte de la metodología de los estudios de campo sobre confort térmico clase III, basados en el modelo adaptativo. Este tipo de estudio consulta la opinión de las personas sobre el ambiente térmico que experimenta (G. Bravo Morales, 2014).

La información sobre percepción y preferencias térmicas de residentes de la ciudad de Mexicali en el interior de espacios habitacionales, se obtiene mediante la aplicación de un cuestionario (Anexo II). También se obtienen otros datos relacionados, como datos climáticos del ambiente exterior, en este caso los valores de la temperatura exterior al momento de la evaluación provenientes del encuestado y de una Estación Meteorológica.

Para la determinación de las implicaciones energéticas, se recolectó información básica mediante encuestas a diferentes usuarios de la ciudad necesaria para realizar simulaciones. A partir de estas se obtienen los consumos de energía eléctrica reales mensuales de un año, las características de la vivienda, orientación, área climatizada, materiales de construcción, dimensiones, capacidad del equipo de aire acondicionado, eficiencia energética, inventario de electrodomésticos, potencia de iluminación, y ocupación.

Se utilizó el simulador térmico de edificios desarrollado por el Instituto de Ingeniería de la UABC, para desarrollar los análisis energéticos. Este utiliza la metodología de funciones de transferencia propuesta por la Sociedad Americana de Aire Acondicionado y Refrigeración (ASHRAE), así como el criterio de horas-grado para determinar potencia de enfriamiento, rapidez de retiro de calor y consumo eléctrico de un recinto acondicionado.

4.1.4 Periodo de evaluación

En climas cálidos secos extremos como el de la ciudad de Mexicali, la mayoría de los edificios dependen de sistemas de aire acondicionado y electricidad, sin los cuales no pueden adaptarse a un clima más cálido. Esto lleva a un mayor uso de equipos eléctricos y energía para mantener el confort térmico deseado para los ocupantes, lo que a su vez genera más emisiones de gases de efecto invernadero que impulsan el cambio climático y el calentamiento global (Foruzanmehr, 2017).

El período de evaluación se determinó en función de las características climáticas de la ciudad, y al periodo de clases para alumnos de nivel superior, así como en la revisión de análisis climáticos de Mexicali en estudios de investigación como Urías (2019) y Gómez-Azpeitia y cols. (2009), donde se identificaron tres temporadas 1) Cálida (julio-agosto), 2) Fría (enero-febrero) y 3) Transición (marzo-abril y septiembre-octubre). De acuerdo a lo anterior, se determinó evaluar un periodo desde el mes de marzo 2020 hasta el mes de agosto 2020 durante los periodos de clases.

4.2 Caso de estudio

4.2.1 Universo de estudio

El universo de estudio fue el sector residencial de la ciudad de Mexicali. La concentración urbana se intensifica en la ciudad de Mexicali, el puerto de San Felipe y en algunos poblados del Valle de Mexicali, con 19 localidades urbanas. Según el Consejo Nacional de Población (CONAPO) el municipio de Mexicali en 2019 contaba con una población total de 1,078,892 habitantes, de estos 849,521 habitando la ciudad de Mexicali de los cuales 50.2 % son hombres (541,082) y 49.8% mujeres (537,810).

El municipio de Mexicali es el que cuenta con el más alto índice de familias con vivienda propia en la entidad. El INEGI contabilizó en el año 2010 un total de 211,495 hogares, y para el 2018 un total de 291,763 viviendas particulares habitadas, correspondiendo el 86.14% del total de los hogares, de los cuales el 73.02%, corresponde a los hogares nucleares (jefe(a) y cónyuge e hijos o jefe(a) e hijos), el 25.21% son hogares ampliados; es decir, un hogar nuclear con al menos otro pariente y el 0.96% son hogares compuestos, el cual corresponde a un hogar nuclear o ampliado con otro integrante sin parentesco (EBCO, 2018).

4.2.2 Muestra

Para el desarrollo de la investigación, la selección de muestra fueron aquellas viviendas particulares habitadas según los datos del INEGI, con servicio de energía eléctrica debido a que la investigación analiza tanto el confort térmico, como los consumos energéticos de las viviendas de los usuarios. La selección de sujetos para la aplicación del cuestionario fue de manera determinística, en vista de las facilidades de aplicar encuestas a alumnos universitarios con el apoyo de distintos docentes de dichas universidades.

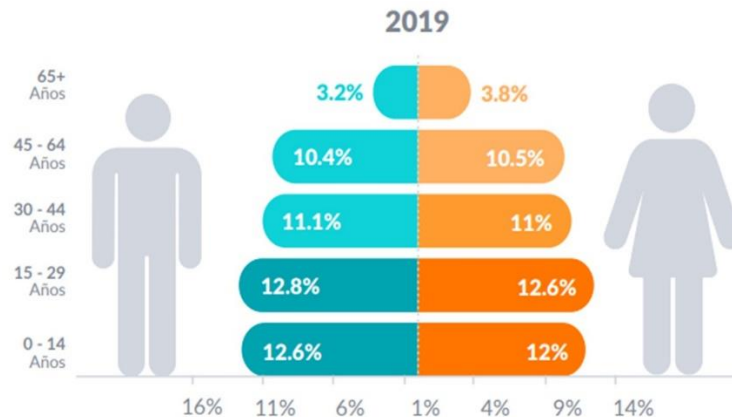
Se recabó un total de 285 cuestionarios llenados y capturados de manera completa durante el periodo de clases en los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2019, y los meses marzo, abril, mayo y agosto de 2020, esto a la población de Mexicali arriba de los 18 años de edad. El cuestionario se aplicó de dos maneras, se creó un instrumento en línea que se aplicó por medio

electrónico y en el año 2019 se aplicaron encuestas personales a alumnos de la UABC.

4.2.3 Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión.

- Los sujetos de estudio son personas mayores de 18 años que habiten una vivienda en la ciudad de Mexicali, tomando una muestra de viviendas.
- No se harán distinciones de sexo, condición económica, ubicación en la ciudad, envolvente de la vivienda, etc. De acuerdo con Fanger (1972), las diferencias de percepción térmica por motivo de nacionalidad, sexo, edad y hora del día, no figuran como significativas para la estimación de la temperatura de confort humano (Rincón Martínez, 2015)
- En el municipio de Mexicali, 72.1% de la población tiene menos de 45 años, concentrándose la población en los grupos de 0-14 y 15-29 años con un 50%. La mayor parte de la población en Mexicali es joven. Así que, para este estudio los participantes fueron mayores de 18 años, lo que facilita localizar y encuestar la masa poblacional con esas características ocupantes de viviendas particulares, y queda dentro de lo especificado por la norma ISO 10551 (2019).



Fuente: Centro Metropolitano de Información Económica y Empresarial (CEMDI)
Figura 6 Pirámide de edades del municipio de Mexicali.

Criterios de exclusión.

- Personas que se rehúsen a participar en la investigación.
- Encuestas incompletas o extraviadas.

-
- Encuestas con errores de llenado.
 - Usuarios con más de 6 meses residiendo en Mexicali B.C.

4.3 Encuesta en línea

4.3.1 Diseño de cuestionario

El diseño del cuestionario considera los objetivos de esta investigación, para conocer las características físicas de viviendas en Mexicali, así como la sensación y percepción de confort de sus habitantes. Su contenido está basado en el análisis de la norma ISO 10551(2019), de la cual se pueden utilizar escalas subjetivas para preguntar a las personas como sienten o perciben el ambiente físico en el que se encuentran, y en la revisión de ANSI ASHRAE55-2010 sobre condiciones ambientales térmicas para la ocupación humana.

Posteriormente se realizó un análisis de cuestionarios aplicados en proyectos sobre energía y confort térmico con enfoque de adaptación, véase Anexo I.

4.3.2 Trabajo de campo y aplicación de encuesta

El cuestionario utilizado en la encuesta, está basado en la norma ISO 10551(2019). Una vez aceptada la propuesta de encuesta en línea por el director de tesis, y un asesor experto en el tema, se llevó a cabo una prueba piloto de aplicación de encuesta por medio de plataformas electrónicas.

Esto fue de gran importancia para establecer tiempos de explicación y realización de encuestas, analizar la fluidez del cuestionario, evaluar los protocolos de aplicación de encuestas y la eficacia del método de trabajo. Con estas observaciones se realizaron cambios sustanciales tanto en la estructura y redacción de la encuesta, como en la manera de realizar las mismas.

La prueba consistió en aplicar la encuesta de manera aleatoria a habitantes de la ciudad de Mexicali. Una de las principales observaciones fue el tiempo que los encuestados se tomaban en responder el cuestionario debido a su extensión, y que la mayoría desconocía las características físicas de sus viviendas, pareciéndoles tedioso completar el cuestionario.

Debido a lo anterior, se hicieron cambios en la encuesta y en la manera de aplicar la encuesta a las personas. Se modificó la estructura de la encuesta, colocando al inicio las escalas subjetivas sobre la percepción del ambiente térmico, se elaboró un escrito complementario para explicar los reactivos de la encuesta subjetivos o poco conocidos por los encuestados, así como un manual de encuesta (Anexo III).

Se optó por la selección determinística, debido a las facilidades de aplicar encuestas a alumnos universitarios mayores de 18 años. En gran parte de los casos revisados sobre estudios de confort térmico, al aplicar el enfoque de adaptación, el proceso de selección de sujetos predominante es el determinístico (Urías, 2019).

Al momento de aplicación, se explicó a los participantes cómo responder adecuadamente la encuesta y se les pidió amablemente completarla ellos mismos cuando estuvieran dentro de su vivienda. Esto fue otra condicionante, pues había rezagos al momento de entregar la encuesta o estaban incompletas.

4.3.3 Cuestionario en línea

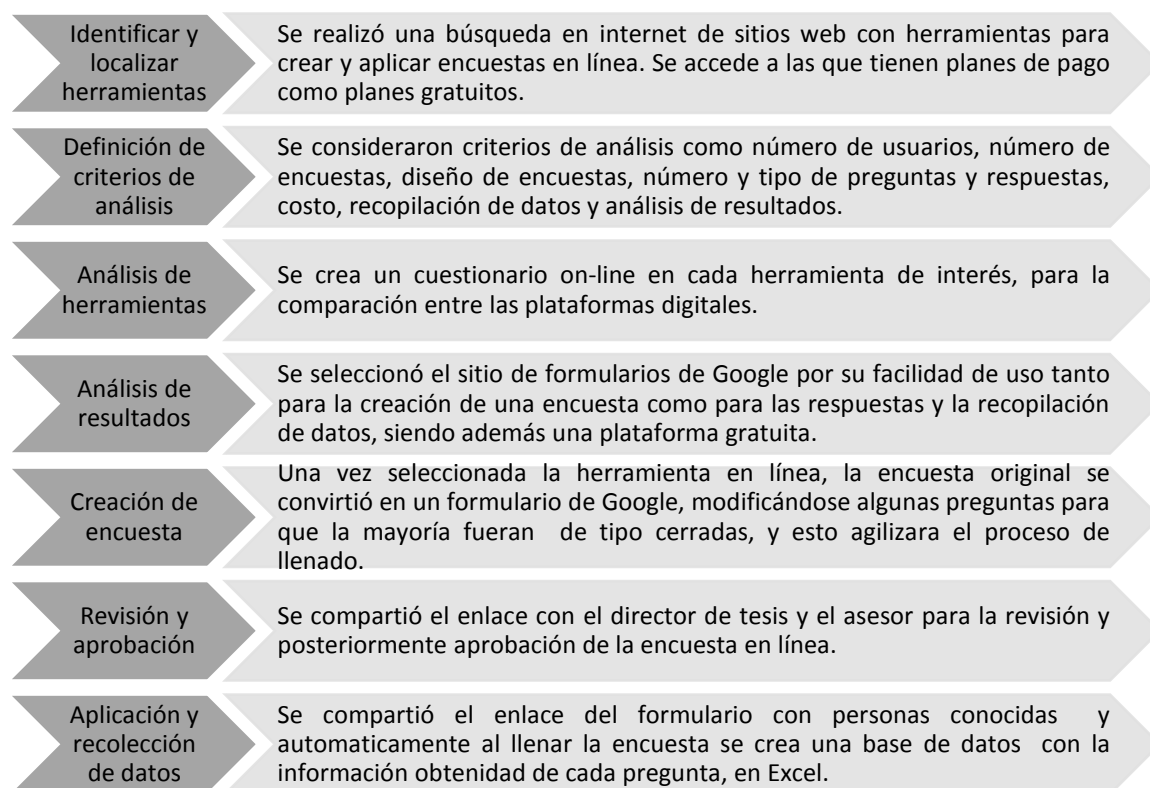
Una de las técnicas para la recolección de datos más usuales de la investigación cuantitativa es la aplicación de encuesta, la cual ha evolucionado notablemente desde hace un tiempo (Montoya y cols., 2016). Estos avances en parte por el avance tecnológico de las últimas décadas, así como del internet y sus distintas herramientas y aplicaciones.

El uso de encuestas a través de medios electrónicos ha incrementado, debido a la rapidez en la recolección de datos, el bajo coste a diferencia de las encuestas en papel y su adecuación para medir temáticas sensibles, siendo algunas completamente anónimas. Se trata de una modalidad que ha tenido un gran impacto en la investigación basada en encuestas (Montoya y cols., 2016).

Con base en lo anterior, se ideó la posibilidad de aplicar el cuestionario mediante plataformas digitales. Esto con el fin de agilizar el proceso de aplicación, de convertirlo en algo sencillo y económico, evitar errores de captura, así como mejorar el análisis de resultados.

La decisión de compilar información a través de un cuestionario en línea, también fue influenciada por el brote de un nuevo coronavirus SARS-CoV-2 (Covid 19) que se presentó a nivel mundial, convirtiéndose en una pandemia. Esta situación obligó a los países en todo el mundo a aplicar medidas drásticas para evitar su propagación, tales como distanciamiento social, suspensión de eventos masivos y las concentraciones de personas en espacios reducidos, así como optar por el aislamiento voluntario para evitar el contagio.

En México comenzó la contingencia epidemiológica y se suspendieron actividades desde marzo, así que la realización del cuestionario en línea era la única opción disponible para poder continuar con la investigación, gracias a la distancia física que su aplicación implica entre el entrevistador y el entrevistado físico. La estructura del cuestionario diseñado se transformó a un formato digital, pero para hacer este cambio se consultaron varias plataformas para crear encuestas en línea, así como sus costos y herramientas disponibles. Se muestra en la Figura 7 el proceso de creación de la encuesta en línea.



*Fuente: Elaboración propia, con base en (Montoya y cols., 2016).
Figura 7. Proceso de creación de encuesta en línea.*

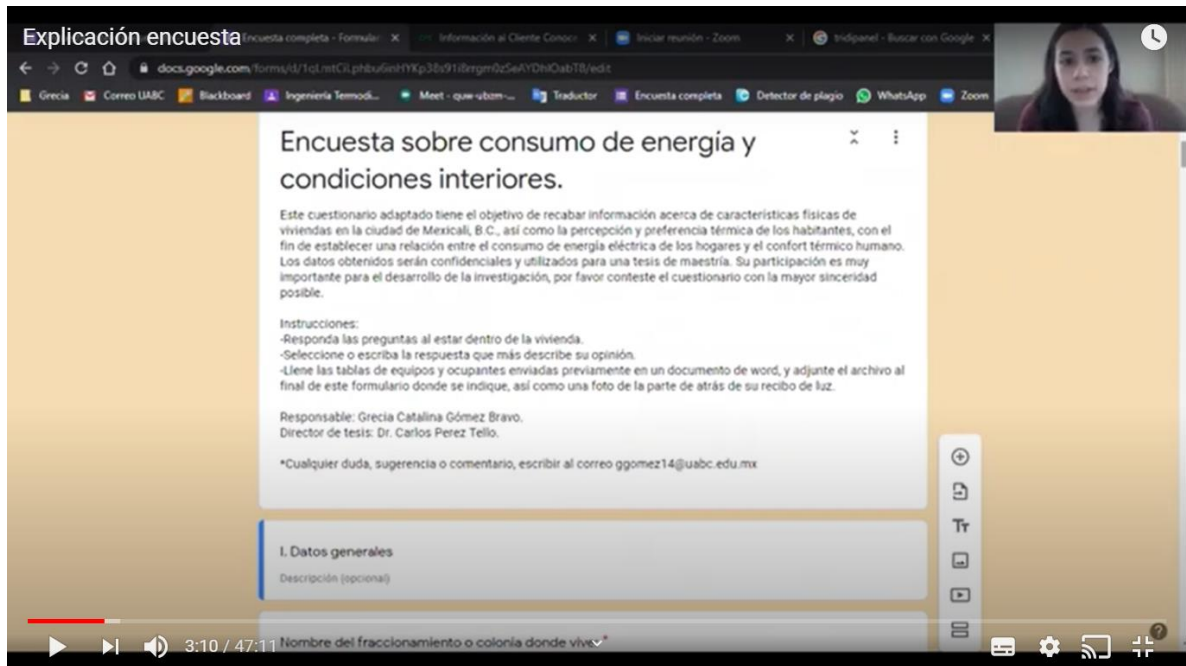
Con base en ese análisis se optó por utilizar los formularios de Google como se muestra en la Figura 8; siendo una herramienta fácil de utilizar, gratuita y con facilidad de gestión de resultados. Esto lo convierte en un método innovador para la recolección de información, pues se incrementa el número de respuestas al ser más amplio el alcance de la encuesta, siendo los únicos requisitos contar con conexión a internet y una cuenta de correo electrónico, además que el cuestionario puede ser llenado desde cualquier dispositivo y a cualquier hora del día.



*Fuente: Elaboración propia, 2020.
Figura 8. Vista en computadora y celular de la encuesta en línea.*

Este formato se aplicó durante los meses de marzo, abril, mayo y agosto de 2020, teniendo un total de 349 respuestas con captura de datos inmediatas, con la adición de 60 encuestas aplicadas en el año 2019, dando un total de 409 encuestas recabadas. El total de número de encuestas se redujo a 285 al revisar los datos obtenidos de los cuestionarios y cancelar aquellos con errores o incompletos.

Cabe mencionar que se realizaron sesiones grabadas vía ZOOM para explicar el cuestionario en línea y su proceso de llenado, a alumnos del Instituto Tecnológico de Mexicali, véase la Figura 9. Esta herramienta (video) podría ser útil para próximas aplicaciones del cuestionario.



Fuente: Elaboración propia, 2020.
Figura 9. Sesión grabada vía ZOOM para explicar el cuestionario en línea.

4.3.4 Captura de datos

Se diseñó una hoja de cálculo en el programa Excel, debido a su capacidad para hacer análisis estadístico, además de su compatibilidad con programas especializados sobre análisis estadístico. La base de datos incluye los grupos de la encuesta diseñada, así como los indicadores y sus variables del estudio.

En la Figura 10 se muestra la base de datos creada, incluye el número de encuesta, fraccionamiento o colonia, sensación térmica, preferencia térmica, aceptación personal del ambiente en verano e invierno, tolerancia personal actividad desarrollada, tiempo de esta actividad, donde se encuentra al momento de la encuesta, aparato para mejorar el clima, etc. Elementos constructivos como: materiales de muros y techos, elementos aislantes y consumos energéticos anuales, de verano y su consumo por metro cuadrado.

o. encuesta	I. Datos generales			II. Percepción del ambiente térmico interior de la vivienda						III. Información del habitante				IV. Nivel de actividad y aislamiento por	
	Fecha	Hora	Fracc o colonia	Sensación térmica	Preferencia térmica	Aceptación personal del ambiente verano	Aceptación personal del ambiente invierno	Tolerancia personal	Temperatura del termostato A	Enfermedad crónica	Enfermedad estacional	Condiciones particulares	Tiempo viviendo en México	Nivel de actividad	Tipo de vestimenta
92	16/05/2020	11:06:23 p. m.	Lucio Blanco	4	3	1	1	2	25°C	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
93	16/05/2020	11:10:40 p. m.	California Residencial	3	2	2	1	3	66°F	No	No	No	6 meses	Pasiva	Normal
94	17/05/2020	09:44:19 a. m.	Nacionalista	4	3	1	1	2	26 grados centigr	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
95	17/05/2020	10:39:41 a. m.	Fracc. Valle del pedregal	4	4	1	1	2	22 °C	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
96	17/05/2020	02:03:50 p. m.	Fraccionamiento 27 de s	5	3	1	1	1	22 C°	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
97	17/05/2020	02:25:01 p. m.	fraccionamiento villa col	4	4	1	1	1	24 grados °c	No	No	No	6 o más años	Moderada	Ligera
98	17/05/2020	08:24:48 p. m.	La Estrella	4	4	1	1	1	72°F	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
99	18/05/2020	01:18:21 a. m.	sevilla	4	4	1	1	1	75 F	No	No	No	2-3 años	Pasiva	Ligera
100	18/05/2020	03:14:09 a. m.	villas del rey primera eta	4	4	1	1	2	26 C	No	Si	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
101	18/05/2020	07:36:08 a. m.	Parajes de oriente	4	4	1	1	1	de 25°c a 20°c	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
102	18/05/2020	09:54:58 a. m.	Buenos Aires 1	4	3	2	2	3	20 C	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
103	18/05/2020	10:38:34 a. m.	Infonavit Virreyes	4	4	1	1	2	22 grados centigr	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
104	18/05/2020	11:48:17 a. m.	Villas del colorado	6	1	1	1	1	22°	No	No	No	6 o más años	Moderada	Ligera
105	18/05/2020	11:59:53 a. m.	colonia 18 de marzo	4	2	1	1	2	24 c	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
106	18/05/2020	01:04:42 p. m.	Insurgentes Este	4	4	1	1	2	24°C	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
107	18/05/2020	01:49:52 p. m.	Ejido Colima, Mexicali, Bc	4	3	1	1	2	°C	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
108	18/05/2020	02:05:53 p. m.	alamitos	4	3	1	1	2	24 c	No	No	No	6 o más años	Moderada	Ligera
109	18/05/2020	02:25:21 p. m.	Colonia Hidalgo	4	3	2	1	2	79 F	No	Si	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
110	18/05/2020	03:17:34 p. m.	fraccionamiento residen	4	3	1	1	2	no tengo termosta	No	No	No	2-3 años	Pasiva	Ligera
111	18/05/2020	03:46:41 p. m.	Toledo 1	4	4	1	1	2	80°F	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
112	18/05/2020	04:29:38 p. m.	Cantera Residencial	4	2	1	2	2	26-28 °C	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
113	18/05/2020	04:54:52 p. m.	Villas del Colorado	5	2	2	1	3	24 °C	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
114	18/05/2020	05:33:14 p. m.	colonia vallarta	4	2	2	1	2	25°C	No	No	No	6 meses-1 año	Pasiva	Normal
115	18/05/2020	05:46:28 p. m.	Villas del Colorado	4	3	1	1	1	25°C	No	No	No	4-5 años	Pasiva	Ligera
116	18/05/2020	06:13:39 p. m.	8	4	3	2	2	2	23	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
117	18/05/2020	06:38:49 p. m.	ejido coronitas	4	3	1	1	3	°C	No	Si	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
118	18/05/2020	06:47:22 p. m.	Parajes de puebla	4	2	1	1	1	18 °C	No	No	No	2-3 años	Moderada	Ligera
119	18/05/2020	06:57:59 p. m.	valle del pedregal	5	2	1	1	2	20 c	No	No	No	6 o más años	Moderada	Normal

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Figura 10. Base de datos a partir de la recopilación de datos obtenida de formularios de Google.

4.4 Simulador térmico

Se utilizó como herramienta para el comportamiento energético de cada vivienda el simulador térmico desarrollado por el Instituto de Ingeniería de la UABC, el cual permite calcular ganancias instantáneas de calor, potencia de enfriamiento, rapidez de retiro de calor, así como el consumo y la facturación mensuales. El simulador emplea el Método de Funciones de transferencia de ASHRAE, siendo aplicado y validado ampliamente desde los años 90 según (Suástegui Macías, 2014).

Una vez obtenida la información de cada cuestionario, se procesó para reproducir el comportamiento energético de cada vivienda analizada. Se obtuvo el consumo energético anual y de verano de las viviendas encuestadas por medio del simulador térmico, y se procedió a calcular la cantidad de kWh por área climatizada de cada vivienda encuestada en el programa Excel.

Para validar los resultados de la simulación, se reproduce el comportamiento energético de cada vivienda analizada y se ratifican los resultados al compararlos

con los consumos mensuales reportados en el registro histórico del recibo de CFE para cada usuario. Las simulaciones de cada vivienda se ajustaron hasta que los valores calculados y los reales no difirieran en más de un 3% para el acumulado anual y para el periodo de verano, garantizando la confiabilidad y reproducibilidad de los resultados al compararlos con los valores reales de consumo eléctrico.

4.5 Regresión lineal

Según Rincón (2015), los estudios correlacionales identifican y miden la relación existente entre dos o más variables en un contexto en particular, y las mediciones en las variables a correlacionar provienen del mismo grupo de sujetos evaluados.

La investigación empleó el enfoque de adaptación que establece como parte de su aplicación una investigación basada en correlaciones, lo que conllevó a un diseño de investigación de tipo “no experimental”. El diseño de la investigación es transversal-correlacional, pues se recopilaron datos en un momento único en ciertos periodos del año a usuarios residenciales de la ciudad de Mexicali seleccionados de manera determinística y se analizaron las relaciones de dos o más variables.

A partir de una escala subjetiva de siete niveles, se busca conocer la sensación térmica de los sujetos respecto a su consumo de energía eléctrica y contar con los elementos suficientes para correlacionar los datos, con base en un método estadístico de correlación univariable y así caracterizar la muestra.

El objetivo final de los estudios correlacionales se centra en conocer la forma en cómo se puede comportar una variable a partir de la actuación de otra, ambas relacionadas entre sí en un mismo estudio; es decir, su propósito es intentar predecir el valor aproximado que tendrá un grupo de individuos en una variable, a partir del valor que tienen en la variable relacionada, posteriormente se determina si las dos variables están o no correlacionadas, y si están, de qué manera. La forma en que se puede identificar la relación de dos o más variables es cuando el valor de una varía en correspondencia a la variación del valor de la otra. El tipo de correlación se puede clasificar en:

-
- Correlación positiva. Cuando los estudios con altos valores en una variable tenderán a mostrar altos valores en la otra variable también.
 - Correlación negativa. Cuando los estudios con altos valores en una variable tenderán a mostrar bajos valores en la otra variable
 - Correlación nula. Cuando el valor de las variables de un estudio varía sin seguir un patrón sistemático entre sí; por ejemplo, en ocasiones se tendrán altos valores en una de las dos variables y bajos en la otra, altos valores en una de las variables y valores medios en la otra, altos valores en una variable y altos en la otra, bajos valores en una variable y bajos en la otra, y, valores medios en las dos variables, entre otros.

El factor determinante permite analizar la consistencia de cada resultado y, por ende, el grado de relación entre ambas variables, fueron los coeficientes de determinación (R^2) y de correlación (R). De esta manera, Bojórquez (2010) menciona que la R^2 sirve para identificar el grado de dispersión de las respuestas dadas respecto a las variables físicas registradas simultáneamente (Rincón Martínez, 2015), establece los siguientes rangos respecto al valor del coeficiente de determinación:

- Si la $R^2 \geq 0,9$ la correlación es muy alta, por lo que hay certeza en la concentración de respuestas, la muestra no es dispersa.
- Si $0,7 \leq R^2 < 0,9$ se puede decir que la correlación es alta, la muestra es poco dispersa.
- Si $0,5 \leq R^2 < 0,7$ la correlación es media, la muestra tiene una concentración moderada.
- Si la $R^2 < 0,5$ la correlación es baja, con alto grado de dispersión en la muestra, por lo que no hay claridad en la percepción de la ST de la muestra. En caso de que un valor de b (pendiente de la recta) presente una correlación baja, se considerara más apropiado el próximo inmediato con un valor de R^2 de al menos una correlación media ($0,5 \leq R^2 < 0,7$).

Se aplicó regresión lineal para cada caso de estudio. La intersección de la línea de regresión con la ordenada de nivel 4, que es la que representa ni frío ni calor, determina la temperatura de confort ideal. Para este proceso se desarrolló una hoja en el programa de Microsoft Excel.

El universo de estudio en este caso fue el sector residencial de Mexicali, se consideraron los consumos eléctricos y su relación con la superficie de construcción, características de construcción de muros y techos, y la temperatura promedio exterior. Con la técnica de análisis de regresión univariable, se obtuvieron modelos por separado del impacto de cada variable sobre el consumo eléctrico. Se utilizó el comportamiento anual del consumo eléctrico (kWh) y las sensaciones térmicas percibidas por los usuarios; el indicador utilizado fue consumo anual y de verano por área de construcción climatizada de las viviendas (kWh/m²/año).

4.6 Método de Medias por Intervalos de Sensación

El análisis de datos se llevó a cabo con el método de Medias por Intervalos de Sensación Térmica (MIST) (Gómez-Azpeitia y cols., 2009; Bojórquez, 2010; Rincón, 2015; Urias, 2019), para climas “asimétricos”. Al utilizar este método se determinan, de entre la muestra estudiada, grupos o estratos de esta para calcular el valor promedio y la desviación estándar de cada uno de ellos. Así, el análisis de regresión se hace con los valores medios para cada uno de los estratos de sensación térmica percibida, y los rangos se utilizan implementando en estos valores medios ± 1 y ± 2 desviaciones estándar.

Este método tiene como propósito determinar el valor medio de la variable independiente de todas las repuestas de cada nivel de sensación térmica percibida, en este caso el consumo anual por metro cuadrado (kWh/m²/anual), así como en el periodo de verano. Con este procedimiento, se calcula el consumo kWh/m² promedio de los usuarios que indicaron sentirse en confort térmico, pero también de quienes expresaron otras sensaciones térmicas. Con base en lo anterior, se procesaron por separado los datos colectados en el estudio de campo

de acuerdo con cada una de las siete categorías de respuesta de confort térmico según ISO 10551 (2019).

Se determinaron para cada una de ellas los valores promedio y desviación estándar de los consumos registrados para cada respuesta colectada. Cuando el número de respuestas de determinado grupo no fue suficiente para obtener resultados confiables, se omitió el procedimiento y se eliminó la categoría, que en este caso fueron las categorías 1 y 7 de la escala de sensación térmica.

Una vez que se obtuvieron estos datos se establecieron los rangos de distribución para cada categoría de respuesta. Se hizo a partir del valor medio de consumo kWh/m² y la adición de $\pm 1DE$. Este primer rango incluye teóricamente el 68% de las personas que expresaron tener una misma sensación térmica. Se repite el procedimiento y se adiciona $\pm 2DE$ a consumo medio, con lo que teóricamente se incluye el 95% de la población que emitió un mismo voto de sensación térmica (Bojórquez, 2010).

Finalmente se hizo una regresión lineal con los valores que fueron obtenidos, para determinar las rectas correspondientes a los límites extensos de los rangos definidos por kWh/m² $\pm 2DE$, y a los límites reducidos definidos por consumo de kWh/m² $\pm 1DE$.

De esa forma se obtuvieron gráficas para el periodo de estudio. La intersección de cada una de las líneas de regresión con la ordenada cuatro (que representa la sensación térmica de confort: ni calor, ni frío) determinaron el valor de consumo de kWh/m² según el método MIST, así como los valores límites de los rangos de confort térmico.

Capítulo 5. Resultados

Con base en los datos obtenidos, se realizó un análisis de la información. La aplicación del estudio correlacional se llevó a cabo en función de las condiciones del caso de estudio, se estableció un análisis para el periodo de verano y anual que fue la combinación de periodos, así como las características físicas de la vivienda. Se caracteriza la muestra de usuarios residenciales por sistema constructivo, niveles de consumo y percepción de confort en sus viviendas. El método utilizado fue el Método de Medias por Intervalos de Sensación Térmica (MIST). La variable correlacionada con la sensación térmica percibida fue el consumo de energía eléctrica del sector residencial en la ciudad de Mexicali.

5.1 Análisis de la vivienda

Se presenta la distribución de las viviendas estudiadas, en función de las principales características consideradas en el estudio. El total de encuestas aplicadas fueron al sector residencial con servicio de electricidad, ubicados en más de 100 colonias de la ciudad de Mexicali, del total de viviendas encuestadas el 57% de los techos están contruidos con materiales pesados como losa de concreto y el resto con materiales ligeros como madera (Figura 11).

En el caso de los muros, en el 97% de las viviendas encuestadas están contruidos con material pesado (bloque, concreto, ladrillo, adobe), mientras que sólo el 2% cuentan con muros de material ligero (madera). De manera general, los muros y techos del 96% de la muestra de viviendas están contruidos con los materiales pesados ya mencionados. En la Figura 11 se muestran las distribuciones de materiales en las viviendas estudiadas.



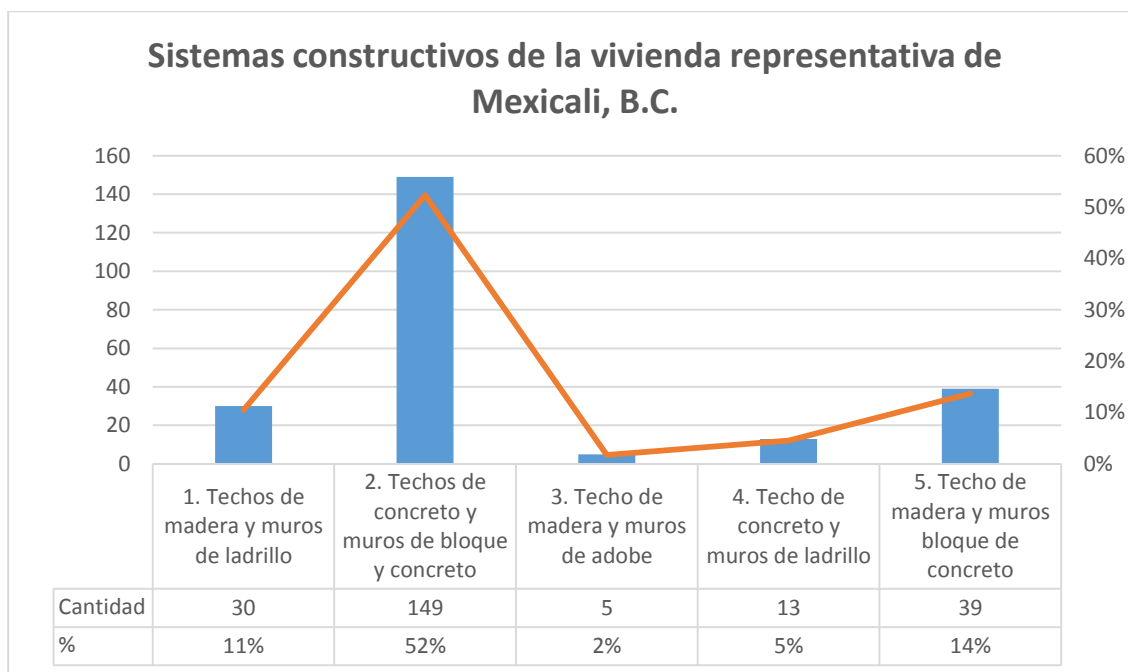
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Figura 11. Distribución de materiales en las viviendas encuestadas.

En estudios realizados sobre la vivienda representativa de Mexicali, se encontró que 33.8% está construida con techos de madera y muros de ladrillo; 28.2% con concreto y bloque de concreto, que constituyen 62% de la vivienda representativa (Romero, 1994). En términos generales, algunas de las características de la vivienda son predominio del uso de la madera y el concreto en techos, predominio del bloque de concreto y el ladrillo en muros y escasa presencia de aislamiento térmico en techos y muros (Romero, 2000).

En este estudio, el porcentaje de viviendas construidas con techos de madera y muros de ladrillo fue de 11 %, y el 52% representa las viviendas con techos de concreto y muros de bloque y concreto, que sumados representan el 63% de la vivienda representativa para la muestra (Figura 12). El porcentaje de usuarios que indicaron sentirse en confort térmico, es decir, el nivel 4 de la escala de Sensación Térmica, que es ni frío ni calor, fue de 53% y 29% respectivamente para las características de la vivienda. El bajo nivel de confort en el segundo caso se debe principalmente por el uso no adecuado de materiales de construcción en clima cálido-seco, que favorecen una mayor ganancia térmica en el interior y hace que se requiera una mayor cantidad de energía y de capacidad en el equipo de aire acondicionado que en el primero (Romero Moreno, 2002).

VST	16	43	4	9	23
-----	----	----	---	---	----



Fuente: Elaboración propia, 2020

Figura 12. Porcentajes de los sistemas constructivos de la vivienda representativa de Mexicali, B.C.

5.2 Análisis de la percepción del ambiente térmico

En el caso de las escalas subjetivas de confort térmico aplicadas, durante el periodo de evaluación el 54% de la muestra total respondió sentirse cómodo con el ambiente térmico dentro de su vivienda, es decir 154 sujetos respondieron no sentir *ni calor ni frío*, opción número 4 de la escala de ST (Tabla 6).

VST	ST	Cantidad	Porcentaje
Frío	2	17	6%
Algo frío	3	54	19%
Ni calor ni frío	4	154	54%
Algo de calor	5	34	12%
Calor	6	19	6.6%
Mucho calor	7	7	2.4%

*Fuente: Elaboración propia con base en los datos recabados, 2020.
Tabla 6. Porcentaje de votos de sensación térmica.*

Esto puede deberse a la eficacia de la adaptación de los residentes al clima cálido de la ciudad de Mexicali, y a que las personas son libres de vestirse de acuerdo con la temperatura ambiente en sus propias viviendas (Rijal y cols., 2020), así

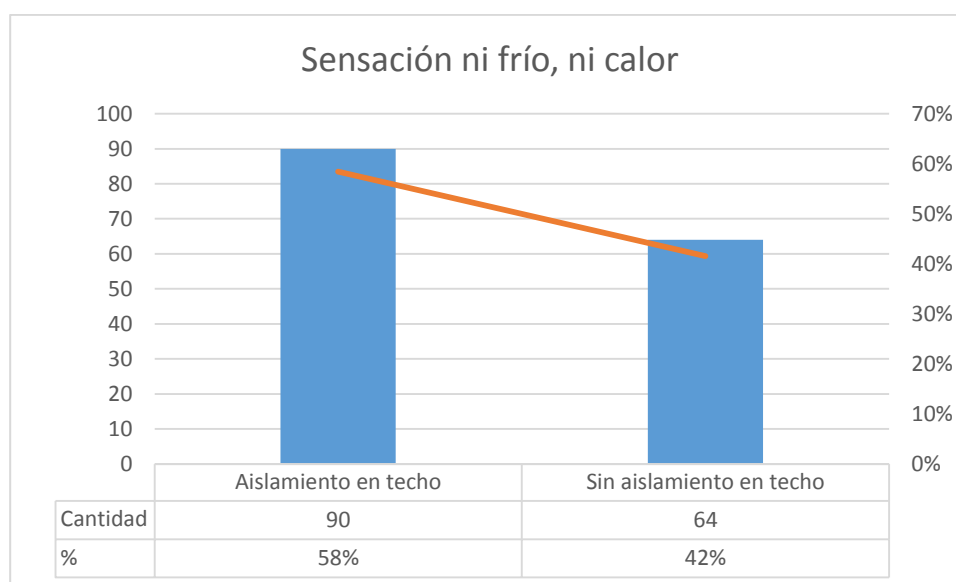
como el uso de aparatos para ajustar el ambiente interior, como se muestra en la Tabla 7, donde la mayoría de usuarios estaba utilizando el aire acondicionado, los cuales operan para establecer y mantener condiciones cómodas para la ocupación humana en las edificaciones (Brahme y cols., 2019).

Aparato utilizado	Ninguno	A/C	Ventilador techo	Ventilador pedestal
cantidad	41	92	12	9
%	27%	60%	8%	6%

Fuente: Elaboración propia con base en los datos recabados, 2020.

Tabla 7. Aparatos utilizados durante la evaluación de confort térmico

De los 154 usuarios que respondieron sentir confort, 58% utiliza materiales aislantes en el techo de su vivienda (Figura 13). Es decir, poco más de la mitad de esas personas encuestadas utiliza el aislamiento en techo como estrategia de adecuación ambiental que favorece mejores condiciones térmicas en el interior.



Fuente: Elaboración propia con base en los datos recabados, 2020.

Figura 13. Aislamiento en techo.

Para la preferencia térmica, 38% respondieron sin cambios en el ambiente térmico al momento de realizar la encuesta, mientras que el 30% y 19% preferirían sentirse un poco más frescos y más frescos respectivamente. En el caso de la aceptación personal, la gran mayoría de sujetos encuestados consideraron generalmente aceptable el ambiente térmico dentro de sus viviendas, tanto en el periodo de verano como en el de invierno, y para el 52% de las personas al

momento de responder la encuesta el ambiente interior de su vivienda era simplemente tolerable (ver Anexo IV).

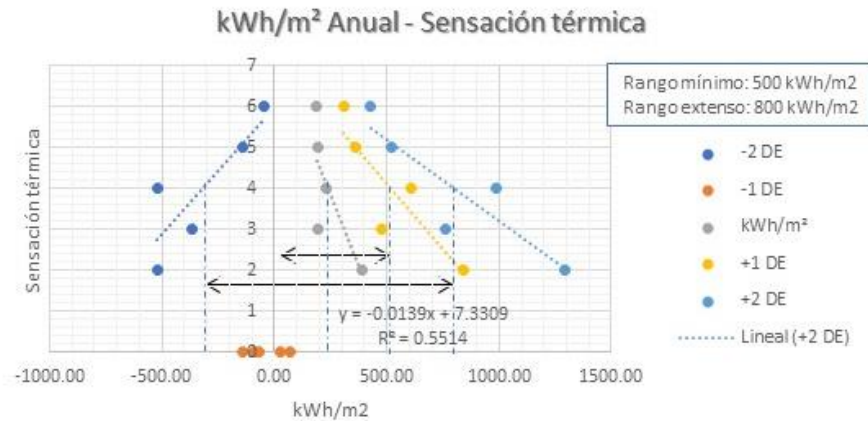
5.3 Sensación térmica percibida por kWh/m²

El análisis de correlación de datos entre la sensación térmica percibida y el consumo de energía eléctrica se llevó a cabo con la adaptación del Método de medias por Intervalo de Sensación Térmica (MIST), propuesto por Gómez-Azpeitia et al., (2007), el cual fue desarrollado con base en la propuesta de Nicol (1993), para los climas “asimétricos”; que consiste en utilizar la estadística descriptiva en la determinación de un valor neutral de la variable independiente, que se considera la de confort térmico, en este caso el valor de consumo de energía eléctrica.

5.3.1 Comportamiento anual

El análisis del efecto del consumo eléctrico anual presentó una sensación térmica de confort y frío conforme aumentó el consumo kWh/m². En lo que respecta a las respuestas de VST dadas por los usuarios, se tiene que la de ni calor, ni frío es la que predomina con un porcentaje de 54% de las observaciones, mientras que las sensaciones de mucho calor y mucho frío se descartaron en el análisis por su baja o nula frecuencia de respuestas (Tabla 6).

Se observó que las líneas de regresión de +1DE y ±2DE tuvieron una tendencia convergente a las sensaciones de “algo de calor” y “calor” lo cual indica efectos favorables del consumo eléctrico anual en el aumento de la sensación térmica, y divergentes hacia la sensación de algo de frío, observando efectos de mayor consumo eléctrico al disminuir la sensación térmica (Tabla 8).



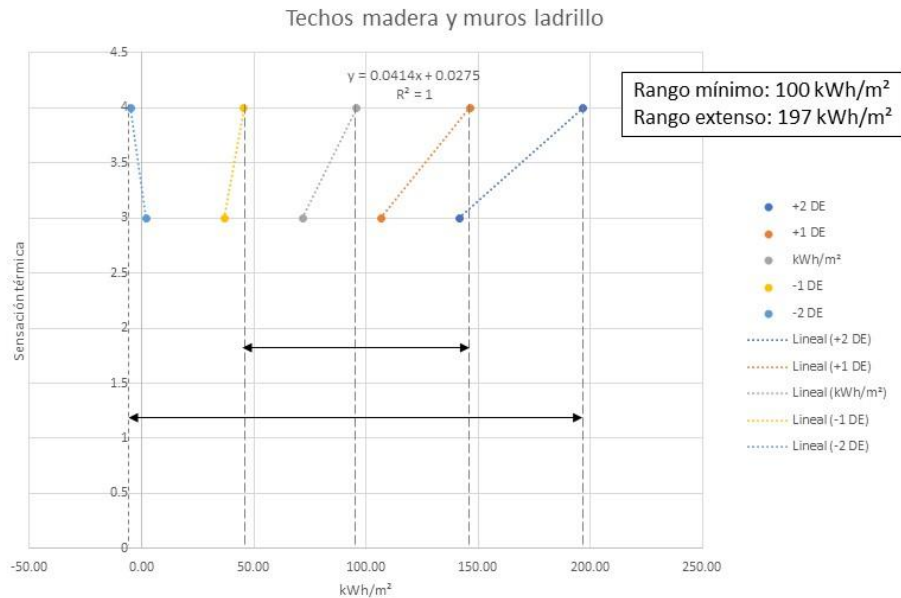
-2 DE	-1 DE	kWh/m ²	+1 DE	+2 DE	VST	ST
-518.33	-64.93	388.47	841.87	1295.27	2	Frío
-367.84	-86.30	195.24	476.78	758.32	3	Algo frío
-517.47	-141.93	233.60	609.14	984.68	4	Ni calor ni frío
-137.39	28.19	193.76	359.34	524.92	5	Calor
-47.27	71.53	190.34	309.14	427.94	6	Mucho calor

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 8. Análisis de confort térmico por efecto de consumo eléctrico anual por área climatizada

- Sensación térmica por kWh/m² anual de acuerdo características de vivienda representativa de la ciudad de Mexicali.

Techos de madera y muros de ladrillo: Para estas características de vivienda las observaciones fueron pocas, y sólo fueron significativos dos niveles de sensación térmica, al no tener demasiados datos esto se refleja en un alto valor de R^2 . Las líneas de la regresión lineal indican efectos favorables del consumo eléctrico en el descenso de la sensación térmica, y divergen en el extremo de las respuestas 4- ni calor ni frío, aumentando el consumo eléctrico para sentir confort (Tabla 9).

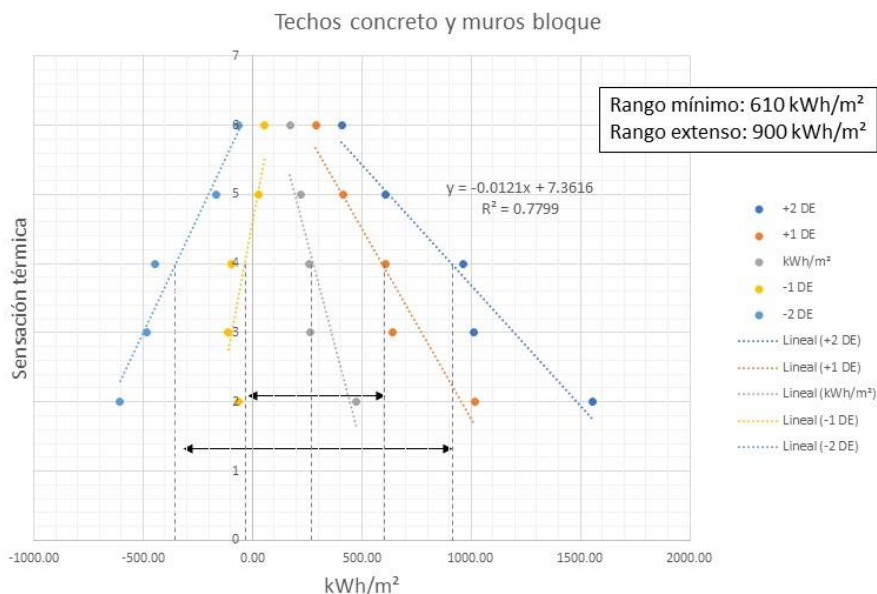


Análisis consumo eléctrico anual por área climatizada- Sensación térmica							
DS	-2 DE	-1 DE	kWh/m²	+1 DE	+2 DE	VST	ST
						2	Frío
34.90	2.05	36.95	71.84	106.74	141.63	3	Algo frío
50.43	-4.85	45.58	96.01	146.44	196.87	4	Ni calor ni frío
						5	Algo de calor
						6	Calor

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 9. Análisis de confort térmico por efecto de consumo eléctrico anual por área climatizada en viviendas con techos de madera y muros de ladrillo.

Techos concreto y muros de bloque: Las líneas de la regresión lineal convergen en las sensaciones de “algo de calor”, indica menor consumo eléctrico en el aumento de la sensación térmica, y divergen en el extremo de las respuestas indica el aumento del consumo eléctrico al disminuir el nivel de sensación térmica (Tabla 10).



Análisis consumo eléctrico anual por área climatizada- Sensación térmica							
DE	-2 DE	-1 DE	kWh/m ²	+1 DE	+2 DE	VST	ST
540.5	-605.65	-65.15	475.34	1015.84	1556.34	2	Frío
374.91	-485.05	-110.14	264.76	639.67	1014.58	3	Algo frío
352.63	-447.84	-95.22	257.41	610.04	962.67	4	Ni calor ni frío
193.3	-163.70	29.63	222.96	416.29	609.62	5	Algo de calor
118.1	-63.17	54.91	172.98	291.06	409.13	6	Calor

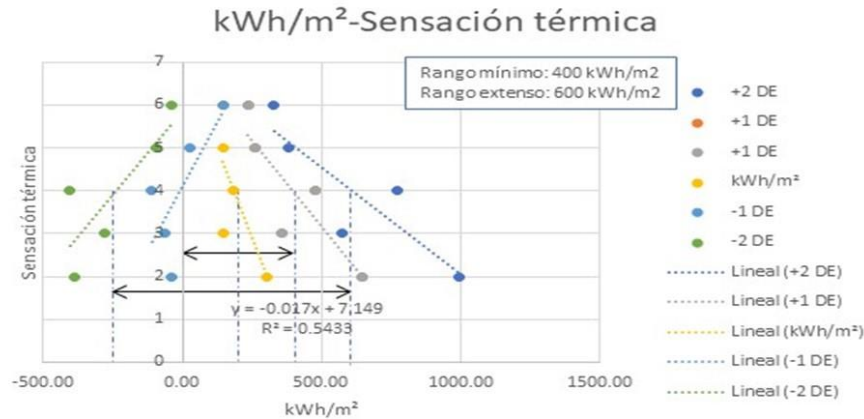
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 10 Análisis de confort térmico por efecto de consumo eléctrico anual por área climatizada en viviendas con techos de concreto y muros de bloque.

5.3.2 Comportamiento verano

Para el caso del análisis del consumo eléctrico de verano, las líneas de la regresión lineal convergen en las sensaciones de “algo de calor” y “calor”, las líneas de -2DE y -1DE quedan en el plano negativo, debido a que la desviación es mayor que el consumo promedio, dando resultados negativos para estas dos líneas de regresión.

Los efectos del consumo son favorables al aumentar la sensación térmica y sentir confort, es decir cuando convergen en el extremo de las respuestas, y el consumo aumenta al divergir las líneas de regresión en la sensación de “algo de frío”.



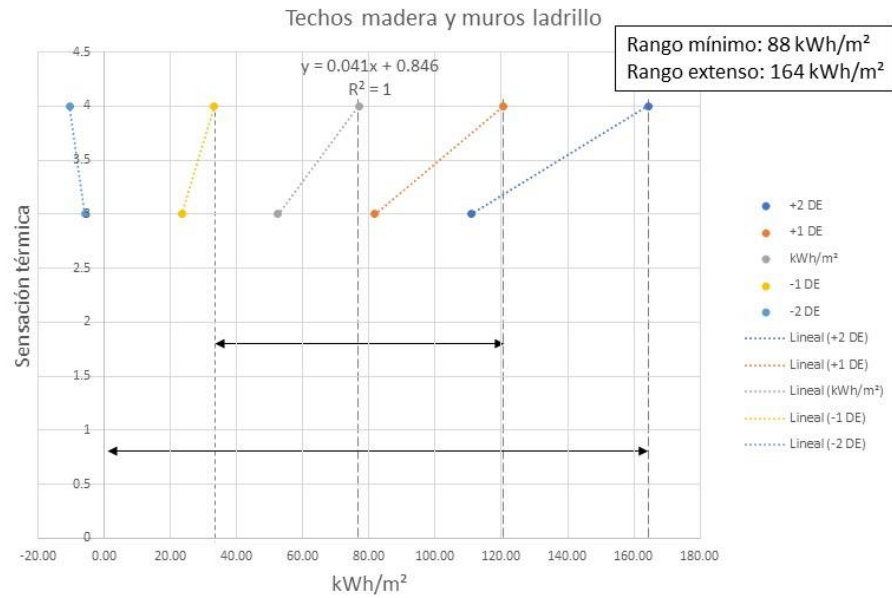
-2 DE	-1 DE	kWh/m ²	+1 DE	+2 DE	VST	ST
-387.19	-41.58	304.02	649.63	995.23	2	Frío
-277.46	-65.14	147.17	359.49	571.80	3	Algo frío
-404.98	-110.97	183.04	477.04	771.05	4	Ni calor ni frío
-92.32	26.48	145.28	264.09	382.89	5	Calor
-38.48	145.40	145.40	237.34	329.28	6	Mucho calor

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 11 Análisis de confort térmico por efecto de consumo eléctrico en verano por área climatizada.

- Sensación térmica por kWh/m² de verano de acuerdo características de la vivienda representativa de la ciudad de Mexicali.

Techos de madera y muros de ladrillo: Al igual que en el caso mencionado de análisis de consumos anuales para estas mismas características de la vivienda, sólo dos niveles de sensación térmica fueron significativos, y al ser pocos datos para el método de regresión la R^2 aumenta. El efecto del consumo es favorable al disminuir la sensación térmica, y se puede observar cómo el nivel de confort de los usuarios aumenta igual que su consumo eléctrico (Tabla 12).

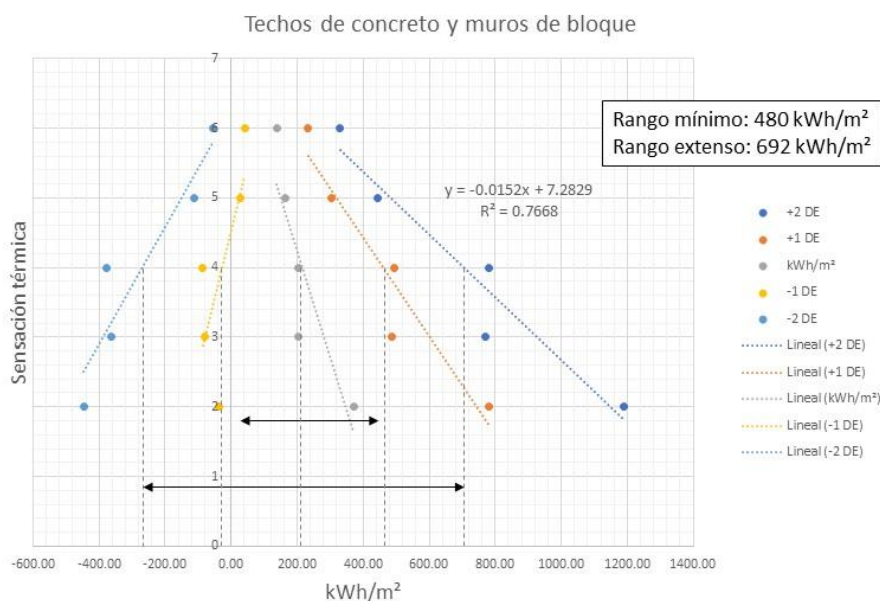


Análisis consumo eléctrico verano por área climatizada- Sensación térmica							
DS	-2 DE	-1 DE	kWh/m ²	+1 DE	+2 DE	VST	ST
						2	Frío
29.18	-5.83	23.36	52.54	81.73	110.91	3	Algo frío
43.70	-10.47	33.24	76.94	120.64	164.34	4	Ni calor ni frío
						5	Algo de calor
						6	Calor

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 12 Análisis de confort térmico por efecto de consumo eléctrico en verano por área climatizada en viviendas con techos de madera y muros de ladrillo.

Techos de concreto y muros de bloque: Se observa en la Tabla 13 un comportamiento similar a los casos anteriores, donde las líneas convergen en los extremos de sensación térmica “algo de calor” y “calor”, condición favorable en el consumo eléctrico. Divergen al sentir menor calor, es decir, una disminución de la sensación térmica.



Análisis consumo eléctrico verano por área climatizada- Sensación térmica							
DE	-2 DE	-1 DE	kWh/m ²	+1 DE	+2 DE	VST	ST
409.59	-447.35	-37.76	371.83	781.43	1191.02	2	Frío
282.92	-363.04	-80.11	202.81	485.73	768.66	3	Algo frío
289.80	-376.61	-86.82	202.98	492.78	782.57	4	Ni calor ni frío
138.93	-112.28	26.66	165.59	304.52	443.45	5	Algo de calor
95.81	-53.69	42.12	137.94	233.75	329.56	6	Calor

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 13 Análisis de confort térmico por efecto de consumo eléctrico en verano por área climatizada en viviendas con techos de concreto y muros de bloque.

5.4 Análisis de consumos

Se presenta de forma visual en la Figura 14, un comparativo de los consumos reales promedio por área cuadrada, tanto anuales como de verano, obtenidos mediante el simulador térmico desarrollado por el Instituto de Ingeniería de la UABC durante el periodo de estudio para los tipos de sistemas constructivos de la vivienda representativa de la ciudad de Mexicali. Se puede ver que la tipología de vivienda con materiales de construcción más ligeros tiene un menor consumo eléctrico por área cuadrada en comparación con los otros sistemas constructivos, y como se menciona en el apartado 5.1, un mayor porcentaje de habitantes indicaron sentirse cómodos térmicamente en viviendas construidas con techos de madera y muros de ladrillo.

El sistema constructivo más representativo de la vivienda en la ciudad resultó con consumos energéticos altos en comparación con los demás, y con menor porcentaje de votos de sensación térmica de comodidad según sus habitantes.

Tipología	1. Techo de madera y muros de ladrillo	2. Techo de concreto y muros de bloque y concreto	3. Techo de madera y muros de adobe	4. Techo de concreto y muros de ladrillo	5. Techo de madera y muros bloque de concreto
kWh/m ² /anual	93.48	255.12	260.72	356.81	211.53
kWh/m ² / verano	73.89	199.06	187.66	273.48	177.24

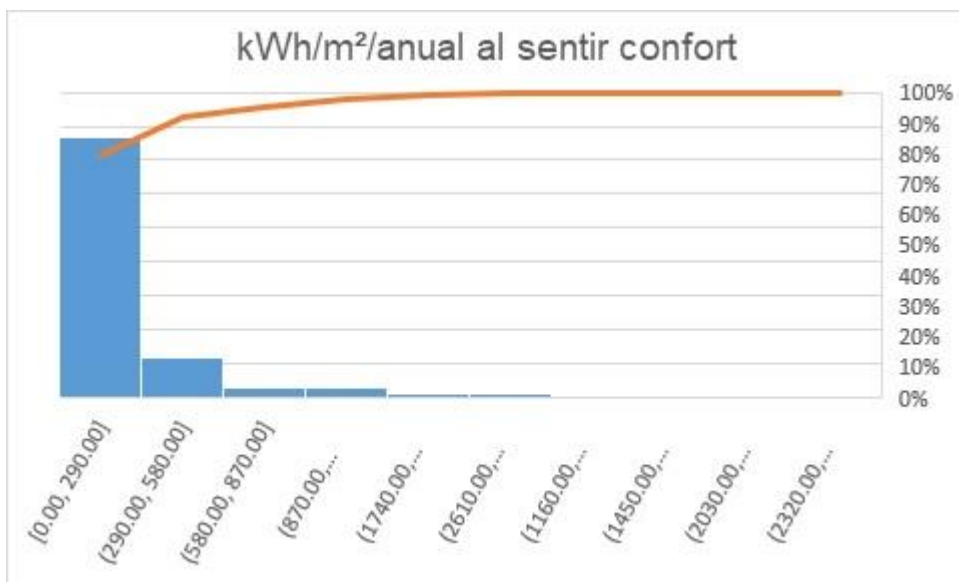
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Figura 14. Comparación consumos de vivienda representativa.

Se muestran las siguientes gráficas donde de los 154 sujetos que indicaron sentir *ni calor ni frío*, el mayor porcentaje tiene un índice de consumo de entre 0-220 kWh/m² en verano (Figura 15), y de 0-290 kWh/m² al año (Figura 16).



Fuente: Elaboración propia, 2020.
 Figura 15 Consumo eléctrico por área climatizada en verano al sentir confort.



Fuente: Elaboración propia, 2020.
 Figura 16 Consumo eléctrico anual por área climatizada al sentir confort

5.5 Análisis resistencia térmica

Se obtuvo la resistencia térmica de la envolvente de cada vivienda por medio del simulador térmico, para después filtrar las viviendas de los usuarios que respondieron sentirse cómodos. Se muestra gráficamente en la Figura 17 el rango de valor de la resistencia térmica de las viviendas con más frecuencia.



Fuente: Elaboración propia, 2020.
Figura 17. Frecuencia de resistencia térmica de las viviendas.

Capítulo 6. Conclusiones

Los objetivos propuestos fueron establecer un análisis de las características de los sistemas constructivos de las viviendas residenciales en la ciudad de Mexicali, sobre el consumo de energía eléctrica de dichas viviendas y la percepción del ambiente térmico interior de los habitantes. Esto permitió emplear un enfoque que ayudara a intentar demostrar la validez de la hipótesis planteada.

El análisis de los datos recabados, demostraron que la hipótesis de este trabajo con una visión global no puede ser validada por completo, puesto que cada una de las variables estudiadas no tuvo una correlación alta. Por otro lado, se puede validar lo estipulado en la hipótesis donde se menciona que el consumo energético de la vivienda y la percepción de confort térmico, depende de variables como la tipología constructiva de la envolvente de viviendas residenciales, hábitos de uso de la energía y la utilización o carencia de adecuaciones ambientales en el hogar, que se refleja en el confort que manifiestan sus ocupantes.

Se caracterizó la muestra de usuarios residenciales por sistema constructivo y niveles de consumo, siendo el sistema más predominante el de techo y muros contruidos con materiales pesados (bloque y concreto) con índices de consumo altos y bajo porcentaje de usuarios con sensación de confort. En cambio, las viviendas contruidas con materiales más ligeros como es el caso de la tipología de vivienda con techo de madera y muros de ladrillo, el índice de consumo fue más bajo y los usuarios en confort con porcentaje mayor.

Los parámetros más notables a partir de encuestas a usuarios residenciales, que influyen en la sensación térmica percibida la sensación térmica de los usuarios fueron: el espacio arquitectónico al aplicar aislamiento en techo y usar el aire acondicionado; los circunstanciales como la actividad, vestimenta, aclimatación sobre todo habitantes de clima cálido como el de Mexicali B.C. y tiempo de permanencia en el ambiente térmico. a partir de encuestas a usuarios residenciales.

Con el análisis de correlación de datos entre la sensación térmica percibida y el consumo de energía eléctrica con el Método de Medias por Intervalo de Sensación Térmica (MIST) el consumo promedio anual fue de 76.94 kWh/m² para el sistema constructivo de techo de madera y muros de ladrillo, y de 96.01 kWh/m² para viviendas con techo de bloque y muros de concreto. En verano los consumos fueron de 202.98 kWh/m² y 257.41 kWh/m² respectivamente.

Se concluye que un mayor consumo de energía en la vivienda de manera general no significa mejores condiciones de confort, influyen ciertos parámetros del ambiente térmico y características de la vivienda en el consumo energético para sentir comodidad térmica.

A partir de la información recabada se establecieron índices de consumo para la sensación térmica de ni calor ni frío. El mayor porcentaje tiene un índice de consumo de entre 0-220 kWh/m² en verano, y de 0-290 kWh/m² anual.

ANEXO I. Cuestionarios de referencia.

- Temperaturas de confort e implicaciones energéticas en viviendas climatizadas mecánicamente. Estudio en clima cálido y húmedo.

El cuestionario de este proyecto sobre confort térmico tiene enfoque adaptativo (Figura 18), fue diseñado con base en lo establecido en las normas ASHRAE, con el objetivo de determinar temperaturas y rangos de confort térmico de habitantes acostumbrados a espacios climatizados artificialmente en viviendas con aire acondicionado en el clima cálido y húmedo de la ciudad de Maracaibo, Venezuela, y las implicaciones energéticas de satisfacer el confort en el sector residencial de la ciudad (G. Bravo Morales, 2014).



TÍTULO DE LA TESIS: "TEMPERATURAS DE CONFORT E IMPLICACIONES ENERGÉTICAS EN VIVIENDAS CLIMATIZADAS MECÁNICAMENTE. ESTUDIO EN CLIMA CÁLIDO Y HÚMEDO".

AUTORA: GAUDY C. BRAVO M., ARQ. MSc.

ENCUESTA SOBRE CONFORT TÉRMICO EN VIVIENDAS

A. DATOS DE ENCUESTA: N° DE PLANILLA:

FECHA DE REALIZACIÓN: / /

HORA DE INICIO am
 pm

B. DATOS DE LA VIVIENDA:

TIPO:	CASA ☐	1 Nivel ☐	EDIFICIO ☐
	aislada ☐	2 Niveles ☐	entrepiso ☐
	pareadas o hileras ☐		último piso ☐
TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA:			
Tradicional ☐			
Mixto ☐			
Aislante ☐			

• ESPACIOS CON/SIN AA Y HORARIO DE USO

Espacios	AA		Horario					Tipo de AA		Antigüedad (años)			
	si	no	mañan	mdia	tarde	noche	mnoche	unidad	central	0-5	5-10	10-15	+15
Sala													
Comedor													
Cocina													
Dormitorio 1													
Dormitorio 2													
Dormitorio 3													
Estar													
Otro:													

Mañana: (6 am a 11 am); mediodía: (11 am a 3 pm); tarde: (3 pm a 7 pm); noche: (7 pm a 9 pm);
medianoche/mañana: (9 pm a 6 am)

C. CARACTERÍSTICAS DEL ESPACIO/AMBIENTE DE ESTUDIO

ESPACIO

• DIMENSIONES:

largo		mts
ancho		mts
altura		mts

• CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DE AA DEL ESPACIO DE ESTUDIO

o TIPO DE UNIDAD Y CAPACIDAD

Unidad x espacio (integrado)	☐	Capacidad: Btu
Unidad x espacio (separado)	☐	Capacidad: Btu
Central (separado)	☐	Capacidad: Ton

Compresor de rotativo (eficiencia energética) Si ☐ o No ☐

• MANTENIMIENTO DEL EQUIPO DE AA

De 0 a 3 meses	☐	De 3 a 6 meses	☐	De 6 a 9 meses	☐	> 9 meses	☐
----------------	--------------------------	----------------	--------------------------	----------------	--------------------------	-----------	--------------------------

Fuente: Bravo Morales, 2014.
Figura 18. Cuestionario de Universidad Politécnica de Madrid y Universidad del Zulia. Facultad de Arquitectura y Diseño, Maracaibo, Venezuela.

• PRESENCIA Y USO DEL TERMOSTATO (en la evaluación) No tiene y no funciona (directo) ☐

Tiene y funciona el termostato ☐

Termostato manual ☐ Ta de consigna (prom): _____ °C

Termostato digital no programable ☐ Ta de consigna (prom): _____ °C

Termostato digital programable ☐ Ta de consigna (prom): _____ °C

• OTRO MECANISMO DE CLIMATIZACIÓN QUE USA ESE (ESOS) ESPACIOS CON AA.

Ventilador (techo) ☐ Ventilador (portátil) ☐ Deshumidificador ☐ Otros: _____ ☐

D. DATOS PERSONALES:

NOMBRE DE ENCUESTADO: _____ SEXO: ☐ F ☐ M

EDAD años ESTATURA mts. PESO Kg

DESCRIPCIÓN DE LA ROPA:

Tipo de ropa	Largo				Mangas				Tipo de tela
	C	M	L	S	C	M	L		
Vestido									C: corto M: mediano L: largo S: sin 1: algodón – franela (fino) 2: algodón – jeans (grueso) 3: Sintético – nylon
Falda									
Camisa/franela									
Pantalón									
Chaqueta/abrigo									
Otro:									

DESCRIPCIÓN DEL CALZADO: ☐ S: sin calzado A: abierto B: cerrado (o/s medias)

DESCRIPCIÓN DE LA SILLA: _____

E. HISTORIA TÉRMICA DEL ENCUESTADO

• ESPACIOS DE LA VIVIENDA DONDE SE PERMANECE CON FRECUENCIA EN UN DÍA TÍPICO:

Sala ☐ Comedor ☐ Cocina ☐ Dormitorio ☐ Estar ☐ Otros: _____ ☐

• TIEMPO PROMEDIO DE PERMANENCIA EN ESPACIOS CON AA (HOGAR, TRABAJO, TRASLADO) EN UN DÍA PROMEDIO.

De 0 a 6 horas ☐ De 6 a 12 horas ☐ De 12 a 18 horas ☐ De 18 a 24 horas ☐

• ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE LA HORA ANTERIOR A LA ENCUESTA

Acostado (descansando) ☐ Sentado (Tv, leyendo, etc) ☐ Actividad ligera (caminando, aseando) ☐ Actividad más intensa (limpiando, otra) ☐

Fuente: Bravo Morales, 2014.
Continuación Figura 18

F. EVALUACIÓN DE LA CONFORTABILIDAD – ESC. HORA EVAL. am

pm

• ¿CÓMO TE ENCUENTRAS AHORA? Confortable ☐ Inconfortable ☐

• ¿CÓMO TE SIENTES AHORA CON LA TEMPERATURA DE ESTE ESPACIO?

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
c/mucho calor	c/calor	lig c/calor	Bien	lig c/frio	c/frio	c/mucho frio

• ¿CÓMO TE SIENTES AHORA CON LA HUMEDAD?

☐	☐	☐	☐	☐
mucha humedad	mediana humedad	lig humedad	nada de humedad	no se percibe

• ¿CÓMO ENCUENTRAS ESTE AMBIENTE?

☐	☐	☐	☐	☐
confortable	lig. inconfortable	inconfortable	muy inconfortable	extrem. inconfortable

• ¿CÓMO PREFERIRÍA QUE FUERA ESTE AMBIENTE?

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
mucho +caliente	+caliente	lig. caliente	igual	lig +frio	con +frio	c/mucho +frio

• ¿CÓMO PREFERIRÍA QUE FUERA ESTE AMBIENTE CON RESPECTO A LA HUMEDAD?

☐	☐	☐	☐	☐
un poco <húmedo	< húmedo	mucho <húmedo	igual	no lo percibe

• SI SIENTE FRÍO ¿EN QUÉ ÁREA O PARTE DEL CUERPO SIENTE FRÍO?. INDIQUE:

• EN GENERAL, QUE HACES PARA SENTIRTE BIEN CUANDO TIENES FRÍO?. Colocar enumeración de acuerdo a orden de prioridades (mayor prioridad 1)

Medidas de ajuste	Medidas de ajustes
Cambia de postura corporal (cruce de piernas, entrelazado de brazos, etc.)	Abre las persianas o cortinas para que entre el sol
Cambia de lugar dentro de un mismo espacio	Sube la temperatura del termostato
Cambia de un espacio a otro más cálido	Apaga el AA
Cambia de ropa o se coloca un abrigo	Apaga el ventilador
Bebe algún líquido caliente	Otros:

• SI SIENTE CALOR ¿EN QUÉ ÁREA O PARTE DEL CUERPO SIENTE CALOR?. INDIQUE:

• EN GENERAL, QUE HACES PARA SENTIRTE BIEN CUANDO SIENTES CALOR?. Colocar enumeración de acuerdo a orden de prioridades (mayor prioridad 1)

Medidas de ajuste	Medidas de ajustes
Cambia de postura corporal (extender piernas, abrir brazos, etc.)	Cierra las persianas o cortinas para evitar que entre el sol
Cambia de lugar dentro de un mismo espacio	Abre las ventanas
Cambia de un espacio a otro más fresco o frío	Baja la temperatura del termostato
Cambia de ropa por algo más ligero y corto	Enciende el AA
Bebe algún líquido frío	Enciende el ventilador
Se baña con agua fresca	Otros:

Fuente: Bravo Morales, 2014.
Continuación Figura 18

G. OBSERVACIONES:

Vv	m/s
Valor máx.	
Valor mín.	
Valor Prom.	

-
- Field study on occupant's thermal comfort and residential thermal environment in a hot-humid climate of China.

El segundo estudio analizado mostrado en la Figura 19, es sobre confort térmico residencial de tres ciudades con clima cálido húmedo en el centro sur de China, con el fin de medir y caracterizar las percepciones térmicas de los habitantes, predecir el porcentaje de personas insatisfechas y encontrar diferencias con otros estudios similares realizados en lugares con diferente clima.

Questionnaire on thermal environment and occupants' thermal comfort

Number _____

1. Demographic information of occupants

name	sex	age	Living years in the current city

2. Occupants' Clothing

Clothing situation of yours at this moment (Please tick off the clothes in the corresponding place)

long sleeve-shirt / T shirt (thick, thin)	short sleeve-shirt / T shirt	sleeveless shirt/ T shirt	sweater(thick, thin)	woolen vest (thick, thin)	coat (thick, thin)
cotton - padded coat (thick, thin)	down coat (thick, thin)	outerwear trousers (thick, thin)	cotton-padded trousers	woolen trousers	short skirt (thick, thin)
one-piece dress	sport shoes	leather shoes	sandals	hat	scarf

3. Occupant' Activity Level (Check the one that is most appropriate)

Reclining	Seated	Standing	Walking	Others

4. Subjective thermal sensations from ASHRAE seven-point scale

Cold -3	Cool -2	slightly cool -1	Neutral 0	slightly warm 1	Warm 2	Hot 3

5. Thermal preference from McIntyre's three-point scale

cooler -1	NO change 0	Warmer 1

6. Thermal acceptability

Yes	No

7. Methods of personal control thermal environment:

Fuente: (Han y cols., 2007).

Figura 19. Cuestionario del proyecto financiado por National Natural Science Foundation of China.

-
- Temperaturas de confort dentro de viviendas de bajo costo, Caso: seis ciudades de clima cálido en México.

Se realizó un estudio de campo, como parte de un proyecto financiado por el Consejo Nacional de la Vivienda (CONAVI) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) llamado “Confort térmico y ahorro de energía en viviendas económicas en México: regiones de clima cálido, seco y cálido húmedo”, de acuerdo a los principios del enfoque adaptativo en viviendas de bajo costo en seis ciudades mexicanas con clima cálido entre agosto de 2006 y mayo de 2007. Las ciudades donde se desarrolló el estudio fueron Mexicali, Hermosillo, La Paz, Culiacán, Colima y Mérida.

Este cuestionario está basado en la norma ISO 10551 e ISO 7730, así como en otros casos de estudio, con el objetivo de establecer la sensación y preferencia térmicas experimentados por habitantes de viviendas económicas en ciudades de clima cálido seco y húmedo. El cuestionario se muestra en la Figura 20.

I.- DATOS GENERALES															
Folio: _____		Clave del encuestador: _____		Fraccionamiento: _____		Domicilio: _____									
		Localidad: _____		Estado: _____											
Nombre de la persona encuestada: _____															
II.- DATOS TEMPORALES															
Fecha: _____															
Hora de inicio de la entrevista: _____															
Hora de finalización de la entrevista: _____															
III.- INFORMACIÓN DE LA VIVIENDA															
A	Dispositivos de control climático activados en el lugar	1	☐	NINGUNO											
		2	☐	AIRE ACONDICIONADO											
		3	☐	VENTILADOR	3A	☐	DE TECHO	3B	☐	PEDESTAL	3C	☐	OTRO ¿CUAL?		
		4	☐	CALEFACCIÓN											
		5	☐	ENFRIADOR EVAPORATIVO											
		6	☐	OTRO ¿CUAL?											
IV.- INFORMACIÓN DEL HABITANTE															
B	Tiempo que lleva dentro de la casa	1		2		3									
		Menos de ½ hora		Más de ½ hora											
C	Actividad desarrollada	Pasiva		Moderada		Intensa									
D	Sexo	Hombre		Mujer											
E	Constitución física	Peso (Kg)		Estatura (Cm)		Edad (Años)									
F	Tipo de vestimenta														
	1	☐		2	☐		3	☐		4	☐		5	☐	
	MUY LIGERA		LIGERA		NORMAL		ABRIGADA		MUY ABRIGADA						
V.- INFORMACIÓN SOBRE LA PERCEPCIÓN DEL AMBIENTE INTERIOR DE LA VIVIENDA															
		1	2	3	4	5	6	7							
G	Sensación Térmica ¿Cómo se siente usted en este momento?	Mucho frío	Frío	Algo de frío	Ni calor ni frío	Algo calor	Calor	Mucho calor							
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐							
H	Sensación de humedad ¿Cómo siente la humedad en su piel en este momento?	Muy húmedo	Húmedo	Algo húmedo	Normal	Algo seco	Seco	Muy seco							
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐							
I	Sensación de ventilación ¿Cómo siente la ventilación en este momento?	Mucha ventilación	Mediana ventilación	Ligera ventilación	Ninguna ventilación										
		☐	☐	☐	☐										
J	Sensación nocturna ¿Cómo se sintió esta noche, mientras dormía?	Mucho frío	Frío	Algo de frío	Ni calor ni frío	Algo calor	Calor	Mucho calor							
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐							
K	Preferencias de temperatura ¿Cómo preferiría usted estar/sentirse en este momento?	Mucho más fresco	Más fresco	Un poco más fresco	Sin cambio	Con un poco más de calor	Con más calor	Mucho más caluroso							
		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐							
L	Preferencias de ventilación ¿Qué preferiría en este momento con respecto a la ventilación?	Preferiría más ventilación	Sin cambio	Preferiría menos ventilación											
		☐	☐	☐											
M	Aceptación personal ambiente ¿Cómo considera el clima dentro de su vivienda?	Generalmente Aceptable	Generalmente Inaceptable												
		☐	☐												
N	Tolerancia Personal ¿Qué tan tolerable le parece el clima en este momento dentro de su vivienda?	Perfectamente Tolerable	Tolerable	Ligeramente Intolerable	Intolerable	Extremadamente Intolerable									
		☐	☐	☐	☐	☐									
VI.- DATOS DE MONITOREO FÍSICO															
Temperatura bulbo seco (°C) (BS)		Temperatura bulbo húmedo (°C) (BH)		Temperatura de globo negro (radiación) (°C) (GLOBO)		Humedad Relativa (%) (HR)		Velocidad de viento (m/s) (FLUJO)							

Fuente: (Gómez-Azpeitia y cols., 2009).

Figura 20. Cuestionario del proyecto "Confort térmico y ahorro de energía en viviendas económicas en México: regiones de clima cálido, seco y cálido húmedo".

ANEXO II. Diseño final encuesta.

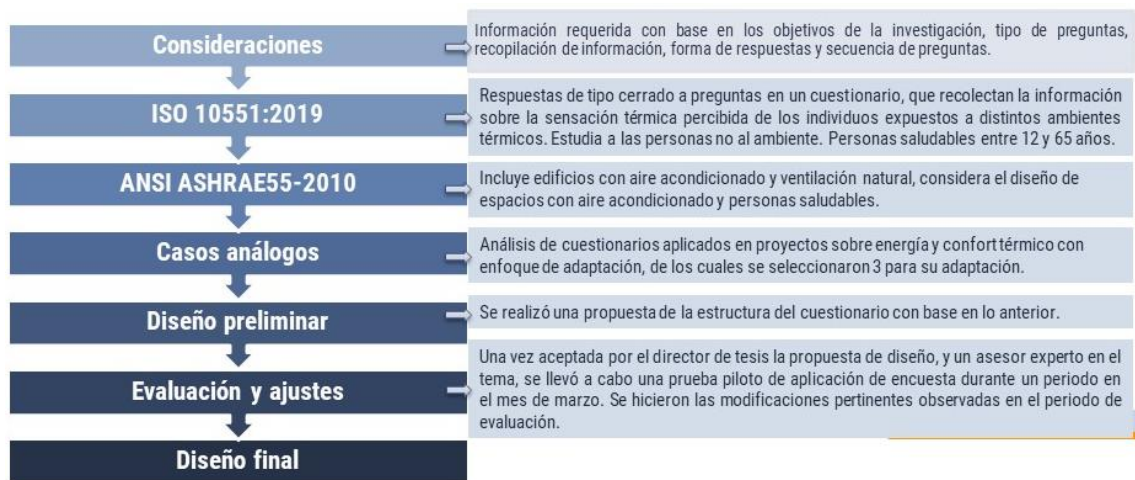
Se llevó a cabo una propuesta de cuestionario, tomando en consideración aspectos como una redacción y estructura clara, que facilite los procesos de aplicación y captura, así como una extensión adecuada respecto a la cantidad de datos necesarios. Como resultado de esta etapa de la investigación, se creó el instrumento por medio del cual se lleva a cabo la encuesta, el proceso de diseño se muestra en la Figura 21.

El cuestionario de la investigación “Confort térmico y ahorro de energía en viviendas económicas en México: regiones de clima cálido, seco y cálido húmedo” fue tomado como base, realizándole algunos ajustes para adecuarlo al caso de estudio de esta investigación. También se adaptó el cuestionario utilizado en la tesis de doctorado “Evaluación del impacto en el consumo eléctrico del programa ahorro sistemático integral en Mexicali, Baja California” (Suastegui, 2014), sobre la tipología constructiva y hábitos energéticos de las personas encuestadas, datos necesarios para la adecuada simulación energética de las viviendas.

En la parte superior de la página principal del cuestionario se encuentra la portada, la cual identifica el nombre de la universidad e institución de procedencia, esto para dar integridad y formalidad al estudio realizado ante las personas encuestadas. Lo siguiente que se indica es el objetivo principal del estudio y el nombre de las personas involucradas en la investigación, esto con el fin de brindar confianza a los encuestados de responder adecuadamente todas las preguntas y concientizarlos sobre la importancia de su participación en este proyecto.

Para facilitar el llenado, procesamiento y captura de datos, el contenido de la encuesta se organizó en siete secciones: I. Datos de control, II. Información general, III. Percepción del ambiente térmico interior de la vivienda, IV. Información del ocupante, V. Nivel de actividad y aislamiento por ropa, VI. Espacio en la vivienda y VII. Características físicas de la vivienda. La extensión fue más de una cuartilla debido a la cantidad de datos requeridos sobre características físicas de la vivienda para la simulación energética. Se elaboró un diseño preliminar del

cuestionario, se evaluó y se realizaron ajustes para obtener el diseño final mostrado en la Figura 22.



*Fuente: Elaboración propia con base en Bojórquez (2010).
Figura 21. Esquema de diseño de cuestionario.*

La estructura del cuestionario se describe a continuación.

I. Datos de control.

Esta sección busca registrar, ordenar y diferenciar las encuestas con un número de folio y con opciones sobre su estado en la base de datos.

II. Información general.

Se solicita el nombre oficial del fraccionamiento o colonia donde vive la persona que responda la encuesta, así como se registra la fecha en formato día/mes/año, y la hora en que se llena el cuestionario en línea en formato 24 horas.

III. Percepción del ambiente térmico interior de la vivienda.

Esta sección se basa en los lineamientos de la norma ISO 10551, con la utilización de escalas de sensación térmica. Estas escalas sirven para conocer cómo percibe el individuo el ambiente térmico en la vivienda al momento de contestar, cómo preferiría sentirse, la tolerancia y la aceptación personal del ambiente interior durante las temporadas de verano e invierno.

Se tomaron las descripciones de las opciones del estudio por (Bojórquez, 2010), las cuales se muestran a continuación.

Sensación térmica:

1. Mucho frío: Frío severo. Incomodidad extrema. Siente dolor al respirar y en las extremidades. El frío le cala hasta los huesos. Además de abrigo requiere bufanda, gorro y guantes.
2. Frío: Incomodidad permanente. Requiere abrigo o bebidas calientes.
3. Algo frío: Levemente frío. Incomodidad ocasional que puede ser resuelto por exposición directa al sol o una prenda ligera adicional.
4. Ni calor ni frío: Confortable, sensación no identificable. No siente ningún mecanismo fisiológico de ajuste térmico (sudar, tiritar, etc.). La temperatura le pasa desapercibida.
5. Algo de calor: Calor ligero. Incomodidad ocasional. Sensación de bochorno. Presencia de sed o necesidad de refrescarse. No impide el desarrollo de las actividades normales.
6. Calor: Incomodidad permanente pero controlable. Le incomoda la ropa usual. Suda regularmente. Sus actividades se reducen.
7. Mucho calor: Calor severo, sensación de cansancio, pesadez, sueño. Incomodidad extrema. Nada puede refrescarlo. Suda excesivamente. No tolera la ropa. No puede realizar actividades.

Preferencia térmica:

1. Mucho más fresco: Con temperatura mucho más baja.
2. Más fresco: Reducción intermedia de la temperatura.
3. Un poco más fresco: Con una disminución pequeña de temperatura.
4. Sin cambio: Sin variación de temperatura, tal como está.
5. Con un poco más de calor: Aumento ligero de temperatura
6. Con más calor: Aumento medio de temperatura.
7. Mucho más caluroso: Aumento drástico de temperatura.

Aceptación personal del ambiente periodo cálido y frío.

-
1. Generalmente aceptable: Las condiciones son aprobadas en términos generales, se considera agradable, cómodo.
 2. Generalmente inaceptable: Las condiciones no se aprueban, incomodidad por frío o calor.

Tolerancia personal:

1. Perfectamente tolerable: Ninguna molestia por efecto del clima.
2. Tolerable: Pequeñas molestias que no impiden el desarrollo de las actividades.
3. Ligeramente tolerable: Molestias por efecto del clima, pero se desarrollan actividades normales.
4. Intolerable: Demasiadas molestias por el clima.
5. Extremadamente intolerable: Molestia extrema, impide el desarrollo de actividades.

IV. Información del ocupante.

Este apartado concentra características relevantes del sujeto evaluado, como su estado de salud y tiempo habitando la vivienda en la ciudad de Mexicali. Estos factores influyen en la relación metabólica y termorregulación humana, relacionados con las condiciones del ambiente térmico y el calor generado del usuario, que afecta a la sensación de confort térmico.

V. Nivel de actividad y asilamiento por ropa.

Contiene las opciones sobre nivel de actividad realizada instantes antes de responder las preguntas y el tipo de vestimenta para conocer el nivel de resistencia térmica por nivel de arropamiento del habitante al momento de la evaluación. Para mejores resultados en la aplicación del cuestionario, las opciones de respuesta se definieron en tres para cada pregunta basadas en normas internacionales.

Nivel de actividad desarrollada en los últimos 30 minutos, antes de realizar la encuesta:

-
- 1) Pasiva: Parado, recostado o sentado, leyendo, platicando, escribiendo, caminando despacio.
 - 2) Moderada: De pie o sentado realizando tareas ligeras, como caminar más rápido de lo normal, etc.
 - 3) Intensa: Actividades que requieren esfuerzo físico mayor como correr, hacer ejercicio, etc.

Tipo de vestimenta:

- 1) Ligera: camiseta ligera de mangas cortas, pantalón tela ligera, calcetines ligeros y zapatos cerrados.
- 2) Normal: Camiseta o camisa de manga larga, pantalón y zapato cerrado.
- 3) Abrigada, camiseta o camisa de manga larga, pantalón tela gruesa, saco o suéter y zapato cerrado.

VI. Características del espacio en la vivienda.

En este apartado se indica en que espacio de la vivienda se encuentra el encuestado al momento de responder el cuestionario, factores que afecten su percepción térmica como estar cerca de una ventana y el utilizar algún dispositivo para mejorar el clima en la habitación, ya sea ventilador de techo, de pedestal, aire acondicionado o calentador.

VII. Características físicas de la vivienda.

Aquí se concentra información de las características constructivas de la vivienda y el comportamiento de sus habitantes, parte fundamental para la adecuada captura y simulación energética. Los datos obtenidos son introducidos en el simulador térmico del departamento de sistemas energéticos del Instituto de Ingeniería de la UABC para obtener los consumos energéticos anuales de las viviendas encuestadas.

La sección incluye preguntas sobre el área de la vivienda, dimensiones, orientación, asoleamiento, material de construcción de muros y techo, tipo de

aislamiento y medidas de ahorro y uso eficiente de la energía implementadas por los habitantes.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INGENIERÍA

Este cuestionario adaptado tiene el objetivo de recabar información acerca de características físicas de viviendas en la ciudad de Mexicali, B.C., así como la percepción y preferencia térmica de los habitantes, con el fin de establecer una relación entre el consumo de energía eléctrica doméstico y el confort térmico humano. Los datos obtenidos serán confidenciales y utilizados para una tesis de maestría.

Responsable: Grecia Catalina Gómez Bravo
Director de tesis: Dr. Carlos Pérez Tello

I. Datos de control: Revisada ☐ Capturada ☐ Simulada ☐

Instrucciones: Marque con una X o escriba la respuesta que más describe su opinión.

II. INFORMACIÓN GENERAL

Fracc. o colonia donde vive: _____ Fecha: _____ (dd/mm/aa)
Correo electrónico: _____ Hora: _____

II. PERCEPCIÓN DEL AMBIENTE TÉRMICO INTERIOR DE LA VIVIENDA

		1	2	3	4	5	6	7
1	Sensación térmica En una escala del 1 (mucho frío) al 7 (mucho calor), ¿cómo se siente en este preciso momento?	☐ Mucho frío	☐ Frío	☐ Algo frío	☐ Ni calor ni frío	☐ Algo de calor	☐ Calor	☐ Mucho calor
2	Preferencia térmica ¿Cómo preferiría estar/sentirse en este momento?	☐ Mucho más fresco	☐ Más fresco	☐ Un poco más fresco	☐ Sin cambio	☐ Con un poco más de calor	☐ Con más calor	☐ Mucho más caluroso
3	Aceptación personal del ambiente periodo cálido ¿Cómo considera el entorno (clima local) de la vivienda en el periodo cálido?	☐ Generalmente aceptable	☐ Generalmente inaceptable					
4	Aceptación personal del ambiente periodo frío ¿Cómo considera el entorno (clima local) de la vivienda en el periodo frío?	☐ Generalmente aceptable	☐ Generalmente inaceptable					
5	Tolerancia personal ¿Qué tan tolerable es el clima de la vivienda en este momento?	☐ Perfectamente tolerable	☐ Tolerable	☐ Ligeramente tolerable	☐ Intolerable	☐ Extremadamente intolerable		
6	¿Usualmente, a qué temperatura fija el termostato de sus A/C cuando los usa (°F o °C)? _____							

III. INFORMACIÓN DEL OCUPANTE

7	Estado de salud:					
	1) ¿Padece alguna enfermedad crónica (diabetes, hipertensión, colesterol, triglicéridos, etc.)?	☐ Si	☐ No			
	2) ¿En este momento tiene alguna enfermedad estacional (gripe, neumonía, diarrea, etc.)?	☐ Si	☐ No			
	3) ¿Tiene alguna de estas condiciones: embarazo, periodo menstrual, etc.?	☐ Si	☐ No			
8	Tiempo de vivir en Mexicali:	☐ 6 meses	☐ 6 meses-1 año	☐ 2-3 años	☐ 4-5 años	☐ 6 o mas años

IV. NIVEL DE ACTIVIDAD Y AISLAMIENTO POR ROPA

9	Nivel de actividad desarrollada en los últimos 30 minutos, antes de realizar esta encuesta:	
	☐ 1) Pasiva: Parado, recostado o sentado, leyendo, platicando, escribiendo, caminando despacio.	
	☐ 2) Moderada: De pie o sentado realizando tareas ligeras, como caminar más rápido de lo normal, etc.	
	☐ 3) Intensa: Actividades que requieren esfuerzo físico mayor como correr, hacer ejercicio, etc.	
10	Seleccione la opción que describa mejor su tipo de vestimenta en este momento:	
	☐ 1) Ligera: Camiseta ligera de mangas cortas, pantalón tela ligera, calcetines ligeros, zapato cerrado o similar.	
	☐ 2) Normal: Camiseta o camisa de manga larga, pantalón, zapato cerrado o similar.	
	☐ 3) Abrigada: Camiseta o camisa de manga larga, pantalón tela gruesa, saco o suéter, zapato cerrado o similar.	

V. CARACTERÍSTICAS DEL ESPACIO EN LA VIVIENDA

11	¿En este momento en qué espacio de su vivienda se encuentra?:	
	☐ 1) Sala ☐ 2) Recámara ☐ 3) Cocina ☐ 4) Otro: _____	
12	¿En este momento esta cerca de una ventana?:	☐ 1) Si ☐ 2) No
13	¿Hay sellado de puertas y ventanas en su vivienda?:	☐ 1) Si ☐ 2) No
14	Consultando la aplicación del clima, indique la temperatura aproximada del aire exterior en este momento (°F o °C): _____	
15	Indique cuál de los siguientes dispositivos esta utilizando en este momento para mejorar las condiciones del ambiente interior:	
	☐ 1) Ventilador de techo ☐ 2) Ventilador pedestal ☐ 3) Aire acondicionado ☐ 4) Calentador ☐ 5) Ninguno	

VII. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA VIVIENDA

17	¿Cuántos metros cuadrados aproximados de construcción tiene la vivienda en total?	_____ m ²
18	¿Cuántos metros cuadrados aproximados de construcción climatizada tiene la vivienda?	_____ m ²
19	¿De cuántos niveles es la vivienda?	☐ 1) Un nivel ☐ 2) Dos niveles
19	¿Normalmente, cuántas personas habitan en la vivienda?	_____ personas
20	¿Cuáles son las dimensiones de la vivienda?	
	Altura interna _____ m 1er nivel Ancho _____ m 1er nivel	
	Altura interna _____ m 2do nivel Ancho _____ m 2do nivel	
21	¿Cuál es la longitud de la vivienda?	
	Longitud _____ m 1er nivel Longitud _____ m 2do nivel	
22	¿La fachada a qué dirección está orientada?	
	☐ 1) Norte ☐ 2) Sur ☐ 3) Este ☐ 4) Oeste	

Fuente: Elaboración propia, 2020.
Figura 22. Diseño final de encuesta para el presente proyecto.

23	Indique los muros que estan sombreados ☐ Norte 1er nivel ☐ Sur 1er nivel ☐ Este 1er nivel ☐ Oeste 1er nivel ☐ Norte 2do nivel ☐ Sur 2do nivel ☐ Este 2do nivel ☐ Oeste 2do nivel																																																																																															
24	¿De qué material están hechos los muros de la vivienda? 1er nivel: ☐ Concreto ☐ Bloque ☐ Ladrillo ☐ Adobe ☐ Madera ☐ Metal ☐ Tridipanel ☐ Otro: _____ 2do nivel: ☐ Concreto ☐ Bloque ☐ Ladrillo ☐ Adobe ☐ Madera ☐ Metal ☐ Tridipanel ☐ Otro: _____																																																																																															
25	¿De cuántas pulgadas es el espesor de los muros? ☐ 4 ☐ 6 ☐ 8																																																																																															
26	En caso de que los muros esten aislados. ¿Cuáles son? 1er nivel: ☐ Norte ☐ Sur ☐ Este ☐ Oeste ¿Cuántas pulgadas de espesor tiene? _____ pulgadas 2do nivel: ☐ Norte ☐ Sur ☐ Este ☐ Oeste ¿Cuántas pulgadas de espesor tiene? _____ pulgadas																																																																																															
27	¿De qué material es el aislamiento de los muros? 1er nivel: ☐ Poliestireno ☐ Poliuretano ☐ Fibra de vidrio ☐ Otro: _____ 2do nivel: ☐ Poliestireno ☐ Poliuretano ☐ Fibra de vidrio ☐ Otro: _____																																																																																															
28	Indique el área aproximada en m ² de ventanas en cada orientación 1er nivel: Norte _____ Sur _____ Este _____ Oeste _____ 2do nivel: Norte _____ Sur _____ Este _____ Oeste _____																																																																																															
29	Indique el área aproximada en m ² de puertas en cada orientación 1er nivel: Norte _____ Sur _____ Este _____ Oeste _____ 2do nivel: Norte _____ Sur _____ Este _____ Oeste _____																																																																																															
30	¿De qué material es el techo de la vivienda? ☐ Vigüeta y bovedilla ☐ Concreto ☐ Madera sin ático o plafón ☐ Madera con ático o plafón ☐ Otro ¿Cuál?: _____																																																																																															
31	¿Utiliza pintura reflejante en la vivienda? ☐ En techo ☐ En muros ☐ No uso																																																																																															
32	¿Está aislado el techo de la vivienda? ☐ Sí ☐ No ¿Qué tipo de aislante? _____ Espesor de aislante (cm) _____																																																																																															
33	¿Ha aplicado alguna medida para el ahorro de energía en el hogar? ☐ Sí ☐ No ¿Cuál?: _____																																																																																															
34	¿Cuál de los subprogramas del programa ASI utiliza en la vivienda? ☐ Aislamiento Térmico ☐ Sustitución de A/C Central ☐ Sustitución de A/C de ventana ☐ Sustitución de Refrigerador ☐ Ninguno																																																																																															
35	¿Estaría dispuesto a adquirir un dispositivo que le brinde su facturación en tiempo real? ☐ Sí ☐ No ¿Cuánto cree usted que vale este aparato? (en pesos) \$ _____																																																																																															
36	Tabla 1: Indique los equipos electrodomésticos en la vivienda. En el caso de los equipos de aire acondicionado, si conoce el valor de la eficiencia, indíquela al término del renglón. <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="2">1er nivel</th> <th colspan="2">2do nivel</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Cantidad</th> <th>Escriba los años de uso que tiene cada aparato</th> <th>Cantidad</th> <th>Escriba los años de uso que tiene cada aparato</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A/C de ventana, 1T, usado</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>A/C de ventana, 1T, nuevo</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>A/C de ventana, 1.5T, usado</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>A/C de ventana, 1.5T, nuevo</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>A/C de ventana, 2T, usado</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>A/C de ventana, 2T, nuevo</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>A/C Minisplit 1T</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>A/C Minisplit 1.5T</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>A/C Minisplit 2T</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>A/C Central 3T</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>A/C Central 4T</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>A/C Central 5T</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Cooler (grande)</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Cooler (chico)</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Ventilador de pedestal</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Ventilador de techo</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Foco Ahorrador</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		1er nivel		2do nivel			Cantidad	Escriba los años de uso que tiene cada aparato	Cantidad	Escriba los años de uso que tiene cada aparato	A/C de ventana, 1T, usado					A/C de ventana, 1T, nuevo					A/C de ventana, 1.5T, usado					A/C de ventana, 1.5T, nuevo					A/C de ventana, 2T, usado					A/C de ventana, 2T, nuevo					A/C Minisplit 1T					A/C Minisplit 1.5T					A/C Minisplit 2T					A/C Central 3T					A/C Central 4T					A/C Central 5T					Cooler (grande)					Cooler (chico)					Ventilador de pedestal					Ventilador de techo					Foco Ahorrador				
	1er nivel		2do nivel																																																																																													
	Cantidad	Escriba los años de uso que tiene cada aparato	Cantidad	Escriba los años de uso que tiene cada aparato																																																																																												
A/C de ventana, 1T, usado																																																																																																
A/C de ventana, 1T, nuevo																																																																																																
A/C de ventana, 1.5T, usado																																																																																																
A/C de ventana, 1.5T, nuevo																																																																																																
A/C de ventana, 2T, usado																																																																																																
A/C de ventana, 2T, nuevo																																																																																																
A/C Minisplit 1T																																																																																																
A/C Minisplit 1.5T																																																																																																
A/C Minisplit 2T																																																																																																
A/C Central 3T																																																																																																
A/C Central 4T																																																																																																
A/C Central 5T																																																																																																
Cooler (grande)																																																																																																
Cooler (chico)																																																																																																
Ventilador de pedestal																																																																																																
Ventilador de techo																																																																																																
Foco Ahorrador																																																																																																

Fuente: Elaboración propia, 2020.
Continuación Figura 22.

Tubo Fluorescente						
Foco incandescente 100 W						
Foco incandescente 75 W						
Foco incandescente 60 W						
Foco incandescente 40 W						
Otros Equipos						
Lavadora						
Secadora de ropa eléctrica						
Radio grabadora						
Refrigerador viejo (más de 7 años)						
Refrigerador nuevo (menos de 7 años)						
Televisor de Plasma						
Televisor plano LCD						
Televisor CRT						
Microondas						
Computadora de escritorio						
Laptop						
Plancha						
DVD						
Estufa eléctrica						
Cafetera eléctrica						
Boiler eléctrico (grande)						
Boiler eléctrico (chico)						
Extractor						
Secadora de cabello						

37 **Tabla 2: Historial de Consumo**

Consultando su recibo eléctrico complete la siguiente tabla

Año pasado		Año Actual	
Mes	Consumo (kW/h)	Mes	Consumo (kW/h)
Enero		Enero	
Febrero		Febrero	
Marzo		Marzo	
Abril		Abril	
Mayo		Mayo	
Junio		Junio	
Julio		Julio	
Agosto		Agosto	
Septiembre		Septiembre	
Octubre		Octubre	
Noviembre		Noviembre	
Diciembre		Diciembre	

38 **Tabla 3: Ocupantes**

Según el comportamiento más habitual en su vivienda llene la siguiente tabla

Hora	Ocupantes
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	

Croquis Planta Baja

Croquis Planta Alta

¡Gracias por tu ayuda!
Visita el sitio web:
www.ayude.net

*Fuente: Elaboración propia, 2020.
Continuación Figura 22.*

ANEXO III. Manual de encuesta

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

INSTITUTO DE INGENIERÍA

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA



MANUAL DE ENCUESTA

**ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO RESIDENCIAL DE MEXICALI B.C Y
SU RELACIÓN CON LA PERCEPCIÓN DEL AMBIENTE TÉRMICO INTERIOR
EN LOS HABITANTES**

ALUMNA

GRECIA CATALINA GÓMEZ BRAVO

DIRECTOR DE TESIS

DR. CARLOS PÉREZ TELLO

Contenido

Presentación	
Encuesta	
Diseño de cuestionario	
Estructura del cuestionario	
Descripción detallada del cuestionario	
Captura de datos	

Presentación

La aplicación del cuestionario representa información confiable para el estudio, y es necesario que todos los involucrados conozcan el proceso de la encuesta para evitar rezagos al momento de enviar la encuesta o que no sea completada. Para prevenir posibles errores en la aplicación y captura del cuestionario, se elaboró el presente manual con instrucciones básicas para responsables del proyecto.

Este manual se ha diseñado para informar a los usuarios del instrumento a aplicar, su estructura, proceso de llenado y consideraciones para su elaboración. Se compone de dos apartados: el primero corresponde a la descripción del cuestionario en línea, la estructura e información detallada de cada uno de los reactivos del mismo, y el segundo apartado se refiere al proceso de captura de datos en Excel.

Encuesta

Se presenta el proceso de diseño del cuestionario en línea y como está estructurado. Se describe con detalle los componentes de la encuesta, así como las consideraciones tomadas durante y después de su aplicación.

Diseño de cuestionario

El diseño del cuestionario considera los objetivos de esta investigación, para conocer las características físicas de viviendas en Mexicali, así como la sensación y percepción de confort de sus habitantes. Su contenido está basado en el análisis de la norma ISO 10551, de la cual se pueden utilizar escalas subjetivas para preguntar a las personas como sienten o perciben el ambiente físico en el que se encuentran, y en la revisión de ANSI ASHRAE55-2010 sobre condiciones ambientales térmicas para la ocupación humana.

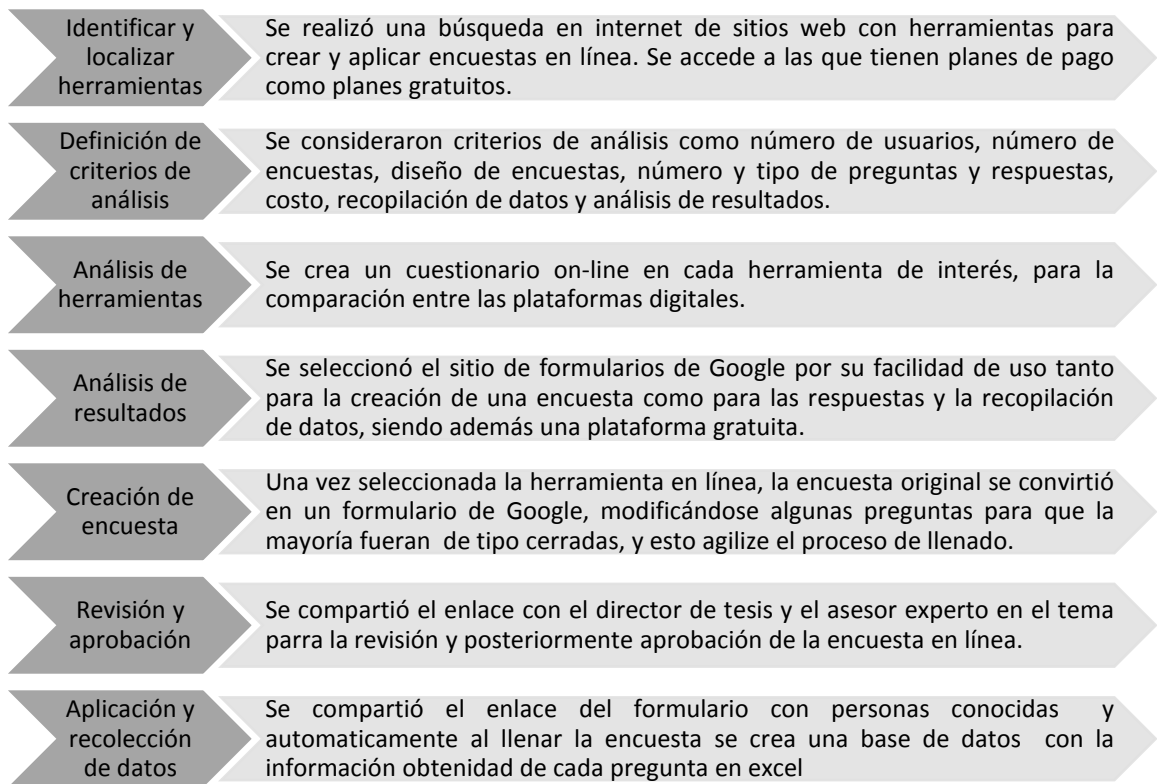
Posteriormente se realizó un análisis de cuestionarios aplicados en proyectos sobre energía y confort térmico con enfoque de adaptación. Se llevó a cabo una

propuesta de cuestionario, tomando en consideración aspectos como una redacción y estructura clara, que facilite los procesos de aplicación y captura, así como una extensión adecuada respecto a la cantidad de datos necesarios.

El cuestionario de la investigación “Confort térmico y ahorro de energía en viviendas económicas en México: regiones de clima cálido, seco y cálido húmedo” fue tomado como base, realizándole algunos ajustes para adecuarlo al caso de estudio de esta investigación. También se adaptó un cuestionario utilizado en la tesis de doctorado “Evaluación del impacto en el consumo eléctrico del programa ahorro sistemático integral en Mexicali, Baja California” (Suastegui, 2014), sobre la tipología constructiva y hábitos energéticos de las personas encuestadas, datos necesarios para la adecuada simulación energética de las viviendas.

En la parte superior de la página principal del cuestionario se encuentra la portada, la cual identifica el nombre de la universidad e institución de procedencia, esto para dar integridad y formalidad al estudio realizado ante las personas encuestadas. Lo siguiente que se indica es el objetivo principal del estudio y el nombre de las personas involucradas en la investigación, esto con el fin de brindar confianza a los encuestados de responder adecuadamente todas las preguntas y concientizarlos sobre la importancia de su participación en este proyecto.

Se elaboró un diseño preliminar del cuestionario, se evaluó y se realizaron ajustes para obtener el diseño final (Anexo II), y convertirlo en formulario en línea.



Fuente: Elaboración propia, con base en (Montoya et al., 2016).

Figura 7. Proceso de creación de encuesta en línea.

Estructura del cuestionario

El contenido de la encuesta se organizó en siete grupos, cada uno con un propósito específico: I. Datos de control, II. Información general, III. Percepción del ambiente térmico interior de la vivienda, IV. Información del ocupante, V. Nivel de actividad y aislamiento por ropa, VI. Espacio en la vivienda y VII. Características físicas de la vivienda. La extensión fue más de una cuartilla debido a la cantidad de datos requeridos sobre características físicas de la vivienda para la simulación energética.

Descripción detallada del cuestionario

En este apartado se describe detalladamente la información involucrada en cada componente de la encuesta y los términos utilizados. Como se mencionó el cuestionario esta dividido en siete grupos, a continuación, en una tabla por grupo se indica la ubicación de cada reactivo del cuestionario, el concepto al que se refiere en la encuesta, se describe de forma breve, se indican posibles respuestas y el objetivo de cada componente, así como algunas aclaraciones para su aplicación.

- I. Datos de control: Esta sección busca registrar, ordenar y diferenciar las encuestas con un número de folio y con opciones sobre su estado en la base de datos.
- II. Información general: Se solicita el nombre oficial del fraccionamiento o colonia donde vive la persona que responda la encuesta, así como la fecha en formato día/mes/año, y la hora en que se llena el cuestionario en formato 24 horas.
- III. Percepción del ambiente térmico interior de la vivienda: Esta sección se basa en los lineamientos de la norma ISO 10551, con la utilización de escalas de sensación térmica. Estas escalas sirven para conocer cómo percibe el individuo el ambiente térmico en la vivienda al momento de contestar, cómo preferiría sentirse, la tolerancia y la aceptación personal del ambiente interior durante las temporadas de verano e invierno.
- IV. Información del ocupante: Este apartado concentra características relevantes del sujeto evaluado, como su estado de salud y tiempo habitando la vivienda en la ciudad de Mexicali. Estos factores influyen en la relación metabólica y termorregulación humana, relacionados con las condiciones del ambiente térmico y el calor generado del usuario, que afecta a la sensación de confort térmico.
- V. Nivel de actividad y asilamiento por ropa: Contiene las opciones sobre nivel de actividad realizada instantes antes de responder las preguntas y el tipo de vestimenta para conocer el nivel de resistencia térmica por nivel de arropamiento del habitante al momento de la evaluación. Para mejores resultados en la aplicación del cuestionario, las opciones de respuesta se definieron en tres para cada pregunta basadas en normas internacionales.

-
- VI. Características del espacio en la vivienda: En este apartado se indica en que espacio de la vivienda se encuentra el encuestado al momento de responder el cuestionario, factores que afecten su percepción térmica como estar cerca de una ventana y el utilizar algún dispositivo para mejorar el clima en la habitación, ya sea ventilador de techo, de pedestal, aire acondicionado o calentador.
- VII. Características físicas de la vivienda: Aquí se concentra información de las características constructivas de la vivienda y el comportamiento de sus habitantes, parte fundamental para la adecuada captura y simulación energética, incluye preguntas sobre el área de la vivienda, dimensiones, orientación, asoleamiento, material de construcción de muros y techo, tipo de aislamiento y medidas de ahorro y uso eficiente de la energía implementadas por los habitantes. Los datos obtenidos son introducidos en el simulador térmico del departamento de sistemas energéticos del Instituto de Investigación de la UABC para obtener los consumos energéticos anuales de las viviendas encuestadas.

GRUPO	UBICACIÓN CÓDIGO DE CONTROL	CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	POSIBLES RESPUESTAS	OBJETIVO	OBSERVACIONES
I. Datos de control	No aplica	No. de encuesta	Número progresivo para conteo de encuestas y estado en la base de datos.		Control del total de encuestas recabadas.	
		Capturada	Indica que la encuesta ha sido capturada en la base de datos.		Control de encuestas que han sido capturadas en la base de datos.	
		Revisada	Encuesta que ha sido revisada en la información capturada en la base de datos.	1) Si. 2) No.	Control y asegurar la información requerida para el proceso de simulación.	
		Simulada	Indica encuesta simulada exitosamente.	1) Si. 2) No.	Control de cuales encuestas ya fueron simuladas.	
II. Datos generales	No aplica	Fraccionamiento o colonia	Nombre oficial del fraccionamiento o colonia donde reside la persona encuestada.	Nombre de colonia o fraccionamiento en la ciudad de Mexicali.	Identificar el tipo de vivienda, y conocer la distribución en la aplicación del cuestionario.	Es útil en caso de necesitar mayores datos de la envolvente de la vivienda.
		Fecha	Día, mes y año en que se completó la encuesta.	La fecha se registra automáticamente al momento en que el encuestado completa sus respuestas.	Ubicar la aplicación de las encuestas por temporada de estudio.	El formato es definido por la aplicación donde se realiza la encuesta.
		Hora	Hora en que se completó la encuesta.	El horario se registra automáticamente al momento en que el encuestado completa sus respuestas.	Distribución horaria de las encuestas en su aplicación.	El formato es definido por la aplicación donde se realiza la encuesta.
III. Percepción del ambiente térmico interior de la vivienda	1	Sensación térmica: ¿Cómo se siente en este preciso momento?	Pregunta de tipo cerrado, con una respuesta de tipo escala del 1 al 7, siendo 1 mucho frío, y 7 mucho calor basadas en ISO 10551.	1) Mucho frío: Frío severo. Incomodidad extrema. 2) Frío: Incomodidad permanente. Requiere abrigo o bebidas calientes. 3) Algo frío: Levemente frío. Incomodidad ocasional. 4) Ni calor ni frío: Confortable. No siente ningún mecanismo fisiológico de ajuste térmico (sudar, tiritar, etc.). 5) Algo de calor: Calor ligero. Incomodidad ocasional. Presencia de sed o necesidad de	Conocer cómo percibe el individuo la temperatura del aire en la vivienda al momento de contestar las preguntas.	Es necesario destacar la pregunta, y el encuestado debe tomar su tiempo para dar una respuesta meditada y razonada.

				refrescarse. 6) Calor: Incomodidad permanente pero controlable. Le incomoda la ropa usual. Suda regularmente. 7) Mucho calor: Calor severo. Incomodidad extrema.		
	2	Preferencia térmica: ¿Cómo preferiría estar/sentirse en este momento?	Pregunta de tipo cerrado con una respuesta de tipo escala, con siete opciones de sensación térmica basadas en ISO 10551.	1) Mucho más fresco: Con temperatura mucho más baja. 2) Más fresco: Reducción intermedia de la temperatura. 3) Un poco más fresco: Disminución pequeña de temperatura. 4) Sin cambio: Sin variación de temperatura, tal como está. 5) Con un poco más de calor: Aumento ligero de temperatura 6) Con más calor: Aumento medio de temperatura. 7) Mucho más caluroso: Aumento drástico de temperatura.	Conocer cómo prefiere el individuo sentir la temperatura del aire en la vivienda al momento de responder las preguntas.	
	3	Aceptación personal del ambiente verano: ¿Cómo considera el interior de su vivienda en verano?	Pregunta con una respuesta de tipo escala con dos opciones basadas en ISO 10551.	3. Generalmente aceptable: Las condiciones se consideran agradables, cómodas. 4. Generalmente inaceptable: Las condiciones no se aprueban, incomodidad por frío o calor.	Conocer la aceptación personal sobre el ambiente interior en la vivienda durante la temporada cálida.	
	4	Aceptación personal del ambiente invierno: ¿Cómo considera el interior de su vivienda en invierno?	Pregunta de tipo cerrado, con una respuesta de tipo escala con dos opciones basadas en ISO 10551.	1) Generalmente aceptable: Las condiciones se consideran agradables, cómodas. 2) Generalmente inaceptable: Las condiciones no se aprueban, incomodidad por frío o calor.	Conocer la aceptación personal sobre el ambiente interior en la vivienda durante la temporada de frío.	
	5	Tolerancia personal:	Pregunta de tipo cerrado,	6. Perfectamente tolerable: Ninguna	Conocer la tolerancia	

		¿Qué tan tolerable es el interior de su vivienda en este momento?	con una respuesta de tipo escala con cinco opciones basadas en ISO 10551.	molestia por efecto del clima. 7. Tolerable: Pequeñas molestias por el clima. 8. Ligeramente tolerable: Molestias por efecto del clima. 9. Intolerable: Demasiadas molestias por el clima. 10. Extremadamente intolerable: Molestia extrema por el clima.	personal del encuestado en la vivienda.	
	6	Temperatura del termostato de A/C cuando están en uso	Se ingresa la temperatura con la que se frecuenta el uso del aire acondicionado.	Número	Dato para simulación que evalúa el sistema de climatización.	
IV. Información del habitante	7	Estado de salud	Tres preguntas sobre enfermedad crónica, estacional o alguna condición como embarazo o periodo menstrual.	1) Si 2) No	Conocer el nivel de fiabilidad de las respuestas de percepción que el sujeto eligiera.	No se solicitan detalles sobre ninguna enfermedad en caso de padecerla.
	8	Tiempo de vivir en la vivienda en Mexicali	Se refiere al tiempo que tiene residiendo en la ciudad.	1) 6 meses, 2) 6 meses- 1 año, 3) 2-3 años, 4) 4-5 años y 5) 6 o más años.	Conocer el tiempo de estancia acumulado de los sujetos evaluados.	Considera personas habitando 6 meses o una vivienda en la ciudad.
V. Nivel de actividad y aislamiento por ropa	9	Nivel de actividad	Pregunta de tipo cerrado. Se refiere al nivel de actividad realizada 30 minutos, antes de realizar esta encuesta.	4) Pasiva: Parado, recostado o sentado, leyendo, etc. 5) Moderada: De pie o sentado realizando tareas ligeras. 6) Intensa: Actividades que requieren esfuerzo físico mayor.	Conocer las actividades que desarrolla durante su permanencia en la vivienda.	Para mejores resultados de aplicación, se describen las opciones de respuesta.
	10	Aislamiento por ropa	Pregunta de tipo cerrado. Se refiere al tipo de vestimenta, al momento de contestar la encuesta, conforme a la clasificación propuesta en el cuestionario.	4) Ligera: camiseta ligera de mangas cortas, pantalón tela ligera, calcetines ligeros y zapatos cerrados o similar. 5) Normal: Camiseta o camisa de manga larga, pantalón y zapato cerrado o similar. 6) Abrigada: camiseta o camisa de manga larga, pantalón tela gruesa, saco o suéter y zapato cerrado o	Identificar el tipo de vestimenta para conocer el nivel de resistencia térmica por nivel de arropamiento del habitante al momento de la evaluación.	Para mejores resultados en la aplicación del cuestionario se describe cada opción de respuesta. Selecciona la opción que describa mejor su tipo de vestimenta.

				similar.		
VI. Características del espacio en la vivienda	11	¿En qué espacio de su vivienda se encuentra en este momento?	Pregunta de tipo cerrado, con opciones de espacios interiores de la vivienda.	1) Sala, 2) Recámara, 3) Cocina y 4) Otro	Conocer el espacio de la vivienda en el que se encuentra el encuestado al momento de responder.	Opción 4 abierta para escribir una respuesta en caso de no ser ninguna.
	12	¿En este momento está cerca de una ventana?	Pregunta con base en lo descrito en el anexo E del ANSI/ASHRAE 55 (2010).	1) Si 2) No	Conocer factores que afecten la percepción térmica del individuo.	
	13	¿Hay sellado de puertas y ventanas en su vivienda?	Infiltración o ventilación de aire exterior a través de los marcos de puertas y ventanas en la vivienda.	1) Si 2) No	Conocer la situación de sellado de puertas y ventanas en la vivienda evaluada.	Información necesaria para la simulación térmica.
	14	Temperatura aproximada del aire exterior	Temperatura del aire exterior, valor que deberá estar en grados Centígrados o Fahrenheit.	Número	Registrar condiciones ambientales, para estimar la temperatura neutral (confort).	Consultar la aplicación del clima.
	15	Aparatos en uso para mejorar el interior de la vivienda	Se refiere a contar con algún dispositivo de acondicionamiento en operación al momento de contestar la encuesta.	1) Ventilador de techo 2) Ventilador de pedestal 3) Aire acondicionado 4) Calentador 5) Otro.	Identificar el posible uso de aparatos mecánicos que favorecieran el acondicionamiento higrotérmico en la vivienda.	Opción 5 abierta para escribir una respuesta en caso de no ser ninguna de las otras opciones.
VII. Características físicas de la vivienda	16	m ² aproximados de construcción total	Área total de construcción de la vivienda. Suma de todas las superficies cubiertas.	Número	Conocer el tamaño de la vivienda evaluada.	Incluye planta baja y planta alta de ser el caso.
	17	m ² aproximados de construcción climatizada	Área que suman los espacios en la vivienda donde se utiliza aire acondicionado.	Número	Con esto la simulación evalúa el sistema de climatización.	
	18	¿De cuántos niveles es la vivienda?	Cantidad de niveles de la vivienda evaluada, ya sea un nivel o dos.	1) Un nivel 2) Dos niveles	Control e identificar el proceso de simulación térmica de la vivienda.	
	19	Personas que habitan en la	Número de personas que viven en la vivienda.	Número	Conocer la ocupación de personas en la vivienda.	No cuentan personas que estén de visita en la casa al

		vivienda				llenar la encuesta.
20	Dimensiones de la fachada de la vivienda	Altura interna y ancho en cada nivel, correspondiente a la fachada principal de la vivienda.	Número		La simulación evalúa el sistema de climatización.	Fachada principal: Parte de la vivienda donde está la puerta principal de entrada.
21	Longitud en metros de la vivienda	Metros que tiene de fondo la vivienda en cada nivel.	Número		La simulación evalúa el sistema de climatización.	Se mide hacia adelante o hacia atrás dentro de la casa.
22	¿La fachada principal a qué dirección está orientada?	Seleccionar la orientación en la que está ubicada la fachada principal de la vivienda.	1) Norte 2) Sur 3) Este 4) Oeste		Ubicar la vivienda y conocer el asoleamiento que recibe.	Se sugiere utilizar herramientas digitales o estrategias para ubicar la orientación.
23	Muros sombreados o tienen algún elemento de sombra	Se refiere a los muros que por algún elemento no reciben asoleamiento directo.	1) Norte 2) Sur 3) Este 4) Oeste		Conocer los elementos que dan sombra a los muros y el asoleamiento que reciben.	Indicar los muros de acuerdo a su orientación para cada nivel.
24	Material de los muros de la vivienda	Tipo de material o sistema constructivo de los muros en cada nivel de la vivienda.	1) Concreto, 2) Bloque, 3) Ladrillo, 4) Adobe, 5) Madera y 6) Tridipanel.		El resultado generado del simulador muestra principalmente las cargas de enfriamiento por aire acondicionado que se tienen en la vivienda de acuerdo a las características de los muros, techo, ventanas y puertas.	Opciones dadas por el simulador térmico
25	Espesor de muros	Grosor del material o sistema constructivo de los muros en cada nivel de la vivienda.	1) 4 pulgadas, 2) 6 pulgadas 3) 8 pulgadas			Opciones dadas por el simulador térmico
26	Muros aislados: Cuáles son y su espesor.	El usuario indica los muros que están aislados en cada orientación y su grosor para cada nivel.	Selección múltiple para muros asilados: 4 puntos cardinales. Opciones de espesor: desde 1 pulgada a 8 pulgadas.			Sistema de aislamiento térmico ya sea en la cara interior o exterior de los muros de la vivienda.
27	Material es el aislamiento de los muros	Tipo de material del sistema de aislamiento térmico.	Las opciones de aislamiento son: 1) Poliestireno, 2) Poliuretano y 3) Fibra de vidrio.			Indicar los muros aislados para cada nivel.
28	Área aproximada en m ² de ventanas en cada orientación.	Área de ventanas en cada orientación de la vivienda y para cada nivel.	Primer y segundo nivel: escribe el área en cada orientación (Norte, Sur, Este y Oeste).			En caso de ser 0 especifique en qué orientación.
29	Área aproximada en m ² de puertas en cada orientación.	Área de puertas en cada orientación de la vivienda y para cada nivel.	Primer y segundo nivel: escribe el área en cada orientación (Norte, Sur, Este y Oeste).			En caso de ser 0 especifique en qué orientación.
30	Material del techo	Hace referencia al tipo de	1) Vigueta y bovedilla, 2) Concreto, 3)			Casa de dos niveles: el techo

		de la vivienda	material del sistema constructivo del techo.	Madera sin ático o plafón, 4) Madera con ático y plafón y 5) Otro.		del primer nivel es entrespiso.
	31	Pintura reflejante	Indica si la vivienda cuenta con pintura reflejante o no.	1) En techo, 2) En muros y 3) No uso		
	32	Aislamiento en techo de la vivienda	Sistema de aislamiento térmico en el techo de la vivienda. Indicar el grosor y el tipo de material.	Cuenta con aislamiento: 1) Si y 2) No Opciones de aislamiento: 1) Poliestireno, 2) Poliuretano y 3) Fibra de vidrio. Opciones de espesor en pulgadas.		En caso de no ser ninguna de las opciones, especificar.
	33	Medida para el ahorro de energía en el hogar	Se refiere a las medidas de ahorro de energía aplicadas por el usuario en su vivienda	1) Si y 2) No	Conocer qué acciones son consideradas por el usuario como tales y que ha implementado.	Respuesta abierta para conocer cuáles medidas considera que aplicó.
	34	Subprogramas del programa ASI	Indica cuales subprogramas del programa ASI utiliza o utilizaron en la vivienda	1) Aislamiento Térmico, 2) Sustitución de A/C Central, 3) Sustitución de A/C de ventana, 4) Sustitución de Refrigerador y 5) Ninguno.	Información de apoyo para proyectos en el laboratorio del área química-energía.	Programa de Ahorro Sistemático Integral que ofrece opciones de ahorro y confort en el hogar como aislamiento térmico, cambio de refrigerador y de aparato de climatización.
	35	Dispositivo facturación en tiempo real	Pregunta si estaría dispuesto a adquirir un dispositivo que le brinde su facturación en tiempo real.	1) Si y 2) No	Información de apoyo para proyectos en el laboratorio del área química-energía.	Indicar cuánto cree que vale este aparato (en pesos)
	36	Tablas de equipos electrodomésticos y ocupantes	Electrodomésticos que se usan en la vivienda y la ocupación de personas durante las 24 horas del día.	Archivo adjunto.	Se obtiene demanda máxima de energía, y las cargas de enfriamiento por aire acondicionado.	Indicar los equipos correspondientes en cada nivel de la vivienda, la cantidad y los años de uso.
	37	Historial de consumo	Se solicita una imagen del recibo de facturación de la Comisión Federal de Electricidad, con los consumos de energía de la vivienda que se generaron en un año.	Archivo adjunto.	Consumos de energía de los resultados simulados comparados con los consumos reales de consumo anual de verano e invierno.	Es importante que en la imagen se muestre claro su historial de consumo.

. Fuente: Elaboración propia, 2020
 Tabla 14 Componentes del cuestionario y términos utilizados.

Captura de datos

Se creó una hoja de cálculo en el programa Excel, debido a su capacidad para hacer análisis estadístico, además de su compatibilidad con programas especializados sobre análisis estadístico. La base de datos incluye los grupos de la encuesta en línea, se crea automáticamente de la página web y se asigna un color distinto a cada grupo, así como los indicadores y variables del estudio.

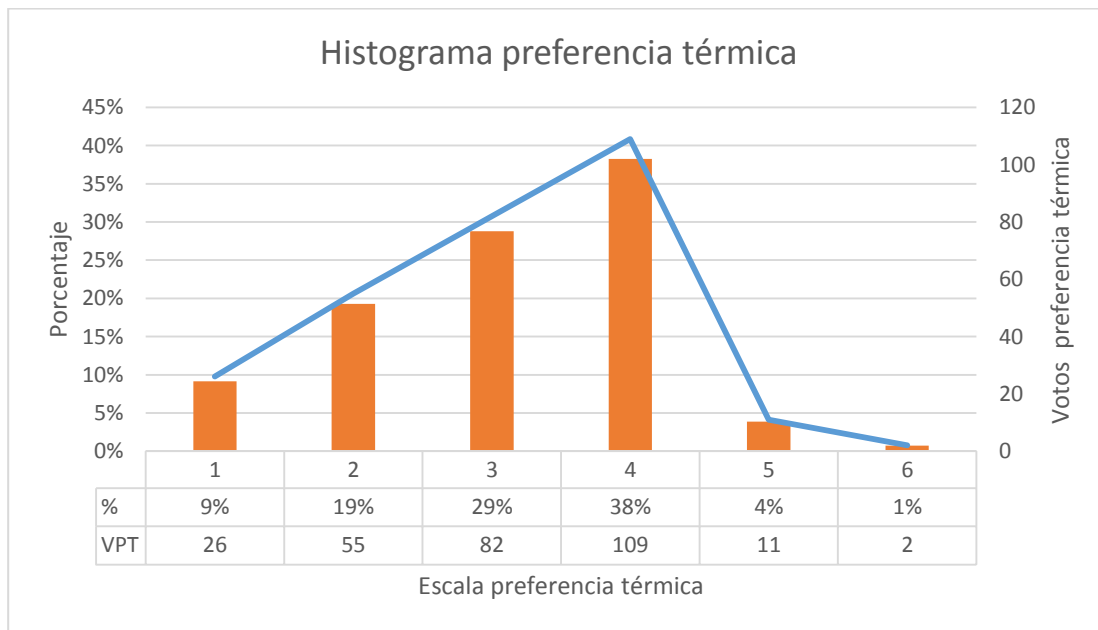
o. encuesta	I. Datos generales			II. Percepción del ambiente térmico interior de la vivienda						III. Información del habitante				IV. Nivel de actividad y aislamiento por	
	Fecha	Hora	Fracc o colonia	Sensación térmica	Preferencia térmica	Aceptación personal del ambiente veran	Aceptación personal del ambiente invern	Tolerancia personal	Temperatura del termostato A	Enfermedad crónica	Enfermedad estación	Condiciones particular	Tiempo viviendo en Mexicali	Nivel de actividad	Tipo de vestimenta
92	16/05/2020	11:06:23 p. m.	Lucio Blanco	4	3	1	1	2	25°C	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
93	16/05/2020	11:10:40 p. m.	California Residencial	3	2	2	1	3	66 °F	No	No	No	6 meses	Pasiva	Normal
94	17/05/2020	09:44:19 a. m.	Nacionalista	4	3	1	1	2	26 grados centigr	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
95	17/05/2020	10:39:41 a. m.	Fracc. Valle del pedregal	4	4	1	1	2	22 °C	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
96	17/05/2020	02:03:50 p. m.	Fraccionamiento 27 de s	5	3	1	1	1	22 C°	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
97	17/05/2020	02:25:01 p. m.	fraccionamiento villa col	4	4	1	1	1	24 grados °c	No	No	No	6 o más años	Moderada	Ligera
98	17/05/2020	08:24:48 p. m.	La Estrella	4	4	1	1	1	72 °F	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
99	18/05/2020	01:18:21 a. m.	sevilla	4	4	1	1	1	75 F	No	No	No	2-3 años	Pasiva	Ligera
100	18/05/2020	03:14:09 a. m.	villas del rey primera eta	4	4	1	1	2	26 C	No	Si	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
101	18/05/2020	07:36:08 a. m.	Parajes de oriente	4	4	1	1	1	de 25°c a 20°c	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
102	18/05/2020	09:54:58 a. m.	Buenos Aires 1	4	3	2	2	3	20 C	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
103	18/05/2020	10:38:34 a. m.	Infonavit Virreyes	4	4	1	1	2	22 grados centigr	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
104	18/05/2020	11:48:17 a. m.	Villas del colorado	6	1	1	1	1	22°	No	No	No	6 o más años	Moderada	Ligera
105	18/05/2020	11:59:53 a. m.	colonia 18 de marzo	4	2	1	1	2	24 c	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
106	18/05/2020	01:04:42 p. m.	Insurgentes Este	4	4	1	1	2	24°C	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
107	18/05/2020	01:49:52 p. m.	Ejido Colima, Mexicali, Bc	4	3	1	1	2	°C	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
108	18/05/2020	02:05:53 p. m.	alamitos	4	3	1	1	2	24 c	No	No	No	6 o más años	Moderada	Ligera
109	18/05/2020	02:25:21 p. m.	Colonia Hidalgo	4	3	2	1	2	79 F	No	Si	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
110	18/05/2020	03:17:34 p. m.	fraccionamiento residen	4	3	1	1	2	no tengo termosta	No	No	No	2-3 años	Pasiva	Ligera
111	18/05/2020	03:46:41 p. m.	Toledo 1	4	4	1	1	2	80°F	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
112	18/05/2020	04:29:38 p. m.	Cantera Residencial	4	2	1	2	2	26-28 °C	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
113	18/05/2020	04:54:52 p. m.	Villas del Colorado	5	2	2	1	3	24 °C	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
114	18/05/2020	05:33:14 p. m.	colonia vallarta	4	2	2	1	2	25°C	No	No	No	6 meses-1 año	Pasiva	Normal
115	18/05/2020	05:46:28 p. m.	Villas del Colorado	4	3	1	1	1	25°C	No	No	No	4-5 años	Pasiva	Ligera
116	18/05/2020	06:13:39 p. m.		8	4	3	2	2	23	No	No	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
117	18/05/2020	06:38:49 p. m.	ejido coronitas	4	3	1	1	3	°C	No	Si	No	6 o más años	Pasiva	Ligera
118	18/05/2020	06:47:22 p. m.	Parajes de puebla	4	2	1	1	1	18 °C	No	No	No	2-3 años	Moderada	Ligera
119	18/05/2020	06:57:59 p. m.	valle del pedregal	5	2	1	1	2	20 c	No	No	No	6 o más años	Moderada	Normal

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Figura 10. Base de datos a partir de la recopilación de datos obtenida de formularios de Google.

ANEXO IV. Histogramas

El estudio mostró que el 38% de la muestra tendieron a una preferencia térmica sin cambios en el ambiente térmico al momento de realizar la encuesta (véase Figura 23), que representa el número 4 de la escala de preferencia (Tabla 15), mientras que casi el 30% y el 19% preferirían sentirse un poco más frescos y más frescos respectivamente. En un porcentaje muy pequeño 9, 4 y 6% de los encuestados prefirieron un ambiente térmico mucho más frescos, con un poco más de calor y con más calor respectivamente, esto como evidencia del clima cálido de la ciudad a pesar del acondicionamiento del ambiente interior.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Figura 23. Histograma de votos de preferencia térmica.

1	2	3	4	5	6
Mucho más fresco	Más fresco	Un poco más fresco	Sin cambio	Con un poco más de calor	Con más calor

Fuente: Elaboración propia con base en ISO 10551 (2019).

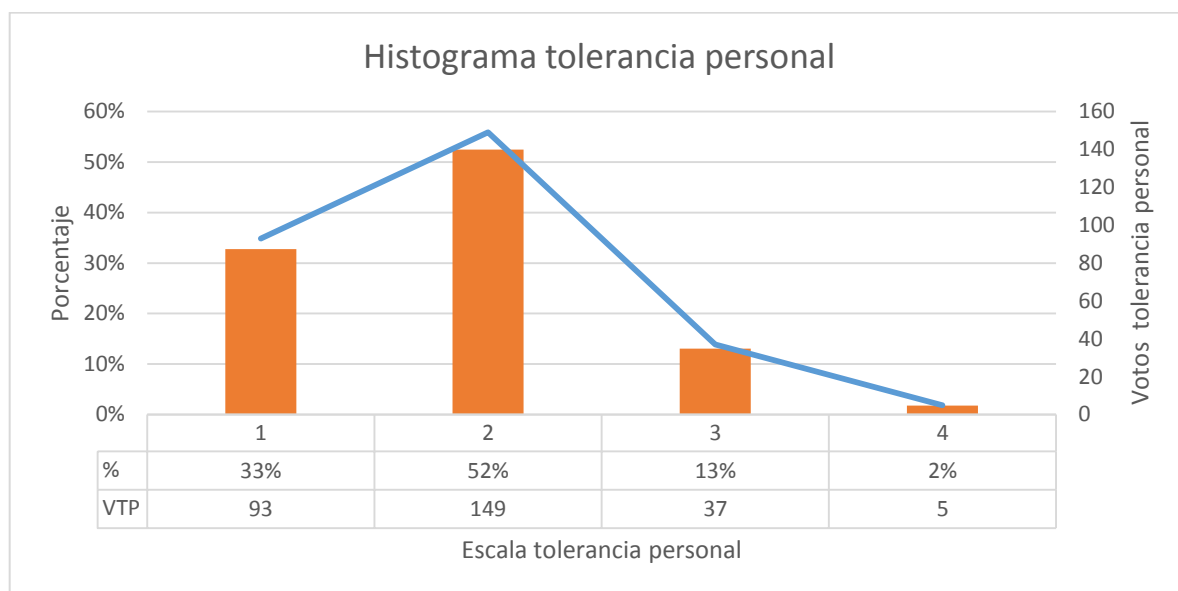
Tabla 15 Escala de preferencia térmica

Para el caso de la tolerancia personal (escala mostrada en Tabla 16) al momento de responder la encuesta, el 52% de los participantes considera el ambiente interior de su vivienda tolerable, y 33% respondieron que el ambiente es perfectamente tolerable, esto demuestra la eficacia de la adaptación de los residentes al clima (Rijal y cols., 2020). Mientras que casi una séptima parte de la

muestra no tolera el ambiente térmico dentro de su vivienda, como se puede ver en la Figura 24.

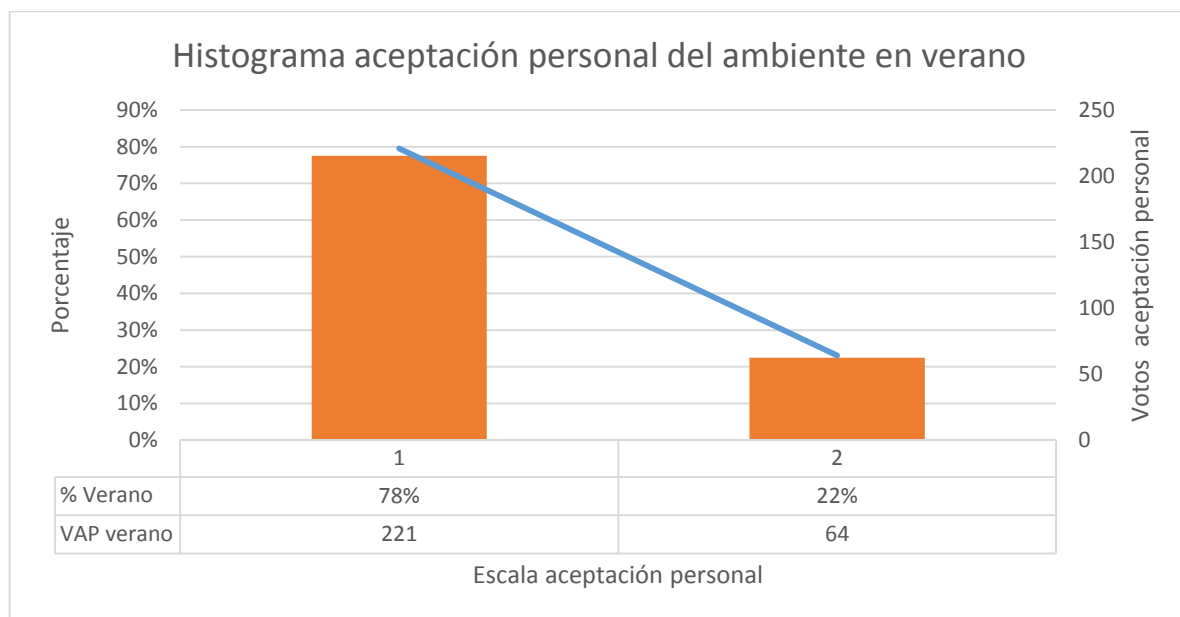
1	2	3	4
Perfectamente tolerable	Tolerable	Ligeramente tolerable	Intolerable

*Fuente: Elaboración propia con base en ISO 10551 (2019).
Tabla 16 Escala tolerancia personal.*

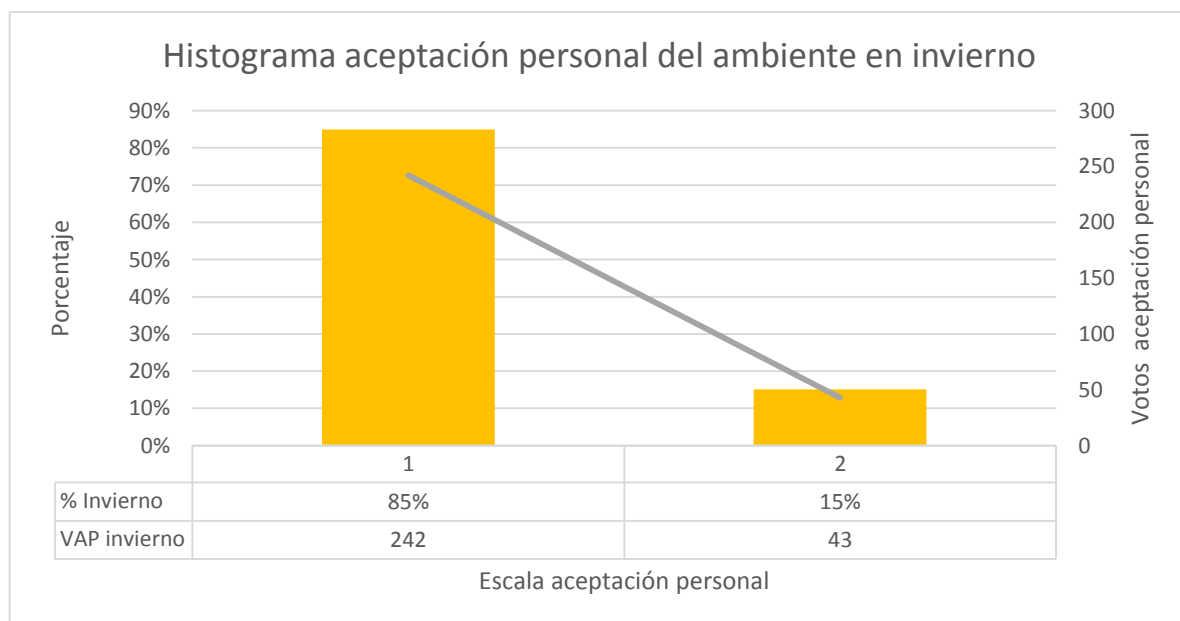


*Fuente: Elaboración propia, 2020.
Figura 24. Histograma de votos de tolerancia personal.*

La gran mayoría de los sujetos encuestados según su aceptación personal, consideraron generalmente aceptable el ambiente térmico dentro de sus viviendas, tanto en el periodo de verano como en el de invierno, que como se mencionó anteriormente podría deberse a la adaptación al clima local de los sujetos (véanse Figuras 25 y 26).



Fuente: Elaboración propia, 2020.
 Figura 25. Histograma de votos de aceptación personal del ambiente en verano.



Fuente: Elaboración propia, 2020.
 Figura 26. Histograma de votos de aceptación personal del ambiente en invierno

Recientemente Nicol (2020) menciona que el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) espera que el aumento del cambio climático provoque un aumento en la frecuencia de eventos climáticos extremos y durante estos eventos, la preocupación de la gente podría cambiar de comodidad a supervivencia. En

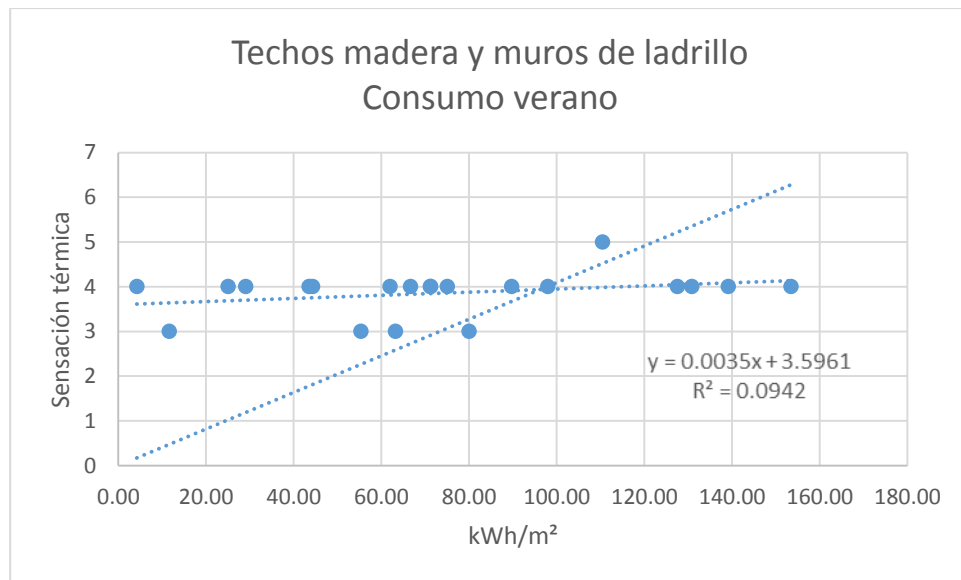
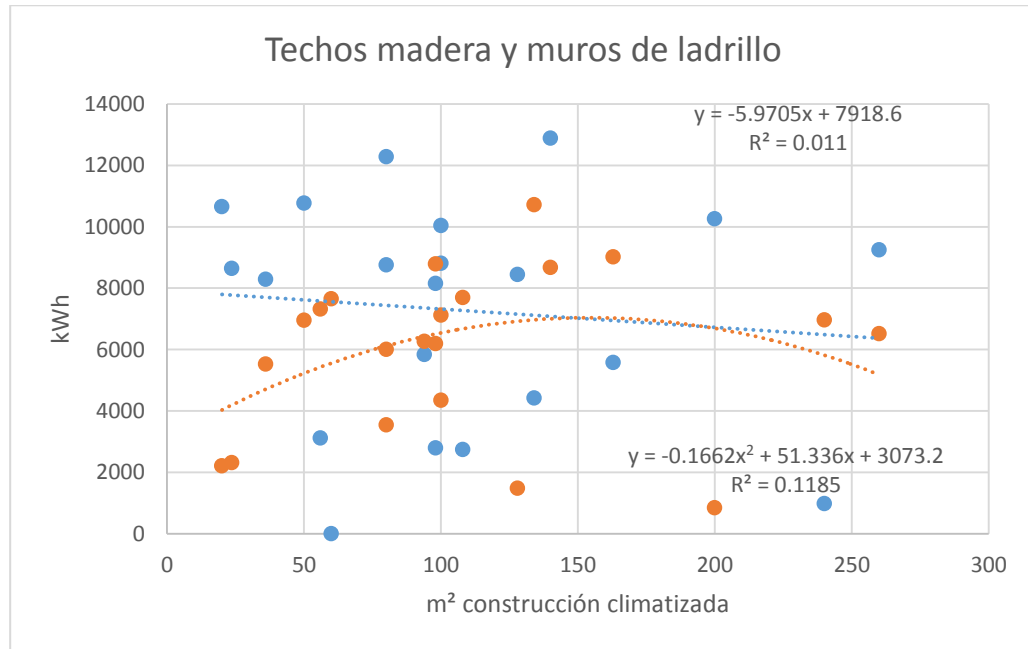
este estudio hubo gran porcentaje de aceptación del ambiente térmico interior por parte de los habitantes durante el periodo de evaluación, esto podría deberse a la situación global actual de contingencia sanitaria, donde los participantes podrían haber dado prioridad a su supervivencia y seguridad, y en segundo las necesidades básicas como comida, ropa, saneamiento, así como un lugar para vivir y descansar, en lugar de aceptación térmica o comodidad (Nicol y cols., 2020).

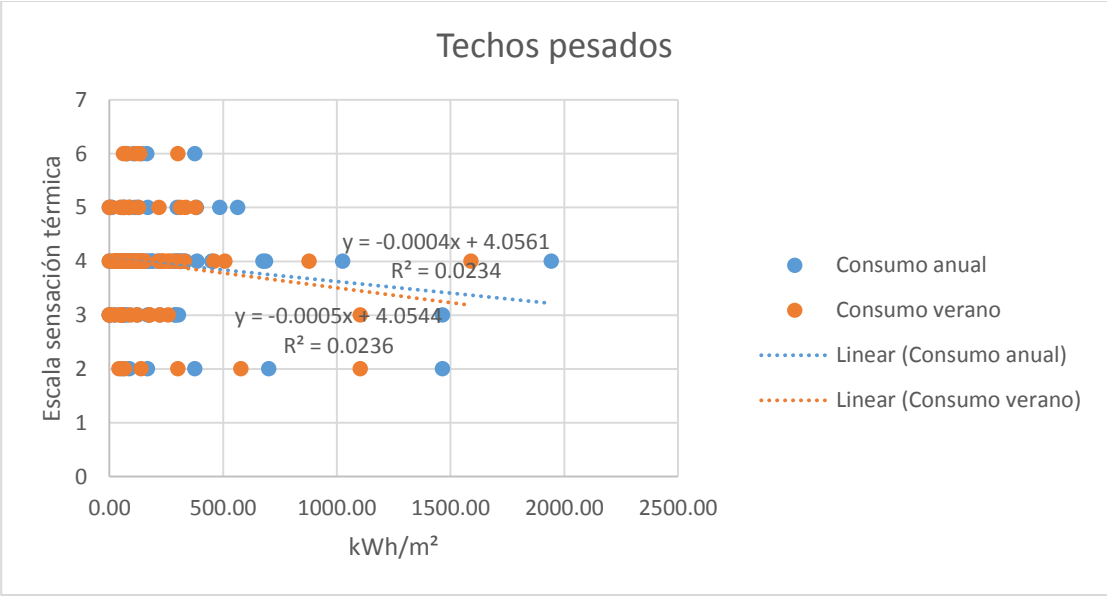
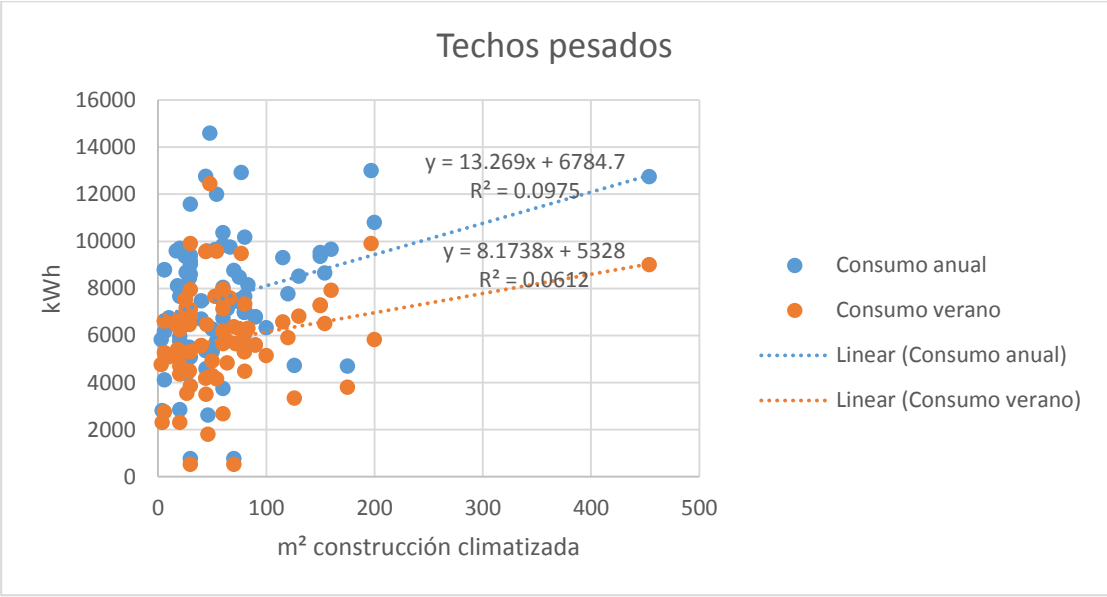
ANEXO V. Aplicación de Regresión Lineal Simple

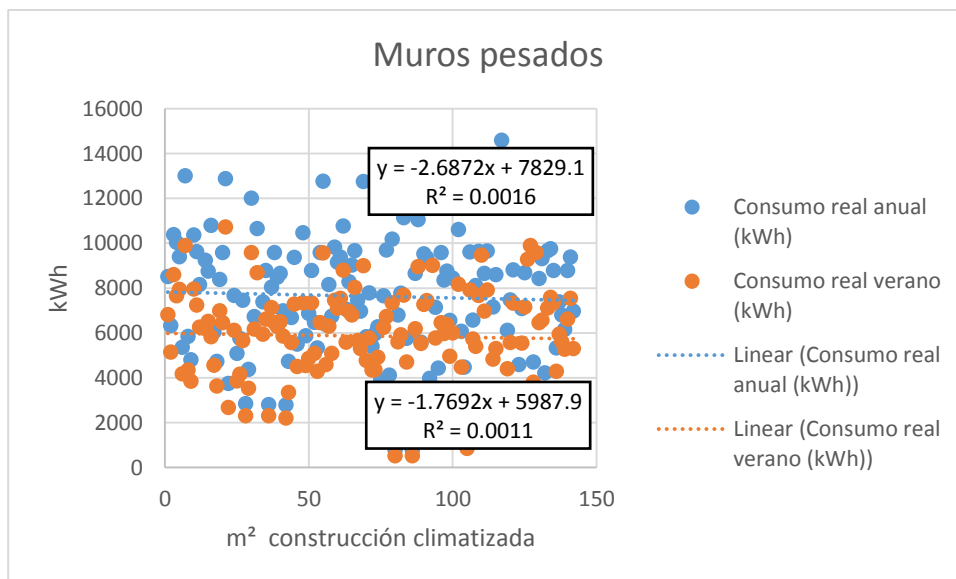
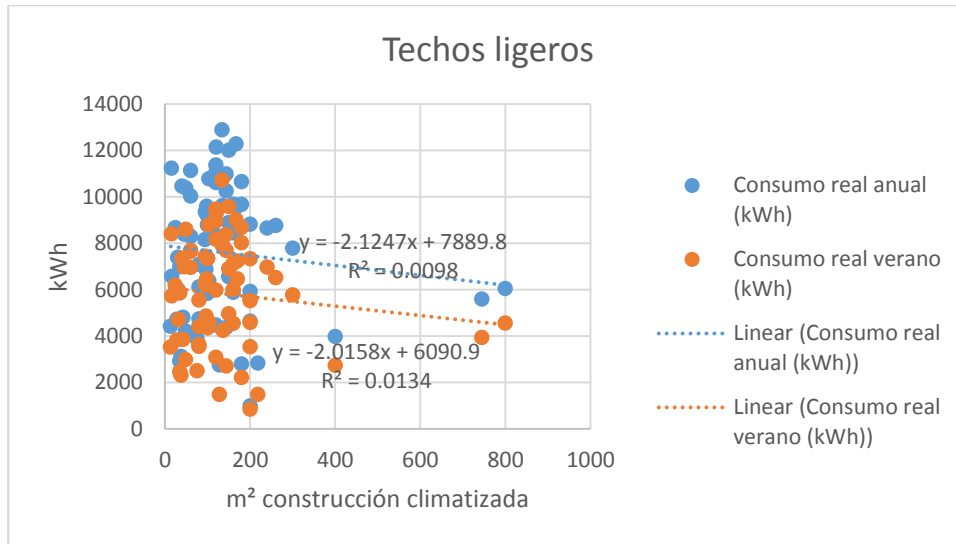
Con base en la aplicación de este modelo durante el análisis de datos, fue posible identificar algunas desventajas significativas con la utilización de este modelo de correlación en el análisis de datos, entre ellas que el valor del coeficiente de determinación resulta por debajo de 0.5, lo que, en términos del confort térmico responde a una correlación baja y a un alto grado de dispersión en la muestra.

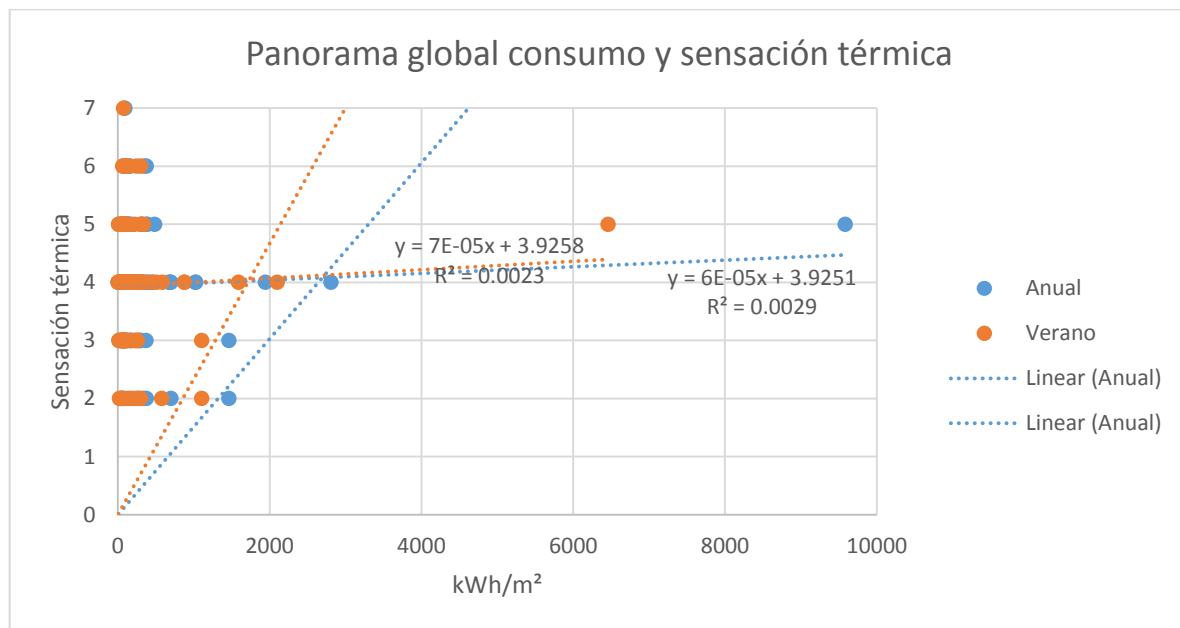
Se presenta, como ejemplo, los resultados y los gráficos parciales obtenidos con la aplicación de cada uno de estos métodos durante el análisis individual del consumo eléctrico por área de climatización para el periodo de consumo anuales y de verano con el enfoque adaptativo, aunque es importante aclarar que dicho procedimiento (de aplicación y comparación de resultados) se aplicó de igual manera a cada uno de los casos analizados.

Se automatizó una hoja de cálculo en Microsoft Excel® con el fin de que, a partir de los datos introducidos en la matriz el procesamiento y la correlación de datos se llevará a cabo simultáneamente con los métodos estadísticos de Regresión lineal simple y Medias por Intervalos de Sensación Térmica, mencionados en el Capítulo 4. Esto para visualizar paralelamente los resultados estimados con cada uno de los métodos aplicados y definir cuál de ellos representaba mayor consistencia respecto a las condiciones de evaluación de las cuales fueron objeto (prácticamente en todos los casos el MIST presentó mayor consistencia de resultados).









Bibliografía

- Arens, E., Hoyt, T., Zhou, X., Huang, L., Zhang, H., & Schiavon, S. (2015). Modeling the comfort effects of short-wave solar radiation indoors. *Building and Environment*, 88, 3–9. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.09.004>
- Auliciems, A., & Szokolay, S. V. (2007). Passive and Low Energy Architecture International: Design Tools and Techniques - Note 3. In *US Patent 3,292,388*. <http://www.google.com/patents/US3292388>
- Bojórquez, G. (2010). *Confort térmico en exteriores: Actividades en espacios recreativos, en clima cálido seco extremo*. Universidad de Colima.
- Brahme, R., Mukundan, A., & Goel, R. (2019). Impact of Realistic Controls on Building Energy Consumption and Comfort. *International Building Performance Simulation Association*, 948–955.
- Bravo Morales, G. (2014). *Temperaturas de confort e implicaciones energéticas en viviendas climatizadas mecánicamente. Estudio en clima cálido y húmedo*. 228. http://oa.upm.es/32901/1/GAUDY_CLARET_BRAVO_MORALES.pdf
- Bravo Morales, G. C., & González Cruz, E. M. (2003). (PDF) *Confort térmico en el trópico húmedo: experiencias de campo en viviendas naturalmente ventiladas*. https://www.researchgate.net/publication/242281367_Confort_termico_en_el_tropico_humedo_experiencias_de_campo_en_viviendas_naturalmente_ventiladas
- Briguega Gamboa, M. (2019). *Conjunto habitacional de interés social sustentable con certificación leed desarrollo urbano v4, en la ciudad de Mexicali B.C*. <http://hdl.handle.net/11117/5303>
- Castillo Quimis, E. L., Mite Pezo, J. A., & Pérez Arévalo, J. J. (2019). Influencia de los materiales de la envolvente en el confort térmico de las viviendas. Programa Mucho Lote II, Guayaquil. *SciELO*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-

36202019000400303

- Conavi. (2008). *Programa Específico para el Desarrollo Habitacional Sustentable ante el Cambio Climático*. www.conavi.gob.mx
- COPLADE. (2013). Población de los Municipios de Baja California 2013-2030. Año, 2, 7.
- de Buen R., O. (2020). Eficiencia energética en el confort térmico en viviendas de clima cálido en México. In *Cuadernos de la CONUEE Número 5/Nuevo Ciclo Abril* 2020. <https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/Cuadernos/cuaderno5nvo ciclo.pdf>
- EBCO. (2018). *Diagnóstico del contexto socio-demográfico de Mexicali*. <http://www.cij.gob.mx/ebco2018-2024/9661/9661CSD.html>
- Flores Rojas, G. M. (2015). *Proyecciones de población urbana y rural de las localidades de Baja California 2015-2030*.
- Foruzanmehr, A. (2017). Thermal comfort in hot dry climates: Traditional dwellings in Iran. In *Thermal Comfort in Hot Dry Climates: Traditional Dwellings in Iran*. <https://doi.org/10.4324/9781315527130>
- García Gómez, C., Bojórquez Morales, G., & Ruiz Torres, P. (2011). Sensación térmica percibida en vivienda económica y auto-producida, en periodo cálido, para clima cálido húmedo. *Ambiente Construido*, 11(4), 099–111. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212011000400008>
- Godoy Muñoz, A. (2012). *El confort térmico adaptativo. Aplicación en la edificación en España*. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Gómez-Azpeitia, G., Bojórquez, G., Ruiz, P., Romero, R., Ochoa, J., Pérez, M., Reséndiz, O., & Llamas, A. (2009). Comfort temperatures inside low-cost housing: Case: Six warm climate cities in Mexico. *PLEA 2009 - Architecture Energy and the Occupant's Perspective: Proceedings of the 26th International Conference on Passive and Low Energy Architecture, January 2015*.

-
- Gómez-Azpeitia, G., Bojórquez Morales, G., & Ruiz-Torres, R. P. (2007). El confort térmico, dos enfoques teóricos encontrados. *PALAPA. Revista de Investigación Científica En Arquitectura*, 2, 45–57. <http://redalyc.uaemex.mx>
- Han, J., Zhang, G., Zhang, Q., Zhang, J., Liu, J., Tian, L., Zheng, C., Hao, J., Lin, J., Liu, Y., & Moschandreas, D. J. (2007). Field study on occupants' thermal comfort and residential thermal environment in a hot-humid climate of China. *Building and Environment*, 42, 4043–4050. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.06.028>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta edición). McGraw Hill. www.elosopanda.com/%7Cjamespoetrodriguez.com
- Höppe, P. (2002). Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Buildings*, 34(6), 661–665. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00017-8](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00017-8)
- INEGI. (2017). *Anuario estadístico y geográfico de Baja California 2017*. www.inegi.org.mx
- ISO. (2019). *ISO: 10551. Ergonomics of the physical environment-Subjective judgement scales for assessing physical environments*.
- Kristian, F. (2015). *Indoor Thermal Comfort Perception*. Springer. https://books.google.com.gh/books?id=MzBACwAAQBAJ&pg=PA34&lpg=PA34&dq=thermal+comfort+studies,+temperature+have+been+indicated+as+the+most+important+parameter&source=bl&ots=lsLBVAZkqo&sig=Xz4xXG_qHocl1ZwruY8ZXNmLoCk&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwj25v3g2NHYA hWGCMA
- Ley García, J., Denegri, F., García Cueto, R., Venegas Cardoso, F., Ochoa García, M., Lozano Rivera, B., Valadez López, G., Moreno Vega, J. A., Morachis Gastelum, J., García Navarro, H., Debo Montero, Y., & Lozano Rivera, P. (2011). *Atlas de riesgos del municipio de Mexicali, B.C.* <http://www.mexicali.gob.mx/transparencia/administracion/atlas/pdf/2.pdf>

-
- Magaña Almaguer, H. D., Pérez Tello, C., & López Badilla, G. (2016). *Evaluation of Temperatures in Mexico to Analyze the Saving and Efficiency Energy* (Vol. 20, Issue 1).
- Méndez Fierros, H. (2007). Representaciones mediáticas del agua, el clima y la energía eléctrica en zonas áridas: el caso de Mexicali, B.C. *Culturales*, 3(6), 121–146.
- Montelíer Hernández, S., Armas Teyra, M. A. de, Borroto Nordelo, A., Gómez Sarduy, J. R., & Pérez Tello, C. (2008). Inteligencia artificial aplicada a la reducción del consumo energético de un sistema de climatización por agua helada en un hotel turístico. *Energética*, 13–18.
- Montoya, L., Farran, C., & Català, C. (2016). *ANÁLISIS DE HERRAMIENTAS GRATUITAS PARA EL DISEÑO DE CUESTIONARIOS ON-LINE ANALYSIS OF FREE TOOLS FOR DESIGNING ONLINE*.
- Nicol, F., Bahadur Rijal, H., Imagawa, H., & Thapa, R. (2020). The range and shape of thermal comfort and resilience. *Energy and Buildings*, 224, 110277. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110277>
- Nicol, F., & Roaf, S. (2005). Post-occupancy evaluation and field studies of thermal comfort. *Building Research and Information*, 33(4), 338–346. <https://doi.org/10.1080/09613210500161885>
- Pérez-Tello, C., Campbell-Ramírez, H., Suástegui-Macías, J. A., & Reinhardt, M. S. (2018). Methodology of Energy Management in Housing and Buildings of Regions with Hot and Dry Climates. In *HVAC System*. InTech. <https://doi.org/10.5772/intechopen.78341>
- Pérez Tello, C., Campbell Ramírez, H. E., & Suástegui Macías, J. A. (2018). *Comportamiento térmico de edificios*.
- Rijal, H. B., Yoshida, K., Humphreys, M. A., & Nicol, J. F. (2020). Development of an adaptive thermal comfort model for energy-saving building design in Japan. *Architectural Science Review*, 0(0), 1–14.

<https://doi.org/10.1080/00038628.2020.1747045>

- Rincón-Martínez, J. C., Martínez-Torres, K. E., González-Trevizo, M. E., & Fernández-Melchor, F. (2020). Modelos matemáticos para estimar el confort térmico adaptativo en espacios interiores: Un estudio en la transición térmica de Ensenada, B.C. *Ingeniería Revista Académica de La Facultad de Ingeniería Universidad Autónoma de Yucatán*, 24(1), 1–17. <http://www.revista.ingenieria.uady.mx/ojs/index.php/ingenieria/article/view/186>
- Rincón, J., Marcos, G., & Fernández, M. (2017). Adaptación al ambiente térmico en interiores: Estudio en el periodo frío en Ensenada , Baja California. *Congreso Internacional, October*, 21.
- Rincón Martínez, J. C. (2015). *CONFORT TÉRMICO EN BIOCLIMA SEMI-FRÍO: ESTIMACIÓN A PARTIR DE LOS ENFOQUES DE ESTUDIO ADAPTATIVO Y PREDICTIVO*. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Romero Moreno, R. A. (2002). Implicaciones del acondicionamiento ambiental del sector residencial en el consumo de energía eléctrica bajo condiciones climáticas cálido secas extremas: el caso de Mexicali, B.C. In *Dirección General de Bibliotecas de la UNAM*. UNAM.
- Secretaría de Protección al Ambiente. (2013). *Programa estatal de acción ante el cambio climático de Baja California*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Suástegui Macías, J. A. (2014). *Evaluación del impacto en el consumo eléctrico del Programa de Ahorro Sistemático Integral en Mexicali, Baja California*. Universidad Autónoma de Baja California.
- Urias Barrera, H. E. (2019). *Confort térmico en espacios públicos exteriores para actividades intensas deportivas: en clima cálido seco extremoso*. Universidad Autónoma de Baja California.
- Vega Carrillo, H. R., Megchún García, J. V., Letechipía de León, Consuelo García Escalante, J. J., Carbajal Pérez, J. N., & Orozco Corona, D. M. (2020).

Evaluación de la radiación solar y atenuación por la humedad utilizando modelo WRF: Caso de estudios San Luis Potosí, México. (Issue March).

Yunus A., Ç. (2013). Transferencia de Calor y Masa. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 1(9), 1699.