

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA

FACULTAD DE ARQUITECTURA

PROGRAMA DE DOCTORADO EN ARQUITECTURA Y URBANISMO



EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA VIVIENDA, A  
PARTIR DE LA GENERACIÓN DE UN ÍNDICE MULTIVARIABLE.

MAZATLÁN 1990-2022

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTORA EN ARQUITECTURA Y URBANISMO

Presenta:

ELIZABETH ADRIANA VALDEZ MEDINA

Directora de Tesis:

DRA. NOEMÍ DEL CARMEN RAMOS ESCOBAR

Codirector de Tesis:

DR. JORGE JAVIER ACOSTA RENDÓN

Culiacán Rosales, Sinaloa, México, septiembre de 2024



Dirección General de Bibliotecas  
Ciudad Universitaria  
Av. de las Américas y Blvd. Universitarios  
C. P. 80010 Culiacán, Sinaloa, México.  
Tel. (667) 713 78 32 y 712 50 57  
dgbuas@uas.edu.mx

## UAS-Dirección General de Bibliotecas

### Repositorio Institucional Buelna

#### Restricciones de uso

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial  
Compartir Igual, 4.0 Internacional



## **Comité Tutorial**

Directora de Tesis: Dra. Noemí del Carmen Ramos Escobar

Codirector de Tesis: Dr. Jorge Javier Acosta Rendón

Asesor temático y Metodológico: Dra. Yazmín Paola Iñiguez Ayón

Asesor: Dra. María Eugenia Molar Orozco

Asesor Externo: Dr. Ulises Mena Hernández.

## Presentación conceptual

|  |   |
|--|---|
| <b>Descripción Temática</b>  |   |
| <b>Atención a Problemas Nacionales</b>   | Energía.  |
| <b>Línea de desarrollo de investigación para atención a problemas nacionales</b> | Consumo sustentable de energía.   |
| <b>Área</b>  | Arquitectura.   |
| <b>Objeto de Estudio para el Desarrollo de las LGAC</b>                          | Vivienda y resiliencia.   |
| <b>Procesos Complejos que orientan las LGAC</b>                                  | Vivienda Vulnerabilidad y Riesgo Ambiental  |
| <b>Campos Temáticos (LGAC)</b>   | Vivienda Asentamientos Humanos  |
| <b>LGAC del Director de Tesis</b>  | Vivienda y Asentamientos  |
| <b>Disciplina</b>  | Arquitectura  |
| <b>Tema</b>  | Evaluación de la eficiencia energética en edificaciones residenciales   |
| <b>Sub-tema</b>  | Determinación de los principales factores que influyen en la eficiencia energética en las edificaciones residenciales y su consecuente evaluación.  |
| <b>Caso de estudio</b>   | La evaluación de la eficiencia energética de la vivienda en la ciudad de Mazatlán dentro del periodo comprendido entre 1990 -2022, identificación de los principales factores que afectan la eficiencia energética  |
| <b>Circunstancia</b>   | La evaluación de la eficiencia energética en la vivienda en la ciudad de Mazatlán, como producto de los diferentes factores que influyen y afectan el comportamiento en el consumo energético. Los factores son integrados desde diferentes perspectivas abordando ámbitos sociales, climáticos, geográficos y morfología arquitectónica, dentro del periodo 1990-2022. |

## **Dedicatorias.**

A Dios, quien siempre guía mis pasos.

A mi amorosa familia: mi mamá Silvia, mi hermano Filiberto, mis preciosos hijos Santiago y María Josefina, y mi esposo José Francisco. Sus abrazos, palabras de aliento y fe inquebrantable en mí han sido la fuente de mi fuerza.

A mi querida mamá, Silvia Medina, agradezco profundamente cada momento que hemos compartido, especialmente esas largas conversaciones mientras me apuraba a concluir mi trabajo. Aunque la distancia física nos separa, tu presencia siempre se siente cercana, envolviéndome con tu amor y apoyo. Gracias por tu amor constante, tu confianza y tu fe infinita en mis capacidades.

A mi hermano Filiberto, por ser mi roca y mi constante recordatorio de que todo es posible, y por enseñarme con su ejemplo el valor de la perseverancia; su resiliencia me ha enseñado que ningún obstáculo es demasiado grande cuando se enfrenta con determinación.

A mis hijos, Santiago y María Josefina, por llenar cada día de alegría y ser mi motivación para construir un mundo mejor. Con cada sonrisa y cada abrazo me recuerdan la razón por la que lucho y el futuro que estamos construyendo juntos. Son mi fuente de inspiración y motivación constante.

A mi esposo, José Francisco, por su paciencia infinita y su apoyo incondicional en cada momento de este proceso.

A mi padre, Filiberto Valdez, quien me ha enseñado el valor de las cosas.

A mi querida abuela, Josefina, cuya memoria y amor siguen guiándome cada día. Tu espíritu vive en cada página de este trabajo.

## **Reconocimientos Académicos**

Extiendo un profundo agradecimiento a mi directora de tesis, Dra. Noemí del Carmen Ramos Escobar, cuya paciencia, conocimiento y meticulosa atención al detalle han elevado este trabajo a alturas que solo pude haber imaginado. Agradezco igualmente al Dr. Jorge Javier Acosta Rendón, a la Dra. Yazmín Paola Iñiguez Ayón, a la Dra. María Eugenia Molar Orozco y al Dr. Ulises Mena Hernández, miembros del Comité Tutorial, por sus valiosas revisiones y correcciones que han enriquecido profundamente este estudio.

A la comunidad académica que me ha apoyado, en especial a la Dra. Sylvia, cuya guía experta y apoyo constante me han ayudado a navegar los desafíos técnicos y las largas jornadas de investigación.

A mis compañeros de clase, Celina, Humberto, Sonia y Eva, cuya camaradería y apoyo durante nuestros estudios han enriquecido esta experiencia y han fortalecido mi compromiso con nuestra profesión.

A todas aquellas personas que, de una forma u otra, han contribuido a la culminación de esta investigación, pero cuyos nombres no he mencionado explícitamente, quiero expresarles mi más sincera gratitud. Su apoyo, ya sea mediante palabras de aliento, consejos o colaboración, ha sido fundamental en este proceso. Este trabajo también es resultado de su contribución, y siempre llevaré su generosidad y solidaridad en mi corazón. ¡Gracias!

## Índice

|  |      |
|--|------|
| Comité Tutorial .....  | I    |
| Presentación conceptual .....  | II   |
| Dedicatorias.....  | III  |
| Reconocimientos Académicos .....   | IV   |
| Índice.....  | V    |
| Índice de Figuras. ....  | X    |
| Índice de Tablas. ....   | XIII |
| Presentación. ....   | 1    |
| Resumen .....  | 2    |
| Summary .....  | 3    |
| Capítulo 1. Fundamentos de la Investigación. ....                                      | 4    |
| 1.1 Introducción. ....   | 4    |
| 1.2 Planteamiento del problema. ....   | 5    |
| 1.3 Justificación.....   | 7    |
| 1.4 Preguntas conductoras.....   | 9    |
| 1.5 Objetivo general y objetivos específicos.....                                      | 10   |
| 1.6 Hipótesis.....   | 11   |
| 1.7 Aportación.....  | 12   |
| 1.8 Estado del arte. ....  | 12   |
| 1.9 Disciplinas desarrolladas.....   | 16   |
| 1.10 Sustento y antecedentes teóricos. ....  | 19   |
| 1.11 Plan metodológico:.....   | 45   |
| 1.12 La propuesta de la SENER para el nuevo modelo del sector eléctrico nacional. .... | 51   |

|                                   |   |     |
|-----------------------------------|---|-----|
| 1.13                              | Casos análogos. ....  | 52  |
| 1.14                              | Investigaciones enfocadas en eficiencia energética.....   | 61  |
| 1.15                              | Marco normativo. ....   | 70  |
| 1.16                              | Reglamentación internacional aplicable a la vivienda en México. ....  | 72  |
| 1.17                              | Evaluación y certificación internacional. ....  | 73  |
| 1.18                              | La reglamentación nacional concerniente a la sustentabilidad y eficiencia energética dentro de la edificación residencial. ....                               | 73  |
| Capítulo 2. Caso de Estudio. .... |   | 76  |
| 2.1                               | La ciudad de Mazatlán como caso de estudio. ....  | 76  |
| 2.2                               | Ubicación del caso de estudio. ....   | 77  |
| 2.3                               | Delimitación de la temporalidad en la investigación.....  | 79  |
| 2.4                               | Fundamentación de técnicas de recolección de datos: encuestas y entrevistas estructuradas en el estudio del consumo energético en la ciudad de Mazatlán. .... | 81  |
| 2.5                               | Identificación de patrones de comportamiento de consumo energético de la vivienda en la ciudad de Mazatlán. ....  | 83  |
| 2.6                               | Diseño del instrumento de recolección de información. ....  | 89  |
| 2.7                               | Etapas en el desarrollo de los instrumentos de evaluación.....  | 89  |
| 2.8                               | Ecuaciones utilizadas en el modelado de la simulación energética.....   | 93  |
| 2.9                               | Caracterización de la vivienda utilizada en la encuesta y análisis descriptivo de la vivienda en la ciudad de Mazatlán. ....                                  | 98  |
| 2.10                              | Vivienda económica. ....  | 100 |
| 2.11                              | Vivienda popular. ....  | 102 |
| 2.12                              | Vivienda tradicional. ....  | 104 |
| 2.13                              | Vivienda tipo medio. ....   | 107 |
| 2.14                              | Vivienda residencial. ....  | 110 |



|  |   |     |
|--|---|-----|
| 2.15   | Vivienda residencial plus. ....   | 112 |
| 2.16   | Clasificación de la vivienda en la ciudad de Mazatlán, por nivel socioeconómico. ...                                      | 114 |
| 2.17   | Clasificación de la vivienda por índice de marginación. ....  | 118 |
| 2.18   | Clasificación de la vivienda por estratos socio-urbanos. ....   | 119 |
| 2.19   | Distribución de las encuestas en el universo poblacional. ....  | 126 |
| Capítulo 3. Procesamiento y análisis de la información recolectada. .... |   | 135 |
| 3.1  | Generación de informe. ....   | 135 |
| 3.2  | Número de personas que habitan el inmueble. ....  | 135 |
| 3.4  | Análisis de los datos obtenidos, por medio de sistemas de inferencia borrosa ( <i>Fuzzy Inference System, FIS</i> ). .... | 143 |
| 3.5  | Análisis e identificación de los diferentes patrones de consumo energético. ....  | 151 |
| 3.6  | Categorización de la vivienda con base en los diferentes patrones de consumo de energía. ....                             | 151 |
| 3.7  | Patrones de consumo energético. ....  | 156 |
| 3.8  | Alto consumo energético. ....   | 157 |
| 3.9  | Alto consumo energético medio uso de aire acondicionado todo el año. ....   | 158 |
| 3.10   | Consumo energético medio con uso de aire acondicionado estacional. ....   | 159 |
| 3.11   | Bajo consumo energético. ....   | 160 |
| Capítulo 4. Análisis de Resultados. ....                                 |   | 164 |
| 4.1  | La influencia de la preferencia por permanencia en ciertos espacios habitacionales, en el consumo energético. ....        | 164 |
| 4.2  | Bajo consumo energético sin uso de aire acondicionado. ....   | 165 |
| 4.3  | Consumo energético medio con uso de aire acondicionado solo en verano ....  | 167 |
| 4.4  | Consumo energético medio con uso de aire acondicionado la mayor parte del año...  | 168 |
| 4.5  | Consumo energético alto con uso de aire acondicionado la mayor parte del año. ....  | 169 |

|             |   |     |
|-------------|---|-----|
| 4.6         | Influencia de los materiales de construcción en el consumo energético. ....   | 171 |
| 4.7         | Características físicas de los principales tipos de piezas de mampostería. ....   | 172 |
| 4.8         | Análisis de la temperatura y resistencia térmica de los diferentes tipos materiales de mampostería ante irradiación solar. ....   | 174 |
| 4.9         | Resultados de la pruebas térmicas realizadas a los materiales. ....   | 179 |
| 4.10        | Propiedades térmicas de los materiales analizados. ....   | 183 |
| 4.11        | Punto de rocío. ....  | 188 |
| 4.12        | El efecto de los materiales de mampostería en la temperatura interior de las viviendas en la ciudad de Mazatlán. ....             | 190 |
| Capítulo 5. | Análisis e Instrumentación en el Prototipo de Vivienda. ....  | 195 |
| 5.1         | Selección y evaluación del prototipo de vivienda en el análisis del caso de estudio. .  | 195 |
| 5.2         | Análisis y recolección de datos <i>in situ</i> . ....   | 206 |
| 5.3         | Recolección de datos <i>in situ</i> . ....  | 216 |
| 5.4         | Correlación entre la temperatura y el consumo energético. ....  | 223 |
| Capítulo 6. | Implementación del Índice Multivariable para la Evaluación de la Eficiencia Energética (IMEEE). ....                              | 231 |
| 6.1         | Índice de eficiencia energética. ....   | 231 |
| 6.2         | Aplicación del método de Monte Carlo. ....  | 239 |
| 6.3         | Identificación y cuantificación de las variables de interés, en el cálculo de la proyección del consumo energético esperado. .... | 240 |
| 6.4         | Modelo matemático para la estimación del consumo energético de la vivienda en la ciudad de Mazatlán. ....                         | 242 |
| 6.5         | Índice multivariable para la evaluación de la eficiencia energética (IMEEE). ....   | 246 |
| 6.6         | Ecuaciones utilizadas en el cálculo y análisis del índice de eficiencia energética. ....  | 248 |
| 6.7         | Simulación de escenarios: ....  | 249 |
| 6.8         | Consumo óptimo teórico. ....  | 251 |

|   |     |
|---|-----|
| Capítulo 7. Conclusiones Finales.....   | 259 |
| 7.1 Verificación de la hipótesis .....  | 271 |
| 7.2 Análisis comparativo de los resultados de la evaluación eficiencia energética en viviendas: integración de resultados propios y revisiones de estudios previos..... | 272 |
| 7.3 Perspectivas futuras: posibles investigaciones derivadas del presente estudio.....  | 274 |
| Bibliografía.....   | 280 |
| Anexo 1. Diseño del instrumento para la recolección de información. ....  | 297 |
| Anexo 2. Diseño e instrumentos en la entrevista semi-estructurada. ....   | 308 |
| Anexo 3. Semblanza de la reglamentación nacional e instrumentos regulatorios. ....  | 313 |

## Índice de Figuras.

|  |     |
|--|-----|
| Figura 1.1. Desarrollo del concepto de vivienda. Fuente: elaboración propia.   | 28  |
| Figura 1.2. Teorías que intervienen dentro del concepto de vivienda. Fuente: elaboración propia.   | 29  |
| Figura 1.3. Diagrama de flujo para el desarrollo conceptual de la investigación. Fuente: elaboración propia.   | 32  |
| Figura 1.4. Nuevo modelo de la industria eléctrica. Fuente: podesen,2020.  | 52  |
| Figura 1.5. La etiqueta de eficiencia energética para la edificación propuesta en la norma NOM-008-ENER-2001. Fuente: NOM-008-ENER-2001.                               | 66  |
| Figura 1.6. Herramienta para el cálculo de la eficiencia energética por ganancia de calor, en edificaciones no residenciales, propuesta por la CONUEE. Fuente: CONUEE. | 67  |
| Figura 1.7. Herramienta para el cálculo de la eficiencia energética por ganancia de calor, en edificaciones residenciales, propuesta por la CONUEE. Fuente: CONUEE.    | 68  |
| Figura 2.1. Localización geográfica de la ciudad de Mazatlán. Fuente: Elaboración propia, Datos: INEGI.  | 78  |
| Figura 2.2. Fachada de vivienda localizada en loma bonita con superficie de construcción de 28m <sup>2</sup> .   | 105 |
| Figura 2.3. Interior de la vivienda básica localizada en loma bonita.  | 106 |
| Figura 2.4. Fachada de vivienda social localizada en valle del ejido con 42m <sup>2</sup> de construcción.   | 107 |
| Figura 2.5. Fachada de vivienda económica localizada en pesquería con 50m <sup>2</sup> de construcción.  | 109 |
| Figura 2.6. Vivienda media con superficie de construcción de 85m <sup>2</sup> localizada en villa verde.   | 111 |
| Figura 2.7. Interior de la vivienda media, localizada en villa verde.  | 111 |
| Figura 2.8. Vivienda localizada en el residencial Stanza Magnolia, superficie construida de 75m <sup>2</sup> .   | 112 |
| Figura 2.9. Fachada posterior de la vivienda tipo residencial localizada dentro del Residencial Marina Mazatlán, 190 m <sup>2</sup> de construcción.                   | 114 |
| Figura 2.10. Vivienda localizada en paraíso marina Mazatlán, 298 m <sup>2</sup> de construcción.   | 116 |
| Figura 2.11. Distribución por tipo de vivienda en la ciudad de Mazatlán. Fuente: Elaboración propia, Datos del INEGI.  | 119 |
| Figura 2.12. Zonificación de la vivienda por índice de marginación. Fuente: Elaboración propia, Datos: H. Ayuntamiento de Mazatlán.                                    | 122 |
| Figura 2.13. Zonificación de la vivienda por estrato socio-urbano. Fuente: Elaboración propia, Datos: H. Ayuntamiento de Mazatlán.                                     | 127 |
| Figura 2.14. Clasificación porcentual de la vivienda en Sinaloa por estrato socioeconómico. Fuente: Elaboración propia, datos ENCEVI.                                  | 128 |
| Figura 2.15. Localización de las encuestas realizadas en la ciudad de Mazatlán. Fuente: Elaboración propia.  | 134 |
| Figura 3.1. Resultados obtenidos de la entrevista, número de personas que habitan dentro de la vivienda. Fuente: Elaboración propia, Datos obtenidos de la entrevista. | 136 |
| Figura 3.2. Nivel de Importancia asociado a cada espacio. Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta.   | 137 |
| Figura 3.3. Promedio de horas de permanencia al día. Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta.  | 138 |
| Figura 3.4. Número de personas que habitan el inmueble. Fuente: Elaboración propia.  | 139 |
| Figura 3.5. Tamaño de la construcción en m <sup>2</sup> . Fuente: Elaboración propia.  | 140 |
| Figura 3.6. Número de niveles. Fuente: Elaboración propia  | 140 |
| Figura 3.7. Año de construcción de la vivienda. fuente: Elaboración propia   | 141 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 3.8. Variables de pertenencia para la variable nivel de prioridad de eficiencia energética NPEE.<br>Fuente: Elaboración propia                                     | 143 |
| Figura 3.9. Horas de permanencia al día. Fuente: Elaboración propia   | 145 |
| Figura 3.10. Nivel de importancia. Fuente: Elaboración propia   | 145 |
| Figura 3.11. Cálculo del producto del conjunto difuso a por el conjunto difuso B. Fuente: Elaboración propia  | 146 |
| Figura 3.12. Nivel de preferencia en escala poli-cromática. Fuente: Elaboración propia  | 147 |
| Figura 3.13. Cálculo de la relación del nivel de preferencia con el consumo energético. Fuente<br>Elaboración propia.   | 149 |
| Figura 3.14. Comportamiento del consumo energético para diferentes meses categoría “bajo consumo<br>energético sin uso de aire acondicionado”. Fuente: Elaboración propia | 151 |
| Figura 3.15. Comportamiento del consumo energético para diferentes meses “consumo medio con uso<br>de aire acondicionado estacional”. Fuente: Elaboración propia          | 152 |
| Figura 3.16. “Consumo medio con uso de aire acondicionado todo el año”. Fuente: Elaboración propia  | 153 |
| Figura 3.17. “Alto consumo energético”. Fuente: Elaboración propia  | 154 |
| Figura 3.18. Consumo energético en viviendas dentro de la categoría de “Alto consumo energético”.<br>Fuente: Elaboración propia   | 155 |
| Figura 3.19. Consumo energético en viviendas dentro de la categoría de “consumo energético medio<br>uso de aire acondicionado todo el año”. Fuente: Elaboración propia    | 156 |
| Figura 3.20. Consumo energético en viviendas dentro de la categoría de “consumo energético medio<br>con uso de aire acondicionado estacional”. Fuente: Elaboración propia | 157 |
| Figura 3.21. Consumo energético en viviendas dentro de la categoría de “bajo consumo energético”.<br>Fuente: Elaboración propia   | 158 |
| Figura 3.22. Comportamiento del consumo energético para las diferentes categorías. Fuente:<br>Elaboración propia  | 159 |
| Figura 4.1. Bajo consumo energético sin uso de aire acondicionado. Fuente: Elaboración propia   | 162 |
| Figura 4.2. Consumo energético medio con uso de aire acondicionado solo durante el verano. Fuente:<br>Elaboración propia  | 163 |
| Figura 4.3. Consumo energético medio con uso de aire acondicionado todo el año. Fuente:<br>Elaboración propia   | 164 |
| Figura 4.4. Consumo energético alto con uso de aire acondicionado todo el año. Fuente: Elaboración<br>propia  | 165 |
| Figura 4.5. Block hueco   | 168 |
| Figura 4.6. Tabicón.  | 168 |
| Figura 4.7. Piezas cerámicas o de barro extruido.   | 169 |
| Figura 4.8. Ladrillo.   | 169 |
| Figura 4.9. Comportamiento de la irradiación solar durante la prueba. Fuente: Elaboración propia  | 171 |
| Figura 4.10. Energía absorbida para cada material ante una Irradiación de $1249.21\text{W/m}^2$ . Fuente:<br>Elaboración propia   | 180 |
| Figura 4.11. Conductividad térmica de los materiales analizados. Fuente: Elaboración propia   | 180 |
| Figura 4.12. Comportamiento del ladrillo ante la exposición a diferentes niveles de Irradiación Solar.<br>Fuente: Elaboración propia                                      | 182 |
| Figura 4.13. Historia del comportamiento del punto de rocío a lo largo del mes de agosto de 2019.<br>Fuente: Elaboración propia   | 186 |
| Figura 4.14. Historia de temperatura interna y externa de la vivienda tipo. Fuente: Elaboración propia  | 187 |
| Figura 4.15. Historia de temperatura interna con uso de aire acondicionado y externa de la vivienda   | 188 |

|  |     |
|--|-----|
| tipo. Fuente: Elaboración propia   |     |
| Figura 5.1. Fachada de la casa instrumentada. Fuente Elaboración propia.   | 195 |
| Figura 5.2. Planos arquitectónicos de la vivienda instrumentada. Fuente: Elaboración propia  | 200 |
| Figura 5.3. Distribución arquitectónica del prototipo de vivienda. Fuente: Elaboración propia  | 201 |
| Figura 5.4. Ubicación de los instrumentos de medición de temperatura y energía consumida. Fuente: Elaboración propia                                 | 203 |
| Figura 5.5. Estación meteorológica de la marca Misol. Fuente: Elaboración propia   | 205 |
| Figura 5.6. Estación meteorológica para interiores. Fuente: Elaboración propia   | 205 |
| Figura 5.7. Wathorímetro marca TOMZN. Fuente: Elaboración propia   | 207 |
| Figura 5.8. Consumo Medio Mensual Registrado. Fuente Elaboración propia, Datos obtenidos de los registros.   | 208 |
| Figura 5.9. Secuencia de actividades para una revisión energética, propuesta por la Norma UNE 216501:2009(. Fuente: UNE, 2020.                       | 212 |
| Figura 5.10. Distribución de los sistemas de medición.   | 213 |
| Figura 5.11. Registro térmico en los diferentes sectores para el día más cálido del mes de agosto del 2023   | 217 |
| Figura 5.12. Temperatura media mensual. Fuente: Elaboración propia   | 219 |
| Figura 5.13. Correlación entre la temperatura y el consumo medio mensual. Fuente: Elaboración propia   | 220 |
| Figura 5.14. Factor Ki asociada a cada uno de los meses comprendidos en el periodo de estudio. Fuente: Elaboración propia                            | 222 |
| Figura 5.15. Comparación entre el consumo específico y el consumo medio mensual. Fuente: Elaboración propia  | 224 |
| Figura 5.16. Variables con mayor participación en el consumo energético de la vivienda. Fuente: Elaboración propia                                   | 228 |
| Figura 5.17. Funciones de regresión para cada uno de las categorizaciones de consumo energético. Fuente: Elaboración propia                          | 229 |
| Figura 5.18. Residuos estandarizados a partir de la variable “número de personas que habitan el inmueble”. Fuente: Elaboración propia                | 231 |
| Figura 5.19. Residuos estandarizados para analizar el comportamiento de la función que describe el consumo en kWh al año. Fuente: Elaboración propia | 232 |
| Figura 5.20. Residuos estandarizados para analizar el comportamiento de la función que describe el consumo en kWh al año. Fuente: Elaboración propia | 232 |
| Figura 5.21. Residuos estandarizados para cada una de las categorizaciones de consumo energético. Fuente: Elaboración propia                         | 233 |
| Figura 5.22. Compilado de los cuatro patrones de consumo energético identificados.   | 234 |
| Figura 5.23. Proyecciones del consumo energético asociadas a cada tipología de consumo. Fuente elaboración propia.                                   | 235 |
| Figura 5.24. Datos fabricados por simulación para la tipología alto consumo uso de AC todo el año. Fuente elaboración propia.                        | 237 |
| Figura 5.25. Datos fabricados por simulación para la tipología consumo medio uso de AC todo el año. Fuente elaboración propia.                       | 237 |
| Figura 5.26. Datos fabricados por simulación para la tipología consumo medio uso de AC estacional. Fuente elaboración propia.                        | 238 |
| Figura 5.27. Comportamiento de la eficiencia energética en la vivienda en la ciudad de Mazatlán.   | 241 |
| Figura 5.28. Índice eficiencia energética.   | 243 |

## Índice de Tablas.

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 1.1 Compilado de las principales disciplinas que influyen dentro del desarrollo de la investigación. Fuente: Elaboración propia.  | 17  |
| Tabla 1.2 Integración de las clasificaciones teóricas realizadas por Bassett. Fuente: Elaboración propia.   | 22  |
| Tabla 1.3 Proceso metodológico involucrado dentro del desarrollo de la investigación. Fuente: Elaboración propia.   | 41  |
| Tabla 1.4. Análisis descriptivo de los principales Modelos Energéticos. Fuente: Elaboración propia, Datos: Energy Information Administration.   | 50  |
| Tabla 1.5. Etapas del desarrollo de las investigaciones enfocadas a Eficiencia Energética en México. Fuente: Elaboración propia.  | 57  |
| Tabla 2.1. Correlación entre el número de focos y el porcentaje de viviendas. Fuente Elaboración propia, Datos: <a href="https://www.inegi.org.mx/temas/vivienda/">https://www.inegi.org.mx/temas/vivienda/</a> | 86  |
| Tabla 2.2. Identificación y cuantificación de variables. Fuente: Elaboración propia.  | 95  |
| Tabla 2.3. Clasificación de la vivienda propuesta por la Asociación Hipotecaria Mexicana. Fuente: CONAVI, Asociación Hipotecaria Mexicana AHM y ABM.  | 104 |
| Tabla 2.4. Descripción de las Viviendas particulares en Mazatlán INEGI, 2022.   | 120 |
| Tabla 2.5. Clasificación de las colonias en la ciudad de Mazatlán de acuerdo al Estrato socio-urbano. Fuente: Elaboración propia, Datos: H. Ayuntamiento del Municipio de Mazatlán.                             | 124 |
| Tabla 2.6. Número de CFE y ubicación del inmueble datos obtenidos en la encuesta. Fuente: Elaboración propia, Datos: Encuesta.  | 129 |
| Tabla 4.1. Valores iniciales en las pruebas por temperatura.  | 173 |
| Tabla 4.2. Análisis de la Resistencia térmica de los materiales. Fuente: Elaboración propia.  | 174 |
| Tabla 5.1. Porcentaje de las puertas y ventanas sobre el total de cada espacio habitacional.  | 214 |
| Tabla 5.2. Modelos matemáticos asociados a cada tipología de consumo energético. Elaboración Propia   | 234 |
| Tabla 5.3. Compilado de las disciplinas y los tipos de estudios relacionados  | 248 |
| Tabla 5.4. Principales herramientas metodológicas usadas en el desarrollo de la investigación. Fuente: Elaboración Propia   | 250 |
| Tabla 5.5. Pruebas de conductividad térmica realizada a los materiales.   | 253 |
| Tabla 5.6. Evaluación de la eficiencia energética desde la perspectiva de otros autores.  | 261 |





## **Presentación.**

La presente investigación se centra en la evaluación de la eficiencia energética en construcciones residenciales, tomando como caso de estudio la edificación destinada a vivienda situada dentro de la ciudad de Mazatlán en el Estado de Sinaloa. El enfoque se dirige hacia la creación de un Índice Multivariable para la Evaluación de la Eficiencia Energética (IMEEE).

La metodología que se propone dentro del presente trabajo de investigación se basa en un enfoque multidimensional. A lo largo de la investigación se analizan diversos factores que influyen en la eficiencia energética de las viviendas. Estos elementos se entrelazan para formar un enfoque holístico que permite comprender mejor la eficiencia energética en su contexto completo.

Se tiene como propósito implementar un Índice Multivariable para la Evaluación de la Eficiencia Energética capaz de evaluar a la edificación residencial, identificando las variables que tienen una mayor influencia en el consumo energético dentro de la edificación destinada a uso residencial en la ciudad de Mazatlán.

## Resumen

La presente tesis doctoral analiza la eficiencia energética de las construcciones destinadas a vivienda a partir de la generación de un Índice Multivariable para la Evaluación de la Eficiencia Energética (IMEEE). En el modelo de análisis propuesto se identifican las variables que representan una mayor participación dentro del consumo energético de la vivienda, y se establece un índice que determine el nivel de eficiencia en las construcciones.

La metodología propuesta puede ser extrapolada para ser aplicada a diferentes ciudades, sin embargo, dentro de la presente investigación se toma como caso de estudio a la ciudad de Mazatlán, Sinaloa. Esta ciudad se considera un ejemplo relevante dado que presenta un consumo energético por encima de la media a nivel nacional (SENER, 2020).

Dentro del caso de estudio se realiza una evaluación holística del rendimiento energético óptimo de la vivienda a través del Índice Multivariable para la Evaluación de Eficiencia Energética (IMEEE). En este índice se incorporan los principales factores que influyen en el consumo energético, fusionando en el análisis aspectos sociales, geográficos, climatológicos y arquitectónicos, principalmente.

**Palabras Clave:** Índice Multivariable, Evaluación de la Eficiencia Energética, Vivienda, Consumo Energético.

## Summary

This doctoral thesis analyzes the energy efficiency of residential constructions by generating a multivariable index. The proposed analysis model identifies the variables that contribute most significantly to the energy consumption of housing, establishing an index to determine the level of energy efficiency in buildings. Although the methodology can be extrapolated to different cities, this research focuses on the city of Mazatlán, Sinaloa, which serves as a relevant case study due to its energy consumption being above the national average.

In the case study, a holistic evaluation of the energy efficiency of homes is conducted using the Multivariable Index for the Evaluation of Energy Efficiency (IMEEE). This index incorporates the main factors influencing energy efficiency, integrating social, geographical, climatological, and architectural aspects into the analysis. By addressing these diverse factors, the IMEEE provides a comprehensive assessment of energy efficiency tailored to the specific conditions of Mazatlán, offering valuable insights for improving sustainability in residential buildings.

**Keywords:** Multivariable Index, Energy Efficiency Evaluation, Housing, Energy Consumption.

## Capítulo 1. Fundamentos de la Investigación.

### 1.1 Introducción.

En la búsqueda de un desarrollo sostenible, la eficiencia energética en las viviendas ha cobrado mayor relevancia. En el caso específico de la ciudad de Mazatlán el creciente consumo energético en el sector residencial, impulsado por el crecimiento demográfico y económico, junto con la necesidad de mitigar los efectos del cambio climático, han puesto de manifiesto la urgencia de optimizar el uso de la energía. La implementación de un Índice Multivariable para la Evaluación de la Eficiencia Energética (IMEEE) de la vivienda en la ciudad de Mazatlán no solo se alinea con las estrategias nacionales e internacionales de sostenibilidad, sino que también responde a la necesidad local de mejorar la eficiencia energética de los hogares minimizando su impacto ambiental y económico.

El área de investigación sobre eficiencia energética es vasta, sin embargo, existen vacíos significativos en cuanto a la aplicación práctica de índices que integren las particularidades climáticas, socioculturales y económicas.

Estudios como “ *Effects of Removing Energy Subsidies and Implementing Carbon Taxes on Urban, Rural and Gender Welfare: Evidence from Mexico*” (Rosas-Flores, 2022) y “ *Modelling the energy and exergy utilisation of the Mexican non-domestic sector: A study by climatic regions*” (García Kerdan, 2020) han proporcionado datos y metodologías valiosas, pero a menudo carecen de una aplicación que considere la interacción compleja entre el diseño arquitectónico, los materiales de construcción, los patrones de uso de energía y las variables socioeconómicas.

En muchos casos, la literatura existente no refleja adecuadamente las condiciones actuales ni las proyecciones futuras del consumo energético a nivel local, creando una brecha en la

investigación. La presente propuesta busca llenar esta brecha mediante un análisis detallado y actualizado que considere las particularidades locales y las tendencias emergentes en el uso de energía.

Esta investigación se enfoca en el establecimiento de un Índice Multivariable para la Evaluación de la Eficiencia Energética (IMEEE) el cual toma como base las principales variables que afectan el consumo energético, tomando como caso de estudio las viviendas en la ciudad de Mazatlán, Sinaloa.

Se establece un enfoque en la aplicabilidad y la relevancia práctica. Este trabajo pretende aportar un nuevo enfoque a las investigaciones identificadas en la literatura existente, proporcionando un marco de trabajo integral para la mejora continua en la gestión de la energía residencial.

## **1.2 Planteamiento del problema.**

La eficiencia energética en las viviendas se ha convertido en un tema de creciente importancia a nivel global debido a las repercusiones económicas y ambientales del uso de energía en el sector residencial (Estenssoro Saavedra, 2007). En este contexto, la creación de un Índice Multivariable para la Evaluación de la Eficiencia Energética (IMEEE) surge como una necesidad imperante para diagnosticar, evaluar y optimizar el consumo de energía en los hogares.

La relevancia de establecer dicho índice en el ámbito de la vivienda radica en múltiples factores. Primero, el consumo energético residencial representa una fracción significativa del consumo total de energía de una ciudad, con un impacto directo en la demanda de recursos energéticos y la generación de emisiones de gases de efecto invernadero (IEA, 2020).

Existe una variabilidad considerable en la eficiencia energética de las viviendas debido a diferencias en diseño arquitectónico, materiales de construcción, sistemas de climatización, y hábitos de consumo de los habitantes (CONUEE, 2018). Además, factores socioeconómicos, como el nivel de ingresos, a menudo determinan la capacidad de los propietarios y arrendatarios para invertir en mejoras de eficiencia energética.

La premisa se vuelve más compleja si se consideran factores como el clima y los tipos de vivienda presentes en un lugar geográfica y culturalmente diverso, como lo es la ciudad de Mazatlán. La ciudad presenta un clima que impone desafíos únicos para mantener un confort térmico óptimo sin incurrir en un consumo excesivo de energía.

La falta de un Índice Multivariable para la Evaluación de la Eficiencia Energética (IMEEE) adecuado y específicamente adaptado a las condiciones de la ciudad de Mazatlán lleva a la ineficacia en la implementación de políticas energéticas y en la planificación urbana orientada a la sostenibilidad.

Sin una herramienta precisa para evaluar y comparar la eficiencia energética de las viviendas, es difícil para los responsables en la formulación de políticas, los urbanistas y los consumidores tomar decisiones informadas que puedan conducir a una reducción significativa en el consumo de energía.

Desde un enfoque global Gallardo (2013) establece que “la vivienda no puede ser estudiada como un ente aislado, al tener matices de todo tipo” (p. 45), la diversificación de factores de consumo será preponderante, al momento de establecer resultados de cualquier tipo de investigación, el tipo de sistema urbano, los aspectos sociales, económicos, así como los usos y costumbres de cada región establecen un sesgo dentro del estudio de la vivienda.

Por tanto, el cuestionamiento central de esta investigación consiste en realizar una evaluación del rendimiento energético óptimo de las viviendas en la ciudad de Mazatlán, y generar un Índice Multivariable para la Evaluación de la Eficiencia Energética (IMEEE) que permita evaluar y optimizar el uso de la energía.

En este estudio, se realiza un análisis detallado para comprender cómo diversos factores, como la temperatura tanto interior como exterior de las edificaciones, los hábitos de consumo energético de los ocupantes, y los materiales de construcción, han impactado en las variaciones del consumo energético dentro de las viviendas.

### **1.3 Justificación.**

La creación de un índice compuesto por múltiples variables se justifica ante la necesidad de abarcar una amplia gama de elementos que influyen en el uso eficiente de la energía, incluyendo el diseño de las construcciones, así como sus sistemas de climatización e iluminación. Este análisis no solo proporciona una perspectiva detallada sobre la eficacia con la que las edificaciones en la ciudad de Mazatlán utilizan la energía, sino que también establecerá una base sólida sobre la cual se puedan diseñar y aplicar futuras acciones y regulaciones.

Enfrentar el reto de avanzar hacia un futuro con un uso de energía sostenible se ha convertido en una de las principales metas para este siglo (ONU, 2015). Las áreas urbanas desempeñan un papel central en este desafío debido a su alta concentración de demanda energética y su significativa contribución a las emisiones de gases que intensifican el efecto invernadero a nivel mundial.

La evaluación de la eficiencia energética de la vivienda, a partir de la generación de un índice multivariable, se presenta no sólo como un estudio académico, sino como una iniciativa

estratégica con múltiples implicaciones prácticas y beneficios potenciales para la ciudad de Mazatlán y otras regiones con características similares.

La justificación de esta investigación radica no solo en su relevancia académica y técnica, sino en su potencial para transformar la realidad energética y ambiental de la ciudad de Mazatlán y, posiblemente, de otras ciudades en donde sea viable la implementación del IMEEE propuesto dentro del presente trabajo.

La integración de diversas disciplinas amplía el espectro de análisis y permite una comprensión más rica y multifacética de la eficiencia energética, lo cual puede conducir a innovaciones significativas en el diseño y construcción de viviendas más sostenibles. Al considerar simultáneamente factores económicos, ambientales, tecnológicos y sociales, este enfoque interdisciplinario promueve soluciones más efectivas y adaptadas a las necesidades específicas de diferentes comunidades.

A largo plazo, los beneficios incluyen la reducción del impacto ambiental, la mejora en la calidad de vida de los habitantes y la optimización del uso de recursos.

Es de esta manera que se establece como necesario la realización de estudios encaminados a la reducción de consumos energéticos en la edificación residencial y de manera particular se justifica la generación estudios donde se analicen las variables más importantes que detonan el incremento en el consumo de energéticos, estudios que no se enfoquen solamente en la transferencia de calor, sino que además incorporen dentro del estudio, la correlación que existe entre el consumo energético y aspectos como:

- a. Aspectos socioculturales, así como usos y costumbres de los usuarios de las viviendas.
- b. Ubicación geográfica.



c. Aspectos propios de la contemporaneidad como son el diseño arquitectónico y los materiales de construcción.

d. Correlación del ingreso medio de los habitantes del inmueble y el consumo energético en la edificación.

En este sentido se establece que estudios encaminados a mejorar la eficiencia energética se justifican ya que esta es la manera más económica y asequible de lograr una reducción de la dependencia de energéticos, así como tener capacidad para establecer una seguridad de abasto energético para generaciones futuras y de manera análoga, al reducir el consumo de energéticos, se estará en posición de reducir también las emisiones de gases de efecto invernadero.

#### **1.4 Preguntas conductoras.**

Entender los factores que influyen en el consumo energético residencial es crucial para desarrollar estrategias que permitan optimizar el uso de energía y reducir el impacto ambiental. En este estudio se propone abordar esta problemática desde diversas perspectivas, planteando preguntas específicas que buscan identificar y analizar los factores determinantes de la eficiencia energética en las viviendas. A continuación, se presentan las preguntas conductoras que guiarán esta investigación:

##### **1.4.1 Pregunta general de la investigación:**

¿De qué manera se pueden conocer los factores clave que intervienen en el aumento en el consumo energético en la vivienda y cómo puede desarrollarse un índice de evaluación de eficiencia energética que permita identificar y evaluar el nivel de participación de los detonantes que conllevan a incrementos en el consumo energético?

### **1.4.2 Preguntas específicas:**

¿De qué manera afectan la eficiencia energética los aspectos socioculturales de los usuarios de las viviendas?

¿Qué influencia tienen la ubicación geográfica y el clima en el consumo energético de las edificaciones residenciales?

¿Cómo influye la morfología arquitectónica y los materiales en el consumo energético?

¿Cómo se correlacionan los ingresos económicos, con el consumo energético en la vivienda?

La integración de estas preguntas específicas permitirá una comprensión holística de los factores que afectan el consumo energético en las viviendas. Al identificar y evaluar la influencia de los aspectos socioculturales, la ubicación geográfica y el clima, la morfología arquitectónica y los materiales, así como la correlación entre el ingreso medio y el consumo energético, se podrán desarrollar estrategias más efectivas para mejorar la eficiencia en las edificaciones destinadas a uso residencial. Este enfoque integral no solo contribuirá a la reducción del consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también proporcionará las bases para la creación de un índice de evaluación de la eficiencia energética.

### **1.5 Objetivo general y objetivos específicos.**

Como objetivo general se propone: Identificar las variables que detonan el incremento en el consumo energético y desarrollar un índice que incorpore factores socioeconómicos, arquitectónicos y culturales para evaluar la eficiencia energética en edificaciones residenciales, tomando como caso de estudio la vivienda en la ciudad de Mazatlán, Sinaloa.

Como objetivos específicos se plantea la identificación y análisis de la conformación de los diferentes factores que intervienen dentro de la eficiencia energética en la vivienda.

Conceptualizar sobre los aspectos socioculturales de los usuarios de las viviendas y cómo estos elementos afectan el consumo energético.

Analizar y evaluar las afectaciones en la eficiencia energética de las viviendas debido a la ubicación geográfica y las condiciones climáticas.

Evaluar la influencia de la morfología arquitectónica en el consumo energético de las viviendas.

Generar un modelo analítico que permita identificar la correlación entre el ingreso medio y el consumo energético en las viviendas.

## **1.6 Hipótesis**

Para abordar la compleja problemática de la eficiencia energética en el ámbito residencial, es fundamental establecer una hipótesis que permita orientar la investigación hacia la identificación y el análisis de los factores clave que influyen en el consumo de energía. En este sentido, se presenta a continuación la hipótesis general, la cual guiará el desarrollo de la presente investigación.

Como hipótesis general de la investigación se establece que: Si la eficiencia energética en las viviendas está significativamente influenciada por una interacción compleja entre factores socioeconómicos, arquitectónicos y culturales. Comprender cómo estos factores afectan el consumo energético permitirá desarrollar estrategias más efectivas que optimicen el uso de energía y reduzcan el impacto ambiental.

Conocer los factores que incrementan el consumo energético permitirá implementar acciones dirigidas a los elementos con mayor participación en rendimiento energético óptimo, mejorando así la eficiencia energética en las edificaciones residenciales.

## **1.7 Aportación**

Como aportación del trabajo de investigación se presenta un Índice Multivariable para la Evaluación de la Eficiencia Energética (IMEEE) que incorpora los principales detonantes involucrados en el consumo energético dentro de las edificaciones destinadas al uso residencial. De esta manera el presente trabajo Doctoral analiza el incremento del consumo energético en función de los parámetros que influyen en la variación de la eficiencia energética asociada a la vivienda. Los factores por analizar tienen un rango muy disperso desde factores socioeconómicos, arquitectónicos y culturales.

Cada uno de los factores a analizar, tienen como común denominador influir de manera directa sobre el consumo energético dentro de la vivienda, aquellos factores que influyen de manera indirecta o a través de terceras acciones no se tomarán en cuenta en el presente trabajo.

Así mismo la investigación se enfoca únicamente a edificaciones destinadas a vivienda unifamiliar, por tanto, se retoman los principales conceptos y teorías basadas en el desarrollo sustentable aplicados a la vivienda en México, para después ser trasladados al caso específico de la vivienda en la ciudad de Mazatlán. Con la incorporación de conceptos mediáticos que den respuesta al análisis de la eficiencia energética de la edificación residencial.

## **1.8 Estado del arte.**

El análisis y estudio de la eficiencia energética en la vivienda tiene tanto aspectos socioeconómicos, como culturales y ambientales. La vivienda como concepto se muestra como un sistema complejo con múltiples atributos que influyen dentro de su comportamiento, resulta muy poco factible aislar un atributo de la vivienda y estudiarlo de manera cerrada, ya que los demás factores que influyen dentro de la vivienda invariablemente van a repercutir en los resultados al medir un solo parámetro.

La industria de la construcción representa uno de los sectores más influyentes en términos de impacto ambiental y consumo de recursos (IEA, 2014). Por esta razón, el análisis de las emisiones contaminantes generadas por las viviendas, así como su impacto en el medio ambiente, se convierte en un paso crítico hacia la identificación y propuesta de acciones orientadas a la disminución del consumo energético. La implementación de estrategias que promuevan la eficiencia energética no solo contribuye a la mitigación de los efectos adversos sobre el medio ambiente, sino que también alinea al sector de la construcción con los principios de sostenibilidad y responsabilidad ecológica propuesta dentro de la Agenda 2030 (ONU, 2015).

En un sentido amplio se considera a la eficiencia energética como el compilado de las acciones que permiten disminuir el consumo energético dentro la elaboración de un proceso en específico (Huntington, 2016.). Dentro del presente trabajo de investigación, la eficiencia energética se enfoca a las acciones de las que se derivan ahorros significativos de la energía consumida, lo que consecuentemente permitirá encaminar a la edificación residencial a un desarrollo sostenible y de esta manera cumplir con las metas marcadas a nivel global.

El apremio por realizar estudios enfocados en la conservación del medio ambiente y la optimización de recursos surge a partir de la crisis ambiental de 1945-1972, el cual fue un período crucial en la historia que sacó a la luz el impacto devastador de las actividades humanas en el medio ambiente, tal como lo afirma McKane (2017) en “ *Improving the Relevance and Impact of International Standards for Global Climate Change Mitigation and Increased Energy Access*” (p. 67)

Este período fue testigo del surgimiento de la conciencia ambiental y el nacimiento del movimiento ambiental moderno. Así lo plasma Estenssoro Saavedra (2007) en su libro “*Antecedentes para una historia del debate político en torno al medio ambiente: la primera*

*socialización de la idea de crisis ambiental (1945-1972)*”, de esta manera: “Científicos, activistas y legisladores comenzaron a reconocer la urgente necesidad de prácticas sostenibles y la preservación de los delicados ecosistemas del planeta” (p. 45).

La idea del desarrollo sostenible comenzó a tomar forma en los foros internacionales con los diálogos iniciales en la Conferencia de Estocolmo sobre el Medio Humano en 1972 y fue referenciada por escritores como Dassman, Milton y Freeman en su obra “*Ecological Principles for Economic Development*” durante la década de 1970.

No obstante, fue tras la publicación del reporte de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, comúnmente conocido como el “*Informe Brundtland*” en 1987, seguido por la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro en 1992, cuando el término de desarrollo sostenible ganó considerable notoriedad y comenzó a influir en el ámbito político, llegando a formar parte de las agendas de formulación de políticas a nivel global.

La definición más conocida de desarrollo sustentable se plantea en el Informe Brundtland (1987), describe que el crecimiento económico y el uso racional de los recursos naturales y el medio ambiente están vinculados, definiéndolo como: “el desarrollo sustentable consiste en satisfacer las necesidades de la generación actual, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas propias” (p. 43)

El desarrollo sustentable, debe ser concebido como un proceso multidimensional e intemporal en el cual la trilogía equidad, competitividad y sustentabilidad, se basan en principios éticos, culturales, socioeconómicos, ecológicos, institucionales, políticos y técnico-productivos (Salas, 2008).

Durante la emblemática Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992, se puso énfasis en el desarrollo sostenible junto con los retos ambientales a nivel mundial. Este evento se

convirtió en un foro crítico donde líderes globales se congregaron para discutir y confrontar asuntos urgentes relacionados con el calentamiento global y la disminución de la diversidad biológica. La conferencia, auspiciada por las Naciones Unidas, congregó a delegados de 178 naciones en un acuerdo unánime sobre la importancia del trabajo conjunto entre países para salvaguardar el medio ambiente.

Los acuerdos y discusiones que tuvieron lugar durante la cumbre sentaron las bases para futuras políticas e iniciativas ambientales. Este evento histórico en la gobernanza ambiental mundial marcó un punto de inflexión en el desarrollo sostenible y garantiza la prosperidad de las generaciones futuras, en este sentido la cumbre fue la culminación de los esfuerzos para crear conciencia sobre la necesidad urgente de una acción coordinada para proteger el medio ambiente. A medida que se desarrollaba la conferencia, quedó claro que la comunidad internacional estaba lista para adoptar un enfoque más holístico de la gestión ambiental.

En este sentido se establece que en los últimos años el concepto de desarrollo sostenible ha ganado una atención significativa, con la adopción de la Agenda 2030 por parte de las Naciones Unidas. Esta iniciativa global tiene como meta abordar varios desafíos interconectados y promover prácticas sostenibles en las dimensiones económica, social y ambiental. La Agenda 2030 proporciona un marco integral que alienta a los países a tomar medidas para lograr 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Las Naciones Unidas han fijado objetivos en la Agenda 2030, específicamente el objetivo 7, el cual se enfoca en asegurar el acceso a energía asequible, confiable, sostenible y moderna para todos. Este apartado reconoce la importancia de la energía para lograr múltiples objetivos de desarrollo sostenible interconectados.

Al priorizar el desarrollo y uso eficiente de fuentes de energía, los países no solo pueden reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero, sino también mejorar la seguridad energética, en este sentido se han implementado diferentes tipos de métricas con el afán de tener una idea clara de la eficiencia energética los procesos con registros más altos en el consumo energético.

### **1.9 Disciplinas desarrolladas.**

La eficiencia energética en la vivienda es una preocupación creciente a nivel mundial, impulsada por la urgencia de combatir el cambio climático y la necesidad de reducir el consumo de energía en el sector residencial. Rascón (2017) en su informe “*La sustentabilidad ambiental, un gran desafío de la energía eléctrica*”, destaca esta necesidad (p. 6). La investigación en este campo es intrínsecamente interdisciplinaria, requiriendo el aporte de diversas ramas del saber para abordar la complejidad del tema.

Para evaluar y comparar la eficiencia energética en viviendas, es necesario desarrollar un índice que considere múltiples variables. Dentro de la presente investigación una de las principales herramientas utilizadas en el tratamiento de los datos compilados es la estadística, ya sea por los datos recopilados *in situ* por la estación meteorológica, o bien por los datos recopilados producto de las encuestas y entrevistas.

La informática juega un papel crucial al proporcionar las herramientas y plataformas necesarias para procesar grandes volúmenes de datos, así como la investigación operativa aporta métodos para optimizar los recursos y procesos involucrados en la gestión energética de una vivienda. Carretero establece que “la informática juega un papel crucial al proporcionar las herramientas y plataformas necesarias para procesar grandes volúmenes de datos, así la



investigación operativa aporta métodos para optimizar los recursos y procesos involucrados en la gestión energética de una vivienda” (Carretero, 2012, pp.115-136).

La conformación del Índice Multivariable para la Evaluación de Eficiencia Energética (IMEEE) se fundamenta en la integración de diversas disciplinas. No solo la combinación de conocimientos de estadística, informática e investigación operativa permite abordar de manera integral y precisa la evaluación del rendimiento energético de las viviendas, es necesario considerar múltiples factores que influyen en el consumo energético, en la Tabla 1.1, se esquematizan algunas de las disciplinas empleadas en el desarrollo de la presente investigación.

**Tabla 1.1**

*Compilado de las principales disciplinas que influyen dentro del desarrollo de la investigación.*

| <b>Disciplina</b>                               | <b>Enfoque en Eficiencia Energética dentro de la vivienda</b>   | <b>Tipos de Estudios Relacionados</b>  |
|---|---|--|
| <b>Arquitectura y Diseño Sostenible</b>         | Optimización del uso de la luz natural, diseño bioclimático, selección de materiales eco amigables                                    | Estudios de caso de viviendas pasivas, diseño de espacios que minimizan el uso de sistemas de climatización. |
| <b>Ingeniería Civil y Análisis Constructivo</b> | Análisis estructural para la optimización de recursos, estudio de la transferencia de calor y la dinámica de fluidos en edificaciones | Investigaciones sobre la inercia térmica de materiales, simulaciones de flujo de aire en edificios           |
| <b>Ciencias de los Materiales</b>               | Desarrollo de nuevos materiales con mejor rendimiento térmico y menor impacto ambiental   | Estudios sobre aislantes térmicos avanzados, comparativas de eficiencia de ventanas de doble acristalamiento |
| <b>Ecología y Medio Ambiente</b>                | Impacto ambiental de la construcción y la habitabilidad,  | Análisis del ciclo de vida de materiales de construcción,  |

---

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | gestión sostenible de recursos   | estudios sobre la biodiversidad en entornos urbanos  |
| <b>Estadística y Análisis de Datos</b>                   | Modelización estadística, análisis predictivo de consumos energéticos                        | Modelos estadísticos para predecir el consumo energético, análisis de grandes datos de sensores de energía                                   |
| <b>Matemáticas Aplicadas</b>                             | Desarrollo de modelos matemáticos para optimizar los sistemas de energía en la vivienda      | Optimización de redes de distribución de energía, modelización de sistemas de energía renovable  |
| <b>Informática y Ciencia de Datos</b>                    | Procesamiento de grandes volúmenes de datos.   | Creación de plataformas para la gestión inteligente de los datos relacionados con energía  |
| <b>Ingeniería de Sistemas</b>                            | Integración de sistemas de energía eficiente, automatización y control                       | Diseño y análisis de sistemas de ventilación y uso de aire acondicionado eficiente, sistemas de gestión de energía en edificios inteligentes |
| <b>Psicología Ambiental y Comportamiento del Usuario</b> | Influencia del diseño en el comportamiento del usuario y su impacto en el consumo energético | Estudios sobre el impacto de la ergonomía y el diseño en la eficiencia energética, comportamiento de usuarios en espacios sostenibles        |

---

**Fuente:** Elaboración propia.

Los factores y el análisis socioeconómico también contribuyen al proporcionar análisis de la capacidad de consumo contra el poder adquisitivo de los sectores involucrados (González, 2012), esenciales para evaluar la viabilidad y el impacto económico de las mejoras en eficiencia energética. Además, la psicología ambiental puede ofrecer opiniones sobre cómo las decisiones de diseño afectan el comportamiento humano y, por ende, el consumo energético.

La psicología ambiental muestra cómo las decisiones de diseño afectan el comportamiento humano y, por ende, el consumo energético, como establece Aragonés, (2010) en el trabajo “*Perception of personal identity at home*”.

La naturaleza interdisciplinaria de la investigación se refleja en la integración de las principales disciplinas que intervienen en el desarrollo del presente trabajo. Esta recopilación de información se presenta de manera organizada en la Tabla 1.1.

### **1.10 Sustento y antecedentes teóricos.**

El presente trabajo de tesis realiza una evaluación de la eficiencia energética de la vivienda a través de la interacción de los individuos con las diferentes variables o actores que intervienen en el comportamiento y fluctuación del gasto energético.

La vivienda es concebida como un medio para satisfacer la necesidad de resguardo, sin embargo, bajo este concepto se centran otros tópicos, como lo es el habitar y todas las consideraciones que de este precepto se emanan, el modo de convivencia, la apropiación y modificación de la vivienda, la preferencia en la permanencia dentro de los espacios de la vivienda, la localización y el entorno residencial, etc.

Estos preceptos se conjugan y se derivan dentro de la significación que adquiere la vivienda para los habitantes que en ella residen. Más allá de su connotación física la vivienda adquiere una significación particular para cada individuo que reside en ella. Aunado a su connotación física, la vivienda en sí misma a partir de su concepción adquiere rasgos de sentido y significación vital, en tanto que se establece como el principal espacio de desarrollo de las actividades humanas, estos conceptos se desarrollan de una manera más amplia dentro la referencia Heidegger (2015) “*Construir Habitar Pensar (Bauen Wohnen Denken)*”.

De esta manera como se menciona en la referencia Heidegger (2015), de la vivienda dependen la salud, la seguridad, descanso, estado anímico, autonomía e intimidad; el hecho de residir en un sistema inapropiado deriva en la afectación y desarrollo de los seres humanos y como se desenvuelven estos con la sociedad. En este sentido se establece que la vivienda juega también un papel muy importante dentro de la inserción de cada individuo dentro de la sociedad, acogiéndose dentro de un núcleo y proporcionándole identidad (Heidegger, 2015).

La vivienda en sí misma constituye una fracción perteneciente a un todo, íntegra y constituye la base de un sistema dinámico que se interrelaciona con factores tanto internos como externos (Andler, 2011).

La vivienda se establece como la célula dentro de un todo compuesto por la ciudad la parte medular del núcleo de las sociedades y en sí misma representa más del 80% de las construcciones en ciudades y asentamientos (IEA, 2020). A partir del déficit de vivienda que se vive en la mayoría de las urbes superpobladas alrededor del mundo, el sector residencial entra al mercado rigiéndose por las leyes de la oferta y la demanda considerándose como una mercancía con alto grado de especulación, es así como dentro de la dimensión económica la vivienda se registra como una inversión.

Dentro del proceso de mercantilización al que es sometida, la vivienda se transforma en un bien especulativo en el que muchas compañías invierten grandes cantidades de dinero con el fin de lucrar (Abdelaziz, 2011). Dependiendo de la dimensión con la que es observada la vivienda, está adquirirá sentido y significado, la importancia e influencia que permanece inherente al significado de la vivienda establece un mecanismo estructurante para la sociedad y la urbe dentro de la cual es contenida (Capel, 2002).

### **1.10.1 La dimensión social dentro del constructo del concepto de vivienda y el consumo energético.**

El concepto de vivienda a menudo se ve únicamente desde un punto de vista arquitectónico o estructural, considerando solo el espacio físico, pero un parámetro esencial está constituido por dimensión social (Aragones, 2010).

La vivienda no es solo un lugar para vivir o dormir; la vivienda constituye un aspecto fundamental de la existencia social de los individuos, y tiene impactos significativos en la calidad de vida, el comportamiento social y la manera de generar y consumir recursos.

Es importante investigar las dimensiones sociales de la vivienda, que incluyen cuestiones como la asequibilidad, la disponibilidad, la idoneidad y el acceso a los recursos necesarios para mantener el correcto funcionamiento de la vivienda.

En el caso específico de la vivienda en la ciudad Mazatlán, es necesario incorporar elementos que permitan dar solución al problema del alto consumo energético que actualmente se presenta en las viviendas.

Esto podría implicar el uso de fuentes de energía renovables o la implementación de prácticas y materiales de construcción energéticamente eficientes.

En este sentido se establece que el concepto de vivienda va más allá de una mera estructura física que proporciona cobijo.

La vivienda tiene una dimensión social que está íntimamente ligada a la vida de las personas, familias y comunidades. Por lo tanto, una comprensión integral de la vivienda debe tener en cuenta tanto los aspectos físicos como sociales de este complejo fenómeno.

La vivienda no es solo un entorno físico, sino también un concepto cognitivo, afectivo y social. Según Aragones (2010), la vivienda está profundamente entrelazada con la cognición y

las emociones de las personas y puede proporcionar una sensación de seguridad, comodidad y pertenencia. En este sentido, uno de los mayores desafíos en relación a la sostenibilidad ambiental y el uso de la energía en viviendas radican en la necesidad de fomentar un cambio en los comportamientos cotidianos de los residentes.

Es fundamental comprender cómo los patrones de conducta de los moradores del hogar influyen en la toma de decisiones relacionadas con el consumo energético. Al tomar en cuenta los factores de índole social, se pueden desarrollar soluciones enfocadas en las necesidades de los habitantes de las edificaciones, lo que permite reducir su consumo de energía.

### **1.10.2 Construcción teórica del concepto de vivienda.**

La relación entre el concepto de vivienda y el de habitar se ha consolidado a través de diversas corrientes de pensamiento, otorgando un significado más amplio a lo largo del siglo XX.

Durante este período, se establece la estructura social de las ciudades, y la vivienda se convierte en una medida capaz de explicar fenómenos como la segregación, exclusión, precariedad, movilidad espacial y desigualdad residencial (Bassett, 1980).

El valor de este enfoque es incuestionable, y a continuación se evaluarán las principales aproximaciones teóricas respecto a los estudios de vivienda, basadas en los trabajos de Bassett (1980) en *“Housing and Residential Structure: Alternative”*.

Para ofrecer una visión estructurada de estas aproximaciones teóricas, se presenta a continuación la Tabla 1.2, que integra las clasificaciones teóricas según las investigaciones realizadas por Bassett.

**Tabla 1.2***Integración de las clasificaciones teóricas realizadas por Bassett.*

| <b>Expresión Teórica</b>                                | <b>Enfoque</b>  | <b>Principales exponentes</b>  |
|---|---|--------------------------------|
| <b>Ecología Humana</b>                                  | Modelo espacial de la estructura residencial                        | Ernest Burgess                 |
| <b>Economía neoclásica</b>                              | Maximización del capital e incremento de la utilidad                | Carlos Berzosa Alonso-Martínez |
| <b>Sociología Weberiana:</b>                            | Segregación y división<br>Clasismo residencial                      | Ray Pahl                       |
| <b>Marxismo:</b>  | La vivienda como un bien mercantil.                                 | David Harvey                   |
| <b>Materialismo Histórico</b>                           | Alojamiento al motor obrero   | Manuel Castells                |
| <b>Análisis sociológico del problema de la vivienda</b> | Evaluación de la intervención pública sobre la vivienda.            | Jesús Leal Maldonado           |
| <b>Enfoque político</b>                                 | Generación de estrategias para la reducción de impactos ambientales | Agustín Cotorruelo             |
| <b>Provisión residencial</b>                            | Estrategias de producción y consumo                                 | James Barlow<br>Simon Duncan   |
| <b>Enfoque cultural</b>                                 | Valoración como condicionante de la creación de formas espaciales   | Amos Rapoport                  |
| <b>Necesidades residenciales</b>                        | Evaluación y satisfacción de las necesidades                        | Chombart de Lauwe              |
| <b>El habitar</b>                                       | Definición y análisis de la vivienda                                | Martin Heidegger               |

**Fuente:** Elaboración propia.

Analizando las teorías y preceptos descritos en la Tabla 1.2 se establece que a partir de la perspectiva de la ecología Humana, la vivienda no representa una variable significativa dentro del control de los procesos urbanos representativos de la ciudad, más bien se define como un

elemento expresivo, ya que esta corriente filosófica postula que el darwinismo social es el principal factor que define toda organización social (Pérgolis, 2005).

Dentro de la línea del enfoque culturalista, la vivienda se define como una necesidad social, en tanto que para esta corriente el principal objeto de investigación corresponde a la capacidad de sufragar las necesidades del ser humano, en tanto cumpla la residencia con su función, la problemática derivada del alojamiento también será reducidas (Pérgolis, 2005).

Las obras arquitectónicas para cada etapa de la humanidad son el resultado de diferentes variables que convergen para formar parte de un todo en una complejidad estructurada (Morin, 2011), una de las principales variables a considerar es indudablemente la corriente de pensamiento dentro de la neblina cultural que envuelve a la sociedad de la época.

Edgar Morín, postulado como uno de los principales portavoces de la teoría del pensamiento complejo. Toma una postura a partir de la enunciación de los individuos y su papel dentro de los grupos sociales, desde la perspectiva de los individuos como especie (Morin, 2011), este es un concepto cerrado el cual no da cabida a ninguna otra variable.

Sin embargo, como el mismo autor lo plantea más adelante la complejidad de los sistemas envuelven a todo modelo, haciendo una interrelación con un número mayor de variables dentro de la complejidad.

Desde luego queda claro que la arquitectura es resultado de las corrientes de pensamiento, las cuales son tan cambiantes como la sociedad, Dominique Vinck enuncia un sistema dentro de un consumo constante de una realidad de una época llena de cambios, con una difícil caracterización de las transformaciones que se viven día a día.

Los cambios acelerados y repentinos repercuten también en la manera de pensar de la sociedad, la cual no permanece estática ante estos cambios y transformaciones (Vinck, 2015).



La creciente idea de globalización hace de las sociedades, sociedades de conocimiento, que se edifican dentro de las teorías políticas adoptadas por los países en desarrollo, dejando a un lado a los países tercermundistas, utilizándolos como medio de generación de recursos primarios, latentes y necesarios como impulsor de motores dentro del sistema industria (Brun, 1995).

Estas nuevas sociedades incluyen un auge en la transformación social, buscando incorporar una concepción más integral de la sociedad como ente de reflexión con respecto a los problemas que se viven dentro del entorno o medio en donde se desarrollan. Este nuevo concepto de sociedad incluye conceptos que abarcan desde la política, hasta conceptos científicos, sin dejar a un lado las artes y la cultura con un enfoque pluralista y globalizante, teniendo como base una concepción analítica. Una característica importante de esta nueva sociedad es la capacidad de generar conocimiento a través de medios de información masiva, haciendo alarde de la innovación que esto representa en algunos sectores (Vinck, 2015).

Se crea así mismo una generación masiva de información en la que se pretende que todos los sectores tengan acceso a dicha generación del conocimiento, de esta manera se plantea generar una visión común de la sociedad, en un ente globalizado (Latour, 2007).

Se coloca a la tecnología y los medios masivos de información como centro del modelo, las telecomunicaciones juegan un papel muy importante dentro de este sistema, convirtiéndose en uno de los principales medios de generación y difusión del conocimiento, es lo que se plantea Latour (2007) en la referencia “*Nunca fuimos modernos, ensayo de antropología simétrica*”.

La globalización juega un papel decisivo en esta lucha de saberes, en donde se pretende unificar los estatutos que enmarcan y definen a las diferentes culturas (Vinck, 2015). Sin embargo, dentro del texto el autor marca la existencia de revistas que se niegan a reconocer la

existencia de criterios absolutos y universales de racionalidad, con el argumento de que, lo que funciona en una sociedad es imposible de implantar en otra.

La vivienda no es la excepción dentro de este criterio en la globalización, la unificación de recursos, prácticas y técnicas constructivas son forzadas a volverse universales, las repercusiones son altamente lamentables, los requerimientos, para cada entidad geográfica no pueden ni deben ser unificados, tal como el discurso que se postula a lo largo de la presente investigación, donde se hace hincapié en establecer la singularidad para el análisis de la eficiencia energética de la vivienda en Mazatlán.

Dentro de los sistemas y la arquitectura la unificación en el diseño resulta ser una renuncia ante la solicitud de requerimientos demandada, más bien se ajusta al capricho de la constante enmarcada por la globalización en donde autores como Bruno Latour realizan diferenciaciones importantes dentro de la significancia del diseño y las agregaciones (Latour, 2007).

El concepto vivienda puede contener diversos enfoques, estos van a depender en gran medida del análisis y la base teórica. El concepto sociológico del “*habitar*” está inherentemente ligado dentro del contexto social en este sentido Cortés (1995) menciona “las relaciones que constituyen la esencia del hecho social del habitar se enmarcan en sociedades concretas” (p. 92).

De la misma manera Cortés (1995), profundiza acerca del concepto de habitar en los cinco planos que se consideran más relevantes para este concepto. Dentro del plano espacial, se define la función y la interrelación que mantiene la vivienda con el espacio residencial en el que se localiza, toma general importancia las características físicas y arquitectónicas de la vivienda, de igual manera se interrelacionan con el entorno, como lo es el barrio, o bien la urbe donde se encuentra desplantada, así mismo se captura la tipología territorial, que infunde sobre la vivienda un espacio y nivel social a los residentes.

El plano económico refleja los aspectos de la vivienda como una célula integradora dentro de una economía global, estableciendo un sistema de unidad de consumo, el cual requiera de bienes y servicios, los cuales deben ser abastecidos ya sea por entidades federales o bien por industrias particulares, como lo establece Speranza (2006) en la referencia “*Ecología Profunda y Autorrealización, Introducción a la Filosofía Ecológica de Arne Naess*”.

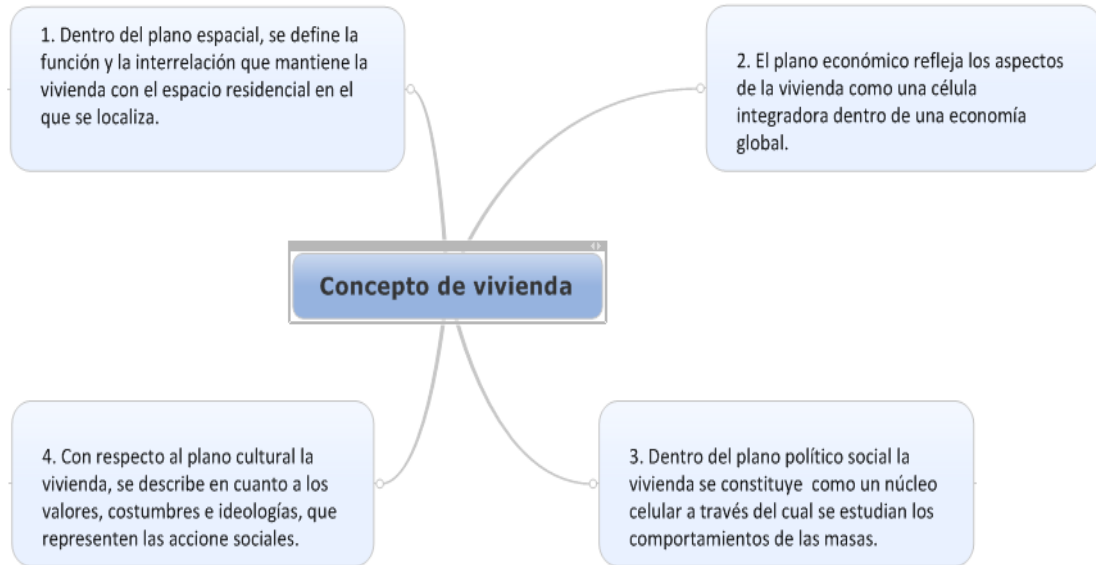
Dentro del plano político social, la vivienda se constituye como un núcleo celular a través del cual se estudian los comportamientos de las masas, tales comportamientos incluyen: movilidad, segregación, desplazamiento, desalojo, etc. Este tipo de cambios influye al momento de generar políticas públicas y avances en cuestión de legislaciones (Speranza, 2006).

Con respecto al plano cultural la vivienda, se describe en cuanto a los valores, costumbres e ideologías, que representen las acciones sociales (Cortés, 1995). Resulta muy relevante comprender el fundamento teórico de la vivienda para posteriormente interpretar el comportamiento de los modelos que posteriormente serán presentados.

La conceptualización del precepto de vivienda abre pauta al análisis e interpretación de nuevos horizontes ya que sirve de guía para diferentes estudios de vivienda, de igual manera destaca la capacidad de asociación de la vivienda con conceptos sociológicos, normativos, políticos y psicológicos, capaces de dar respuesta de una manera más acertada a la problemática actual. Este enfoque integral se refleja en el desarrollo del concepto de vivienda presentado en la Figura 1.1.

## Figura 1.1

### *Desarrollo del concepto de vivienda.*



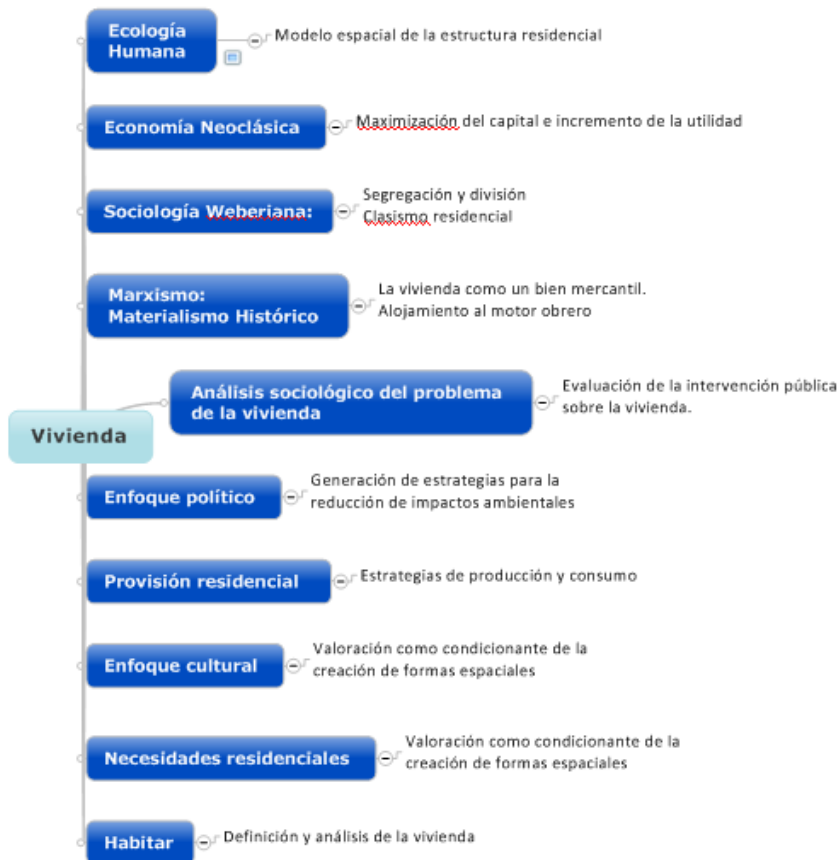
**Fuente:** Elaboración propia.

Se incluye en la Figura 1.1 un mapa mental que ilustra de manera detallada los actores clave involucrados en el desarrollo y la comprensión del concepto de vivienda. Este mapa mental permite visualizar las múltiples dimensiones y componentes que interactúan dentro de este concepto, proporcionando una visión integral de los factores que lo configuran.

En la Figura 1.2, se exponen las principales teorías que han sido fundamentales para definir y estructurar el concepto de vivienda a lo largo del tiempo. Estas teorías ofrecen un marco teórico robusto que sustenta el análisis y la interpretación del concepto, destacando las diferentes perspectivas y enfoques que han contribuido a su evolución en el ámbito académico y práctico.

**Figura 1.2.**

*Teorías que intervienen dentro del concepto de vivienda.*



**Fuente:** Elaboración propia.

Para finalizar se presenta un mapa mental en la Figura 1.1 de los principales actores en los que interviene el concepto de vivienda, en tanto que en la Figura 1.2 se presentan las principales teorías que definen el concepto de vivienda.

### **1.10.3 . La realidad de la vivienda en términos sustentables.**

La vivienda cuenta con un origen netamente antropocéntrico, definiendo el concepto antropocéntrico como la doctrina que sitúa al ser humano y a sus necesidades por encima de cualquier sistema atendiendo a una moral egocéntrica (Brun, 1995).

La concepción del diseño a lo largo de la historia se encuentra influenciada por cada una de las corrientes de pensamiento de tal suerte que durante el marxismo y adentrados en la modernidad la cosmovisión antropocéntrica de la vivienda no representó variaciones contundentes, encaminadas a la eficiencia energética, la reducción de emisiones contaminantes o bien el ecodiseño.

La preocupación por el medio ambiente se genera cuando, el desarrollo de las ciudades se vuelve insostenible, la cosmovisión sigue teniendo una postura antropocéntrica, en la cual el principal factor corresponde a la incapacidad del medio para el desarrollo futuro de la humanidad (Brun, 1995).

Los nuevos modelos de vivienda colectiva incorporan los cambios sociales, tecnológicos y ambientales desde la escala arquitectónica hasta la escala urbana. La crisis ambiental es protagonista en el diseño contemporáneo, la búsqueda de alternativas emerge con el fin de emitir soluciones a los problemas ambientales (Aragónés, 2010). Las concepciones epistemológicas y éticas son poco explícitas, aun cuando el consenso sobre la gravedad de la crisis es imperativo.

El principal desafío de la vivienda social consiste en unificar los criterios de un génesis antropogénico y una construcción dentro de la ecología profunda (Speranza, 2006). La problemática de la vivienda contemporánea precisa explorar nuevas estrategias que den respuesta a las actuales necesidades dependientes del habitar en la ciudad contemporánea.

El problema de la vivienda debe ser estudiado como una totalidad enfocándose dentro del sistema a partir de la complejidad. Derivando de este sistema una serie de conceptos complejos entre sí que puedan dar cabida a la totalidad del conjunto (Fisch, 2014).

La eficiencia energética en la vivienda es un campo de estudio multidisciplinario que se ha desarrollado a través del tiempo y la contribución de diversos autores y enfoques.

Desde el paradigma de la sostenibilidad hasta los modelos de comportamiento humano, este marco epistemológico nos permite entender el proceso de construcción del conocimiento que sustenta la presente investigación, ofreciendo una perspectiva integral sobre cómo y por qué la eficiencia energética es crucial para el presente y el futuro.

Para describir la metodología que se plantea en el presente trabajo de investigación es necesario establecer las bases sobre las cuales se plantea el desarrollo, en este contexto se puntualiza en los siguientes aspectos:

La investigación se plantea como un sistema complejo, con la metodología mixta, que combina técnicas cualitativas y cuantitativas. En este sentido se establece el cálculo y análisis de indicadores con referencia a los siguientes pronunciamientos: aspectos socioeconómicos, ubicación geográfica, variaciones de la temperatura a nivel local, estrategias políticas y reglamentación y aspectos socioculturales.

Al plantear el trabajo dentro de un sistema complejo con uso de variables mixtas, existen indicadores de carácter tanto cuantitativo como cualitativo por lo que el tratamiento de los datos requerirá de un sistema mixto donde se involucren tanto variables cuantitativas, como cualitativas, en este sentido, se propone un modelo cartesiano, ya que este se constituye como uno de los principales referentes para el análisis de investigaciones mixtas en donde se realizan análisis cuantitativos y cualitativos de manera simultánea.

Para el análisis de las variables se generan indicadores que representen las afectaciones dentro de la eficiencia energética. De esta manera se realiza la generación de cinco indicadores, con el propósito de establecer un Índice Multivariable para la Evaluación de la Eficiencia Energética (IMEEE),

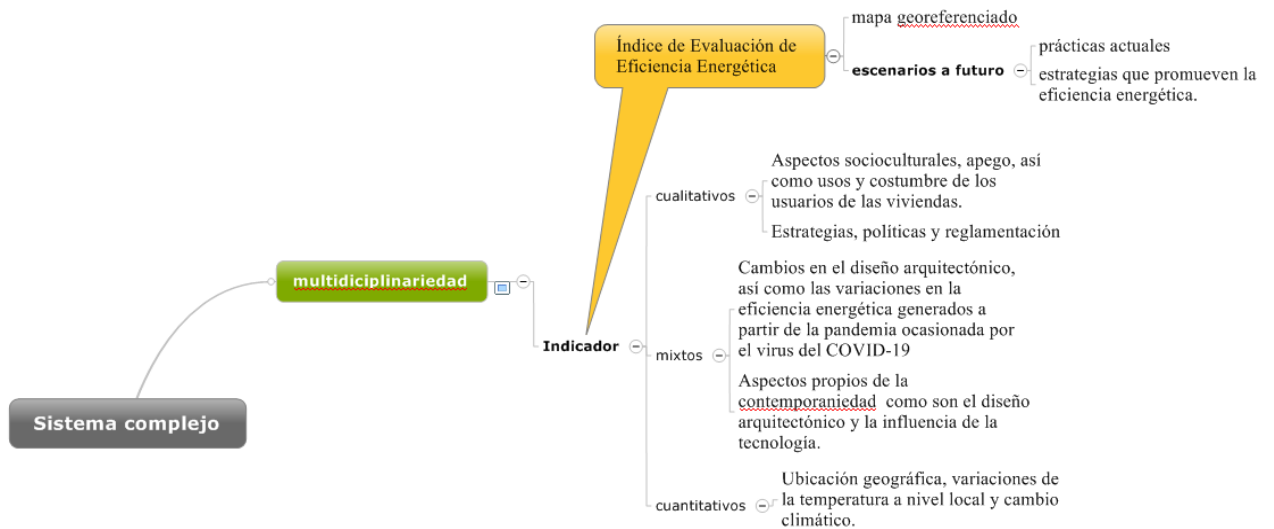
El Índice Multivariable para la Evaluación de la Eficiencia Energética (IMEEE) es capaz de describir la eficiencia energética en las viviendas, y su comportamiento, el cual está condicionado al seguimiento de las prácticas actuales de consumo energético y estrategias que promueven la eficiencia energética.

Finalmente se establece un estudio de caso en donde se incorporan las estrategias implementadas y se analiza la eficiencia energética del sistema a través de la generación del Índice Multivariable para la Evaluación de la Eficiencia Energética (IMEEE).

Para mostrar los resultados se implementa un sistema de georreferenciación donde se muestra de manera gráfica dentro de un mapa geo-referenciado, el nivel de eficiencia energética de las viviendas.

**Figura 1.3.**

*Diagrama de flujo para el desarrollo conceptual de la investigación.*



**Fuente:** Elaboración propia.

En el diagrama de flujo mostrado en la Figura 1.3 se establece la secuencia para el desarrollo conceptual del trabajo de investigación.



#### **1.10.4 . Descripción teórica del concepto de energía eléctrica.**

El concepto de energía eléctrica es fundamental para comprender la vida moderna y sus avances tecnológicos. Dentro de la referencia De Juana (2008) “*Energías renovables para el desarrollo*” los autores establecen que se puede definir a la energía como “toda causa capaz de producir un trabajo y su manifestación es precisamente la realización de su virtualidad” (p. 27)

El concepto de energía eléctrica abarca diversos aspectos fundamentales en la vida cotidiana, siendo un recurso indispensable para el funcionamiento de múltiples tecnologías y servicios. Desde la iluminación, hasta la comunicación global instantánea, su impacto en la calidad de vida también ha desencadenado avances en tecnología y desarrollo sostenible, lo que ha permitido el crecimiento y prosperidad de las sociedades alrededor del mundo (De Juana, 2008).

#### **1.10.5 . Descripción teórica del concepto de eficiencia energética.**

El concepto de “*eficiencia energética*” surgió por primera vez en 1998, durante la “*Primera conferencia internacional de eficiencia energética*” llevada a cabo en la ciudad de Austria. Este término, desde entonces, ha evolucionado y adoptado un papel fundamental en la gestión y conservación de los recursos energéticos a nivel mundial, instaurando el 5 de marzo como el día de la eficiencia energética (León, 2016).

Dentro de la referencia Sánchez y Fuquen (2021) “*Eficiencia energética*”, se describe al concepto de eficiencia energética como: “el cociente entre la energía requerida para desarrollar una actividad específica, y la cantidad de energía primaria usada para el proceso” (p. 9).

En términos generales, se establece que la eficiencia energética se enfoca en disminuir el consumo de energía mediante la optimización de su uso y la reducción de pérdidas, lo que genera beneficios tanto económicos como medioambientales (Sánchez, 2021). Los progresos en

eficiencia energética facilitan la producción de bienes y servicios con un impacto ambiental reducido, promoviendo así un desarrollo sostenible y responsable.

El concepto de eficiencia energética se refiere al uso óptimo y responsable de los recursos energéticos, con la intención de minimizar el consumo de energía y reducir la huella de carbono mientras se mantiene un nivel adecuado de producción y calidad de vida (Carretero, 2012).

El concepto de eficiencia energética se basa en la premisa de que la energía se puede utilizar de manera más eficiente en todos los sectores de la sociedad, desde la industria hasta el hogar.

La adopción de prácticas eficientes en el uso de la energía no solo conduce a la reducción de costos y consumo de recursos, sino que también ayuda en la mitigación del cambio climático y la conservación del medio ambiente. En el ámbito teórico, la eficiencia energética se mide mediante la relación entre la cantidad de energía utilizada y la cantidad de trabajo logrado a través de su uso (Carretero, 2012).

La eficiencia energética es un concepto clave en la gestión sostenible de los recursos energéticos y el logro de objetivos medioambientales. Este concepto se refiere al uso optimizado de energía para obtener el máximo rendimiento con el mínimo consumo, lo que lleva a una menor utilización de recursos naturales y una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero.

La implementación de medidas de eficiencia energética en áreas como la construcción, la industria y el transporte puede tener un impacto significativo en el ahorro de energía y la reducción de costos. Además, el fomento de actitudes y prácticas responsables en el consumo energético puede contribuir en gran medida al bienestar económico y ecológico de una sociedad.

En sentido estricto se puede definir a la eficiencia energética como el consumo mínimo de energía que permita satisfacer de manera eficaz las necesidades de uso (Huntington, 2016.), o bien dicho en otras palabras, un sistema se considera eficiente energéticamente, si presta más servicio con el mismo aporte de energía o el mismo servicio con menor aporte de energía (Gallardo, 2013).

La eficiencia energética es un concepto complejo, ya que su definición varía según el contexto en el que se considere. Debido a este enfoque subjetivo, es crucial analizarla desde una perspectiva que tenga en cuenta su complejidad.

Lovins (1977), en "*Soft Energy Paths*", propuso el término "*energía suave*" en contraposición a las formas tradicionales de energía intensiva y contaminante (Lovins, 1977). Lovins subrayó la necesidad de mejorar la eficiencia energética y utilizar fuentes de energía renovables, lo que influyó directamente en la concepción de viviendas eficientes.

En contraposición a las formas tradicionales de energía intensiva y contaminante, Lovins enfatizó la importancia de mejorar la eficiencia energética, este concepto se centra en encontrar formas más inteligentes y sostenibles de utilizar la energía, minimizando el consumo y maximizando el rendimiento. Además de reducir el impacto ambiental, la eficiencia energética también brinda beneficios económicos al disminuir los costos de energía.

El concepto de suavidad energética, acuñado por Lovins en el año de 1976, abarca un enfoque holístico hacia el consumo de energía, donde el énfasis reside en minimizar el desperdicio, maximizar la eficiencia y promover la sostenibilidad ambiental (Lovins, 1976).

Al adoptar caminos energéticos suaves, las sociedades pueden disminuir su dependencia de los combustibles fósiles, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático y avanzando

hacia un sistema energético que sea más respetuoso con el medio ambiente y resiliente frente a las crisis energéticas.

Este paradigma propone la integración de fuentes de energía renovables, el mejoramiento de la eficiencia energética en todos los sectores y el desarrollo de tecnologías limpias, lo que permite una transición ordenada hacia modelos de consumo y producción sostenibles. En este contexto, Lovins enfatiza la importancia de las políticas públicas y la innovación tecnológica como motores clave para la transformación energética, sugiriendo que el periodo actual es crítico para adoptar medidas que aseguren un futuro energético sostenible y equitativo para todos.

De esta manera es que las ideas de Lovins han influido en numerosos debates e iniciativas destinadas a promover la conservación de energía y la transición a tecnologías energéticas más limpias. Este concepto se ha convertido en un pilar fundamental para abordar los desafíos ambientales y la sostenibilidad energética en la actualidad.

Lechner (2014), por su parte, es bien conocido por su trabajo en el diseño arquitectónico enfocado en la eficiencia energética, particularmente en lo que respecta a la calefacción, refrigeración y ventilación. Su libro más destacado en este ámbito es "*Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects*" trabajo en el cual abordó cómo las decisiones de diseño pueden influir en la eficiencia energética. La idea central es que el diseño de una vivienda puede y debe aprovechar las condiciones climáticas para reducir el consumo energético.

El autor explora cómo las decisiones de diseño pueden afectar la eficiencia energética en las edificaciones y destaca que el diseño de una casa debe aprovechar las condiciones climáticas locales para reducir el consumo de energía. Al utilizar estrategias de diseño pasivo que consideran factores como la orientación solar, la ventilación natural y el aislamiento, los

propietarios pueden minimizar su dependencia de los sistemas artificiales de climatización y refrigeración (Lechner, 2014).

La idea central es que el diseño de una vivienda puede y debe aprovechar las condiciones climáticas para reducir el consumo de energía. Al diseñar de manera eficiente, es posible minimizar la necesidad de dispositivos mecánicos de climatización, lo que a su vez reduce el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero.

#### **1.10.6 . Análisis teórico del índice de eficiencia energética.**

El Índice de Eficiencia Energética (IEE) es un concepto que ha sido desarrollado y refinado a lo largo de los años por varios expertos y teóricos en el campo de la eficiencia energética. Es el resultado de un desarrollo progresivo en el área de la ingeniería y la sostenibilidad ambiental, por lo que podemos mencionar algunas teorías y autores clave que han contribuido significativamente al campo de la eficiencia energética, que a su vez respaldan la base conceptual del IEE:

Amory Lovins y el *Rocky Mountain Institute* (RMI) han sido pioneros en el campo de la eficiencia energética. Lovins, un físico estadounidense y prominente defensor de la eficiencia energética, ha trabajado en el RMI, una organización enfocada en la sostenibilidad y la eficiencia energética. Su trabajo ha sentado las bases para entender cómo mejorar la eficiencia energética en diversas aplicaciones, incluyendo edificaciones (Lovins A., 2015).

La Teoría de la Economía de la Energía propuesta por Nicholas Georgescu-Roegen y Kenneth Boulding, ha aportado conceptos fundamentales sobre la economía de la energía, que se relacionan directamente con la eficiencia energética. Estos conceptos se centran en cómo la energía es un recurso limitado y debe ser utilizado eficientemente (Boulding, 2017).

Por otro lado, los principios de la termodinámica, especialmente el segundo principio que trata sobre la eficiencia de los sistemas energéticos y la entropía, son fundamentales para entender la eficiencia energética. Autores como Sadi Carnot y Lord Kelvin han sido esenciales en el desarrollo de estos principios, proporcionando una base teórica crucial para avanzar en el estudio y la mejora de la eficiencia energética.

Estándares y normativas internacionales han sido desarrollados por organizaciones como la Agencia Internacional de Energía (AIE) y el Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE) para respaldar el uso del Índice de Eficiencia Energética (IEE) en la evaluación del rendimiento energético de las edificaciones. Estos estándares y prácticas recomendadas son esenciales para garantizar la eficiencia energética y promover la sostenibilidad en el sector de la construcción (IEA, *Energy Efficiency Indicators Highlights*, 2020).

En cuanto a los modelos de simulación de energía en edificaciones, investigadores como Drury B. Crawley han desarrollado modelos y software que permiten calcular la eficiencia energética de las edificaciones, proporcionando un marco técnico para el uso del Índice de Eficiencia Energética (IEE) (Crawley D. B., 2008).

El IEE, como herramienta, se basa en la intersección de diversas áreas, incluyendo la economía, la energía, la termodinámica, la ingeniería de edificaciones y los principios de sostenibilidad. Su aplicación práctica está influenciada por los estándares y normativas desarrollados por organismos internacionales, así como por las innovaciones en tecnología de edificaciones y las teorías de diseño sostenible.

El Índice de Eficiencia Energética mide el consumo energético de una vivienda en relación con su tamaño y condiciones de uso, es utilizado para comparar el rendimiento energético entre diferentes viviendas o para evaluar las mejoras en una vivienda específica.

### **1.10.7 . El uso del método cartesiano para la evaluación de la eficiencia energética en edificaciones destinadas a uso residencial.**

El método cartesiano, originado por el filósofo y matemático René Descartes, se basa en el cuestionamiento sistemático y el análisis detallado para llegar a conclusiones claras y fundamentadas. La utilización de este método para investigar la eficiencia energética en viviendas en la ciudad de Mazatlán puede justificarse, en primer término, dada la factibilidad para la descomposición de la problemática, ya que una de las principales características del método cartesiano es la descomposición de problemas complejos en partes más pequeñas y manejables.

La eficiencia energética en viviendas es una temática amplia que involucra múltiples aspectos, desde el diseño arquitectónico y materiales de construcción hasta el comportamiento de los habitantes, dividir el problema en subtemas específicos facilita su estudio y comprensión.

En cuanto al análisis sistemático, el método cartesiano enfatiza un enfoque sistemático y metódico. En el contexto de la eficiencia energética, esto permite evaluar cada componente de la vivienda y su contribución al consumo energético, asegurando que no se omitan aspectos esenciales.

En la aplicación práctica del método cartesiano, descomponer y analizar sistemáticamente el problema puede ayudar a identificar soluciones concretas y prácticas para mejorar la eficiencia energética en las viviendas de la ciudad de Mazatlán.

Aun cuando la ciudad de Mazatlán tiene sus características y desafíos específicos en términos de eficiencia energética, el método cartesiano es lo suficientemente flexible como para adaptarse a este contexto particular, permitiendo la individualización de la investigación según las necesidades y realidades de la región.

El método cartesiano proporciona una estructura y un enfoque que se adapta adecuadamente al estudio complejo del análisis de la eficiencia energética en viviendas. Su énfasis en descomponer problemas, realizar análisis detallados y buscar certezas lo convierte en una herramienta valiosa para investigar y proponer soluciones, no solo en el contexto específico de las viviendas en la ciudad de Mazatlán, Sinaloa, sino también en investigaciones en otras áreas geográficas.

En este contexto, se presenta el desarrollo de la investigación siguiendo los principios del Método Cartesiano. Tras definir el enfoque para el desarrollo de la investigación, se propone un esquema metodológico, en la Tabla 1.3 se detalla el proceso metodológico involucrado, describiendo de manera general los procesos y herramientas necesarias para llevar a cabo el estudio.

La Tabla 1.3 resume los pasos necesarios para obtener resultados parciales de cada uno de los actores involucrados, los cuales, al combinarse, conducirán a la creación del Índice Multivariable para la Evaluación de la Eficiencia Energética (IMEEE), que constituye el objetivo principal de la presente investigación.



**Tabla 1.3**

*Proceso metodológico involucrado dentro del desarrollo de la investigación.*

| <b>Elemento</b>  | <b>Metodología para el cálculo del elemento</b>   | <b>Método</b>         | <b>Acción del Método</b>  | <b>Técnicas</b>  | <b>Herramienta</b>  | <b>Instrumento para el Registro</b>  |
|--|---|-----------------------|---|--|---|--|
| <b>Indicador de estrategias políticas y reglamentación</b> | Metodología mixta basada en la metodología que propone la IEA para la construcción de indicadores de evaluación de eficiencia energética (IEA, Energy Efficiency Indicators Highlights, 2020) | Indicador cualitativo | Establecer un indicador el cual pueda ser comparado con indicadores internacionales | Búsqueda de bibliografía referente a políticas, incentivos, Y reglamentación | Libros, reglamentos, bandos municipales Diario oficial de la federación | Instrumento de captura de datos como Word Excel  |
|  |   |                       |   | Recopilación de datos  | Encuesta estructurada   | Realizada por medios digitales: Google o bien Formularios Google                       |
|  |   |                       |   | Construcción del indicador   | Medios digitales que permitan el procesamiento de datos                 | Cálculo del indicador y Excel y Word para el registro y presentación de los resultados |

|  |  |                        |   |  |  |  |
|--|--|------------------------|---|--|--|--|
| <b>Indicador de aspectos ubicación geográfica, el clima y el cambio climático</b>  | Metodología cuantitativa basada en la metodología que propone la IEA para la construcción de indicadores de evaluación de eficiencia energética (IEA, Energy Efficiency Indicators Highlights, 2020) | Indicador cuantitativo | Establecer un indicador el cual pueda ser comparado con indicadores internacionales | Ubicación cartográfica                     | Mapas y base de datos del INEGI  | Mapas realizados en Qgis   |
|  |  |                        |   | Recopilación de datos históricos del clima | Datos recolectados <i>in situ</i> al interior y exterior de la vivienda instrumentada, recolección de datos de SMN ( <i>in situ</i> : En el lugar en el sitio, RAE) Recolección de datos de Agencias Internacionales | Excel para el análisis y procesamiento de la base de datos   |
|  |  |                        |   | Construcción del indicador                 | Medios digitales que permitan el procesamiento de datos  | Excel para el cálculo del indicador y Excel y Word para el registro y presentación de los resultados                     |
| <b>Indicador de aspectos propios de la contemporaneidad como lo son el diseño arquitectónico y la influencia de la tecnología.</b> | Metodología cuantitativa basada en la metodología que propone la IEA para la construcción de indicadores de evaluación de eficiencia energética (IEA,  | Indicador cuantitativo | Establecer un indicador el cual pueda ser comparado con indicadores internacionales | Diseño arquitectónico de la vivienda tipo  | Base de datos del INEGI, encuesta estructurada Muestreo o Sondeo a nivel superficial   | Excel para el análisis y procesamiento de la base de datos<br><br>AutoCAD para establecer una propuesta de vivienda tipo |
|  |  |                        |   | Recopilación de                            | Datos por medio de la encuesta estructurada  | Realizada por medios digitales:  |

|  |  |  |  |  |   |   |
|--|--|--|--|--|---|---|
|  | Energy Efficiency Indicators Highlights, 2020)   |  |  | datos donde se establezca el tipo de electrodomésticos usados dentro de la edificación, así como el uso de sistemas inteligentes |   | Google o bien Formularios Google<br><br>Excel para el análisis y procesamiento de la base de datos  |
|  |  |  |  | Construcción del indicador   | Medios digitales que permitan el procesamiento de datos | Excel para el cálculo del indicador y Excel y Word para el registro y presentación de los resultados                                      |
| <b>Índice Multivariable para la Evaluación de la Eficiencia Energética (IMEEE)</b> | Se propone la construcción de un Índice general de Evaluación de Eficiencia Energética | Índice de origen mixto ya que cuenta con elementos tanto cualitativos como cuantitativos | Se establece un índice el cual pueda evaluar el nivel de eficiencia energética de la vivienda, De la misma manera se genera un modelo de evaluación y predicción del consumo energético de la vivienda a corto y mediano plazo | Incorporación de los 5 indicadores anteriores  | Medios digitales que permitan el procesamiento de datos | Se utilizan programa con Excel con la implementación del método de Montecarlo, para la construcción del índice y del modelo de predicción |

|  |   |  |  |  |   |                          |
|--|---|--|--|--|---|--------------------------|
| <b>Construcción de mapas georreferenciados que muestran el nivel de eficiencia energética en la vivienda</b> | Se propone la construcción de mapas georreferenciados que muestren el nivel de eficiencia energética en la vivienda | mapa georreferenciado que muestra los principales hallazgos producto de la investigación | Se establece un mapa georreferenciado donde de manera visual se ubican los niveles de eficiencia energética para la ciudad de Mazatlán | Se incorpora los resultados obtenidos a partir del Índice Multivariable para la Evaluación de la Eficiencia Energética (IMEEE) | Medios digitales que permitan el procesamiento de datos | Mapas realizados en Qgis |
|--|---|--|--|--|---|--------------------------|

**Fuente:** Elaboración propia.

En la Tabla 1.3 se presenta el enfoque metodológico adoptado para concluir la presente investigación, eligiendo como estrategia principal el estudio de caso centrado en la ciudad de Mazatlán, Sinaloa. Utilizando este enfoque, se pretende explorar las necesidades específicas de la ciudad en cuanto a soluciones energéticas.

Dentro de esta metodología se examinan las conexiones causales entre las variables que influyen en el consumo de energía, teniendo como meta el desarrollar un Índice Multivariable para la Evaluación de la Eficiencia Energética (IMEEE) que refleje adecuadamente las características de las viviendas en la ciudad de Mazatlán. Este proceso incluye el monitoreo del consumo de energía en una vivienda tipo, evaluando el gasto energético en diferentes estaciones del año y relacionándolo con la temperatura exterior e interior de la casa.

El estudio se culmina con la aplicación del Método de Montecarlo para prever el consumo energético de la vivienda tipo en función de las condiciones térmicas externas, y para calcular la eficiencia energética en construcciones residenciales.

#### **1.11. Plan metodológico:**

- La creación de un mapa descriptivo que ilustra gráficamente las distintas tipologías de vivienda en la ciudad de Mazatlán, vinculadas a su ubicación específica.

- Definir una vivienda tipo e instrumentarla mediante una estación climatológica y diversos medidores de temperatura en diferentes ubicaciones dentro del inmueble con la finalidad de medir la temperatura ante diferentes condiciones de iluminación y ventilación dentro de un mismo inmueble.

- Realizar mediciones de temperatura y humedad en diferentes horas al día y en diferentes épocas del año, para cada uno de los espacios instrumentados dentro de la vivienda,

para obtener una base de datos con la cual establecer un modelo teórico que ilustre de la mejor manera las condiciones climatológicas de la zona de estudio.

-Recolectar los datos mediante, una estación climatológica profesional marca MISOL, con la cual se obtendrán los siguientes datos: velocidad del viento, dirección del viento, lluvia, temperatura (interior y exterior), humedad (interior y exterior), presión, UV, iluminancia, índice de calor.

-Realizar encuestas y entrevistas con el objetivo de conocer los diferentes patrones de consumo energético en la ciudad de Mazatlán.

La presente investigación está enfocada en el estudio de la eficiencia energética de las viviendas en la ciudad de Mazatlán y no sólo atiende a las necesidades y características específicas de la ciudad, sino que también busca anticipar y gestionar los desafíos del futuro, estableciendo soluciones sostenibles y replicables en otras regiones.

### **1.11.1 . Modelos de consumo energético y conducta humana.**

En el trabajo realizado por Shove (2003) se ha investigado cómo las prácticas diarias de las personas y la cultura social influyen en el consumo de energía. En “*Confort, Limpieza y Conveniencia*” Shove (2003), destaca cómo las normas culturales cambiantes pueden afectar la demanda y el uso de la energía en el hogar, subrayando la interacción entre la tecnología y la conducta humana.

Por otro lado, se enfatiza la necesidad de examinar el contexto sociocultural más amplio al considerar los patrones de consumo de energía. Además, dentro de la investigación de Shove se subraya la importancia de comprender la interacción entre los individuos y su entorno social a la hora de dar forma a comportamientos y decisiones relacionados con la energía, en la obra se destaca la interconexión del comportamiento social y el consumo de

energía, arrojando luz sobre la necesidad de considerar tanto las prácticas individuales como las dinámicas sociales más amplias al abordar la eficiencia energética (Shove, 2003).

A través de su investigación, Shove proporciona información valiosa sobre la compleja relación entre el comportamiento humano, las normas culturales y el consumo de energía en el hogar.

### **1.11.2 . Conceptualización de los diferentes modelos de consumo energético.**

A lo largo de la historia se han desarrollado diferentes modelos de consumo de energéticos, dentro de los principales los podemos describirlos a partir de la Primera Revolución Industrial, la cual tuvo lugar desde finales del siglo XVIII y siglo XIX, la principal fuente de energía durante este periodo es el carbón el cual fue utilizado principalmente en las máquinas de vapor (Norton, 2016).

La segunda revolución industrial ocurre durante la primera mitad del siglo XX, hasta finales del siglo XX el principal combustible empleado es el petróleo, este energético es el encargado de mover los motores de combustión interna, utilizados muchos implementos y maquinaria aún en la actualidad (Norton, 2016), sin embargo, se realiza un corte y se marca una nueva revolución industrial con el auge de la electrónica, la informática, la automatización, las tecnologías de la información y las comunicaciones.

El acotamiento de esta nueva era se enmarca desde finales del siglo XX hasta hoy en día, los principales energéticos están constituidos por el petróleo, el gas y de manera más reciente las energías renovables, sin que estas últimas representan un factor importante en el crecimiento y desarrollo industrial (CONUEE, 2018).

Autores como Luz Fernanda Azuela, (Fernanda, 1999) indican que la tercera revolución industrial parecía estar destinada al uso de la energía nuclear, sin embargo, los elevados costos

de instalación y mantenimiento además del riesgo latente durante el funcionamiento, hacen que la energía nuclear no sea una alternativa eficiente.

En el caso de México se consideró que la incorporación de la energía nuclear generaría un vínculo para que el país accediera a un nivel superior de progreso y desarrollo, ya que el desarrollo tanto industrial como económico dependen directamente del incremento o suficiencia de los recursos energéticos, es así como se crea la Central Nucleoeléctrica de Laguna Verde, la principal función de esta central nuclear es albergar instalaciones donde de manera segura pueda iniciarse, mantenerse y controlarse una reacción de fisión nuclear en cadena, que transforma la energía liberada en el proceso de fisión, en energía eléctrica.

De esta manera el retraso en el desarrollo energético generado a nivel mundial hace que el modelo energético utilizado a nivel global desde los años 1970-1980, no haya cambiado ni se haya modificado sustancialmente, desde esta década hasta nuestros días.

En este sentido se describe que el modelo energético utilizado actualmente es el mismo que se ha utilizado desde la década de 1970, la dependencia a combustibles fósiles representa un 80-85% del total de insumos requeridos para la generación de energía a nivel global, con lo cual los combustibles fósiles se postulan como uno de los principales motores de impulso para la generación de energía eléctrica, y por ende para el desarrollo económico e industrial de muchos países, incluido México.

A partir de los años 80 la preocupación por la depredación de los recursos naturales se vuelve más evidente, surgiendo de esta manera la incorporación de nuevas alternativas para generación de energía, en este sentido las de mayor importancia son la eólica, la solar y la hidráulica, sin embargo, el papel que juegan estas energías alternativas no tiene la repercusión



que debería, dejando a los combustibles fósiles como uno de los principales exponentes en la generación de energía y el abastecimiento de la demanda global creciente (IEA, 2014).

La preocupación por el desabasto energético surge a partir de la primera crisis mundial del petróleo en 1973, en este momento surge la preocupación por el abasto energético y el futuro de los energéticos para el desarrollo mundial. Existen diferentes documentos que describen el impacto de la crisis del petróleo en América Latina entre estos destaca el trabajo realizado por Malavé (1982), “*La crisis petrolera internacional y su incidencia en América Latina*”, en este documento destaca la necesidad de implementar estrategias en México y América Latina, ante la crisis en el sector energético en ese momento, como este documento surgen a nivel mundial, una serie de estrategias que pretenden dar frente ante la situación que se estaba viviendo, es así como surgen una serie de modelos energéticos, que establecen cómo debe consumirse energía y que se puede esperar dentro de los escenarios futuros.

A lo largo del tiempo se han desarrollado diferentes modelos energéticos con el fin de predecir la demanda energética en un futuro, tanto a largo, como a mediano y corto plazo, estos modelos se establecen a partir del concepto de complejidad ya que involucran diversos actores asociados al concepto de energía, en la referencia Tribus Armas y Petróleo, Alejandro Lorca Corrons (2011), realiza un análisis de los principales modelos energéticos propuestos a nivel mundial.

De manera resumida en la Tabla 1.4 se presentan los principales modelos energéticos que influyen dentro de las decisiones macroeconómicas a nivel mundial, los datos son el resumen del informe publicado el 1 de septiembre de 1997 por el *Energy Information Administration, Office of Integrated Analysis and Forecasting*, en Washington, DC, Estados

Unidos. Los autores del informe son M. J. Hutzler y A. T. Anderson, y fue patrocinado por la Energy Information Administration del Departamento de Energía de los Estados Unidos

**Tabla 1.4**

*Análisis descriptivo de los principales Modelos Energéticos*

| <b>Categoría de Modelos</b>                      | <b>Entidad/Individuo</b>   | <b>Aportación</b>   | <b>Visión</b>   | <b>Enfoque</b>  | <b>Fuente</b>  |
|--|--|---|---|---|--|
| <b>Modelos Generales</b>                         | Club de Roma   | Se propone un enfoque de escenarios futuros considerando constantes las dependencias energéticas  | Perspectiva de futuro desafiante                      | Ponderación de un crecimiento sostenido   | Hudson (1976): <i>“The next two hundred years: A scenario for America and the World”</i> |
| <b>Modelos Históricos Específicos de Energía</b> | Enfoques enfocados en EE. UU.                                      | Reconoce la suficiencia de recursos energéticos y señala la volatilidad del mercado petrolero de Oriente Medio. Destaca la importancia de la dinámica de oferta y demanda para la seguridad del suministro. | Enfoque de mercado intermedio                         | Incentiva el uso eficiente de recursos a través de las dinámicas de mercado y preparación ante interrupciones en el suministro. | Ford Foundation (1979): <i>“Energy: the next twenty years”</i>                           |
| <b>Ciclos Energéticos</b>                        | Modelo de Marchetti, Instituto Internacional de Estudios Avanzados | Basado en la sustitución cíclica de las fuentes energéticas conforme cambia su viabilidad económica   | Perspectiva optimista                                 | Innovación para el aprovechamiento de nuevas fuentes de energía   | —  |
| <b>Modelos Actuales</b>                          | <i>World Energy Model</i> (IIASA)                                  | Crea escenarios múltiples basados en variables como oferta, demanda, inversiones y  | Proyección realista de la situación energética futura | Escenarios globales con estrategias políticas energéticas   | Informes anuales   |

**Fuente:** Elaboración propia. Datos: Energy Information Administration.

### **1.12. La propuesta de la SENER para el nuevo modelo del sector eléctrico nacional.**

La propuesta de la SENER para el nuevo modelo del sector eléctrico Nacional en México representa un paso significativo hacia la modernización y eficiencia energética en el país, ya que busca transformar y fortalecer la infraestructura energética del país.

Esta iniciativa busca impulsar el desarrollo de tecnologías limpias y renovables, garantizando al mismo tiempo un suministro de energía confiable y asequible para todos los ciudadanos, este enfoque se centra en la promoción de la inversión pública y privada, así como en la diversificación de las fuentes de energía y su distribución.

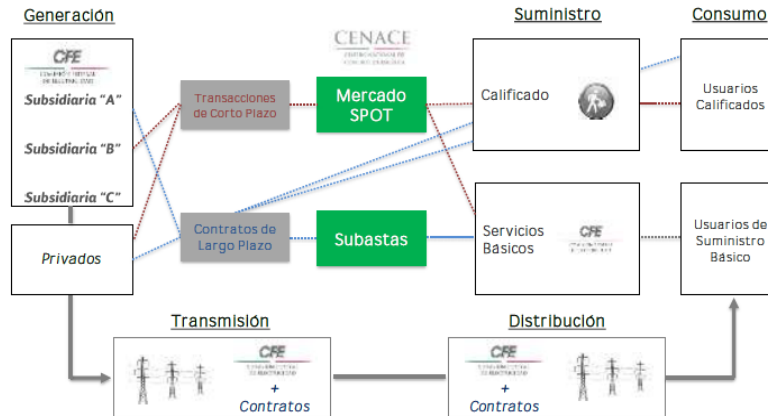
Además, contempla estrategias para mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. En última instancia, el éxito de esta propuesta radica en su capacidad para adaptarse a las dinámicas cambiantes del mercado y satisfacer las necesidades energéticas de México de manera sostenible y accesible (SENER, 2020).

Con el propósito de mejorar la conectividad y la distribución de energía eléctrica en todo el país, se plantea una inversión en infraestructura y una mayor participación del sector privado, además, se promueve una transición hacia fuentes de energía más limpias, disminuyendo la dependencia de los combustibles fósiles, este enfoque holístico del sector eléctrico no solo es innovador, sino que también es esencial para garantizar un futuro energético seguro y sostenible.

Con la implementación de este nuevo modelo se contribuirá al cumplimiento de los compromisos internacionales en materia de cambio climático asumidos por México.

**Figura 1.4.**

*Nuevo Modelo de la Industria Eléctrica.*



**Fuente:** PRODESEN, 2020.

La propuesta del nuevo modelo es creada con una base técnica e institucional bajo la coordinación de la SENER, CENACE, CRE y la CFE donde se diseñan los instrumentos de planeación, operación y regulación del sector eléctrico (PRODESEN, 2020), en la Tabla 1.4 se muestra la propuesta para el nuevo modelo de la industria eléctrica en México.

### 1.13. Casos análogos.

Las investigaciones a nivel internacional en el campo de la eficiencia energética en edificaciones han establecido indicadores clave para el desarrollo tecnológico futuro.

En este ámbito se han compilado estudios significativos que abordan desde análisis detallados del consumo energético, hasta modelos de ahorro energético en distintos tipos de edificaciones. Estos trabajos representan un marco referencial importante para futuras investigaciones.

Los trabajos analizados pueden ser clasificados de acuerdo a los temas clave que abordan, para el análisis macro a micro de la energía en edificios, por ejemplo el estudio realizado por Soo Youn Cho y Seung-Bok Leigh explora el ahorro de energía en edificios

mediante la recopilación de datos, abarcando desde el análisis a nivel de ciudad hasta detalles específicos de edificios individuales (Soo Youn Cho, 2017).

Una analogía clave entre la presente investigación y el trabajo realizado por Soo Youn Cho y Seung-Bok Leigh es el reconocimiento de la importancia de los datos detallados para comprender y mejorar la eficiencia energética. Ambos trabajos subrayan que un análisis exhaustivo de datos puede revelar patrones de consumo y áreas de mejora significativas.

Sin embargo, una diferencia importante radica en los enfoques específicos: mientras Cho y Leigh se concentran en la recopilación de datos y análisis a diferentes escalas, la presente investigación se enfoca en la vivienda como unidad integradora y a la par se incorporan factores arquitectónicos, materiales, aspectos socioculturales y la ubicación geográfica para analizar cómo influyen en el consumo energético.

El análisis de energía térmica en la construcción es abordado por El Break (2002) en el trabajo *“Programa de Análisis de Energía Térmica de la Construcción”*, este trabajo se centra en la relevancia del análisis térmico para edificaciones, resaltando cómo la regulación adecuada puede mitigar impactos ambientales significativos. Esta investigación comparte similitudes con la presente tesis, dado el enfoque en la importancia de la eficiencia energética para reducir el impacto ambiental. Ambos proyectos estudian cómo la gestión eficiente de la energía térmica puede llevar a una mayor sostenibilidad ambiental en edificios.

Sin embargo, difieren en su enfoque específico: mientras que el trabajo propuesto por El Beak (2002) se centra principalmente en el análisis térmico como medida clave para mejorar la eficiencia energética y reducir impactos ambientales, la presente investigación amplía el espectro al considerar factores adicionales. Esta ampliación permite una comprensión más completa de cómo diversos factores influyen en el consumo energético de las edificaciones.

Para el muestreo del consumo de energía en edificios, Choi, MS y Choi, DY (20014) investigan metodologías para mediciones energéticas fiables en edificios públicos de Corea, resaltando la relevancia de mediciones *in situ* para estimar la eficiencia energética.

Han, Kamber. y Pei.(2012) en el trabajo titulado “*Desarrollo de Modelos Energéticos para Pronóstico Urbano*” analizan modelos energéticos para predecir la demanda de energía urbana, ofreciendo herramientas valiosas para planificación urbana y políticas energéticas.

En predicción del consumo energético y demanda máxima, los autores Imjih, Jeong y Yungeun (2020) analizan cómo el cambio climático puede influir en el consumo energético y la demanda de energía en edificios.

Las investigaciones de Choi, MS y Choi, DY destacan la importancia de las mediciones *in situ* para evaluar con exactitud el consumo de energía en edificaciones públicas, mientras que el trabajo de Han, Kamber y Pei. ofrece herramientas esenciales para la planificación urbana y el desarrollo de políticas energéticas mediante modelos energéticos predictivos. Además, el análisis de Imjih, Jeong y Yungeun, analiza cómo el cambio climático puede afectar la demanda energética y subraya la necesidad de considerar factores externos en la planificación energética, tal como se propone dentro del presente trabajo.

Un estudio fundamentado en tecnología de gestión energética basada en datos es realizado por Lim y Lee (2019) quienes examinan las tendencias en la gestión energética de edificios, enfocándose en el análisis apoyado en datos para mejorar la eficiencia energética.

Una clasificación de patrones de consumo energéticos fue establecida por los investigadores Woo, Choi y Kim (2016), quienes utilizan datos reales para clasificar patrones de consumo energético en edificios, lo que es fundamental para la implementación de

estrategias de eficiencia energética, parte de este análisis se tomó como fundamento para la propuesta de los patrones de consumo utilizados dentro de la presente tesis.

La implementación de una metodología para verificar el ahorro de energía en edificios escolares es el trabajo que realizaron los autores Hangju e Insoo (2020) quienes estudian cómo verificar sistemáticamente el ahorro energético en edificios escolares, un sector crucial en la política energética.

Estas diferencias en el enfoque se complementan al proporcionar una visión más holística de la problemática. La integración de los métodos de recopilación y análisis de datos detallados con la consideración de factores socioeconómicos y culturales puede ofrecer estrategias más integrales y efectivas para mejorar la eficiencia energética. En conjunto, estos estudios contribuyen a un entendimiento más completo de los desafíos y soluciones en el ámbito de la eficiencia energética en edificaciones residenciales y a nivel urbano.

Estos estudios, en conjunto, fortalecen la comprensión y capacidad para diseñar estrategias más efectivas para mejorar la eficiencia energética y minimizar el impacto ambiental de las edificaciones, destacando la importancia de un enfoque integrado y multidisciplinario en la investigación y aplicación de soluciones energéticas sostenibles

Sin embargo, dentro de los trabajos a nivel nacional existe un desarrollo considerablemente menor con respecto a los trabajos e investigaciones desarrolladas dentro del contexto internacional.

Por una parte, el retraso dentro de las investigaciones se deriva de la falta de implementación de sistemas tecnológicos enfocados a la eficiencia energética dentro de la vivienda, es decir en países que cuentan con un mayor desarrollo la implementación de

sistemas automatizados dirigidos al monitoreo de la eficiencia energética de las viviendas se presenta como una obligación, tal es el caso de países como China, Japón y Corea.

Las investigaciones que se enfocan al estudio de la eficiencia energética en México y en otros países de América Latina, por lo general basan sus modelos en datos tomados por organismos gubernamentales o bien por organismos internacionales.

En este sentido se presenta una desventaja considerable con respecto a las investigaciones realizadas en oriente, ya que al tener sistemas automatizados es posible encaminar acciones en el momento preciso en que se generan, derivando en sistemas energéticos más eficientes.

El desarrollo de la investigación es el resultado de la respuesta de las necesidades dentro de la sociedad y de tal manera evoluciona conforme a los requerimientos que se plantean en cada una de las temporalidades.

En el periodo correspondiente a 1998- 2003 los estudios encaminados a la Eficiencia Energética se consideraban como pioneros dentro de esta rama de la investigación, ya que existían pocos precedentes que incorporan temas relacionados con la eficiencia energética en la vivienda.

El panorama de la eficiencia energética en la vivienda en México se ha enriquecido con un conjunto diverso de investigaciones académicas. Estos estudios, realizados en varias universidades del país, han aportado un bagaje de conocimiento significativo que abarca desde el análisis del consumo energético hasta el diseño sostenible y el comportamiento bioclimático.

Las investigaciones en México enfocadas al uso eficiente de la energía pueden ser categorizadas de acuerdo a las etapas enunciadas en la Tabla 1.5.



**Tabla 1.5***Etapas del desarrollo de las investigaciones enfocadas a Eficiencia Energética en México.*

| <b>Año</b> | <b>Etapas</b>                            | <b>Enfoque de las Investigaciones</b>   |
|------------|--|---|
| 1998-2003  | Los Años de Sensibilización              | Enfoque en la concienciación sobre la eficiencia energética.<br>Estudios sobre el impacto ambiental del consumo energético en viviendas.<br>Primeras evaluaciones de la eficiencia energética en edificios públicos y su extrapolación a la vivienda.               |
| 2004-2008  | Adopción de Tecnologías Verdes           | Análisis del rendimiento de viviendas con paneles solares.<br>Estudio de la introducción de calentadores solares de agua en los hogares.<br>Evaluación de programas gubernamentales para la mejora de la eficiencia energética en viviendas de interés social.      |
| 2009-2013  | Normativas y Certificaciones             | Investigaciones sobre la influencia de las normas de construcción en la eficiencia energética.<br>Estudios sobre la adopción de la certificación LEED en México.<br>Análisis de la implementación del Código de Edificación de Viviendas.                           |
| 2014-2018  | Integración de Sistemas y Automatización | Evaluación de sistemas domóticos en la eficiencia energética residencial.<br>Estudios sobre la influencia de la integración de sistemas de gestión de energía en viviendas.<br>Análisis del impacto de la tecnología IoT en la eficiencia energética de los hogares |
| 2019-2023  | Sostenibilidad y Eficiencia a Largo      | Investigaciones sobre el diseño bioclimático y su adopción en la vivienda moderna.  |

|       |   |
|-------|---|
| Plazo | Estudios de simulaciones energéticas para la optimización de nuevos desarrollos residenciales.<br>Evaluaciones de la eficiencia energética en viviendas con diseño pasivo en diferentes climas de México. |
|-------|---|

---

**Fuente:** Elaboración propia.

En relación con el estado de Sinaloa, el estudio "*La Producción de Vivienda en el Marco de la Sustentabilidad Urbana*" realizado por la Dra. Noemí del Carmen Ramos Escobar (2021) constituye una de las investigaciones más exhaustivas sobre la evolución de la estructura urbana y arquitectónica de la región. Este análisis meticuloso se lleva a cabo de manera secuencial, abordando cada década por separado.

Dentro de su estudio, Ramos identifica y describe los elementos urbanos y arquitectónicos que fueron predominantes en distintos períodos, con el fin de proporcionar una comprensión detallada de las características singulares que han definido la configuración de la ciudad a lo largo del tiempo. Este enfoque no solo aclara la progresión histórica de la urbanización en Sinaloa, sino que también subraya las implicaciones de estas características en la sustentabilidad urbana contemporánea.

Dentro de la investigación "*La Producción de Vivienda en el Marco de la Sustentabilidad Urbana*", se examina la evolución del desarrollo urbano y de la vivienda en Culiacán, Sinaloa, a lo largo de varias décadas, con un enfoque particular en la sustentabilidad y el medio ambiente. Durante la década de 1970-1980, el término "*ecodesarrollo*" ganó prominencia a nivel global con la publicación del primer informe del Club de Roma, "*Los límites del crecimiento*", que influyó las políticas de desarrollo urbano y vivienda en México. Se adoptaron leyes estatales que promovieron la construcción de viviendas

multifamiliares y espacios colectivos en puntos estratégicos, orientados hacia la optimización del uso de la tierra y la reducción del impacto ambiental (Ramos Escobar, 2021).

Las iniciativas incluyeron la Ley de Fomento de la Vivienda Popular de Interés Social del Estado de Sinaloa de 1970 y la Ley sobre el Régimen de Propiedad en Condominio de Inmuebles para el Estado de Sinaloa, así como la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación de 1971. Estas legislaciones no solo se centraron en el desarrollo habitacional sino también en la mejora ambiental, aunque inicialmente estaban más enfocadas en las actividades industriales y marítimas.

Los esfuerzos de planificación en Culiacán durante esta época resultaron en la creación de fraccionamientos como Infonavit Humaya e Infonavit Cañadas, diseñados para promover una vida comunitaria con acceso a espacios peatonales y recreativos. Estas áreas estaban bien conectadas, aunque la expansión urbana llevó a una significativa destrucción de los recursos naturales (Ramos Escobar, 2021).

En términos de diseño residencial, se fomentó la construcción de viviendas que respondieran a criterios bioclimáticos, con disposiciones que favorecen la ventilación y la iluminación natural, reduciendo la dependencia de la energía eléctrica para climatización e iluminación. Además, el desarrollo de los conjuntos habitacionales se orientó a la minimización de costos en la producción de vivienda y a la optimización del espacio urbano, con estrategias como calles cerradas y la formación de clústeres que modificaron los patrones de convivencia social (Ramos Escobar, 2021).

De acuerdo a la investigación de Ramos, la introducción de políticas y estrategias para mejorar la sostenibilidad en el diseño urbano y arquitectónico en Culiacán refleja un cambio significativo hacia la conciencia ambiental, aunque aún enfrenta desafíos en términos de

implementación efectiva y la adaptación de los residentes a estos nuevos paradigmas urbanos (Ramos Escobar, 2021).

En cuanto a temas de ahorro energético y su aplicación en México, uno de los trabajos pioneros, es el de Oropeza Pérez (2018). La investigación describe el ahorro energético en el sector residencial a través de un modelo estocástico, destacando la relevancia de la modelación matemática en la comprensión y predicción del consumo energético.

En la Universidad Autónoma de Baja California, Polanco Contreras (2012) enfoca su investigación en la eficiencia energética de los sistemas constructivos en zonas de clima cálido seco, lo que subraya la importancia del contexto climático en la elección de técnicas y materiales constructivos.

La Universidad Autónoma Metropolitana ha contribuido con estudios como los de Moyo Martínez (2018), que examinan la integración de tecnologías sostenibles en el diseño de edificaciones deportivas y recreativas, y García Chávez (2020), quien investiga la contaminación lumínica y su impacto en la salud.

En la Universidad Nacional Autónoma de México, Morillón Gálvez (2018), analiza el efecto del viento en el bioclima costero mexicano, lo que refleja la necesidad de un enfoque integrador que contemple factores ambientales en la planificación arquitectónica.

Desde la Universidad de Sonora, Borbón Almada (2016) diseña y prueba el comportamiento térmico y mecánico de concreto celular, abriendo puertas a la innovación en materiales de construcción.

Galindo De La Cruz de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (2015) y Ortiz de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco se enfocan en el diseño de viviendas que aprovechan condiciones climáticas específicas para mejorar la eficiencia energética.

Los trabajos mencionados en el ámbito de ahorro energético y eficiencia energética en México establecen una base sólida y diversa de investigaciones que complementan y enriquecen el desarrollo del presente trabajo. Oropeza Pérez (2018) proporciona un marco crucial al utilizar modelos estocásticos para entender y predecir el consumo energético en el sector residencial, lo cual es fundamental para el análisis comparativo de estrategias de ahorro energético. Polanco Contreras (2012), desde la Universidad Autónoma de Baja California, aporta una perspectiva específica sobre la eficiencia energética en climas cálidos y secos, destacando la importancia de adaptar técnicas y materiales constructivos al contexto climático local.

Las investigaciones anteriormente analizadas, rescatan dos premisas principalmente: La importancia de la recolección de datos tomados *in situ* para el desarrollo de modelos más realistas enfocados a la eficiencia energética. La segunda premisa está encaminada a la aplicación de metodologías que correspondan con zonas similares a la zona de estudio, con el fin tener evaluaciones que representen de mejor manera la realidad que se pretende modelar.

#### **1.14. Investigaciones enfocadas en eficiencia energética.**

Uno de los principales organismos, pioneros en el análisis de la eficiencia energética en México es el Instituto Mexicano para la Competitividad (2009), en el documento titulado “*México ante la crisis que cambió al mundo*”, establece la necesidad de generar políticas e incentivos encaminados a las reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, derivadas de la generación de electricidad, así como, la eliminación del subsidio en la tarifas eléctricas con el fin de concientizar a la población de ejercer un uso eficiente de la energía.

Por otro lado, uno de los primeros antecedentes de la implementación de un Índice para la Evaluación de la Eficiencia Energética, es el programa de Liderazgo en Energía y Diseño

Ambiental (LEED) (2016). Este programa fue creado por el Consejo de Construcción Ecológica de los Estados Unidos en 1998 y desde entonces se ha convertido en el programa de certificación de construcción ecológica más reconocido del mundo. El programa LEED ofrece certificación para edificios que cumplen con ciertos estándares de eficiencia energética y sostenibilidad. El éxito del programa LEED ha ayudado a promover el concepto de eficiencia energética y proporcionó un marco para el desarrollo del Índice Multivariable para la Evaluación de la Eficiencia Energética (IMEEE).

Los primeros estudios sobre evaluación de eficiencia energética se remontan a finales de la década de 1990, cuando se reconoció por primera vez la importancia de la eficiencia energética a escala mundial (Atómica, 2008). A lo largo de los años, el índice de eficiencia energética ha evolucionado y se ha convertido en una herramienta muy respetada para evaluar y mejorar la eficiencia energética. Al integrar este índice en las prácticas de gestión energética, las organizaciones han podido mejorar su eficiencia energética y reducir su huella de carbono. La implementación del índice de eficiencia energética ha generado importantes ahorros de costos y beneficios ambientales, lo que la convierte en una herramienta crucial para cualquier organización que busque mejorar su eficiencia energética y sustentabilidad (Atómica, 2008).

En muchos países incluyendo a México, la demanda de energía sigue creciendo a un ritmo alarmante, lo que ha llevado a problemas como el cambio climático y la escasez de recursos naturales. Para abordar este problema, se han implementado políticas y prácticas de eficiencia energética, y la creación del índice de eficiencia energética es una respuesta a esta necesidad (BEEP, 2021).

A través del índice de eficiencia energética, podemos medir la eficiencia energética y tomar medidas para reducir el impacto en el medio ambiente de manera significativa.

Por otro lado, dentro de la referencia Odón de Buen (2009), establece a lo largo de su discurso que: para lograr una reducción importante en el consumo energético y conseguir un aumento en la eficiencia energética es necesario identificar las variables que afectan las variaciones en el sistema y establecer cuáles son las variables que detonan el incremento en el consumo energético.

Odón de Buen establece que el potencial ahorro depende de un conjunto de variables, señalando no solo la necesidad de identificar las variables sino de establecer parámetros encaminados a el aumento de la eficiencia energética, es así que el autor considera que en México incrementar la eficiencia energética, de manera asequible, estimando un ahorro cerca de 25,000 GWh de electricidad, de igual manera dentro del documento se menciona que esto corresponde al 10% de lo que se prevé sería el consumo de electricidad en al año 2017 (De Buen, 2009).

Para México existen diferentes herramientas útiles para evaluar la eficiencia energética en edificaciones residenciales, dentro del presente trabajo de investigación se abordarán en función de su nivel de importancia en este sentido en primer lugar se menciona la metodología marcada en la NOM-008-ENER-2001 donde se establece que, la normalización para la eficiencia energética en edificios representa un esfuerzo encaminado a mejorar el diseño térmico de edificios, y lograr la comodidad de sus ocupantes con el mínimo consumo de energía (SENER, 2001).

Uno de los principales factores que detonan el incremento en el consumo de energía en las edificaciones, es el que corresponde al uso de aire acondicionado, durante los períodos de mayor calor, principalmente en las zonas norte y costera del país. La ganancia de calor por irradiación solar es una de las principales fuentes, de aumento en la temperatura en las

edificaciones, sin embargo, la ganancia de calor pudiera ser mitigada en gran medida con un diseño adecuado de la envolvente dentro de las construcciones (Morillón Gálvez, 2004).

#### **1.14.1 . Etiqueta energética.**

El concepto de auditorías Energéticas se refiere a la evaluación exhaustiva realizada por un profesional que incluye inspección física y análisis del consumo energético. Como resultado de la evaluación se proporciona un informe detallado sobre el uso de la energía y recomendaciones para mejorar la eficiencia.

Varias investigaciones y estudios han sido fundamentales en el desarrollo y la comprensión de la Calificación Energética de Viviendas. Uno de los principales trabajos corresponde a la directiva "*Energy Performance of Buildings Directive (EPBD)*" que es un marco legal clave en Europa ya que establece los principales requisitos para la calificación energética de edificios.

La EPBD es fundamental para establecer normativas y prácticas para la calificación energética en los estados miembros de la UE. Este documento es considerado como un instrumento clave para la evaluación a partir de la etiqueta energética en la vivienda.

Dentro de la investigación titulada "*Towards a New European Building Energy Performance Directive*" Olesen (2002) establece una importante contribución a investigaciones sobre cómo mejorar las directrices existentes de eficiencia energética y obtener una mejor puntuación en la etiqueta energética en edificios, enfocándose en la implementación práctica y efectiva de normativa en la construcción y renovación de edificios.

La "*Calificación Energética de Viviendas*", a menudo representada por una "*Etiqueta Energética*", generalmente se basa en una evaluación integral del rendimiento energético de una vivienda. Aunque la ecuación específica puede variar según el país o la región, la



calificación suele derivarse de un cálculo que tiene en cuenta varios factores, como el consumo energético, la eficiencia de los sistemas de calefacción y refrigeración, el aislamiento térmico, y la presencia de energías renovables.

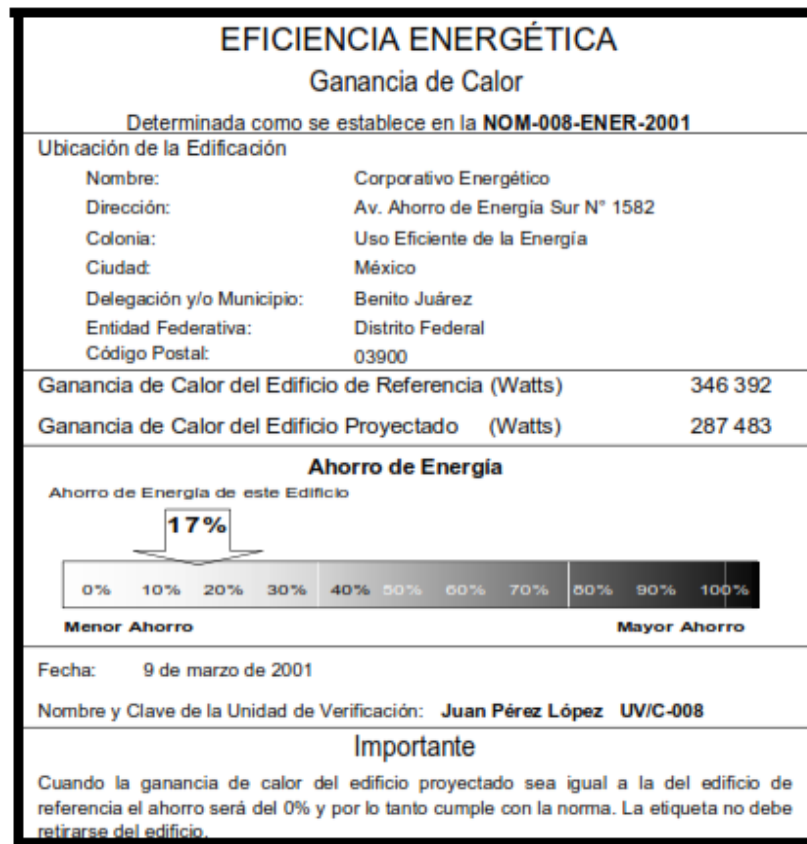
El análisis de la etiqueta energética a menudo se basa en una escala relativa y no en una ecuación específica. La calificación que se deriva del IEE o de auditorías energéticas se expresa en escala alfabética, considerando a A (más eficiente) a la G (menos eficiente), esta escala refleja qué tan bien la vivienda utiliza la energía en comparación con un estándar definido.

Es importante destacar que los métodos exactos y las fórmulas utilizadas pueden variar significativamente. Algunos sistemas de calificación energética utilizan metodologías más complejas que incorporan simulaciones detalladas del rendimiento energético, incluyendo factores como la ganancia y pérdida de calor a través de ventanas, puertas y paredes, la eficiencia de los sistemas de calefacción y enfriamiento, y la influencia de las condiciones climáticas locales.

Dentro de la NOM-008-ENER-2001 se establece la metodología para realizar el etiquetado de eficiencia energética de la vivienda, sin embargo, dentro de la misma norma se establece un pre etiquetado el cual será otorgado a la construcción durante la ejecución del proyecto, para posteriormente otorgar un etiquetado el cual podrá cambiar de acuerdo con las modificaciones que se realicen durante la etapa de uso de la vivienda.

**Figura 1.5**

*La etiqueta de eficiencia energética para la edificación propuesta en la norma NOM-008-ENER-2001.*



**Fuente:** NOM-008-ENER-2001.

La eficiencia energética se calcula a partir de la ganancia de calor que admite la edificación. Sin tomar en cuenta ningún otro parámetro para el cálculo del índice de eficiencia energética, a partir del cálculo del índice que propone la norma se le asignará a la construcción su etiquetado correspondiente, un ejemplo de este es el que se muestra en la Figura 1.5.

Basado en los lineamientos de la norma NOM-008-ENER-2001, se han desarrollado varios programas y aplicaciones destinados a calcular la eficiencia energética en construcciones. Uno de estos es el software de cálculo relacionado con la NOM-008-ENER-

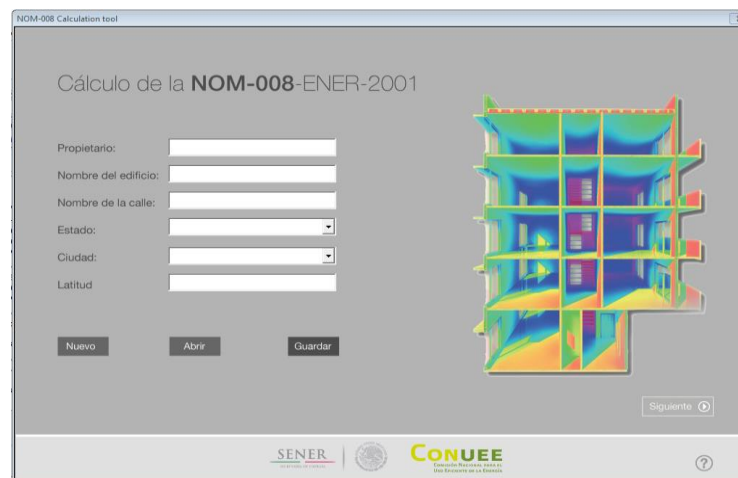
2001, una iniciativa de la CONUEE. Este programa fue creado por la Agencia Danesa de Energía específicamente para la CONUEE.

Según la descripción dada por la CONUEE, el software tiene como finalidad colaborar en la etapa de diseño arquitectónico, facilitando la toma de decisiones conscientes sobre la configuración de la envolvente del edificio para minimizar la entrada de calor. No obstante, es importante señalar que este recurso no reemplaza la evaluación oficial que únicamente puede ser realizada por una Unidad de Verificación certificada por la Entidad Mexicana de Acreditación y reconocida por la CONUEE, según lo estipulado por la Ley Federal de Metrología y Normalización, lo cual define el marco legal para el uso de este instrumento.

Un punto importante a destacar dentro de esta herramienta propuesta por la CONUEE es que al igual que la norma NOM-008-ENER-2001 solo analiza la eficiencia energética derivada de la ganancia de calor, dejando de lado los demás factores que pudieran repercutir dentro del consumo energético en edificaciones.

### **Figura 1.6**

*Cálculo de la eficiencia energética por ganancia de calor, en edificaciones no residenciales.*



**Fuente:** CONUEE.

Una imagen de cómo se presenta la interfaz del software por la CONUEE es la que se muestra en la Figura 1.6. Herramienta para el cálculo de la eficiencia energética por ganancia de calor, en edificaciones no residenciales, propuesta por la CONUEE.

### **Figura 1.7**

*Herramienta para el cálculo de la eficiencia energética por ganancia de calor.*



**Fuente:** CONUEE.

A la par y de manera análoga se establece la NOM-020-ENER-2011. Dicha norma tiene como propósito el cálculo de la eficiencia energética en edificaciones residenciales, mediante la envolvente térmica, es así que se desarrolla por parte de CONUEE una herramienta específica para el cálculo de la eficiencia energética en edificación residencial, la interfaz es la que se muestra en la Figura 1.7. Herramienta para el cálculo de la eficiencia energética por ganancia de calor, en edificaciones residenciales, propuesta por la CONUEE (fuente: CONUEE).

Estas herramientas están basadas en la Norma Oficial Mexicana, sin embargo no son las únicas herramientas que se pueden encontrar para el análisis de la eficiencia energética en la

edificación, existen otras herramientas desarrolladas principalmente en Europa y Estados Unidos, que podrían aplicarse al caso Mexicano, ya que otras Herramientas desarrolladas en Japón, Corea o China aun cuando presentan la incorporación de índices multivariable no son replicables para el caso Mexicano dada las condiciones de automatización para la recolección de datos dentro del análisis.

Dentro de las principales herramientas que pudieran aplicarse para el cálculo de la eficiencia energética en edificaciones, dentro del territorio mexicano son las que se enlistan a continuación: *EfinovaticHE*: el desarrollador de *CE3X*, se une con *Sketch Up* y con *Open Studio* e integra el motor de cálculo *Energy Plus*.

Es importante recalcar que muchas herramientas utilizadas para el cálculo de la eficiencia energética utilizan como elemento base *EnergyPlus* el cual es un programa (o subrutina) de simulación térmica en edificios.

El inconveniente de esta subrutina se deriva de la unificación de criterios para poder ser aplicada a cualquier parte del territorio a nivel mundial. Al generarse una herramienta tan general se deja de lado particularidades que pudieran detonar el consumo energético en regiones en específico, de esta manera la metodología planteada dentro del presente trabajo de investigación tiene como ventaja que toma las particularidades de la región para establecer un Índice de Eficiencia Energética que se adapta a la zona de estudio.

Una ventaja importante del Índice de Eficiencia Energética planteado dentro de la presente investigación es su carácter basado en la complejidad, ya que al conformarse de varios indicadores tiene la capacidad de establecer el grado de participación de cada una de las variables al realizar el cálculo de la eficiencia energética, y de esta manera tomar acciones

encaminadas a la reducción de consumos energéticos dentro de las variables que más afectan dentro de la eficiencia energética.

### **1.15. Marco normativo.**

La preocupación por el abastecimiento energético a nivel mundial se detona a partir de la crisis energética en 1970, en este año el sector industrial sufre un importante golpe, al incrementarse de manera histórica los precios de los energéticos (Abdelaziz, 2011).

El inicio de la escasez de combustibles fósiles se presenta como una de las principales causas del incremento de precios, por lo que, a partir de la segunda mitad de la década de los setentas, se fija como meta común a nivel mundial la reducción en el consumo de combustibles fósiles (Rangel, 1972).

A partir de la década de 1970, los proyectos relacionados con energía y eficiencia energética cobran cada vez mayor importancia. Tal es el caso de países como Estados Unidos donde se intensifica la inversión en proyectos enfocados a la reducción en el consumo de energéticos y eficiencia energética (Gorp, 2004). En este sentido se extiende una preocupación general por generar una disminución a la dependencia de combustibles fósiles, en todos los sectores, se establecen estrategias encaminadas a la eficiencia energética, no solamente en el sector industrial, sino también dentro de sectores como el transporte y el sector de la construcción (Gorp, 2004).

La presente investigación se centra en el consumo energético relacionado con la vivienda, y dentro de este apartado se analiza la normativa relacionada con la eficiencia energética aplicable al sector residencial, en esta dirección se establece que la vivienda en sí misma constituye un derecho básico para todo ser humano, ya que es uno de los principales referentes para la satisfacción de una de las principales necesidades, que es el habitar.

El derecho a un techo, al ser uno de los principales derechos fundamentales de la humanidad, refleja que la vivienda representa más del 70% del uso de suelo en la mayoría de las ciudades, según registros de la ONU (2020).

El crecimiento en la construcción de vivienda hace necesaria la regulación y normalización de las estrategias, métodos constructivos, sitios de construcción, ecotecnias y tecnologías aplicables dentro de la vivienda.

Se vuelve una necesidad imperante el establecimiento de normas, leyes, ordenaciones y pronunciamientos que delimiten y sistematizan la construcción y operación de edificaciones destinadas a vivienda, así se generan reglamentaciones en diferentes órdenes de gobierno enfocadas a la solución de problemas particulares.

Dentro del análisis de la demanda de consumo de energéticos en un futuro inmediato, organismos como la IEA (IEA, *Energy Statistics*, 2014), señalan que la eficiencia energética constituye una de las estrategias con mayor viabilidad, para el desarrollo y cumplimiento de los objetivos marcados dentro de acuerdos internacionales, como es el caso de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

México sin lugar a duda no está exento de la problemática planteada con anterioridad, y por su parte también dentro del territorio nacional se han desarrollado lineamientos encaminados a la optimización de recursos. De esta manera dentro del presente apartado se pretende analizar la normativa aplicable a la vivienda desde dos ópticas: por un lado, la reglamentación internacional aplicable a la vivienda en México y por otro lado, la reglamentación nacional concerniente a la sustentabilidad y eficiencia energética dentro de la edificación residencial.

### **1.16. Reglamentación internacional aplicable a la vivienda en México.**

Hay una variedad de mecanismos que sugieren normativas recomendadas para disminuir el uso de la energía. Estas recomendaciones suelen ser adoptadas voluntariamente en muchos países. En el informe titulado "*Energy efficiency: a recipe for success*" que el Consejo Mundial de Energía divulgó en 2010, se detallan las naciones que están implementando políticas normativas dirigidas a la reducción del consumo energético.

El ECBC 2017 es uno de los primeros códigos de energía para edificaciones que propone un reconocimiento para el desempeño y la eficiencia energética. Una de las principales actualizaciones del código es la inclusión voluntaria de niveles superiores de desempeño de eficiencia energética.

Las tres normas que se derivan de este código son: ECBC, ECBC+ y Súper ECBC. Estas normas forman un código internacional utilizado como referente en la elaboración de códigos locales. Sin embargo, también es importante señalar la Normativa ISO, que rige a nivel internacional y tiene como finalidad implementar estándares internacionales.

La estructura de las normas comprende el ámbito de aplicación, las referencias normativas, los términos y definiciones, y los requisitos del Sistema de Gestión de la Energía. En este contexto, en 2011 se emitió la norma internacional ISO 50001: Sistemas de gestión de la energía: Requisitos con orientación para su uso. Esta normativa establece los requisitos que debe cumplir un Sistema de Gestión Energética con el objetivo de lograr mejoras continuas y sistemáticas en el rendimiento energético de las organizaciones.

La normativa internacional sirve como referente para la redacción y promulgación de códigos internos. Dentro de la normativa generada a nivel nacional se pueden encontrar



concordancias con las principales directrices marcadas a nivel internacional, en función de la materia energética.

En el siguiente apartado se describen los principales conceptos y componentes referentes a la Normativa vigente en México.

### **1.17. Evaluación y certificación internacional.**

La metodología BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*), desarrollada en el Reino Unido, se ha convertido en una referencia mundial para la evaluación y certificación de edificios sostenibles ya que proporciona herramientas y parámetros específicos para medir el desempeño ambiental de los edificios en diferentes categorías, como energía, agua, materiales, salud y bienestar, y gestión.

Además, dentro de la metodología se promueve la implementación de soluciones sostenibles en la construcción y la operación de los edificios, fomentando la reducción de impactos ambientales y la mejora de la calidad de vida de los ocupantes. A medida que la conciencia sobre la sostenibilidad crece en todo el mundo, la adopción de la metodología BREEAM se ha expandido a nivel internacional, dada la versatilidad que presenta, sin embargo, aún es necesario revisar los conceptos a detalle antes de tropicalizar la metodología dentro de una región específica.

### **1.18. La reglamentación nacional concerniente a la sustentabilidad y eficiencia energética dentro de la edificación residencial.**

En la referencia (Higuera Zimbrón & Rubio Toledo, 2011) se enmarca de manera muy acertada la principal reglamentación vigente en México para el año 2006, en este sentido se menciona a la Ley de Vivienda expedida en 2006, bajo el Título sexto, sobre la Calidad y Sustentabilidad en la Vivienda. Así mismo se describen algunos de los principales objetivos

enfocados a la vivienda plasmados dentro del Plan Nacional de Desarrollo mencionando lo siguiente:

1. ESTRATEGIA 10.2. “Promover el uso eficiente de energía en el ámbito doméstico, industrial, agrícola y de transporte”. (Higuera, 2011, p. 198), establece que en el diseño de vivienda nueva, se integrarán criterios de uso eficiente de energía.

2. ESTRATEGIA 17.4. “Se incrementará la participación recíproca de la Federación, los estados y los municipios para generar los incentivos necesarios para actualizar y homologar reglamentos, normas y códigos de construcción por zonas geográficas y climáticas. (Higuera, 2011, p. 198),

Este documento se marca como el antecedente para la elaboración de códigos y normativa actual aplicada en México.

En este sentido se considera necesario, realizar una semblanza de la construcción de códigos, normas y políticas públicas para México y es precisamente lo que se presenta en el Anexo 3.

La normativa enlistada tiene como meta contribuir a la mejora de los estándares relacionados con la eficiencia energética. A medida que la tecnología evoluciona e incorporamos nuevos materiales en la construcción, es esencial que los códigos y normas se actualicen para mejorar la implementación de normas de eficiencia y reglamentos de construcción. Esto garantiza un diseño adecuado en las edificaciones.

En el caso particular de la ciudad de México se cuenta con un Código de Energía que tiene como propósito vigilar su cumplimiento con el fin de reducir la demanda energética en los edificios futuros.

La ciudad México cuenta con un reglamento de construcción que permitiría la armonización con el IECC-MÉXICO, la reglamentación ha sido adaptada por otras localidades, sin embargo, para el caso de estudio de la presente investigación, este modelo representa deficiencias, al tener climas tan diferentes como es el caso de la ciudad de Mazatlán, estas directrices no pudieran ser aplicables dado el clima y otras tropicalizaciones propias de la entidad.

En este contexto, se menciona que la ciudad de México ha comenzado a implementar programas de Edificación Sustentable, destacando por su uso de esquemas de incentivos a través del Programa PCES. Este programa se considera como modelo y guía en el ámbito nacional para iniciativas similares.

La urgencia por establecer programas encaminados a la eficiencia energética, no solo en la ciudad de Mazatlán, sino en todo el estado de Sinaloa, presenta una preocupación apremiante, ya que Sinaloa es uno de los estados que más energía consume dentro del sector residencial.

## **Capítulo 2. Caso de Estudio.**

### **2.1 La ciudad de Mazatlán como caso de estudio.**

En relación con la delimitación del caso de estudio, se define que el centro de la investigación se dirige a las viviendas localizadas en la ciudad de Mazatlán, Sinaloa. El análisis de la eficiencia energética se muestra como un caso de estudio pertinente y justificado dentro de la investigación, dadas las singularidades específicas que se presentan dentro de la región. En primer lugar, el clima tropical de la ciudad de Mazatlán induce a altas temperaturas durante la mayor parte del año, lo que resulta en una mayor dependencia de sistemas de climatización como el aire acondicionado. Esta dependencia es un factor clave en el consumo energético residencial, y optimizar estos sistemas, junto con el uso de estrategias de diseño pasivo y activo, es crucial para mitigar el consumo de energía.

Un estudio detallado en la ciudad de Mazatlán permitirá desarrollar un enfoque que permita medir el impacto en el consumo energético, alineándose con los objetivos globales en la reducción de la huella de carbono.

Por otro lado, la ciudad de Mazatlán está experimentando una fase de crecimiento y transformación urbanística. Adoptar un enfoque proactivo hacia la eficiencia energética asegurará que el desarrollo de nuevas viviendas y la renovación de las existentes fomenten una ciudad más sostenible y resiliente ante los desafíos del cambio climático.

La eficiencia energética puede ofrecer alivio económico a los habitantes de la ciudad, reduciendo los costos de energía. Esto es especialmente relevante en áreas con desigualdades económicas, y el estudio buscará soluciones accesibles que puedan ser implementadas ampliamente en diferentes zonas y estratos socioeconómicos.

La ciudad de Mazatlán también puede servir como un modelo para otras ciudades con características climáticas y socioeconómicas similares. Los hallazgos y estrategias de este estudio podrían ser adaptados y aplicados en otras regiones, ampliando su alcance y beneficio. Además, la investigación proporcionará datos y recomendaciones que podrían guiar la creación de políticas públicas y regulaciones para promover la eficiencia energética, lo que tendría un efecto multiplicador en la mejora de las prácticas de construcción y rehabilitación de viviendas en toda la región.

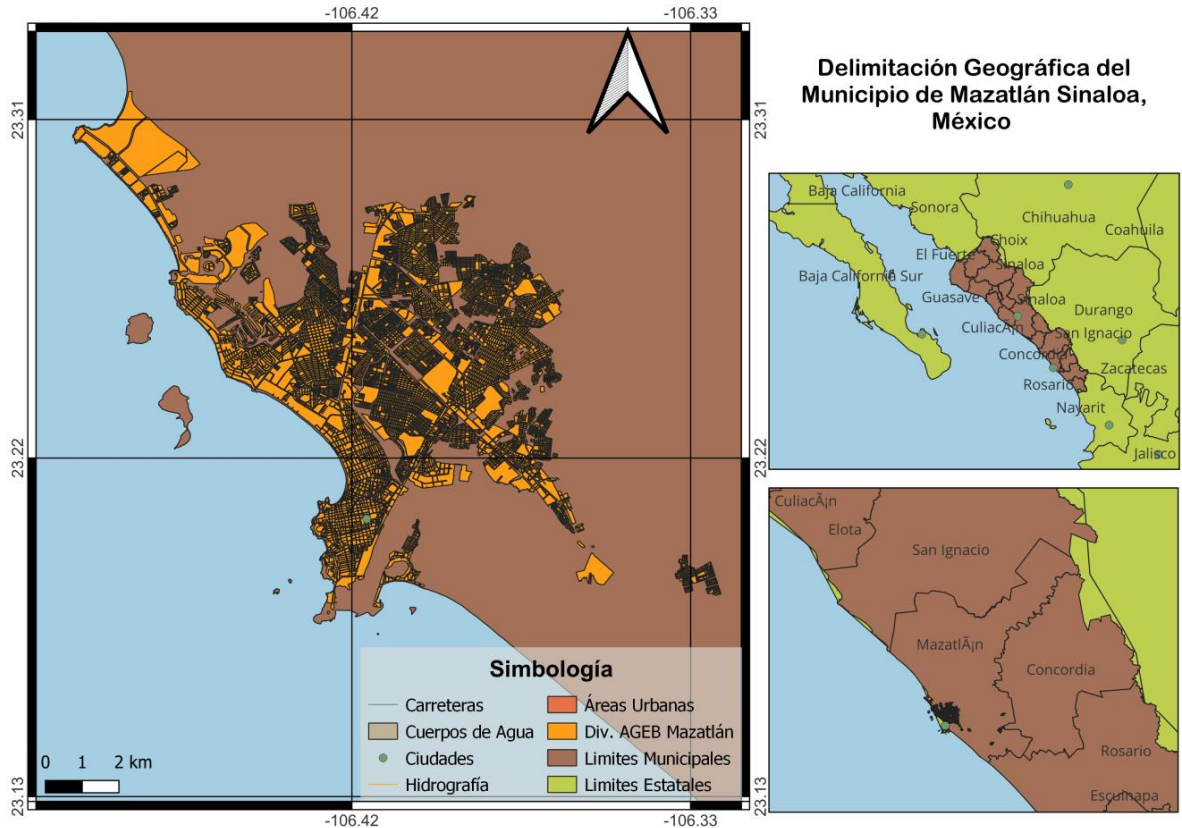
La realización de estudios sobre eficiencia energética en la ciudad de Mazatlán se evidencia dado que es vital para abordar desafíos ambientales y económicos urgentes, y para posicionar a la ciudad como un referente en la adopción de prácticas sostenibles en el ámbito residencial.

## **2.2 . Ubicación del caso de estudio.**

El municipio Mazatlán se localiza al sur del Estado de Sinaloa a 21 kilómetros del Trópico de Cáncer. Colinda al norte con el municipio del San Ignacio, al sur con el municipio de Rosario, al oriente con el municipio de Concordia y el Estado de Durango, y finalmente al Poniente con el litoral de Océano Pacífico, la ubicación geográfica es la que se muestra en la Figura 2.1, las coordenadas geográficas correspondientes son 23°15'18.9"N, -106°24'44.4"W, cuenta con una superficie total de 306.848 hectáreas, o bien 3.068,48 km<sup>2</sup>.

**Figura 2.1**

*Localización geográfica de la ciudad de Mazatlán*



**Fuente:** Elaboración Propia, Datos: INEGI.

La temperatura que se registra oscila entre los 18° en los meses de invierno y hasta los 42° en los meses más calurosos, el oleaje se considera moderado (SEMAR, 2012). El Municipio de Mazatlán se extiende desde la costa del Océano Pacífico hasta la Sierra Madre Occidental, por lo que sus alturas van de los 0 a los 2,400 metros sobre el nivel medio del mar (msnm) lo que da lugar a una significativa diversidad de ambientes naturales (Gobierno Municipal de Mazatlán, 2013). En la Figura 2.1 se muestra la ubicación de la ciudad de Mazatlán Sinaloa.

De acuerdo con la escala de Köppen, la ciudad de Mazatlán está clasificado como As y sus características térmicas, en este sentido se clasifica como:

CÁLIDOS (A): zonas en donde todos los meses del año las temperaturas están por encima de los 18°C

MATIZ (s): corresponde a zonas donde la estación seca es en verano.

Por tanto, esta clasificación indica que la ciudad de Mazatlán corresponde a una zona cálida con temperaturas por encima de los 18°, con una temporada de sequías durante el verano.

### **2.3 . Delimitación de la temporalidad en la investigación.**

La temporalidad del estudio se ajusta según la naturaleza de las variables analizadas. Para el tratamiento de datos, se recopilaron datos desde 1990 hasta 2022, correspondientes a la información disponible a través del INEGI. La recolección de datos específicos en campo se llevó a cabo entre 2019 y 2023. Sin embargo, al enfocarse en el análisis de las viviendas, se decidió incluir propiedades de hasta 50 años de antigüedad, lo que permite abarcar un espectro temporal más amplio en el estudio. A lo largo de este intervalo, se investigan las variaciones en el consumo de energía y cómo estas se relacionan con una serie de factores que afectan el consumo energético en las edificaciones destinadas a uso residencial.

Iniciar el análisis de datos a partir de 1990 es importante por varias razones estratégicas y contextuales que enriquecen la investigación y ofrecen una comprensión más profunda de las tendencias en el consumo energético en viviendas, estas premisas son las que se enlistan a continuación:

1. Marcos Regulatorios y Políticas Energéticas: El comienzo de la década de 1990 marca un periodo significativo en términos de desarrollo de políticas y marcos regulatorios enfocados

en la eficiencia energética y la sostenibilidad ambiental a nivel global (Barton, 2009). El análisis desde este punto permite evaluar el impacto de estas políticas en el consumo energético residencial.

2. Avances Tecnológicos: Desde 1990, ha habido avances significativos en tecnologías relacionadas con la eficiencia energética, incluyendo mejoras en los sistemas de aislamiento, climatización, ventilación, aire acondicionado y electrodomésticos eficientes (Lim Ji-yeon, 2019). Comenzar el estudio desde esta fecha posibilita entender cómo la introducción y adopción de estas tecnologías han influenciado el consumo de energía en las viviendas.

3. Tendencias de Urbanización y Desarrollo Residencial: El período a partir de 1990 ha experimentado importantes tendencias de urbanización y cambios en los patrones de desarrollo residencial (Ayuntamiento, 2023), estos cambios han afectado la demanda de energía y las prácticas de consumo en las viviendas.

4. Conciencia y Cambio en los Comportamientos de Consumo: Este período también ha visto un aumento en la conciencia pública sobre los problemas ambientales y la eficiencia energética, influenciando los comportamientos de consumo de energía. Analizar los datos desde 1990 (INEGI, 2022) ayuda a comprender cómo estas actitudes han evolucionado y qué efecto han tenido en el consumo energético.

La incorporación de datos a partir de 1990 es importante ya que esta década representa un referente en el fortalecimiento de los marcos normativos y de las instituciones para la gestión del medio ambiente, es precisamente en junio de 1992 cuando se celebra en Río de Janeiro La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), también conocida como la “*Cumbre para la Tierra*”.



En la Cumbre para la Tierra recalcan 27 principios fundamentales orientados al crecimiento y desarrollo sustentable (ONU, 2020) y es importante ya que en ella se establece por primera vez una agenda internacional enfocada a generar acciones en pro del desarrollo sustentable y conservación del medio ambiente, con una visión de cooperación internacional, que dé como resultado una política de desarrollo para el siglo XXI.

Por lo tanto, elegir 1990 como punto de partida para el análisis de datos no sólo es relevante para capturar la evolución y el impacto de estos factores en el consumo energético residencial, sino que también establece un marco robusto para entender las dinámicas pasadas, presentes y futuras en la eficiencia energética de las viviendas.

#### **2.4 . Fundamentación de técnicas de recolección de datos: encuestas y entrevistas estructuradas en el estudio del consumo energético en la ciudad de Mazatlán.**

La implementación de instrumentos como la encuesta y la entrevista estructurada en la investigación sobre el comportamiento de la población de la ciudad de Mazatlán en relación con el consumo energético, se destaca por su capacidad para proporcionar un entendimiento detallado y fiable.

Estas técnicas son aplicadas con la intención de generar una base de datos primarios directamente de los usuarios de energía ubicados en la ciudad de Mazatlán, lo cual es crucial, ya que ofrece información actual y específica sobre hábitos, preferencias y prácticas que a menudo no se encuentra en bases de datos secundarias.

La flexibilidad de estas herramientas permite una adaptación precisa al contexto local de la ciudad de Mazatlán, teniendo en cuenta su clima tropical y las condiciones socioeconómicas. Esta adaptabilidad asegura que la información recolectada sea altamente relevante y aplicable. Además, mediante las respuestas obtenidas, es posible identificar

patrones de consumo energético y relacionarlos con variables demográficas. Esta información es esencial para el diseño de estrategias de eficiencia energética tropicalizada dentro del entorno estudiado.

Las encuestas y entrevistas estructuradas también permiten un análisis robusto tanto cualitativo como cuantitativo. Mientras que las encuestas ofrecen datos cuantitativos para análisis estadísticos, las entrevistas estructuradas proporcionan una riqueza cualitativa, revelando las razones detrás de los comportamientos, preferencias y decisiones de los usuarios. Estos métodos también son fundamentales para evaluar las percepciones, actitudes y niveles de conocimiento sobre la eficiencia energética, aspectos clave para el desarrollo de campañas de concienciación y educación.

#### **2.4.1 Unidad estadística.**

En el marco de la presente investigación, se ha seleccionado la "vivienda" como la unidad estadística fundamental para el estudio del sector de la edificación residencial. Esta elección se basa en la comprensión de que la vivienda actúa como una célula productiva esencial, formando la base sobre la cual se estructuran las ciudades y las Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEBs). Esta perspectiva es coherente con las definiciones y metodologías empleadas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) de México, que considera a la vivienda no solo como un espacio físico, sino también como un núcleo de actividad humana que refleja una multitud de dinámicas socioeconómicas y culturales.

Adoptar la vivienda como unidad de análisis se alinea con las prácticas recomendadas por varias instancias académicas y organismos de investigación. Estudios en el campo de la urbanística y la planificación del desarrollo, a menudo utilizan la vivienda como un punto de partida para entender la organización espacial y social de las áreas urbanas.

La segmentación en AGEBs, tal como lo realiza el INEGI, es una práctica respaldada por instituciones académicas en el ámbito de la geografía y la demografía, ya que proporciona una resolución detallada de los patrones de asentamiento y las características de la población a nivel local.

En el contexto de la eficiencia energética y el consumo en el sector residencial, enfocar la investigación en la vivienda permite una aproximación más precisa y contextualizada facilita la identificación de áreas potenciales de mejora o expansión dentro del sector de la construcción residencial, al estudiar las viviendas dentro de las AGEBs, se puede obtener una comprensión más profunda de cómo los factores geográficos, económicos y sociales influyen en el consumo energético y las prácticas de eficiencia, así mismo las diferencias en el diseño de viviendas, los materiales de construcción y los hábitos de consumo energético pueden variar significativamente entre diferentes AGEBs, reflejando la diversidad de contextos urbanos y rurales.

La selección de la vivienda como unidad de análisis en esta investigación se fundamenta en los enfoques establecidos por el INEGI y es respaldada por prácticas académicas en diversas disciplinas. Este enfoque no solo asegura la relevancia y aplicabilidad de los hallazgos en el sector residencial, sino que también permite una comprensión detallada y matizada de las dinámicas urbanas y residenciales en la ciudad de Mazatlán y en contextos similares.

## **2.5 . Identificación de patrones de comportamiento de consumo energético de la vivienda en la ciudad de Mazatlán.**

Con el fin de conocer los patrones de consumo energético en las edificaciones residenciales de la ciudad de Mazatlán, Sinaloa, se seleccionan las técnicas adecuadas, que

incluyen un diseño de muestreo aleatorio estratificado y el uso de un cuestionario como instrumento para la recolección de datos.

El estudio sobre el consumo de energía eléctrica en las edificaciones residenciales de la ciudad de Mazatlán se estructura en un análisis meticuloso que atraviesa diversas etapas cruciales. En primer término, se establece la identificación del problema, que se centra en la necesidad de obtener información precisa y actualizada sobre el consumo de energía eléctrica en las viviendas. Esta etapa es fundamental para establecer el marco de la investigación y dirigir los esfuerzos hacia la recolección de datos pertinentes.

La selección de la técnica de investigación es otro aspecto vital del estudio. Dada la importancia del consumo de energía como un tema crítico en el contexto global actual, se optó por la implementación de encuestas para comprender de manera efectiva los patrones de consumo energético en los hogares de la ciudad de Mazatlán. En abril de 2023, se llevó a cabo una encuesta significativa para recopilar datos sobre el consumo energético de las viviendas en la ciudad. El propósito de esta encuesta fue profundizar en el conocimiento sobre el uso diario de energía en los hogares, proporcionando así una base sólida para el análisis posterior.

El diseño de la muestra constituye una fase esencial en este proceso. El propósito principal de esta etapa es desarrollar una estrategia efectiva que permita abordar el comportamiento energético de las viviendas en la ciudad Mazatlán. Para esto, se considera cuidadosamente la estructura del universo de estudio, basándose en suposiciones que necesitan ser evaluadas para minimizar sesgos y aumentar la precisión de los resultados obtenidos. La determinación del tamaño y la composición de la muestra es un paso crítico, ya que esto define la representatividad y la validez de los datos recolectados.

### **2.5.1 Diseño de la muestra.**

El principal propósito del diseño de la muestra es proporcionar la estrategia con la que se realiza el acercamiento de campo al fenómeno de interés en este caso el comportamiento energético de la vivienda en la ciudad de Mazatlán. Por ello, el diseño propuesto tiene en cuenta la estructura del universo asumida por el estadístico responsable. Esta estructura es una suposición que necesita ser cuidadosamente considerada. Al hacerlo, se minimiza el sesgo y aumenta la precisión de los resultados obtenidos. De acuerdo con los datos del INEGI de 2020, En Sinaloa existen 854,816 viviendas particulares habitadas, la cuales se clasifican de la siguiente manera:

1. Casa independiente: Representa el 87.9% de las viviendas particulares habitadas en el estado.
2. Departamento en edificio: Constituye el 5.8% de las viviendas.
3. Vivienda en vecindad, cuartos de azotea y viviendas móviles: Estas formas de vivienda suman el 6.3% restante. (INEGI, 2022).

Estos datos reflejan que la mayoría de las viviendas en Sinaloa son casas independientes, con una menor proporción de departamentos y otro tipo de viviendas. Dentro del rubro que correspondiente a vivienda independiente la subclasificación se presenta de la siguiente manera:

- Vivienda económica: Representa aproximadamente el 64.3% de las casas independientes.
- Vivienda media: Constituye alrededor del 26.5% de las casas independientes.
- Vivienda residencial: Corresponde a cerca del 9.2% de las casas independientes.

Estos porcentajes reflejan la distribución socioeconómica de las viviendas independientes en el Estado de Sinaloa, con una mayoría de viviendas catalogadas como económicas (INEGI, 2022).

Para la ciudad de Mazatlán, Sinaloa, y de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI, hay 501 441 habitantes y 146 636 viviendas registradas como casas independientes. La presente investigación se enfoca solamente a las viviendas clasificadas como casas independientes, ya que tanto en la ciudad de Mazatlán como a nivel estado este es el tipo de vivienda que predomina (INEGI, 2022).

Según los datos del INEGI del Censo de Población y Vivienda 2020, las viviendas se pueden clasificar en función del número de espacios y su relación con el número de focos que tienen. Dado que la información específica sobre el número de espacios puede no estar detallada de forma pública, generalmente se considera una clasificación por el número de espacios (espacios habitacionales, cocina, baños, etc.) y su relación con el número de focos.

La Tabla 2.1 muestra la correlación entre el número de focos y el porcentaje de viviendas que tienen estos rangos, lo cual da una idea del tamaño y el tipo de vivienda:

**Tabla 2.1**

*Correlación entre el número de focos y el porcentaje de viviendas.*

| <b>Número de Focos</b> | <b>Porcentaje</b> |
|------------------------|-------------------|
| 1 a 5                  | 35.0%             |
| 6 a 10                 | 47.5%             |
| 11 a 15                | 10.9%             |
| 16 a 20                | 3.6%              |
| 21 o más               | 2.4%              |

**Fuente:** Elaboración propia Datos: <https://www.inegi.org.mx/temas/vivienda>

La Tabla 2.1 muestra que la distribución de focos en las viviendas varía según el tamaño y el tipo de vivienda. Para viviendas pequeñas, con 1 a 5 focos (35.0%), que suelen ser para una o dos personas, como estudios o departamentos de una habitación, se utilizan 1-2 espacios.

Las viviendas medianas, con 6 a 10 focos (47.5%), están adecuadas para familias pequeñas y típicamente incluyen casas independientes con 2-3 espacios habitacionales, sala, comedor y cocina. Las viviendas grandes, con 11 a 15 focos (10.9%), están diseñadas para familias más numerosas o personas que necesitan más espacio, y suelen tener 5-6 espacios, incluyendo varios espacios habitacionales y áreas adicionales como oficinas o salas de entretenimiento.

Las viviendas muy grandes, con 16 a 20 focos (3.6%), pueden incluir casas residenciales con múltiples áreas y espacios habitacionales, así como áreas exteriores iluminadas como jardines o patios. Finalmente, las viviendas extremadamente grandes, con 21 o más focos (2.4%), probablemente son residencias de lujo que incluyen numerosos espacios habitacionales, áreas exteriores extensas y múltiples espacios funcionales adicionales.

Esta clasificación proporciona una visión general de cómo se distribuyen los tipos de viviendas y el número de espacios en relación con el número de focos.

Dentro del presente trabajo de investigación, se definen los siguientes estratos, los cuales están relacionados con la clasificación establecida por el INEGI: Vivienda Económica (6.6%), Vivienda Popular (29.0%), Vivienda Tradicional (47.5%), Vivienda de Tipo Medio (10.9%), Vivienda Residencial (3.6%) y Vivienda Residencial Plus (2.4%). Estos estratos representan diferentes categorías de vivienda y reflejan la diversidad en el tipo y nivel de cada uno.

La definición de los diferentes estratos se utiliza para calcular un muestreo aleatorio estratificado para las viviendas unifamiliares ubicadas en la ciudad de Mazatlán. En este sentido y con el objeto de calcular el tamaño de muestra adecuado y realizar un muestreo aleatorio estratificado con un nivel de confianza del 98% y un margen de error del 10% para las 146,636 viviendas unifamiliares en Mazatlán, se puede emplear el siguiente procedimiento:

En primer término, se establece el tamaño total de la muestra, el tamaño de la muestra total ( $n$ ) se puede calcular utilizando la fórmula de tamaño muestral para proporciones (Walpole, 2011):

$$n = \frac{Z^2 p(1 - p)}{E^2}$$

Dónde:

- $Z$  es el valor  $Z$  correspondiente al nivel de confianza (para 98%,).
- $p$  es la proporción esperada (usualmente se usa 0.5 para máxima variabilidad).
- $E$  es el margen de error (en proporción, es decir, 0.10).

Para calcular el tamaño total de la muestra se usa la siguiente fórmula:

$$n = \frac{(2.33^2)(0.5)(1 - 0.5)}{0.10^2}$$

$$n = \frac{(5.4289)(0.25)}{0.01}$$

$$n = \frac{1.357225}{0.01}$$

$$n = 135.7225$$

Entonces, se requiere de una muestra de aproximadamente 136 viviendas.

Para realizar un muestreo estratificado, primero se calcula el tamaño de la muestra de cada estrato (Walpole, 2011) basado en la proporción de viviendas en cada estrato, la



proporción es obtenida a partir de la clasificación del INEGI para Mazatlán, obtenido la distribución que se describe a continuación:

$$\text{-Vivienda Económica } n_1 = n \frac{6.6}{100} = 136(0.066) = 8.97 \approx 9$$

$$\text{-Viviendas Populares } n_1 = n \frac{29}{100} = 136(0.29) = 39.44 \approx 39$$

$$\text{-Viviendas Tradicionales } n_1 = n \frac{47.5}{100} = 136(0.475) = 64.6 \approx 65$$

$$\text{-Viviendas de Tipo Medio } n_1 = n \frac{10.9}{100} = 136(0.109) = 14.82 \approx 15$$

$$\text{-Viviendas Residenciales } n_1 = n \frac{3.6}{100} = 136(0.036) = 4.89 \approx 5$$

$$\text{-Viviendas Residenciales Plus } n_1 = n \frac{2.4}{100} = 136(0.024) = 3.26 \approx 3$$

Este procedimiento garantiza que cada estrato de la población esté representado en la muestra y proporciona un marco estructurado para realizar un muestreo aleatorio estratificado que cumple con los requisitos de confianza y margen de error establecidos.

## **2.6 . Diseño del instrumento de recolección de información.**

El diseño del instrumento de recolección de información se enfocó en capturar detalles específicos sobre los patrones de consumo eléctrico. La implementación de este instrumento, en forma de encuesta, se realizó en 140 viviendas dentro de la zona de estudio, asegurando una cobertura amplia y representativa. Una vez recolectada la información, se procede al procesamiento y análisis de los datos. Este proceso es decisivo para interpretar adecuadamente los resultados, identificando tendencias, patrones y posibles áreas de intervención.

## **2.7 . Etapas en el desarrollo de los instrumentos de evaluación.**

Para avanzar en el estudio sobre el consumo de energía eléctrica en las edificaciones residenciales de la ciudad de Mazatlán, se realizó un análisis que consta de tres etapas. La primera de ellas es la identificación del problema que trata de establecer la necesidad de

obtener información precisa y actualizada sobre el consumo de energía eléctrica. La selección de la técnica y diseño de muestra, este último se enfoca en representar de manera fiel a la población estudiada.

### **2.7.1 Selección de la técnica.**

El consumo de energía es un tema crítico en el mundo actual. Una de las formas en que el gobierno está abordando este problema es realizando encuestas para comprender los patrones de consumo de energía de los hogares como lo es la Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares (INEGI, 2021).

En este sentido, dentro de la presente investigación se propone el uso de encuestas para conocer el comportamiento del consumo energético de las viviendas en la ciudad de Mazatlán. Por ello, en abril de 2023 se realizó una encuesta con 140 participantes para recabar datos sobre el consumo energético de las viviendas en la ciudad. Esta encuesta tuvo como meta obtener información más profunda sobre el uso diario de energía de los hogares en la región.

La encuesta se compone de un formulario de Google que cuenta con 10 reactivos diseñados para obtener información sobre las características generales de la vivienda, los hábitos de consumo eléctrico diario y el uso de electrodomésticos en la vivienda. Además, incluye preguntas abiertas donde los encuestados pueden proporcionar información adicional y valiosa que no haya sido contemplada en el cuestionario.

La intención es obtener datos precisos y relevantes que permitan una interpretación adecuada de los patrones de consumo energético en las edificaciones residenciales de la ciudad de Mazatlán. El cuestionario se muestra en el Anexo 1. Diseño del instrumento para la recolección de información.

### **2.7.2 Entrevista semi-estructurada y adquisición de datos.**

La recopilación de datos utilizada para desarrollar el modelo de inferencia borrosa en esta investigación se fundamentó en el uso de encuestas y entrevistas semi-estructuradas. Se recolectaron datos de 140 viviendas y se realizaron 25 entrevistas. El propósito central de este proceso fue explorar el uso y consumo de energía eléctrica, así como las horas de ocupación en los diversos espacios de las viviendas.

Estos datos se analizaron en función de las variables específicamente seleccionadas para evaluar su correlación con ciertas categorías definidas previamente. Esto facilitó la configuración de un modelo de inferencia borrosa que permite categorizar los distintos niveles de consumo energético en la ciudad de Mazatlán.

### **2.7.3 Entrevista semi-estructurada.**

La metodología de la entrevista semi-estructurada combina preguntas tanto abiertas como cerradas para facilitar la recolección de datos detallados y opiniones de los participantes. Según Hernández Sampieri (2014), este tipo de entrevista opera con una guía de preguntas predeterminadas; sin embargo, otorga al entrevistador la autonomía de formular preguntas adicionales que puedan profundizar o clarificar la información obtenida.

En el contexto de este estudio, las entrevistas semi-estructuradas fueron cruciales para adquirir *insights* adicionales sobre los aspectos sociales y culturales que afectan el consumo de energía en las viviendas de la ciudad de Mazatlán (Hernández Sampieri R., 2014).

La información recabada fue esencial para comprender con mayor precisión las necesidades energéticas de los habitantes, permitiendo así desarrollar un modelo de inferencia borrosa adecuadamente ajustado a las realidades y expectativas de los usuarios.

#### **2.7.4 Grupo focal.**

El término "grupo focal" se refiere a un conjunto de individuos seleccionados por compartir características específicas tales como tipo de vivienda, edad, género y ocupación, entre otras. Este grupo ofrece información profunda y valiosa sobre sus experiencias y percepciones relacionadas con el tema de estudio.

Los grupos focales resultan especialmente útiles en la investigación social, ya que facilitan la recolección de respuestas y vivencias de los participantes de manera abierta y genuina, proporcionando *insights* ricos y variados sobre las dinámicas humanas en cuestión (Hernández Sampieri R., 2014).

En la presente investigación, el grupo focal se centró en los propietarios de viviendas en la ciudad de Mazatlán y se les preguntó acerca de su consumo energético y cómo lo relacionan con los factores sociales. Al obtener sus perspectivas, se pueden identificar y comprender mejor las necesidades y demandas de la población en cuanto a la vivienda y su impacto en la eficiencia energética. El diseño de los instrumentos en la entrevista semi-estructurada se detalla en el Anexo 2.

#### **2.7.5 Aplicación del método de Monte Carlo.**

Dentro de la propuesta en la utilización del método de Monte Carlo para el análisis del consumo energético en las edificaciones de uso residencial en la ciudad de Mazatlán, lo primero que se establece es la enunciación de las variables más relevantes dentro del modelo

El método de Monte Carlo es una técnica computacional que permite la estimación de variables inciertas a través de la simulación de probabilidades. Este método resulta adecuado para el análisis del consumo energético en edificaciones de uso residencial donde existen

múltiples factores de variabilidad y complejas interdependencias, como es el caso de la ciudad de Mazatlán.

Con base en lo anterior se espera evaluar y predecir el consumo energético en viviendas residenciales en la ciudad de Mazatlán, considerando la influencia de variables como la temperatura externa, patrones de consumo energético, número de ocupantes y nivel económico.

## **2.8 Ecuaciones utilizadas en el modelado de la simulación energética.**

El campo del modelado de simulación energética, especialmente en edificaciones, no se puede atribuir a un único autor o investigación fundacional, dado que es un área de estudio que ha evolucionado a través de las contribuciones de muchos expertos a lo largo del tiempo. Sin embargo, un nombre notable en el desarrollo temprano de la simulación energética en edificaciones es Drury B. Crawley.

Crawley ha sido un estratega influyente en el desarrollo de herramientas de simulación energética, en particular con su trabajo en el software de simulación "*EnergyPlus*", desarrollado por el Departamento de Energía de los Estados Unidos. "*EnergyPlus*" es un motor de simulación dinámico utilizado para modelar el consumo de energía en edificaciones, teniendo en cuenta diversos factores como la calefacción, la refrigeración, la ventilación, la iluminación, y otros equipos.

El software especializado para simular el rendimiento energético de una vivienda basado en sus características constructivas y sistemas de energía permite la evaluación detallada del consumo energético y la identificación de oportunidades de mejora.

Dentro del análisis matemático se incluyen ecuaciones de balance térmico, obteniendo como resultado el cálculo del flujo de calor, dada la siguiente expresión:

$$\int_{t=0}^{t=n} Q = \int_{t=0}^{t=n} U \times A \times \Delta T$$

Dónde: Q es el flujo de calor, U es el coeficiente de transferencia de calor, A es el área y  $\Delta T$  es la diferencia de temperatura.

### 2.8.1 Pruebas de *Blower Door*.

Las pruebas de *Blower Door* miden la hermeticidad de una vivienda mediante la creación de una diferencia de presión entre el interior y el exterior. Este tipo de mediciones ayuda a identificar fugas de aire que pueden afectar negativamente la eficiencia energética, es utilizado sobre todo en sistemas que tienen como fin último evitar la pérdida de calor.

Durante una prueba de *Blower Door*, se mide la cantidad de aire que se requiere para mantener una diferencia de presión específica entre el interior y el exterior del edificio. La ecuación principal utilizada en las pruebas de *Blower Door* para calcular la tasa de cambio de aire a una determinada diferencia de presión es la siguiente:

$$Q = C \times (\Delta P)^n$$

Dónde: Q es el caudal de aire (generalmente en metros cúbicos por hora, m<sup>3</sup>/h o pies cúbicos por minuto, CFM), C es el factor de flujo de aire del edificio (una constante que se determina durante la prueba),  $\Delta P$  es la diferencia de presión entre el interior y el exterior del edificio (generalmente en Pascales, Pa) y-n es el exponente de flujo (normalmente cercano a 0.65 para edificios).

Esta ecuación se utiliza para determinar la cantidad de aire que se filtra a través de la envolvente del edificio a una determinada diferencia de presión. Cuanto mayor sea el valor de Q a una diferencia de presión estándar (como 50 Pa), mayor será la tasa de infiltración de aire y menor la hermeticidad del edificio.

Además, se puede calcular la tasa de cambio de aire por hora (ACH - Air Changes per Hour) a una diferencia de presión de referencia (normalmente 50 Pa) utilizando la siguiente fórmula:

$$ACH_{50} = \frac{Q}{V} \times F_{60}$$

Dónde:

- ACH<sub>50</sub> es la tasa de cambio de aire por hora a 50 Pa.
- Q es el caudal de aire medido durante la prueba (en m<sup>3</sup>/h o CFM).
- V es el volumen del edificio (en m<sup>3</sup>).
- El factor F<sub>60</sub> convierte el caudal de aire en cambios por hora.

El valor de ACH<sub>50</sub> proporciona una medida estandarizada de la hermeticidad del edificio. Un valor bajo indica una mayor hermeticidad y, por lo tanto, una mejor eficiencia energética, ya que menos aire caliente o frío se escapa del edificio, reduciendo así la necesidad de calefacción o refrigeración adicional.

### **2.8.2 Análisis termográfico.**

En las últimas décadas, el análisis termográfico ha encontrado aplicaciones significativas en el campo de la eficiencia energética de edificios, la detección de fallas en materiales de construcción, y el análisis de sistemas mecánicos y eléctricos.

Expertos en eficiencia energética, ingenieros de edificación y físicos aplicados han publicado numerosos estudios y guías sobre cómo utilizar correctamente el análisis termográfico para identificar problemas como puentes térmicos, deficiencias de aislamiento y fugas de aire en edificios.

El análisis termográfico en el contexto de la eficiencia energética y la inspección de edificios es el resultado de una evolución tecnológica y teórica que involucra múltiples disciplinas y no se puede atribuir a un solo autor o teoría.

La contribución de William Herschel en el descubrimiento de la radiación infrarroja es fundamental, pero el desarrollo práctico de la tecnología termográfica y su aplicación en la eficiencia energética ha sido un esfuerzo colectivo de muchos especialistas a lo largo de los años.

Este análisis se basa en el uso de cámaras termográficas para visualizar las diferencias de temperatura en la envolvente del edificio. Su funcionalidad radica en identificar problemas de aislamiento y puentes térmicos que pueden afectar la eficiencia energética.

El análisis termográfico, utilizado para evaluar la eficiencia energética de edificios, no se basa directamente en ecuaciones matemáticas fijas de la misma manera que otros métodos de evaluación energética.

Se utilizan cámaras termográficas para capturar imágenes infrarrojas que muestran la distribución de temperatura en la superficie de un edificio. Sin embargo, ciertos principios físicos y ecuaciones son relevantes en la interpretación de los datos termográficos:

La transferencia de calor a través de las superficies del edificio se puede estimar utilizando la ley de Fourier para la conducción:

$$q = -k \times A \times \frac{dT}{dx}$$

Dónde:  $q$  es la tasa de transferencia de calor,  $k$  es la conductividad térmica del material,  $A$  es el área de la superficie, y  $\frac{dT}{dx}$  Es el gradiente de temperatura a través del material.



En cuanto a la ecuación de Radiación de Cuerpo Negro, las cámaras termográficas asumen que cada superficie actúa como un cuerpo negro o gris, emitiendo radiación infrarroja según la ley de *Stefan-Boltzmann*:

$$M = \varepsilon \times \sigma \times T^4$$

Dónde: M es la radiación emitida por unidad de área,  $\varepsilon$  es la emisión del material,  $\sigma$  es la constante de *Stefan-Boltzmann*, y T es la temperatura en Kelvin.

En cuanto al cálculo de pérdidas de calor, se pueden estimar las pérdidas (o ganancias) de calor en diferentes partes del edificio a partir de la imagen termográfica y la ecuación de transferencia de calor, con la ecuación:

$$Q = k \times A \times \Delta T$$

- Q representa la cantidad de calor transferido (perdido o ganado) a través de una superficie, en unidades de energía, típicamente expresadas en vatios (W) o joules (J).
- k es el coeficiente de conductividad térmica del material, que mide la capacidad del material para conducir calor. Está expresado en unidades de vatios por metro por kelvin (W/(m·K)). Este valor indica cuánto calor pasa a través de un material por unidad de tiempo.
- A es el área de la superficie a través de la cual ocurre la transferencia de calor, medida en metros cuadrados (m<sup>2</sup>).
- DT es la diferencia de temperatura a través de la superficie, expresada en grados Celsius (°C) o Kelvin (K), indicando la diferencia de temperatura entre los dos lados de la superficie.

Por lo tanto, en esta ecuación, k representa qué tan bien un material puede conducir el calor, y A se refiere al tamaño del área a través de la cual se está transfiriendo el calor.

Esta diferencia puede indicar áreas con aislamiento deficiente o puentes térmicos. Las imágenes termográficas deben ser corregidas para la capacidad de emisión de calor de los diferentes materiales y las condiciones ambientales como temperatura, humedad y radiación solar para obtener lecturas precisas.

## **2.9 . Caracterización de la vivienda utilizada en la encuesta y análisis descriptivo de la vivienda en la ciudad de Mazatlán.**

Para realizar un análisis de la vivienda en la ciudad de Mazatlán es necesario considerar el abanico tan amplio de opciones, existen múltiples clasificaciones dónde se puede clasificar cada uno de los tipos de vivienda, las principales clasificaciones de acuerdo con INEGI son las que se enlistan a continuación:

**Por actividad económica como:** Vivienda turística de ocupación múltiple, Vivienda de ocupación temporal de lujo, Vivienda de ocupación temporal tipo bungalow, Vivienda arrendada de uso fijo y Vivienda propia.

**Por tipo de vivienda:** Vivienda precaria, vivienda informal, vivienda rural construida en zonas aledañas a la ciudad, vivienda social, vivienda de interés medio, vivienda residencial y vivienda de residencial de lujo.

De acuerdo con el documento “*Clasificación de vivienda*” publicado por la Asociación Hipotecaria Mexicana (AHM) y citado en “*La Industria de la Vivienda en México, un potencial por explotar: ¿Cuál debe ser el papel del crédito hipotecario?*” (Beteta Vallejo, 2023), la clasificación de viviendas será unívoca a nivel nacional. Esta estandarización facilitará la organización del mercado y hará más eficientes las operaciones de crédito.

En la presente investigación se retoma esta clasificación para establecer un acotamiento entre los diferentes tipos de vivienda y, mediante este criterio, determinar un rango en el

consumo energético. La clasificación propuesta por la Asociación Hipotecaria Mexicana (AHM) se establece a partir de la perspectiva de precios de viviendas en el primer semestre de 2023 en México, la categorización es la que se describe a continuación en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2**

*Clasificación de la vivienda propuesta por la Asociación Hipotecaria Mexicana.*

| Tipo de Vivienda             | Costo           |                 |
|------------------------------|-----------------|-----------------|
|                              | Min             | Max             |
| Vivienda Económica           |                 | \$ 539 427.45   |
| Viviendas Populares          | \$ 539 430.07   | \$ 914 284.97   |
| Viviendas Tradicionales      | \$ 914 287.58   | \$ 1 599 997.38 |
| Viviendas de Tipo Medio      | \$ 1 600 000.00 | \$ 3 428 564.69 |
| Viviendas Residenciales      | \$ 3 428 567.31 | \$ 6 857 129.39 |
| Viviendas Residenciales Plus | \$ 6 857 132.01 |                 |

**Fuente:** CONAVI, Asociación Hipotecaria Mexicana (AHM) y ABM.

Esta clasificación resulta muy importante, ya que permite relacionar el tipo de vivienda, el nivel de ingreso y el consumo energético.

En el presente apartado, se realiza una descripción de cada uno de los tipos de vivienda, estableciendo como referencia la correlación del ingreso y la superficie de construcción del inmueble.

La importancia de esta clasificación radica en su capacidad para proporcionar un marco estructurado que facilita la evaluación y comparación del consumo energético entre distintos tipos de viviendas, lo que es esencial para desarrollar políticas y estrategias eficientes en el ámbito de la sostenibilidad energética.

Esta clasificación no solo permite una mejor comprensión del impacto socioeconómico en el consumo energético, sino que también promueve una planificación urbana más eficiente y equitativa.

Al identificar claramente cómo los diferentes niveles de ingreso y tipos de vivienda influyen en el uso de energía, se pueden diseñar intervenciones específicas que mejoren la eficiencia energética y reduzcan los costos para los hogares de menor ingreso, contribuyendo así a una mayor justicia energética y sostenibilidad ambiental.

### **2.10 Vivienda económica.**

La vivienda económica en la ciudad de Mazatlán es una característica habitacional que, aunque brinda servicios esenciales, puede carecer de algunos de ellos, tales como agua, luz, drenaje o recolección de basura. Estas viviendas suelen estar ubicadas en las áreas periféricas o en zonas conurbadas de la ciudad, alejadas de los principales centros urbanos.

## Figura 2.2

*Fachada de Vivienda localizada en Loma Bonita con superficie de construcción de 28m<sup>2</sup>.*



**Fuente:** Elaboración propia.

Una característica distintiva de estas viviendas es su tamaño reducido, ya que suelen contar con menos de 30 m<sup>2</sup> de construcción.

Dichas viviendas por lo general no cuentan con un diseño específico, que sea útil para proporcionar los servicios mínimos necesarios para que sean habitables, ya que por lo general son edificaciones realizadas por autoconstrucción. Un ejemplo de este tipo de edificación es el que se muestra en la Figura 2.2 y Figura 2.3.

### **Figura 2.3**

*Interior de la Vivienda Básica localizada en Loma Bonita.*



**Fuente:** Elaboración propia.

#### **2.11. Vivienda popular.**

La vivienda popular en la ciudad de Mazatlán representa un esfuerzo dirigido a proporcionar soluciones habitacionales asequibles y dignas para aquellas familias o individuos de bajos ingresos o en situación de vulnerabilidad. Estas viviendas se desarrollan con el apoyo de políticas públicas, programas gubernamentales y, en ocasiones, en colaboración con organizaciones no gubernamentales o privadas.

Las viviendas populares en la ciudad de Mazatlán suelen estar ubicadas en zonas designadas por el gobierno local, a menudo en áreas periféricas o en desarrollo. La intención es integrar a las comunidades al tejido urbano, facilitando el acceso a servicios y oportunidades.

Estas viviendas están diseñadas para ser funcionales y eficientes en cuanto a espacio. Si bien son más modestas en comparación con viviendas de mercado regular, se busca que cumplan con estándares básicos de calidad, seguridad y habitabilidad.

A pesar de ser viviendas de carácter asequible, se enfatiza la importancia de contar con servicios básicos como agua, electricidad, drenaje y recolección de basura. El desarrollo de viviendas populares a menudo va acompañado de proyectos de infraestructura para garantizar estos servicios.

Una característica clave de la vivienda popular es su asequibilidad. Estas viviendas se ofrecen a precios subsidiados o con esquemas de financiamiento facilitados para que sean accesibles para la población objetivo.

Además de proporcionar un techo, los proyectos de vivienda popular en la ciudad de Mazatlán a menudo, siguiendo lo que especifica el Reglamento de Construcciones de la CDMX, incluyen espacios comunes, áreas verdes y equipamientos que promuevan la cohesión y el desarrollo comunitario.

## Figura 2.4

*Fachada de Vivienda Social localizada en Valle del Ejido con 42m<sup>2</sup> de construcción.*



**Fuente:** Elaboración propia.

En este tipo de vivienda se asegura que se cuente con los requisitos mínimos de habitabilidad, además de contar con los servicios de orden público necesarios, como lo son servicio de agua potable, luz, drenaje y servicio de recolección de basura; es posible que cuente elementos como aire acondicionado. Este tipo de viviendas cuenta con una superficie construida de 31 a 45 m<sup>2</sup>, está localizada en zonas consideradas como populares dentro de la ciudad y a la periferia de esta, este tipo de vivienda se ejemplifica en la Figura 2.4.

### **2.12 Vivienda tradicional.**

La vivienda tradicional en la ciudad de Mazatlán representa un segmento de vivienda que, si bien es más asequible que las viviendas de mercado regular, se diferencia de la vivienda popular en términos de financiamiento, diseño y ubicación. Esta modalidad habitacional está dirigida a la población que, aunque no se encuentra en situación de extrema



vulnerabilidad, busca opciones de vivienda a precios más accesibles. Características esenciales en este tipo de vivienda:

Las viviendas económicas en la ciudad de Mazatlán suelen estar ubicadas en áreas urbanas en desarrollo o en zonas periféricas que están bien conectadas con la ciudad. Estas zonas ofrecen terrenos a menor costo, lo que permite mantener precios asequibles para los compradores.

Aunque estas viviendas tienen un enfoque en la asequibilidad, no escatiman en calidad. Se busca un diseño eficiente en cuanto a espacio, pero cumpliendo con estándares modernos de construcción. Las viviendas pueden ser de tamaño compacto, pero funcionalmente diseñadas para maximizar el espacio.

Las viviendas económicas en la ciudad de Mazatlán, en general, cuentan con servicios básicos esenciales, como acceso a agua potable, electricidad, drenaje y recolección de basura. A menudo, estos desarrollos también incluyen amenidades comunitarias básicas como parques y jardines.

Estas viviendas se ofrecen a precios que, si bien no están subsidiados como en el caso de viviendas populares, sí son más competitivos en comparación con el mercado regular. Los compradores pueden acceder a esquemas de financiamiento, créditos hipotecarios y otras facilidades para adquirir estas viviendas.

## Figura 2.5

*Fachada de Vivienda Económica localizada en Pesquería con 50m<sup>2</sup> de construcción.*



**Fuente:** Elaboración propia.

En este tipo de vivienda cuenta con los servicios de orden público necesarios, como lo son servicio de agua potable, luz, drenaje y servicio de recolección de basura, además puede contar con elementos como aire acondicionado. La superficie construida oscila entre los 46 a 55 m<sup>2</sup>, por lo general este tipo de edificación está localizada en zonas consideradas como populares, habitualmente localizadas dentro de la ciudad, este tipo de vivienda es edificada

principalmente por autoconstrucción. Un ejemplo de este tipo de edificación es el que se muestra en la Figura 2.5.

### **2.13 Vivienda tipo medio.**

La vivienda media en la ciudad de Mazatlán se dirige a un segmento de la población que busca mayor calidad, amplitud y amenidades en su vivienda, pero sin llegar al lujo o exclusividad de las viviendas de alto nivel. Estas viviendas combinan diseño, funcionalidad y ubicación, ofreciendo a sus habitantes un estilo de vida cómodo y contemporáneo.

Las viviendas de tipo medio en la ciudad de Mazatlán suelen encontrarse en zonas urbanas bien consolidadas o en fraccionamientos en desarrollo que ofrecen buena conectividad con áreas comerciales, educativas y de entretenimiento. Su ubicación es estratégica para proporcionar acceso a servicios y comodidades.

Estas viviendas destacan por su diseño arquitectónico moderno y acabado de calidad. Suelen contar con espacios más amplios, múltiples espacios habitacionales, áreas comunes y, en algunos casos, jardines o patios.

Además de los servicios básicos (agua, electricidad, drenaje), las viviendas medias a menudo incluyen servicios adicionales, como seguridad privada, áreas comunes mantenidas.

Si bien estas viviendas tienen un costo superior al de las viviendas tradicionales, siguen siendo accesibles para la clase media. Los compradores suelen acceder a esquemas de financiamiento o créditos hipotecarios para facilitar su adquisición.

Los proyectos de vivienda media a menudo se desarrollan con un enfoque comunitario, buscando crear vecindarios o conjuntos residenciales donde los residentes no solo vivan, sino también interactúen, compartan y formen comunidad.

**Figura 2.6**

*Vivienda Media con superficie de construcción de 85m<sup>2</sup> Localizada en Villa Verde.*



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 2.7**

*Interior de la Vivienda Media, localizada en Villa Verde.*



**Fuente:** Elaboración propia.

## Figura 2.8

*Vivienda localizada en el residencial Stanza Magnolia, superficie construida de 75m<sup>2</sup>.*



**Fuente:** Gerente Inmobiliario José Meraz.

En este tipo de vivienda cuenta con los servicios de orden público necesarios, como lo son servicio de agua potable, luz, drenaje y servicio de recolección de basura. La superficie construida oscila entre los 56 a 100 m<sup>2</sup>, es localizada en zonas consideradas como residencial medio por lo general dentro de la ciudad, así mismo corresponde a vivienda generada bajo la supervisión de profesionales de la construcción como Arquitectos o Ingenieros o bien por desarrolladores de fraccionamientos del tipo de residencial medio, este tipo de vivienda cuenta con más de un aire acondicionado, y además de los servicios básicos; si la vivienda se localiza dentro de un residencial cerrado puede contar con servicio de vigilancia u otras amenidades. Este tipo de edificaciones se ejemplifican en las Figura 2.6, Figura 2.7 y Figura 2.8.

## **2.14 Vivienda residencial.**

La vivienda residencial en la ciudad de Mazatlán está dirigida a un segmento de la población que busca un nivel superior de comodidad, exclusividad y distinción en su elección de hogar. Estas viviendas combinan una ubicación privilegiada, diseños arquitectónicos de vanguardia y amenidades de alto nivel.

Estas viviendas se sitúan en las zonas más codiciadas de la ciudad de Mazatlán, ya sea en áreas urbanas exclusivas, cerca de puntos de interés o en localizaciones con vistas panorámicas, como frente al mar o áreas naturales.

La vivienda residencial se distingue por su arquitectura sofisticada y personalizada. Los espacios son amplios, con acabados de alta calidad, y las construcciones a menudo incorporan tecnologías de vanguardia y detalles de lujo.

Además de los servicios básicos, estas viviendas suelen contar con sistemas de seguridad avanzados, tecnologías inteligentes para el control del hogar y servicios premium.

Los desarrollos de vivienda media alta suelen ofrecer una gama amplia de amenidades, como piscinas, gimnasios equipados, áreas sociales, jardines paisajísticos, salones de eventos y, en algunos casos, spa o áreas deportivas exclusivas.

Aunque estas viviendas tienen un precio más elevado, las instituciones financieras suelen ofrecer esquemas de crédito personalizados para este segmento de mercado, facilitando la adquisición de estas propiedades de alto valor.

Estos desarrollos promueven una sensación de comunidad entre residentes con intereses y estilos de vida similares.

Alineadas con las tendencias globales, algunas viviendas media alta en la ciudad de Mazatlán incorporan soluciones sostenibles y ecológicas, así como tecnologías inteligentes que mejoran la eficiencia y comodidad del hogar.

**Figura 2.9**

*Fachada posterior de la vivienda tipo Residencial localizada dentro del Residencial Marina Mazatlán, 190 m<sup>2</sup> de construcción.*



**Fuente:** Gerente Inmobiliario José Meraz.

Este tipo de vivienda se localiza por lo general en residenciales cerrados, cuenta con todos los servicios que ofrece la ciudad además de contar con otro tipo de servicios como son jardineros, vigilancia y áreas recreativas privadas de uso común dentro del coto. Dentro de la

vivienda se cuenta con la mayoría de las zonas climatizadas, este tipo de vivienda cuenta con una superficie construida que oscila entre los 101 a 200m<sup>2</sup>. Dada la vigilancia dentro de este tipo de residenciales no se cuenta con fotos para ejemplificar este tipo de vivienda, por lo que se obtuvieron imágenes por medio de la empresa Servicios Inmobiliarios del Norte Figura 2.9.

### **2.15 Vivienda residencial plus.**

La vivienda residencial plus representa la máxima expresión de exclusividad, confort y distinción en el ámbito inmobiliario. Diseñadas para un segmento de la población con un alto poder adquisitivo. Estas viviendas suelen situarse en las localizaciones más prestigiosas y codiciadas, ya sea en áreas urbanas selectas, enclaves naturales exclusivos o con vistas panorámicas ininterrumpidas. La proximidad a puntos de interés, servicios de élite o zonas de recreación es común.

La arquitectura de una vivienda de lujo se caracteriza por su exclusividad, innovación y atención al detalle. La construcción incorpora las últimas tendencias y tecnologías, fusionando tecnología con estética.

Más allá de los servicios básicos, estas residencias pueden contar con servicios personalizados de conserjería, seguridad las 24 horas con sistemas avanzados.

Los complejos o fraccionamientos que albergan viviendas de lujo ofrecen una amplia gama de amenidades de alto nivel, tales como piscinas *infinity*, gimnasios con equipo de última generación, spas, cines privados, salones de eventos y jardines meticulosamente diseñados.

Estas viviendas suelen incorporar sistemas domóticos avanzados que permiten la automatización y control de iluminación, climatización, seguridad y entretenimiento, ofreciendo una experiencia de hogar inteligente.



Una vivienda residencial de lujo garantiza privacidad, estas propiedades suelen estar en comunidades cerradas, con acceso restringido, y en algunos casos, ofrecen la posibilidad de personalización total para reflejar el estilo y preferencias de sus propietarios.

**Figura 2.10**

*Vivienda localizada en Paraíso Marina Mazatlán, 298 m<sup>2</sup> de construcción.*



**Fuente:** Gerente Inmobiliario José Meraz.

Este tipo de vivienda además de contar con lo descrito para la vivienda residencial, cuenta con servicio de seguridad privada para la vivienda, amenidades dentro de la vivienda como son albercas privadas y jardines, además de una superficie construida que supera los 200 m<sup>2</sup>, este tipo de vivienda cuenta con climatización dentro de toda la vivienda y su acceso es sumamente restringido por lo que las imágenes presentadas en este trabajo, pertenecen a la empresa Servicios Inmobiliarios del Norte (Gerente Inmobiliario José Meraz) Figura 2.10.

## **2.16. Clasificación de la vivienda en la ciudad de Mazatlán, por nivel socioeconómico.**

En este apartado se propone una clasificación detallada de las viviendas en la ciudad de Mazatlán, basándose en dos criterios principales: el tipo de vivienda y el nivel de ingresos de sus habitantes.

Esta clasificación no solo busca ofrecer una perspectiva más detallada y comprensiva de las características residenciales en la ciudad de Mazatlán, sino también entender cómo estos factores inciden en el consumo energético y en la selección de materiales de construcción que pueden afectar el nivel de temperatura dentro de las viviendas.

Cada categoría se distingue por aspectos como el diseño, los servicios disponibles, la ubicación y las amenidades, reflejando la diversidad habitacional dentro de la ciudad.

La relación entre el tipo de vivienda y el nivel de ingresos de los ocupantes es crucial. Generalmente, el poder adquisitivo determina el acceso a diferentes tipos de vivienda, siendo un indicador significativo de la estratificación residencial. Este vínculo permite una clasificación más precisa y revela patrones de habitabilidad relacionados con la capacidad económica de los residentes.

El nivel de ingresos de los habitantes de una vivienda juega un papel crucial para determinar el consumo energético, a continuación, se enlistan algunas de las razones fundamentales que justifican su importancia y su relación con un elevado consumo de energéticos:

Los hogares con mayores ingresos tienen una mayor capacidad económica para adquirir una amplia gama de dispositivos electrónicos y electrodomésticos, los cuales pueden incrementar significativamente el consumo energético. Además, la tendencia a adquirir

tecnología de vanguardia, que a menudo tiene un mayor consumo energético, es más prevalente en estos hogares.

Los niveles de ingreso más altos suelen correlacionarse con una mayor priorización de la comodidad, lo que puede traducirse en un uso más intensivo de sistemas de calefacción y refrigeración, independientemente de su eficiencia energética. Esto puede llevar a un consumo energético elevado, especialmente en climas extremos donde el mantenimiento de temperaturas interiores confortables requiere un gasto energético significativo.

Generalmente, las familias con mayores ingresos residen en viviendas más grandes, las cuales, por su tamaño, tienden a consumir más energía para la climatización, refrigeración e iluminación. Además, el diseño de estas viviendas puede no optimizar la eficiencia energética, ya que la estética y otros factores pueden tener prioridad sobre las consideraciones energéticas.

Los hogares con ingresos elevados pueden ser menos sensibles al costo de la energía, lo que les permite mantener comportamientos de consumo que incrementan el uso de energéticos sin una preocupación significativa por el impacto económico de sus facturas de energía.

Por otro lado, es importante señalar que los hogares con mayores recursos también están en mejor posición para invertir en mejoras de eficiencia energética, como aislamiento, ventanas de doble acristalamiento, y sistemas de calefacción y refrigeración de alta eficiencia. Sin embargo, la decisión de realizar estas inversiones no solo depende de la capacidad económica, sino también de la conciencia ambiental y el conocimiento sobre las opciones de eficiencia energética disponibles.

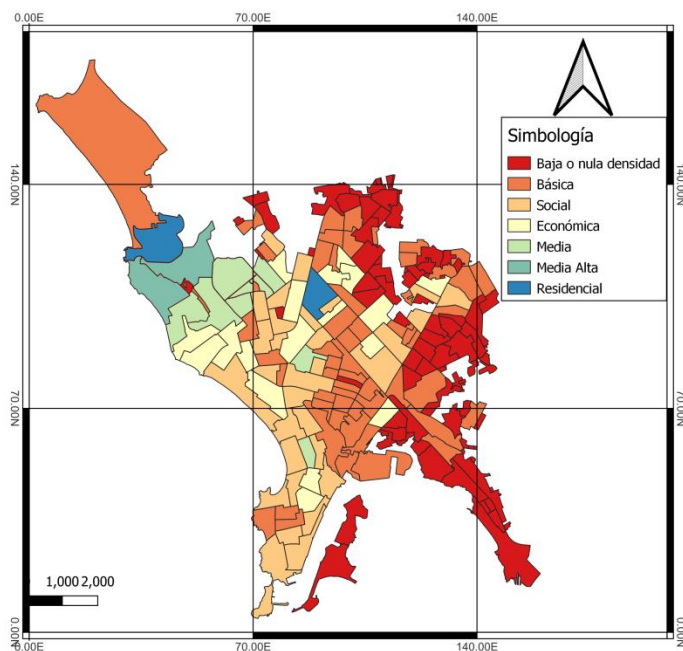
En este sentido se establece que el nivel de ingresos influye significativamente en el patrón de consumo energético en las viviendas, afectando tanto la capacidad para invertir en eficiencia energética como las preferencias y comportamientos que conducen a un mayor

consumo de energía. Entender esta relación es fundamental para establecer una relación entre el consumo de energía y el nivel de ingresos.

A través de un indicador que correlaciona el nivel de ingreso, el tipo de vivienda y el consumo energético, se elabora un mapa geográfico que visualiza la densidad y distribución de los diferentes estratos de vivienda en la ciudad de Mazatlán. Esta representación, ilustrada en la Figura 2.11, proporciona una herramienta valiosa para entender la dinámica residencial y socioeconómica de la ciudad, así como su distribución.

### Figura 2.11

*Distribución por tipo de vivienda en la ciudad de Mazatlán.*



**Fuente:** Elaboración propia, Datos: del INEGI.

El mapa mostrado en la Figura 2.11, muestra el tipo de vivienda que predomina para cada AGEB definida por el INEGI, en este sentido permite ubicar la distribución de la vivienda por tipo y nivel de ingresos. Esta clasificación resulta muy útil dentro del presente

proyecto de investigación, dado que sienta las bases para el análisis de la eficiencia energética en la construcción de edificaciones de uso residencial en la ciudad de Mazatlán.

El mapa utiliza una codificación cromática para indicar la densidad y categoría socioeconómica de las zonas. Las áreas representadas con un color rojo más intenso señalan las zonas más empobrecidas, o bien áreas con baja densidad poblacional o incluso deshabitadas. Este detalle es crucial, ya que permite identificar no solo las áreas de mayor vulnerabilidad, sino también zonas potenciales de desarrollo o áreas naturales protegidas.

Con datos del INEGI se establece un compilado con las características de la vivienda en la ciudad de Mazatlán como se muestra en la Tabla 2.3.

**Tabla 2.3**

*Descripción de las Viviendas particulares en Mazatlán*

| <b>Viviendas particulares habitadas por número de dormitorios</b>     |        |
|---|--------|
| 1 dormitorio  | 30.30% |
| 2 dormitorios   | 47.90% |
| 3 dormitorios   | 18.40% |
| 4 dormitorios   | 2.90%  |
| 5 dormitorios y más   | 0.50%  |
| <b>Materiales que se utilizan para construir las viviendas</b>        |        |
| Piso de Cemento o Firme   | 51%    |
| Paredes Tabique, Ladrillo, Block, Piedra, Cantera, Cemento o Concreto | 96.90% |
| Concreto o Viguetas con Bovedilla                                     | 94.30% |
| <b>Viviendas particulares habitadas por número de focos</b>           |        |
| 1-5 focos   | 35%    |
| 6-10 focos  | 47.50% |
| 11-15 focos   | 10.90% |
| 16-20 focos   | 3.60%  |
| 21 focos o más  | 2.40%  |
| no especificado   | 0.60%  |

**Fuente:** Elaboración propia, Datos: INEGI, 2022.

Este análisis descriptivo muestra la importancia de combinar variables socioeconómicas y residenciales para comprender la dinámica urbana de una ciudad como Mazatlán. Al correlacionar el tipo de vivienda con el nivel de ingresos, se obtiene una imagen más rica y detallada de las desigualdades, tendencias y oportunidades en el panorama habitacional.

### **2.17 Clasificación de la vivienda por índice de marginación.**

El mapa de la Figura 2.12 muestra los niveles de marginación de diversas colonias en la ciudad de Mazatlán, clasificados según datos proporcionados por el CONAPO (Consejo Nacional de Población). Las colonias están coloreadas para indicar el grado de marginación, que varía desde "Muy bajo" hasta "Muy alto".

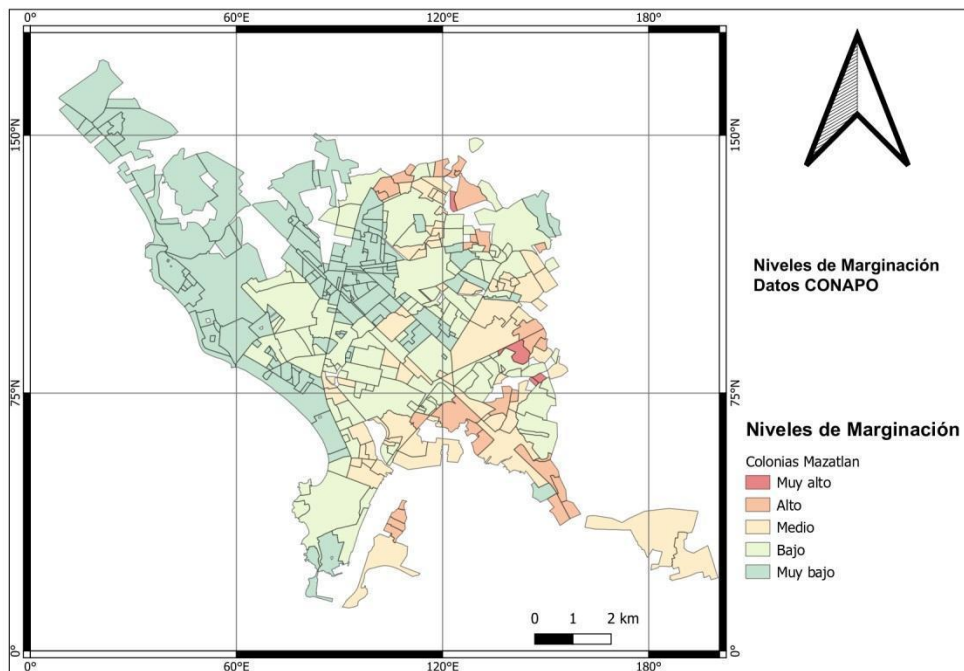
Las colonias con niveles de marginación "Muy bajo" están representadas en color verde claro, lo que sugiere que estas áreas gozan de mejores condiciones socioeconómicas en comparación con las demás. Las colonias con marginación "Baja" están indicadas en un tono de verde más oscuro, lo que señala que, aunque mejor situadas que las categorías medias y altas, todavía presentan ciertos desafíos.

Las colonias con un nivel de marginación "Medio" están marcadas en amarillo. Estas áreas pueden estar experimentando una combinación de factores socioeconómicos que las sitúan en un punto intermedio en términos de acceso a servicios básicos y oportunidades económicas.

Las zonas con marginación "Alta" se distinguen en color naranja, indicando una situación de mayor dificultad en cuanto a pobreza, acceso a servicios y otras condiciones de vida. Finalmente, las colonias en rojo representan aquellas con un nivel de marginación "Muy alto", lo que implica severas limitaciones en el acceso a necesidades básicas, como la educación, la salud, la vivienda y la infraestructura.

**Figura 2.12**

*Zonificación de la vivienda por Índice de Marginación*



**Fuente:** Elaboración propia, Datos: H. Ayuntamiento de Mazatlán.

En el mapa se puede observar que las colonias con marginación alta y muy alta tienden a estar localizadas en áreas que se alejan de la costa, en las periferias de la ciudad, lo cual es un patrón común en muchas ciudades donde las zonas más marginadas suelen encontrarse en los bordes urbanos, alejadas de los centros económicos y con menos acceso a servicios públicos. La disposición geográfica de estas colonias brinda una perspectiva clara de las desigualdades espaciales dentro de la ciudad y resalta la necesidad de políticas dirigidas a mejorar las condiciones en estas áreas con niveles más altos de marginación.

### **2.18 Clasificación de la vivienda por estratos socio-urbanos.**

Con la intención de establecer una muestra confiable, se realiza la zonificación del área de estudio de acuerdo a los diferentes estratos socio-urbanos. La encuesta se lleva a cabo

tomando en cuenta esta zonificación con el propósito de descentralizar la muestra y describir la población muestral dentro de todos los estratos socio-urbanos que representan a la ciudad de Mazatlán.

De acuerdo con los datos reportados por la Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares (ENCEVI), se puede afirmar que existe una diversidad de patrones de consumo energético en las viviendas. En este sentido, las edificaciones residenciales estudiadas en Mazatlán, al igual que en el resto de Sinaloa, se ven afectadas por factores socioeconómicos.

Según datos reportados por la ENCEVI, el 75% de las viviendas en Sinaloa pertenecen a los estratos socio-urbanos medio bajo y medio, lo que sugiere que la mayoría de las viviendas estudiadas estarían representadas por estos estratos. De esta manera, al realizar las encuestas, se toman como referencia los datos correspondientes a cada uno de los estratos. Es importante considerar esta información para entender mejor los patrones de consumo de energía eléctrica en las edificaciones residenciales de Mazatlán y en Sinaloa en general.

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda realizado en 2020 por el INEGI, el Municipio de Mazatlán cuenta con una población total de 501,441 habitantes. Este estudio se centra específicamente en el número de hogares, que constituyen la variable principal de análisis.

Para el momento del censo, dentro del Municipio de Mazatlán se registraron 146,636 hogares, cifra que representa el universo poblacional objeto de estudio. Esta información es crucial para entender las dinámicas demográficas y residenciales que caracterizan a la región.



La estratificación utilizada en la presente investigación se basa en la clasificación proporcionada por el Estudio Básico de Comunidad 2018–2024, llevado a cabo por el H. Ayuntamiento del Municipio de Mazatlán.

Dentro del presente estudio, se realiza la categorización de las colonias de la ciudad de Mazatlán siguiendo criterios socio-urbanos específicos.

Tal como se detalla en la Tabla 2.4 la clasificación ofrece una visión detallada de las colonias, organizadas según su estrato socio-urbano, lo cual resulta fundamental para la investigación, ya que proporciona una base sólida y coherente que facilita la comprensión y el análisis de los distintos sectores de la población en Mazatlán. Al disponer de esta información, se permite realizar un análisis más preciso y relevante en términos de las características socioeconómicas y urbanísticas de cada colonia, lo que enriquece significativamente los resultados del estudio y establece la caracterización de los sectores utilizados en la encuesta.

El análisis y clasificación de cada uno de los sectores es esencial para garantizar que el estudio refleje con precisión las variaciones en el consumo energético entre diferentes estratos socio-urbanos. Al basarse en datos robustos y criterios bien definidos, la investigación puede ofrecer *insights* valiosos para la formulación de políticas públicas y estrategias de eficiencia energética adaptadas a cada sector de la población en Mazatlán.

**Tabla 2.4**

*Clasificación de las colonias en la ciudad de Mazatlán de acuerdo al Estrato socio-urbano.*

| Asentamientos   | "Estrato Socio-Urbano" |
|---|------------------------|
| <p>Arboledas INVIES, Azalea, Bosques del Arroyo, Ejido Rincón de Urías, Felicidad, Felipe, Francisco I. Madero, José María Pino Suárez, Klein, General Rafael Buelna, Hacienda de Urias, Huerta Grande, Huertos Familiares, Ladrillera, La Campiña, La Sirena, María Elena, Miramar, Monte Calvario, Mundialista, Nueva Creación, Nuevo Cajeme, Nuevo Milenio, Predio Rancho Las Habas, Quinta Chapalita, Renato Vega, Salinas de Gortari, San Antonio, Santa Laura, Santa Sofía, Santa Teresa, Sinaloa, Urbivilla del Real, Valle Bonito, Valle de Urias, Valle de Urias 2ª Ampliación, Valle del Ejido Ampliación, Villa Florida, Villa Tutuli, Villa Tutuli II</p>   | <b>Bajo</b>            |
| <p>12 de Mayo, Alfredo V. Bonfil, Anabella de Gavica, Ana Paula, Arboledas, Arboledas II, Arboledas III, Bahías, Brisas del Valle II, Buenos Aires, Casa Redonda, Casas Económicas, Colinas del Real, Costa Dorada, Díaz Ordaz, Dorados de Villa, Ecológica, Ejidal Francisco Villa, El Conchi, El Conchi II, El Dorado, El Palmito, El Secreto, El Venadillo, Estero, Felipe Ángeles, Felipe Ángeles 2ª Ampliación, FOVISSSTE Playa Azul, Francisco Alarcón, Ampliación (Venadillo II), Francisco Labastida Ochoa, Francisco Solís, Francisco Villa, Gabriel Leyva, Hacienda del Seminario, Hogar Pescador, Independencia, INFONAVIT El Conchi, INFONAVIT Playas, Insurgentes, Isla de la Piedra, Isla Mazatlán, Jaripillo, Jesús Kumate, Jesús Osuna, José de Nazaret, José Gordillo Pinto, Juan Carrasco, Las Malvinas, Las Mañanitas, Las Varas, Libertad de Expresión, Loma Linda, Lomas de San Jorge, Lomas del Mar, Los Caracoles, Los Conchis Sección Arrecifes, Los Laureles, Los Robles, Lucio Valverde, Luis Donald Colosio, Mar de Cortés, María Antonieta, María del Mar, Montuosa, Obrera, Paseo de las Torres, Periodista, Petróleos, Playa Linda, Plaza Reforma, Pradera Dorada, San Joaquín, Prado Bonito, Pueblo Nuevo, Reforma, Residencial San Marcos, Rincón de las Palmas, Romanita de la Peña, San Ángel, San Francisco, San Joaquín, Sánchez Celis, Sánchez Taboada, Tellería, Tierra y Libertad, Tres Palmas, Trópico de Cáncer, Urias, Urías Ampliación I, Urías, Ampliación II, Urías Ampliación III, Vicente Guerrero, Valle del Ejido, Villa de las Flores, Villa Tranquila, Villa Verde, Villas Playa Sur, Viva Progreso, Zafiro.</p> | <b>Medio Bajo</b>      |
| <p>23 de Noviembre, Balcones de Loma Linda, Bugambilias, Campo Bello, Centro, Cerritos al Mar, Cerro de la Cruz, Chulavista, Del Valle, Delfines, El Toreo, El Toro,</p>  | <b>Medio</b>           |

---

Ferrocarrilera, Hacienda las Cruces, Hacienda los Mangos, Huerta Paraíso, INFONAVIT Francisco Alarcón, INFONAVIT Olimpo, Jardines del Bosque, Jardines del Toreo, Jardines del Valle, Jardines de la Riviera, Jardines Residencial, La Joya, La Riviera, Las Brisas, Las Misiones, Lázaro Cárdenas, Los Mangos I, Los Mangos II, Los Pinos, Misiones 2000, Monte Verde, Octava Zona Naval (Puerto Mazatlán), Paraíso, Paseo Alameda, Paseo Alameda Dos, Paseo los Olivos, Playas del Sur, Portomolino, Prados del Sol, Privanza, Puerta del Sol, Puerta Dorada, Puesta del Sol, Real Pacífico, Residencial Rinconada, Rincón de las Plazas, Roca Condominios, San Carlos, San Marcos, Santa Rosa, Terranova, Terranova Plus, Torremolinos, Torremolinos Costa Azul, Valle Dorado, Valle Dorado II, Villa Verde Ampliación

**Alto**

Alameda, Almar, Azul Pacific, Brisas del Mar, Cerritos Resort, Cerro del Vigía, Club Real, El Cid, El Encanto, El Palmar, Ex Laguna Las Gaviotas, Hacienda del Mar, Las Gaviotas, Las Palmas, Lomas de Mazatlán, Marina El Cid, Marina Garden, Marina Kelly, Marina Mazatlán, Marina Real, Mediterráneo Club Residencial, Palmas del Sol, Palmeiras Club Residencial, Palos Prietos, Puerta al Mar, Punta Diamante, Quinta Gaviotas, Quinta Real, Quintas del Mar, Raíces, Real del Mar, Real del Valle, Rincón, Colonial, Royal Country, Sábalo Country Club, Tortugas I, Villa Carey, Villa del Mar, Villa Marina, Villas de Rueda, Vista del Mar, Zona Dorada

**Alto**

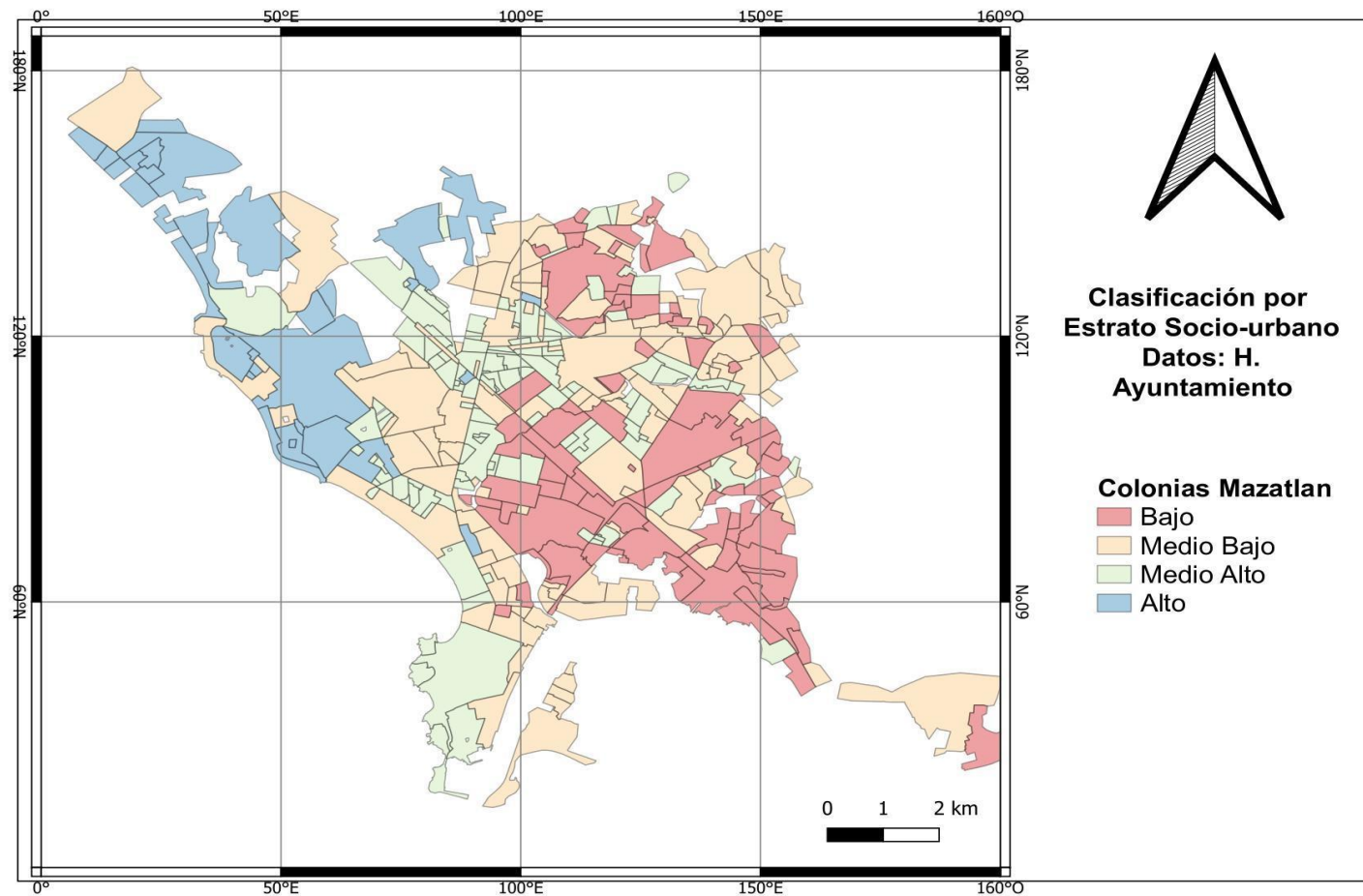
---

**Fuente:** Elaboración propia, Datos: H. Ayuntamiento del Municipio de Mazatlán.

La distribución geográfica de los distintos estratos socio-urbanos es esquematizada y representada en un mapa elaborado utilizando QGis, (software utilizado en Sistemas de Información Geográfica). Este mapa, que se puede consultar en la Figura 2.13, proporciona una representación visual clara y detallada de la ubicación de cada estrato dentro del contexto urbano de la ciudad de Mazatlán. Esta representación gráfica es esencial para contextualizar los datos socioeconómicos en su entorno físico.

**Figura 2.13**

*Zonificación de la vivienda por estrato socio-urbano*

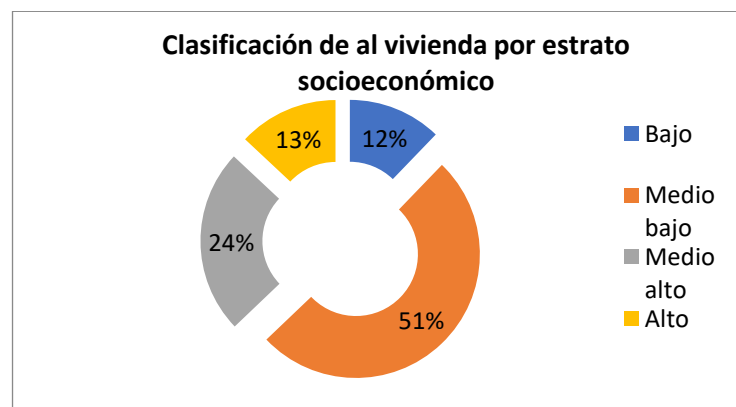


**Fuente:** Elaboración propia, Datos: H. Ayuntamiento de Mazatlán.

Para profundizar en el análisis de la distribución urbana, en la Figura 2.13 se muestra una perspectiva integral sobre la distribución de la vivienda en Sinaloa, clasificada según el estrato socio-urbano. La gráfica mostrada es un diagrama circular que categoriza la vivienda en la ciudad de Mazatlán según el estrato socio-urbano. Se observa que el estrato socio-urbano medio-bajo representa la mayoría con un 51% de las viviendas, seguido por el estrato medio con un 24%. Las viviendas en el estrato bajo constituyen un 13%, mientras que el estrato alto abarca un 12%. La representación visual en forma de anillos concéntricos permite apreciar rápidamente la proporción que cada estrato ocupa dentro del total de la vivienda, destacando la preponderancia del estrato medio-bajo en la región. Cada segmento está codificado con un color específico para facilitar su diferenciación, con el estrato bajo en azul, medio-bajo en naranja, medio-alto en gris y alto en amarillo. Esta disposición gráfica brinda una interpretación inmediata de la estructura habitacional desde una perspectiva socioeconómica, evidenciando las disparidades residenciales y facilitando el análisis comparativo entre los distintos niveles socioeconómicos.

**Figura 2.14.**

*Clasificación porcentual de la vivienda en Sinaloa por estrato socioeconómico.*



**Fuente:** Elaboración propia Datos: ENCEVI

## **2.19. Distribución de las encuestas en el universo poblacional.**

De esta manera una vez que se ha seleccionado el universo poblacional en la investigación se establece una aleatorización para crear la encuesta. En este caso se encuentra pertinente realizar la aleatorización por bloques. Ya que diferentes estudios muestran que a partir de la clasificación o estratos sociales marcados dentro de los hogares es posible inferir el consumo energético, en otras palabras, hogares con estratos sociales más altos presentan mayores consumos energéticos, mientras que en estratos asociados a niveles socioeconómicos bajos o muy bajos presentan requerimientos energéticos inferiores. En este sentido cada estrato se compone de manera aleatoria en forma independiente para lograr grupos balanceados que den cuenta de la población en general.

### **2.19.1 Descripción del área encuestada**

El proceso de recolección de datos mediante encuestas en la ciudad de Mazatlán se llevó a cabo utilizando una técnica de aleatorización por bloques. Este enfoque permitió una distribución equilibrada de las encuestas entre los diversos sectores socioeconómicos presentes en las diferentes zonas de la ciudad. Gracias a esta estrategia, no solo se logró obtener una muestra representativa del consumo energético de la población, sino que también se facilitó el análisis comparativo entre distintos grupos sociales. A continuación, se ofrece una descripción detallada del área en la que se aplicaron las encuestas, con especial énfasis en las zonas que han experimentado un crecimiento urbano significativo en las últimas décadas priorizando la aplicación de la encuesta en las edificaciones construidas en el periodo de 1990 a 2022.

En lo que respecta a las áreas de expansión reciente, es notable el desarrollo de colonias en Mazatlán durante los últimos 20 años, en particular en los siguientes periodos:

Década de 2000 a 2010:

Colonia Felicidad: Esta colonia, ubicada en las afueras de Mazatlán, comenzó a consolidarse como un área residencial durante los primeros años de la década (Inmuebles24, n.d.).

Real del Valle: Iniciado en este mismo periodo, este fraccionamiento se ha convertido en uno de los desarrollos inmobiliarios más reconocidos de la ciudad durante esos años (Propiedades.com, n.d.).

Década de 2010 a 2020:

Hacienda del Seminario: Este fraccionamiento ha sido parte importante del crecimiento inmobiliario reciente en Mazatlán, enfocado tanto en la demanda residencial como en la turística (Hacienda del Seminario, 2024).

Pradera Dorada: Aunque comenzó a desarrollarse a finales de los años 2000, su expansión continuó a lo largo de toda la década de 2010, sumando nuevas fases de construcción (Propiedades.com, n.d.).

A partir de 2020:

Mazatlán ha experimentado un notable aumento en la construcción de torres y condominios, particularmente en zonas turísticas como el Malecón, la Zona Dorada y Cerritos. Desde 2022, se han proyectado más de 45 nuevas torres residenciales (Hacienda del Seminario, 2024; Inmuebles24, n.d.). Estos desarrollos reflejan el rápido proceso de urbanización impulsado por el crecimiento del turismo y la inversión en propiedades vacacionales. Entre los fraccionamientos más recientes destacan:

Real Pacífico

Hacienda del Seminario

Pradera Dorada

El Cid

Real del Valle

Fuentes del Valle

La mayoría de estos desarrollos, especialmente Hacienda del Seminario, Real Pacífico y Pradera Dorada, comenzaron a consolidarse en la década de 2010. Hacienda del Seminario, por ejemplo, es un fraccionamiento que continúa en expansión, ofreciendo áreas verdes y amenidades como casa club (Hacienda del Seminario, 2024). Real Pacífico, por su parte, inició su desarrollo en esta misma década, ofreciendo viviendas modernas con cercanía a la Marina Mazatlán y centros comerciales como Plaza Galerías (Inmuebles24, n.d.).

En este contexto, es evidente que la ciudad de Mazatlán ha experimentado un notable crecimiento en sus áreas urbanas, especialmente en las últimas dos décadas. Este auge en el desarrollo inmobiliario ha transformado el panorama urbano y ha generado una expansión en diversas zonas de la ciudad, de esta manera, la mayoría de estas colonias pueden agruparse en el periodo de 1990 a 2022, lo que refleja un auge reciente en la expansión urbana de Mazatlán.

### **Tabla 2.5**

*Número de CFE y ubicación del inmueble datos obtenidos en la encuesta.*

| No. | Número De Servicio CFE | Ubicación Del Inmueble (Colonia) | Índice de Marginación | Grado marginación | Estrato socioeconómico | Año de construcción de la vivienda |
|-----|------------------------|----------------------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|------------------------------------|
| 1   | 533230106175           | Prados Del Sol                   | 153.3163667           | Muy bajo          | Residenciales          | 1995                               |
| 2   | 533930729173           | Adolfo López Mateos              | 151.4774008           | Bajo              | Tipo Medio             | 2006                               |
| 3   | 533870304186           | Brisas Del Mar                   | 152.0546329           | Bajo              | Residenciales          | 2008                               |
| 4   | 535160600439           | Bajío Villa Unión                | 141.6837741           | Muy alto          | Económica              | 2011                               |
| 5   | 533770716932           | Benito Juárez, Calle Novena      | 150.6951926           | Bajo              | Tipo Medio             | 2003                               |
| 6   | 535770616183           | Centro                           | 151.0197576           | Bajo              | Tipo Medio             | 2010                               |
| 7   | 533140202671           | Residencial Real Del Valle       | 154.3324711           | Muy bajo          | Residenciales Plus     | 2020                               |
| 8   | 535100100283           | Chirimoyos                       | 141.6837741           | Muy alto          | Económica              | 2003                               |
| 9   | 533851001971           | Sánchez Celis                    | 150.6879334           | Bajo              | Tipo Medio             | 2009                               |



|    |                |  |             |          |                    |      |
|----|----------------|--|-------------|----------|--------------------|------|
| 10 | 533900202006   | INFONAVIT Jabalines                    | 151.1811313 | Bajo     | Tipo Medio         | 1992 |
| 11 | 533010304502   | Fraccionamiento Villas Del Rey         | 153.9756858 | Muy bajo | Residenciales Plus | 2002 |
| 12 | 533100700202   | La Joya                                | 154.2799223 | Muy bajo | Residenciales Plus | 2011 |
| 13 | 533030102949   | Fracc. La Campiña                      | 150.8587207 | Bajo     | Tipo Medio         | 1992 |
| 14 | 533990308983   | Villa Verde                            | 153.461693  | Muy bajo | Residenciales      | 2001 |
| 15 | 533090908748   | Urbivilla Del Real                     | 151.8470773 | Bajo     | Residenciales      | 1993 |
| 16 | 533960614591   | Colosio Si                             | 149.6769396 | Medio    | Tradicionales      | 2006 |
| 17 | 533170201165   | Obrera                                 | 149.6952482 | Medio    | Tradicionales      | 2016 |
| 18 | 535100800846   | Benito Juárez                          | 150.6951926 | Bajo     | Tipo Medio         | 2020 |
| 19 | 533091100043   | Puertas Del Sol                        | 153.3460118 | Muy bajo | Residenciales      | 1994 |
| 20 | 533180404030   | Lomas del Ébano, Benjamín Cervantes    | 148.590215  | Medio    | Populares          | 2009 |
| 21 | 533971102436   | Fraccionamiento Del Valle              | 153.8651992 | Muy bajo | Residenciales Plus | 2020 |
| 22 | 537201200488   | Francisco Pérez Col. Centro            | 151.0197576 | Bajo     | Tipo Medio         | 2014 |
| 23 | 533191007024   | Benito Juárez                          | 150.6951926 | Bajo     | Tipo Medio         | 2016 |
| 24 | 533001212514   | Prados Del Sol                         | 153.3163667 | Muy bajo | Residenciales      | 1994 |
| 25 | 533051007474   | Mangos 1                               | 152.5601138 | Muy bajo | Residenciales      | 2017 |
| 26 | 533200206485   | Buenos Aires                           | 151.3494618 | Bajo     | Tipo Medio         | 2015 |
| 27 | 533960510702   | Loma Atravesada                        | 148.6102646 | Medio    | Populares          | 2006 |
| 28 | 533151006955   | La Cima Residencial                    | 151.4369237 | Bajo     | Tipo Medio         | 2019 |
| 29 | 533940330511   | Salinas De Gortari                     | 150.77213   | Bajo     | Tipo Medio         | 1993 |
| 30 | 533141211763   | Col. Torremolinos Costa Azul           | 149.3884456 | Medio    | Tradicionales      | 2008 |
| 31 | 533010401397   | La Noria                               | 141.6837741 | Muy alto | Económica          | 2008 |
| 32 | 435210806764   | Residencial Real Del Valle             | 154.3324711 | Muy bajo | Residenciales Plus | 2020 |
| 33 | 533170802495   | Jardines De La Riviera                 | 149.0545282 | Medio    | Tradicionales      | 1995 |
| 34 | 533090601723   | Pueblo Nuevo                           | 150.6608342 | Bajo     | Tipo Medio         | 2016 |
| 35 | 533830500837   | Independencia                          | 149.7346145 | Medio    | Tradicionales      | 1990 |
| 36 | 533950724267   | Rubén Jaramillo                        | 149.0621593 | Medio    | Tradicionales      | 2009 |
| 37 | 743150111547   | Calle Israel Isla de la Piedra         | 149.3652919 | Medio    | Tradicionales      | 2010 |
| 38 | 533990206731   | Colinas Del Real                       | 152.7487531 | Muy bajo | Residenciales      | 2017 |
| 39 | 533770401028   | Rincón de Urías, Bahía Del Carmen 3406 | 148.9349282 | Medio    | Populares          | 2007 |
| 40 | 533780301609   | Villa Galaxia                          | 152.2012802 | Bajo     | Residenciales      | 2013 |
| 41 | 533 960 918 04 | Vista Del Mar                          | 151.8305916 | Bajo     | Residenciales      | 2016 |
| 42 | 533741200731   | Francisco Solís                        | 149.6477363 | Medio    | Tradicionales      | 2005 |
| 43 | 535181100401   | Benito Juárez                          | 150.6951926 | Bajo     | Tipo Medio         | 2003 |
| 44 | 533900303902   | Benito Juárez, Enrique Pérez Arce      | 150.6951926 | Bajo     | Tipo Medio         | 2005 |
| 45 | 533062063743   | Centro                                 | 151.0197576 | Bajo     | Tipo Medio         | 2016 |

|    |              |                                   |             |          |                    |      |
|----|--------------|-----------------------------------|-------------|----------|--------------------|------|
| 46 | 533010708182 | Las Misiones                      | 153.9642677 | Muy bajo | Residenciales Plus | 1995 |
| 47 |              | Campestre                         | 152.1737474 | Bajo     | Residenciales      | 2005 |
| 48 | 533140401216 | Santa Sofía                       | 153.5384073 | Muy bajo | Residenciales Plus | 1992 |
| 49 | 533170802240 | Pradera Dorada 6                  | 152.3719138 | Bajo     | Residenciales      | 2011 |
| 50 | 533021218608 | Huertos Familiares                | 152.8198773 | Muy bajo | Residenciales      | 2005 |
| 51 | 533050810524 | Santa Sofía                       | 153.5384073 | Muy bajo | Residenciales Plus | 2017 |
| 52 | 533200908553 | Rincón De Urías                   | 148.9349282 | Medio    | Populares          | 1991 |
| 53 | 535150800685 | Ejidal                            | 147.3235844 | Medio    | Económica          | 1990 |
| 54 | 533110405128 | Loma Bonita                       | 146.2769698 | Alto     | Económica          | 1994 |
| 55 | 533820801804 | Salvador Allende                  | 149.3660443 | Medio    | Tradicionales      | 2005 |
| 56 | 535181100401 | Anáhuac, Margarita Maza De Juárez | 151.6749694 | Bajo     | Tipo Medio         | 2016 |
| 57 | 503948382929 | Villa Florida                     | 150.7481887 | Bajo     | Tipo Medio         | 2000 |
| 58 | 533970514382 | Sábalo Country                    | 154.0632883 | Muy bajo | Residenciales Plus | 2015 |
| 59 | 533781000041 | Lázaro Cárdenas                   | 152.1327932 | Bajo     | Residenciales      | 2007 |
| 60 |              | Colinas Del Real                  | 152.7487531 | Muy bajo | Residenciales      | 2020 |
| 61 | 533151204773 | Vista Del Mar                     | 153.5154407 | Muy bajo | Residenciales Plus | 1991 |
| 62 | 533780700813 | Ramón F. Iturbe                   | 149.9997824 | Bajo     | Tradicionales      | 1990 |
| 63 | 533110102524 | Ricardo Flores Magón              | 148.5889627 | Medio    | Populares          | 2011 |
| 64 | 535190100040 | Ranchitos                         | 141.6837741 | Muy alto | Económica          | 2007 |
| 65 | 533110112525 | Villa Galaxia                     | 152.2012802 | Bajo     | Residenciales      | 1993 |
| 66 | 533960821813 | Bosques Del Arroyo                | 150.894613  | Bajo     | Tipo Medio         | 2012 |
| 67 | 533010412801 | Francisco Villa                   | 150.0965693 | Bajo     | Tradicionales      | 1994 |
| 68 | 533770100711 | Benito Juárez                     | 150.6951926 | Bajo     | Tipo Medio         | 1993 |
| 69 | 533840801151 | Montuosa                          | 149.5381501 | Medio    | Tradicionales      | 1990 |
| 70 | 533100703813 | Real Pacífico                     | 154.1620225 | Muy bajo | Residenciales Plus | 2003 |
| 71 | 533100703813 | Real Pacifico                     | 154.1620225 | Muy bajo | Residenciales Plus | 2016 |
| 72 |              | Constitución                      | 150.1225158 | Bajo     | Tradicionales      | 2011 |
| 73 | 533030702113 | Lucio Valverde                    | 147.6302938 | Medio    | Económica          | 2015 |
| 74 | 533970612325 | Montuosa                          | 149.5381501 | Medio    | Tradicionales      | 1995 |
| 75 | 533100703813 | Nuevo Milenio                     | 149.4621628 | Medio    | Tradicionales      | 2000 |
| 76 | 533821203676 | Francisco I Madero                | 146.8315524 | Alto     | Económica          | 2008 |
| 77 | 533940640952 | Salinas "Lomas De San Jorge"      | 151.8305916 | Bajo     | Residenciales      | 2003 |
| 78 | 533030503447 | Valle Bonito                      | 152.0356027 | Bajo     | Residenciales      | 2020 |
| 79 | 535190100040 | Anáhuac, Margarita M De Juárez    | 151.6749694 | Bajo     | Tipo Medio         | 2010 |
| 80 | 533030707981 | Av. Maple 6807 Terranova          | 151.7502469 | Bajo     | Tipo Medio         | 2007 |
| 81 | 533190107602 | Jacarandas                        | 152.2834786 | Bajo     | Residenciales      | 2000 |

|     |              |  |             |          |                    |      |
|-----|--------------|--|-------------|----------|--------------------|------|
| 82  | 533000911150 | Ex-Hacienda Del Conchi                     | 149.0808472 | Medio    | Tradicionales      | 1996 |
| 83  | 533010111861 | Villas Del Rey                             | 153.9756858 | Muy bajo | Residenciales Plus | 2011 |
| 84  | 533100709072 | Urbivilla Del Real                         | 151.8470773 | Bajo     | Residenciales      | 2006 |
| 85  | 533111000164 | Real Del Valle                             | 154.0323382 | Muy bajo | Residenciales Plus | 2020 |
| 86  | 535981200722 | Josefa Ortiz, Concordia                    | 150.8421317 | Bajo     | Tipo Medio         | 2015 |
| 87  | 533781201551 | Sánchez Celis                              | 150.6879334 | Bajo     | Tipo Medio         | 2002 |
| 88  | 533820401733 | Av. Del Delfín                             | 151.7502469 | Bajo     | Tipo Medio         | 2010 |
| 89  | 533151100731 | Fraccionamiento La Cima, De La Cresta      | 153.1774569 | Muy bajo | Residenciales      | 2006 |
| 90  | 535181000202 | Juárez, Constitución                       | 149.4491216 | Medio    | Tradicionales      | 1999 |
| 91  | 535190100660 | El Roble, Mazatlán, Sin.                   | 150.7481887 | Bajo     | Tipo Medio         | 2018 |
| 92  | 533101002169 | Fraccionamiento Privanzas                  | 153.1774569 | Muy bajo | Residenciales      | 2006 |
| 93  | 533131200402 | Fraccionamiento Del Bosque                 | 153.1774569 | Muy bajo | Residenciales      | 2014 |
| 94  | 533200301674 | Residencial Real Del Valle                 | 154.3324711 | Muy bajo | Residenciales Plus | 2020 |
| 95  | 533791101121 | Fovissste Playa Azul, Calle Seis           | 153.1774569 | Muy bajo | Residenciales      | 2005 |
| 96  | 533060511355 | Paseo Alameda II                           | 152.6778834 | Muy bajo | Residenciales      | 2007 |
| 97  | 533010600373 | Villa Satélite, Calle Humboldt             | 152.7673511 | Muy bajo | Residenciales      | 2015 |
| 98  |              | Calle De Los Escudos                       | 153.3542784 | Muy bajo | Residenciales      | 2013 |
| 99  | 533010705264 | Fracc. Misiones                            | 153.1774569 | Muy bajo | Residenciales      | 1992 |
| 100 |              | Lázaro Cárdenas                            | 152.1327932 | Bajo     | Residenciales      | 2007 |
| 101 | 533990208300 | Rincón De Urías                            | 148.9349282 | Medio    | Populares          | 1998 |
| 102 | 536011200459 | Presidentes                                | 148.9769946 | Medio    | Populares          | 2011 |
| 103 | 533110502280 | Lomas De San Jorge                         | 152.2680111 | Bajo     | Residenciales      | 2017 |
| 104 | 533170310941 | Real Pacifico                              | 154.1620225 | Muy bajo | Residenciales Plus | 2016 |
| 105 | 533010802294 | Colinas Del Real                           | 152.7487531 | Muy bajo | Residenciales      | 1996 |
| 106 | 533770617861 | Montuosa                                   | 149.5381501 | Medio    | Tradicionales      | 2015 |
| 107 | 533051013768 | Av. Jabalíes<br>Fraccionamiento Los Olivos | 151.7502469 | Bajo     | Tipo Medio         | 2016 |
| 108 | 533010806834 | Vista Del Mar                              | 153.5154407 | Muy bajo | Residenciales Plus | 1990 |
| 109 | 533100207999 | Residencial Real Del Valle                 | 154.3324711 | Muy bajo | Residenciales Plus | 2020 |
| 110 | 533960201408 | Salvador Allende                           | 149.3660443 | Medio    | Tradicionales      | 2001 |
| 111 |              | Pradera Dorada                             | 152.3719138 | Bajo     | Residenciales      | 2010 |
| 112 |              | Felicidad                                  | 148.9475192 | Medio    | Populares          | 1990 |
| 113 | 533070806787 | Nuevo Cajeme                               | 151.3879083 | Bajo     | Tipo Medio         | 2014 |
| 114 | 533100300921 | Pradera Dorada                             | 152.3719138 | Bajo     | Residenciales      | 2005 |

|     |              |                                |             |          |                    |      |
|-----|--------------|--------------------------------|-------------|----------|--------------------|------|
| 115 | 534790800359 | Villa Florida, Miramar         | 150.7481887 | Bajo     | Tipo Medio         | 1994 |
| 116 | 533181205537 | Fuentes Del Valle              | 153.1093847 | Muy bajo | Residenciales      | 2020 |
| 117 | 533100608756 | Real Pacífico                  | 154.1620225 | Muy bajo | Residenciales Plus | 2007 |
| 118 | 533881101732 | El Cid                         | 153.9688417 | Muy bajo | Residenciales Plus | 2015 |
| 119 | 533721000719 | Benito Juárez                  | 150.6951926 | Bajo     | Tipo Medio         | 1991 |
| 120 | 533970214257 | Mirasol                        | 149.5184546 | Medio    | Tradicionales      | 2010 |
| 121 | 533970214257 | Mirasol                        | 149.5184546 | Medio    | Tradicionales      | 2006 |
| 122 | 533850401789 | Francisco Villa                | 150.0965693 | Bajo     | Tradicionales      | 2012 |
| 123 | 535760200337 | El Vainillo                    | 141.6837741 | Muy alto | Económica          | 1998 |
| 124 | 533111103401 | El Dorado                      | 153.8456418 | Muy bajo | Residenciales Plus | 2005 |
| 125 | 533880901221 | Francisco Villa                | 150.0965693 | Bajo     | Tradicionales      | 2003 |
| 126 | 533980802955 | Sábalo Country                 | 154.0632883 | Muy bajo | Residenciales Plus | 1992 |
| 127 | 533230604621 | Villa Galaxia                  | 152.2012802 | Bajo     | Residenciales      | 1995 |
| 128 | 533180802817 | Residencial Real Del Valle     | 154.3324711 | Muy bajo | Residenciales Plus | 2020 |
| 129 | 533161104090 | Burócrata                      | 153.3542784 | Muy bajo | Residenciales      | 2005 |
| 130 | 533960408266 | Infonavit Playas               | 152.1403596 | Bajo     | Residenciales      | 2005 |
| 131 | 533890803898 | Los Portales                   | 153.9658312 | Muy bajo | Residenciales Plus | 2011 |
| 132 | 534790800359 | Villa Florida, Miramar         | 150.7481887 | Bajo     | Tipo Medio         | 1990 |
| 133 | 547910700331 | El Bledal                      | 141.6837741 | Muy alto | Económica          | 2017 |
| 134 | 555111104416 | Las Bellotas                   | 141.6837741 | Muy alto | Económica          | 1999 |
| 135 | 533121207131 | Hacienda Del Seminario         | 154.5262711 | Muy bajo | Residenciales Plus | 2020 |
| 136 | 533060204231 | Torres molinos                 | 153.3362283 | Muy bajo | Residenciales      | 2010 |
| 137 | 533930215873 | Lomas Del Mar                  | 152.0190758 | Bajo     | Residenciales      | 1990 |
| 138 | 533950813758 | Emiliano Zapata                | 151.8030628 | Bajo     | Residenciales      | 2012 |
| 139 | 533050302677 | Valle Bonito, Valle Del Venado | 152.0356027 | Bajo     | Residenciales      | 2020 |
| 140 | 533221003690 | Centro                         | 151.0197576 | Bajo     | Tipo Medio         | 2003 |

**Fuente:** Elaboración propia, Datos: Encuesta.

Dentro de los principales datos obtenidos de la encuesta, se solicitó el número de CFE, con la finalidad de conocer el historial de consumo energético, además de la ubicación del inmueble (entre otros datos), como se muestra en la Tabla 2.5.

La Figura 2.15 presenta un mapa detallado que ilustra la localización de las encuestas realizadas en la ciudad de Mazatlán. Cada punto de la encuesta está marcado con un círculo rojo, que indica las colonias específicas donde se ha recopilado información.

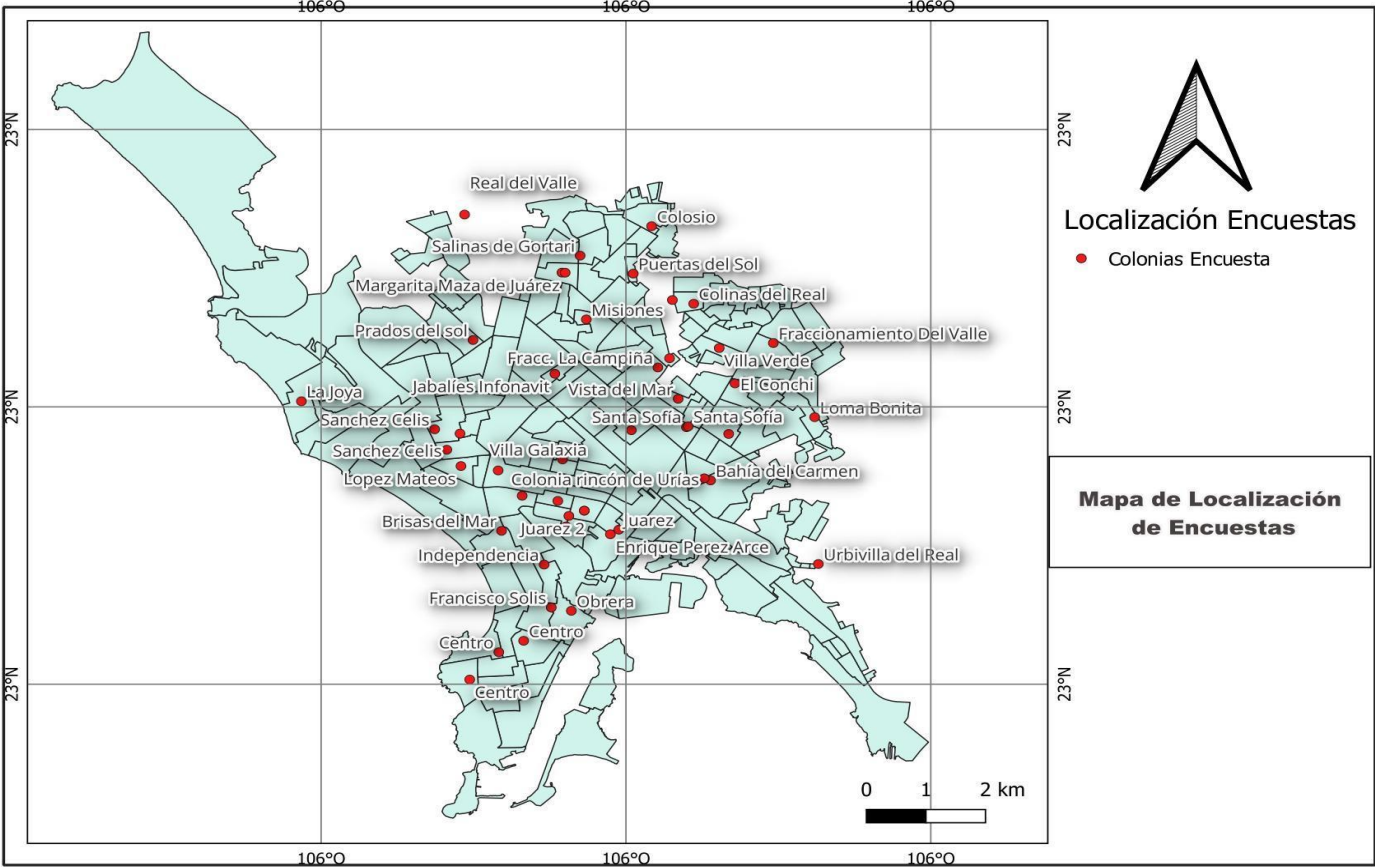
Este mapa ofrece una visión clara de la distribución espacial de las encuestas, con una concentración notable en varias áreas que sugiere una metodología sistemática y geográficamente diversa en la recolección de datos, sin embargo, existen zonas donde no se realizaron encuestas, estas zonas corresponden a zonas poco pobladas o despobladas, o bien zonas donde las construcciones que prevalecen son hoteles dedicados al turismo.

Las colonias están etiquetadas permitiendo la identificación de los sitios específicos como Real del Valle, Salinas de Gortari, Prados del Sol, entre otros.

Con una escala proporcionada en kilómetros en la parte inferior del mapa, se facilita la comprensión de la extensión de cada área encuestada. En su conjunto, la Figura 2.15 es útil para visualizar el alcance y la cobertura del estudio estadístico dentro del contexto urbano de la ciudad de Mazatlán.

**Figura 2.15**

*Localización de las encuestas realizadas en la ciudad de Mazatlán.*



**Fuente:** Elaboración propia, datos de la encuesta.

## **Capítulo 3. Procesamiento y análisis de la información recolectada.**

### **3.1 Generación de informe.**

El siguiente paso es realizar el procesamiento y análisis de la información obtenida. Los datos obtenidos mediante la herramienta formularios de Google son exportados a una hoja de cálculo para su posterior análisis. Consecuentemente, se pueden utilizar diferentes herramientas y técnicas estadísticas para visualizar los patrones de consumo energético, en este caso se realizaron gráficas que muestran los resultados de la encuesta.

Posteriormente se analizan las respuestas a cada uno de los cuestionamientos formulados en la encuesta de eficiencia energética de esta manera se observan las variables que tienen un mayor impacto en dicho consumo energético en la edificación destinada a uso residencial.

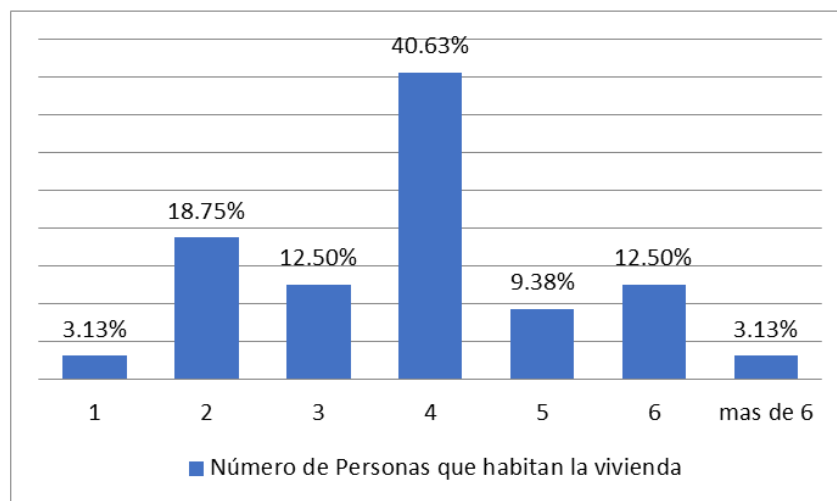
La generación de informes es una parte significativa en el estudio del consumo energético en las edificaciones residenciales de la ciudad de Mazatlán, ya que permite una mejor comprensión de los patrones de consumo eléctrico en la población estudiada, así mismo se observa una homologación entre los datos obtenidos producto de la encuesta aplicada y los datos obtenidos de la encuesta a nivel nacional denominada Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares (ENCEVI), lo que constituye un acierto, ya que se avala la confiabilidad de los resultados

### **3.2 Número de personas que habitan el inmueble.**

Como se observa en la Figura 3.1, el tamaño promedio de las familias en la ciudad de Mazatlán es de cuatro personas, siendo poco común encontrar hogares ocupados por solo una persona o por más de 6.

### Figura 3.1

Resultados obtenidos del cuestionario aplicado, número de personas que habitan dentro de la vivienda.



**Fuente:** Elaboración propia, Datos obtenidos de la encuesta.

Esta información es relevante al discutir la dimensión social del concepto de vivienda, ya que la capacidad de una vivienda para acomodar y satisfacer las necesidades de sus ocupantes es un aspecto crítico de la habitabilidad. Además, el tamaño de una familia puede influir significativamente en el costo de la vivienda y la disponibilidad de opciones habitables que satisfagan las necesidades de la comunidad.

Este ejemplo representa de manera global y muy certera las opiniones de la muestra en general y ofrece una buena representación de las respuestas obtenidas en cuanto a los diferentes tipos de ocupantes de viviendas en la ciudad de Mazatlán. Es importante señalar que las rutinas de los moradores varían significativamente según la edad, el estado civil y otras variables demográficas. En particular, muchos de los encuestados eran jóvenes casados donde ambos trabajan y tienen hijos, lo que significa que su rutina diaria se rige por una serie de horarios estrictos que deben respetar, por lo general los matrimonios jóvenes en los que ambos



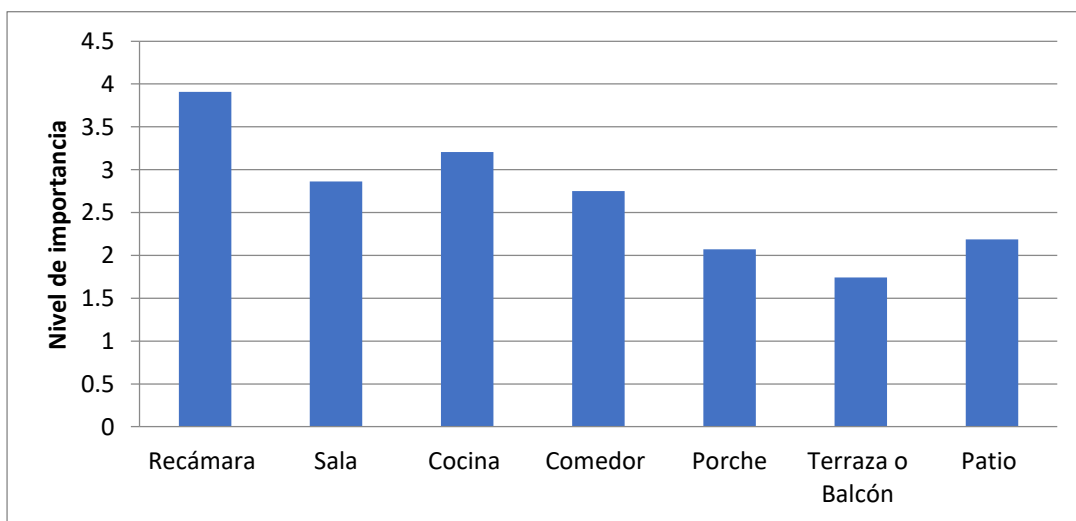
cónyuges trabajan, requieren viviendas seguras y cómodas para descansar después de una larga jornada laboral. Por otro lado, se encuentran personas mayores, muchas veces jubiladas, que buscan viviendas que satisfagan sus necesidades de accesibilidad y seguridad. Además, los extranjeros que residen en la ciudad de Mazatlán también representan una parte significativa de la población ocupante de viviendas, lo que resalta la importancia de tener en cuenta las necesidades culturales y socioeconómicas de una comunidad diversa en los diseños habitacionales.

Los últimos enunciados del cuestionario representan una parte esencial, para la construcción del modelo de inferencia borrosa, con el fin de homologar las respuestas, además de los datos obtenidos por la entrevista, se incorporan los datos obtenidos por la encuesta. Esta homologación nos permite una mayor fiabilidad en los resultados.

En la Figura 3.2, se describe el nivel de importancia que los moradores le asignan a cada uno de los espacios, dentro del inmueble.

**Figura 3.2.**

*Nivel de Importancia asociado a cada espacio.*



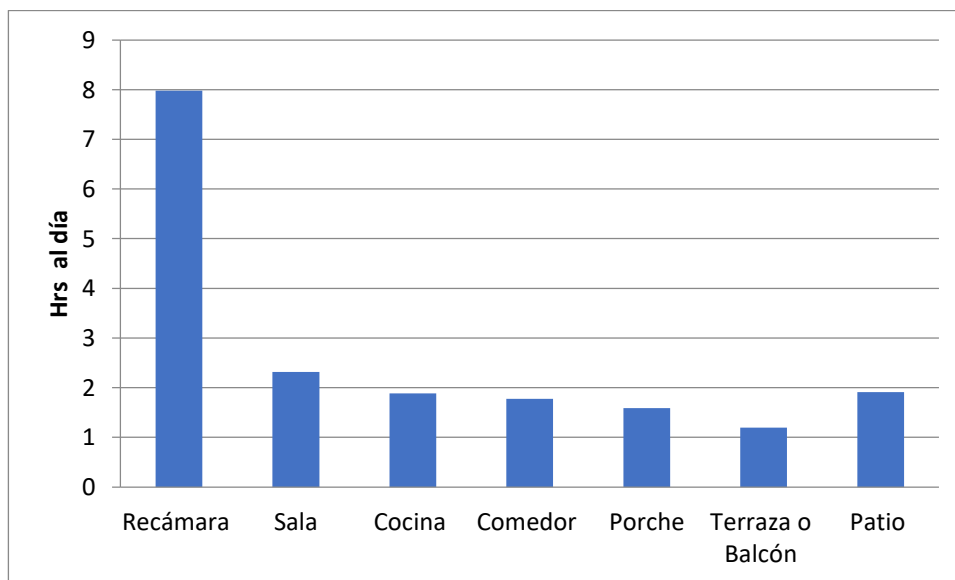
**Fuente:** Elaboración propia con datos de la encuesta.

A medida que se profundiza en la investigación, se establece que al analizar la vivienda en la dimensión social, es importante analizar los datos recopilados sobre el nivel de inclinación relacionado con los espacios habitables dentro del hogar. En la encuesta reveló información importante sobre el tiempo promedio que los residentes pasan en cada área de sus hogares (Figura 3.3), así como el nivel de importancia que le dan a cada espacio (Figura 3.2). Al comprender estos patrones, se puede realizar un juicio más profundo de cómo los residentes utilizan sus espacios habitables y qué priorizan cuando se trata de necesidades de vivienda.

En la Figura 3.2 se observan los niveles de importancia asociados a cada espacio que conforma la vivienda así mismo en la Figura 3.3 se esquematiza dentro de la gráfica de barras las horas de permanencia asociadas a cada espacio en la vivienda.

### **Figura 3.3**

*Promedio de horas de permanencia al día.*



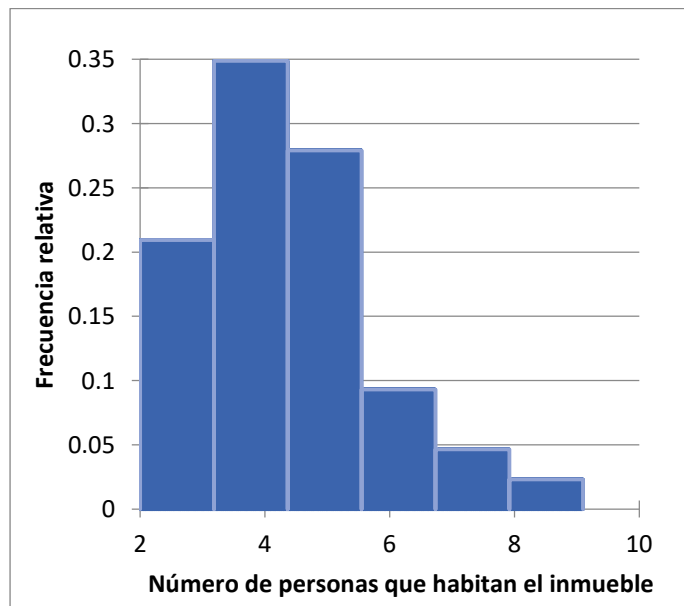
**Fuente:** Elaboración propia con datos de la encuesta.

La ciudad de Mazatlán alberga comunidades diversas, todas con sus hábitos únicos de consumo de energía, de manera que se utiliza el cuestionario como instrumento de recolección de información con el propósito de comprender mejor el consumo de energía de los hogares de la zona. Los resultados de esta encuesta brindan información crucial sobre las tendencias de consumo de energía del área y pueden informar decisiones políticas futuras.

En la gráfica de la Figura 3.4 se puede observar que la mayoría de las viviendas en la ciudad de Mazatlán son habitadas por 4 individuos. Esto es importante porque nos permite considerar cómo los cambios en la estructura familiar afectan los requisitos básicos de la vivienda. Además, esto muestra que la mayoría de las viviendas tienen al menos 2 dormitorios, lo que sugiere que una casa debe tener al menos 2 espacios habitacionales para ser considerada adecuada.

**Figura 3.4**

*Número de personas que habitan el inmueble.*

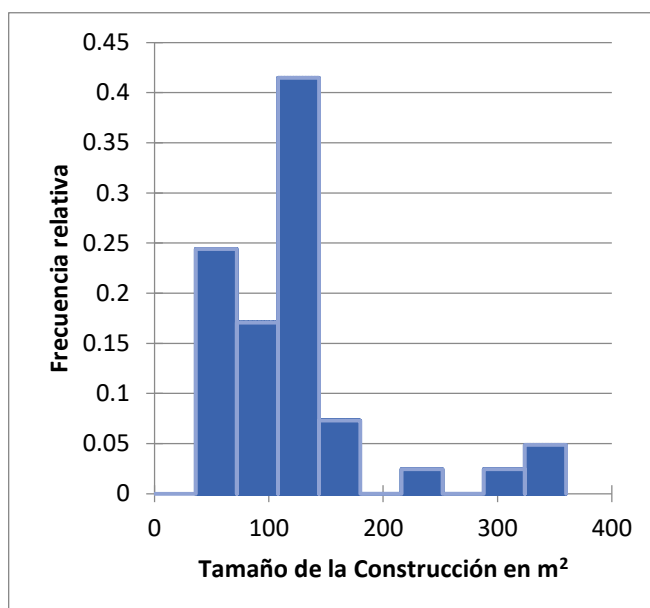


**Fuente:** Elaboración propia.

Considerando la importancia del espacio adecuado en la vivienda, es crucial analizar los datos obtenidos de la encuesta sobre el tamaño de la propiedad. Según los resultados obtenidos en el cuestionario, el tamaño promedio de una vivienda es de 125 m<sup>2</sup> Figura 3.5, lo que incluye construcciones adicionales. Esta información proporciona una idea de los requisitos mínimos para los espacios habitables, lo que garantiza que una familia de cuatro esté bien acomodada y cómoda. Sin embargo, es importante tener en cuenta que este tamaño promedio puede variar según otros factores, como la ubicación, el estilo de vida y la composición familiar.

**Figura 3.5**

*Tamaño de la construcción en m<sup>2</sup>.*



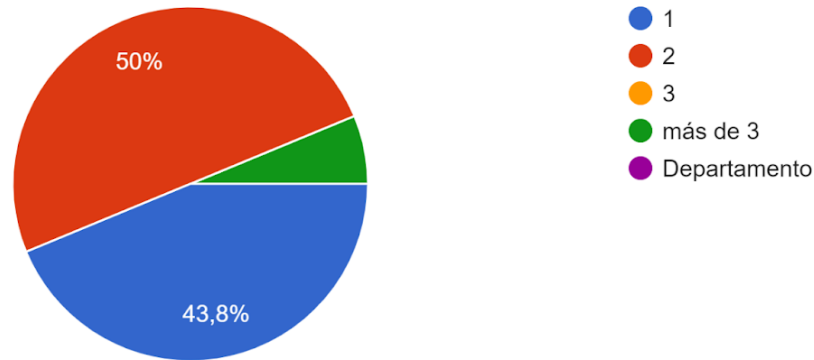
**Fuente:** Elaboración propia datos de la encuesta.

Registrar el número de pisos en un edificio es otro factor importante para considerar cuando se evalúa la vivienda. Según lo indicado por los resultados de la encuesta, al menos el

50 % de los encuestados informaron que vivían en edificaciones de dos pisos, mientras que el 43,8 % vivían en edificaciones de un solo piso. Esta información se detalla en la Figura 3.6.

### Figura 3.6

*Número de Niveles.*



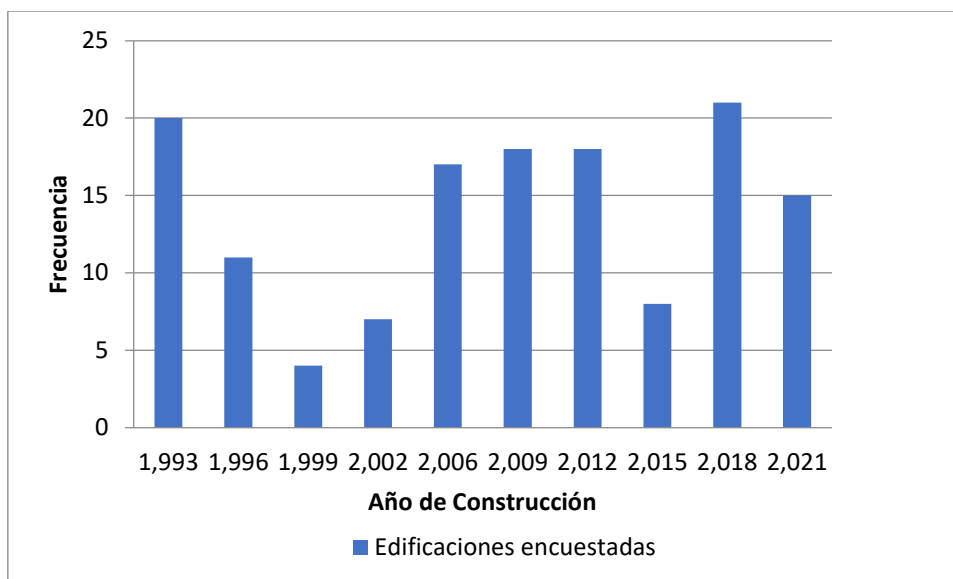
**Fuente:** Elaboración propia.

El año de construcción de las viviendas en Mazatlán es otro factor importante a considerar cuando se analizan los requisitos para una vivienda adecuada. Según los datos de la encuesta, la mayoría de las construcciones tienen menos de 52 años.

Esta información destaca como la población registra una tendencia encaminada a la renovación y modernización de casas antiguas. Es importante considerar cómo los factores socioeconómicos, como el acceso a financiamiento y subsidios gubernamentales, influyen en la capacidad de los propietarios de viviendas para invertir en mejoras. En la Figura 3.7, se muestra la distribución por edad de la vivienda.

**Figura 3.7.**

*Año de Construcción de la Vivienda*



**Fuente:** Elaboración propia.

Las encuestas realizadas a las construcciones que no estaban contenidas en el periodo de estudio se descartan y se conservan solo las construcciones contenidas dentro del periodo de 1990-2023, obteniéndose la distribución de la figura 3.7.

Con los datos obtenidos de la encuesta, podemos establecer una descripción general de la vivienda en la ciudad de Mazatlán. La mayoría de las viviendas son habitadas por cuatro personas y tienen al menos dos dormitorios.

El tamaño promedio de las casas es de 125m<sup>2</sup>, lo que incluye construcciones adicionales. Además, la mayoría de las construcciones se realizaron en los últimos 52 años, lo que sugiere que muchas de ellas pueden tener características modernas y eficientes en cuanto a energía.

### **3.4 Análisis de los datos obtenidos, por medio de sistemas de inferencia borrosa (*Fuzzy Inference System, FIS*).**

En línea con la propuesta presentada en párrafos anteriores, los sistemas de inferencia borrosa pueden ser aplicados para calcular el impacto de la tendencia a permanecer en ciertos sectores de la vivienda. Para ello, se pueden utilizar datos relevantes como el tiempo promedio que los residentes pasan en cada espacio de su hogar y el nivel de importancia que le dan a cada área. Estos sistemas permiten analizar datos subjetivos y no cuantificables, como las emociones y sentimientos de los habitantes de una vivienda, para obtener resultados más precisos en la evaluación de la eficiencia energética.

La propuesta de un indicador de evaluación para la edificación destinada a uso residencial, que tenga en cuenta la preferencia de los habitantes por permanecer en ciertas zonas del espacio habitable, puede ser una herramienta muy útil para la toma de decisiones en la gestión de recursos energéticos. De esta manera, se pueden desarrollar estrategias personalizadas para cada hogar, basadas en indicadores claros y precisos, y que contribuyan a una gestión más sostenible de recursos energéticos en la ciudad de Mazatlán.

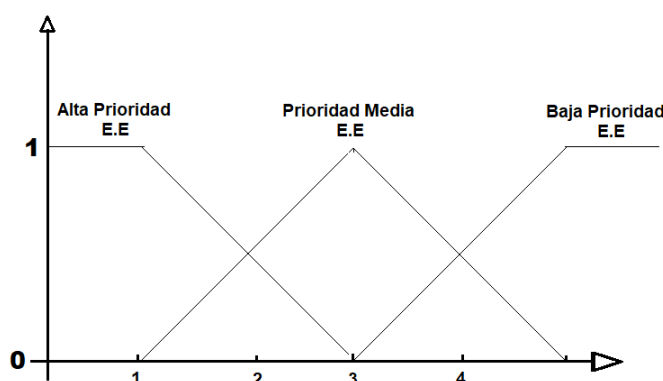
Con el fin de inferir las variables relacionadas con el consumo energético, es necesario definir un intervalo válido y operativo, y luego dividirlo por funciones de pertenencia identificadas por  $\mu(x)$ , con  $x$  representando la variable de interés, la cual previamente se ha definido en su rango de valor.

Este enfoque permite una definición precisa de las variables y una identificación clara de los puntos críticos de consumo energético en una vivienda. Al hacer esto, podemos crear soluciones personalizadas para reducir el consumo en esos puntos críticos (espacios habitacionales de mayor uso).

Las ecuaciones de pertenencia muestran la manera en que, por ejemplo, la variable Nivel de Prioridad de Eficiencia Energética (NPEE), corresponden con valores medibles de nivel de preferencia y horas de permanencia, de esta manera puede notarse que estas expresiones son tres funciones de pertenencia, cuya forma es trapezoidal y triangular (Figura 3.8).

### Figura 3.8

*Variables de pertenencia para la variable Nivel de Prioridad de Eficiencia Energética (NPEE).*



**Fuente:** Elaboración propia.

En esta parte de la investigación se centra la atención en mostrar las reglas difusas, “sí, y entonces” este tipo de reglas se basa en reglas heurísticas de la forma si (antecedente) entonces (consecuente), y se establece como el núcleo de dentro de muchas operaciones relacionadas con la lógica difusa.

Siempre son de esta forma de sí “x” es A entonces “y” es B, donde se observa una relación entre sí. Esa es la estructura de una regla Sí- Entonces dónde ambas son variables lingüísticas a y b, son términos lingüísticos.

De este modo se hace necesario tener una manera de interpretar, estas reglas difusas y entonces de manera matemática, existen dos posibles interpretaciones matemáticas para esta



regla general, puede explicarse como: Sí entonces C es una relación difusa formada por el producto cartesiano entre el conjunto a y el conjunto b y la otra es usando implicación difusa, dónde A implica a B las dos tienen significados distintos, las dos son interpretaciones distintas.

De esta manera se evalúa la función de membresía para la regla propuesta usada para las variables de nivel de preferencia y horas de permanencia:

Nivel alto de importancia  $\rightarrow \mu_A = \text{sigmf}(x; 0.5, 5)$  x [0,5] la importancia que cada persona establece sobre el espacio

Horas de permanencia  $\rightarrow \mu_B = \text{sigmf}(y; 0.5, 10)$  y [0,10] número de horas en el espacio habitacional

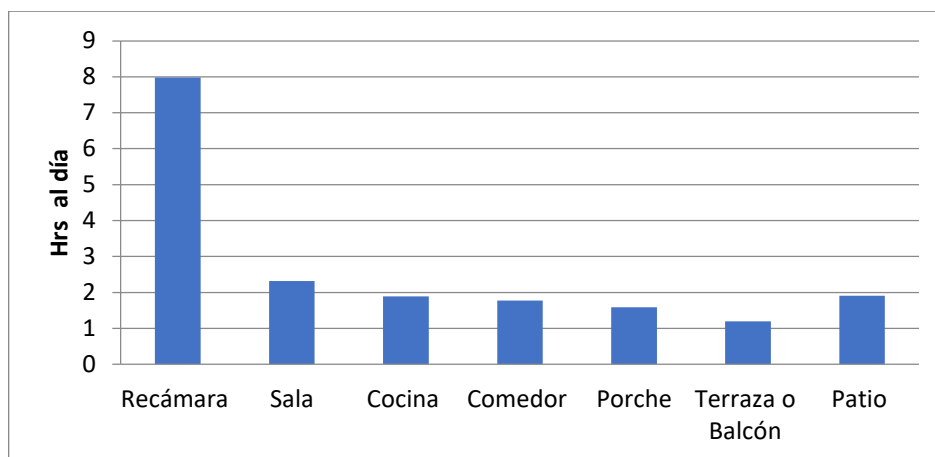
La implicación lógica para estas reglas corresponde a la sentencia “si se tiene un nivel alto de preferencia con determinado espacio habitacional y se tiene altas horas de permanencia dentro del espacio, entonces el espacio requiere de una prioridad alta de Eficiencia Energética (E.E.). Considerando que los valores lingüísticos “alto nivel de preferencia” y “horas de permanencia” están definidos por el universo discurso “Prioridad de EE”

El valor lingüístico “Nivel de preferencia” está relacionado con una función de membresía A que corresponde a una sigmoide abierta por la derecha que está centrada en 2 unidades es decir un individuo que expresa un nivel de preferencia mayor a 2 va a tener una pertenencia mayor a este conjunto A, en cuanto la variable B “Horas de Permanencia” el término lingüístico está definido por una sigmoide abierta por la derecha y está centrada en 4 lo que corresponde a altas horas de permanencia, la variable expresada con un valor mayor a 4 obtendrá una mayor pertenencia a este término lingüístico.

En la Figura 3.9 y Figura 3.10 se muestra la frecuencia relativa para la variable horas de permanencia y nivel de importancia.

**Figura 3.9**

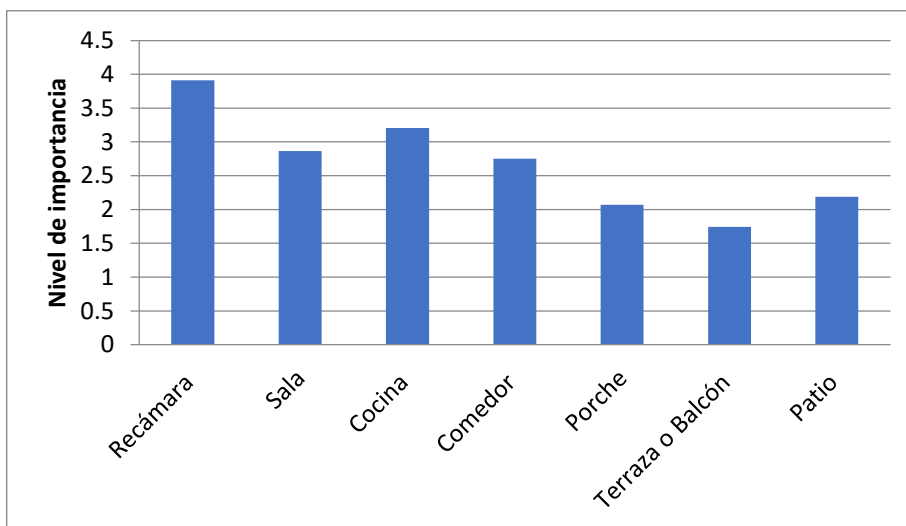
*Horas de permanencia al día.*



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 3.10**

*Nivel de importancia.*



**Fuente:** Elaboración propia.

Para analizar los conjuntos difusos A y B se genera un código en *Matlab* donde se declara el universo de discurso para X. Después declara la función de membresía para el conjunto A y B que corresponde a una sigmoide luego, el producto cartesiano que se hace a través de dos cifras siendo un barrido en Excel y se hace a través de la operación para almacenar el valor de membresía en  $\mu$ , lo cual se usa para graficar con las dos últimas líneas del código.

Finalmente se computa la implicación difusa, para realizar nuevamente un barrido entre x y y, Pero en esta ocasión al calcular esta implicación, se obtiene el máximo entre el valor complemento de la función de membresía de a y b. Lo que se almacena en  $\mu$  otra vez.

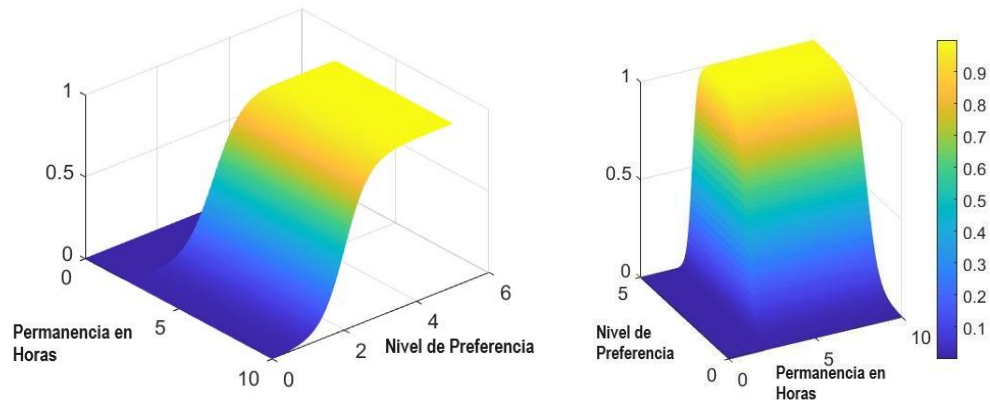
El gráfico es el resultado del cálculo entre los conjuntos difusos de esta manera se termina la explicación respecto a la declaración de variables y a la operación de reglas difusas y entonces cómo ver es un concepto bastante sencillo de entender.

Con estos datos lo que se hace es computar tanto la relación usada proveniente del producto cartesiano a b. Qué es la implicación del conjunto a implica a B lo que se muestra a continuación es el código de *Matlab* utilizado para establecer la relación difusa A x B

El resultado del cálculo normalmente representa la relación mediante una superficie, lo que se observa en la Figura 3.11.

**Figura 3.11**

*Cálculo del producto del Conjunto Difuso A Por el Conjunto Difuso B.*



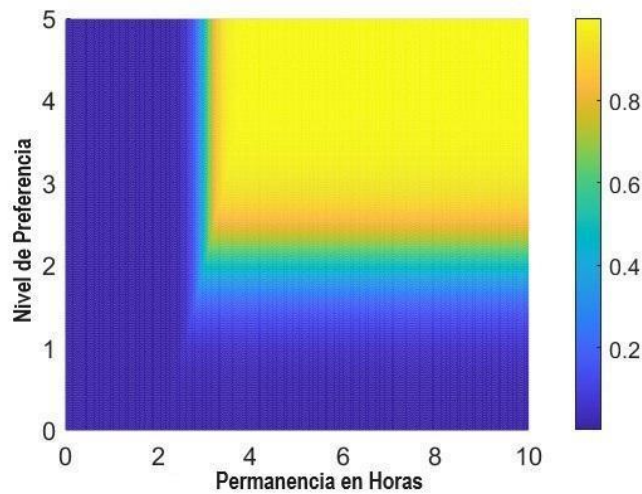
**Fuente:** Elaboración propia.

De manera que lo que se observa es la matriz que genera el producto  $A \times B$ . En dónde tenemos las horas de permanencia como la ordenada y el nivel de preferencia como la abscisa. Obsérvese que los colores amarillos representan la mayor membresía de las relaciones de los conjuntos difusos, mientras que en el color azul profundo representa la menor relación, de manera que los colores intermedios entre estos dos niveles representan valores entre 0 y 1, qué es lo que representa esta relación difusa, como la intensidad de la causalidad entre  $a$  y  $b$ .

El producto cartesiano de dos conjuntos difusos mide la relación entre el antecedente de las reglas, de manera que el resultado para la implicación difusa es la superficie que genera, en la Figura 3.12 se muestra en escala poli-cromática la pertenencia a el nivel de preferencia por el espacio analizado.

### Figura 3.12

*Nivel de preferencia en escala poli-cromática.*



**Fuente:** Elaboración propia.

La propuesta de utilizar la preferencia por el espacio como medida de influencia en el consumo energético en edificaciones residenciales puede ser muy ventajosa. Al considerar conceptos socioculturales como las preferencias dentro de los diferentes espacios habitacionales, es posible entender mejor los patrones de consumo energético en los hogares de la ciudad de Mazatlán.

Una vez que se calcula el producto del conjunto difuso, con la ecuación de la superficie es posible evaluar el nivel de preferencia para cada uno de los espacios arquitectónicos que conforman la vivienda como se muestra en la Figura 3.13, en la gráfica se establece el nivel de preferencia para diferentes niveles de consumo energético.

El gráfico de la Figura 3.13 proporciona una representación visual de las preferencias por los diferentes espacios habitacionales en viviendas categorizadas por su consumo de energía y uso de aire acondicionado. Se destaca particularmente que las viviendas con bajo

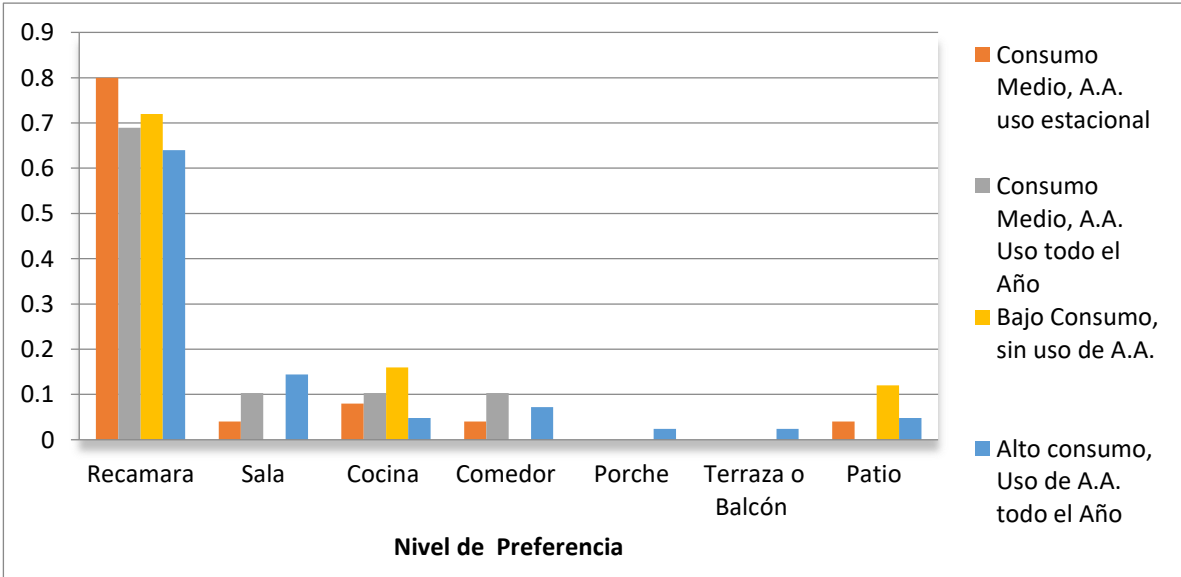
consumo energético, que no utilizan aire acondicionado, exhiben un nivel de preferencia de cero para espacios como la sala y la terraza o balcón, lo que indica que estas viviendas carecen de dichos espacios.

Este detalle es significativo, ya que sugiere que las viviendas sin aire acondicionado no solo consumen menos energía, sino que también son de menor tamaño, lo que se refleja en la ausencia de ciertos espacios habituales en las edificaciones más grandes.

Las viviendas con consumos medio y alto de energía, y que utilizan aire acondicionado bien sea de manera estacional o durante todo el año, muestran niveles de preferencia más elevados en casi todos los espacios, incluyendo la sala y la terraza o balcón. Esto refuerza la idea de que estas viviendas son más grandes y cuentan con una variedad más amplia de espacios habitacionales, lo cual puede correlacionarse con un mayor uso de sistemas de climatización.

**Figura 3.13**

*Cálculo de la relación del nivel de preferencia con el consumo energético.*



**Fuente:** Elaboración propia.

El gráfico de la Figura 3.13 indica que la disponibilidad de ciertos espacios en el hogar, como la sala y la terraza, está directamente relacionada con el uso de aire acondicionado y, por implicación, con el tamaño de la vivienda. En las casas con bajo consumo de energía y sin aire acondicionado, la ausencia de sala y terraza es notable y alinea con la tendencia de que estas viviendas poseen menos espacios habitacionales en general.

### **3.5 Análisis e identificación de los diferentes patrones de consumo energético.**

Para obtener una mejor comprensión del uso y consumo de energía en las diferentes AGEBS, es importante examinar los usos finales de energía en cada área, así como los sistemas específicos que utilizan las poblaciones en estas áreas. Al analizar la correlación entre el uso estacional de energía en las edificaciones destinadas a uso residencial en la ciudad de Mazatlán y su efecto en los gastos, puede ser posible identificar tendencias e implementar estrategias de administración de energía más efectivas. Además, esta información se puede utilizar para orientar políticas públicas y promover prácticas energéticas sostenibles a nivel regional. Es de esta manera, mediante el análisis exhaustivo de estos factores, será posible desarrollar estrategias eficaces de gestión de la energía que puedan ayudar a reducir los costos y promover el uso sostenible de la energía.

### **3.6 . Categorización de la vivienda con base en los diferentes patrones de consumo de energía.**

En el procesamiento de los datos obtenidos de la encuesta, se realizó una categorización con la finalidad de agrupar viviendas con similares características de consumo. Como se mencionó anteriormente, la mayoría de las viviendas en la ciudad de Mazatlán se construyeron en los últimos 52 años, y muchas de ellas posiblemente cuentan con una construcción moderna o que ahorra energía. Sin embargo, puede ser necesario realizar más análisis y evaluaciones

para determinar cómo estos factores influyen en el consumo de energía y la eficiencia de los edificios residenciales en diferentes áreas de la ciudad.

La categorización de los datos se realiza con el fin de agrupar viviendas con características de consumo similares, en este sentido el factor de agrupación fue referenciado en base al consumo de energéticos y su relación con el uso de aire acondicionado, a partir de la temporalidad en el consumo, la cantidad de kilowatts- hora usados y el espacio al que fue asignado el mayor consumo, las categorías que se identifican en este apartado corresponden a:

- Bajo consumo Energético sin uso de Aire Acondicionado,
- Consumo Medio con uso de Aire Acondicionado Estacional,
- Consumo Medio Con uso de Aire Acondicionado Todo el Año y
- Alto consumo energético.

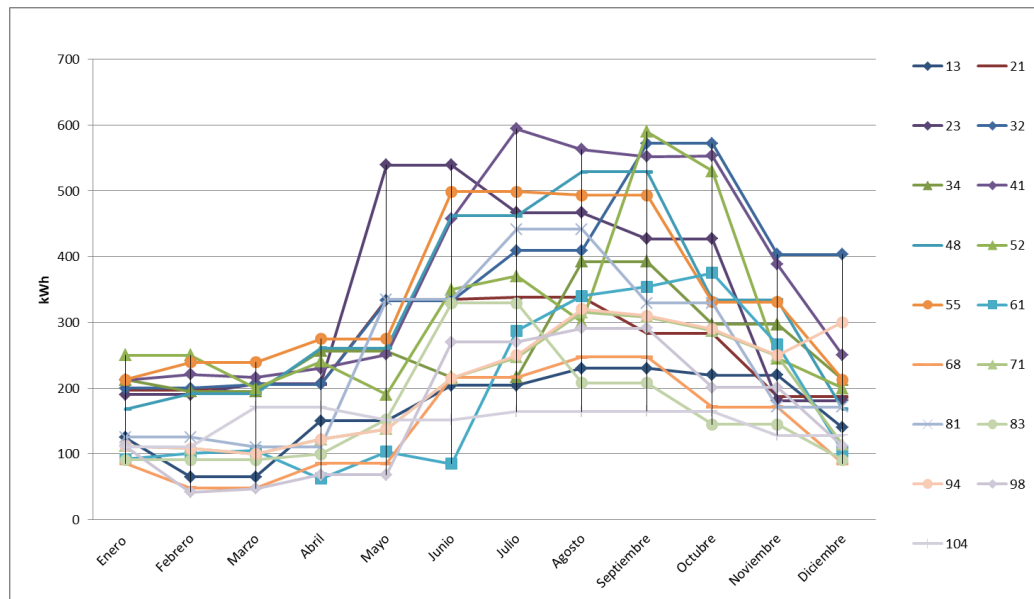
A partir de esta categorización, se agrupan cada uno de los conjuntos de datos para analizar las edificaciones con prácticas de consumo de energía similares. Este análisis proporciona una comprensión más profunda de los patrones de consumo de energía en la ciudad de Mazatlán y ayuda a identificar las principales demandas en el consumo de energéticos.

La gráfica de la Figura 3.14 muestra el comportamiento del consumo energético asociado a la categoría “Bajo consumo Energético sin uso de Aire Acondicionado”. Podemos observar que, en general, el consumo se mantiene estable a lo largo del año, con un pico de consumo en el mes de julio y agosto. El incremento porcentual en los meses de julio y agosto puede variar desde un 10% hasta un 300% en algunas edificaciones, sin embargo, el consumo no excede los 590 kWh por mes.



**Figura 3.14**

*Comportamiento del consumo energético para diferentes meses Categoría “Bajo consumo Energético sin uso de Aire Acondicionado”.*



**Fuente:** Elaboración propia.

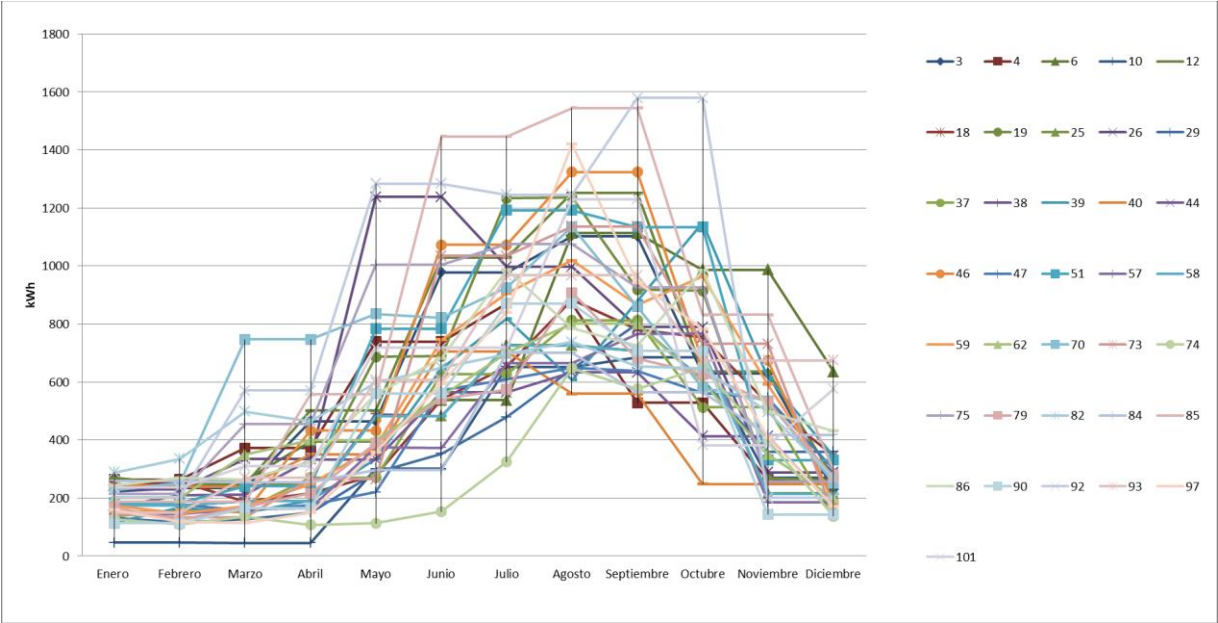
De la misma manera se presenta una disminución en el consumo energético en el mes de diciembre y enero. Esta información es importante, ya que indica que aun sin el uso del aire acondicionado, se incrementa el consumo de energía en los meses más calurosos, esta categorización representa las edificaciones con menor uso de la energía, como se observa en la Figura 3.14 cada gráfica está asociado al número de vivienda, numerada dentro de la encuesta realizada.

La siguiente categoría es denominada “Consumo Medio con uso de Aire acondicionado Estacional” Figura 3.15. Dentro de este apartado se puede establecer que existe una variación en el consumo de energía en los meses de verano, específicamente en los que se hace uso del aire acondicionado. Sin embargo, en los meses de invierno el consumo disminuye

considerablemente, presentando un consumo general por debajo de los 400 kWh por mes. Al analizar el comportamiento, se puede identificar que la mayor parte del consumo energético proviene del uso del aire acondicionado, lo que lo convierte en un factor de gran impacto en el consumo energético de los hogares en la ciudad de Mazatlán.

**Figura 3.15**

*Comportamiento del consumo energético para diferentes meses “consumo medio con uso de aire acondicionado estacional”.*



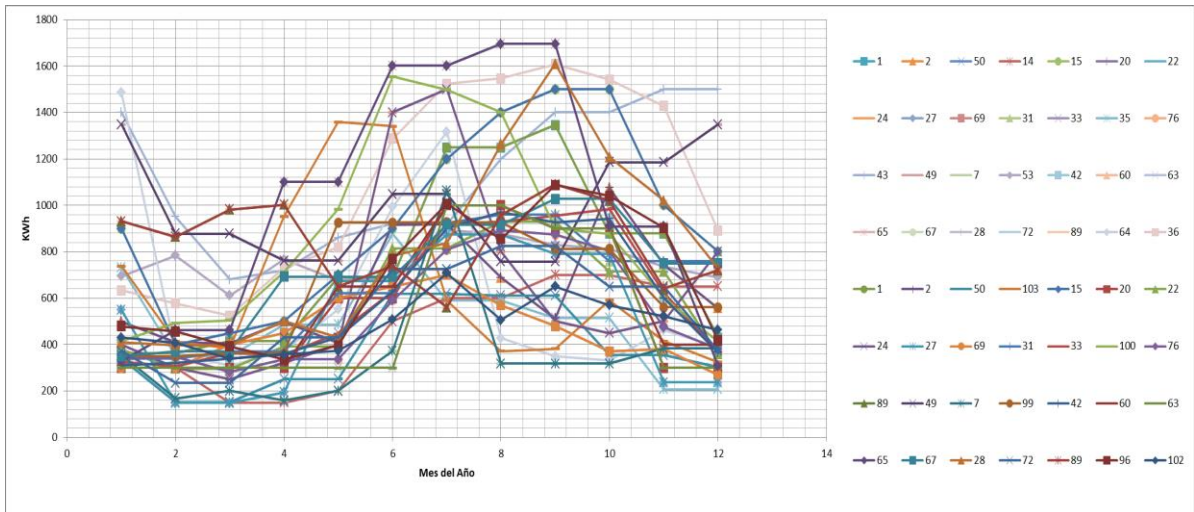
**Fuente:** Elaboración propia.

En cuanto a la categoría “Consumo Medio Con uso de Aire Acondicionado Todo el Año”, se puede establecer que se trata de las edificaciones que tienen un uso constante del aire acondicionado durante todo el año. Estas representan una gran cantidad de usuarios, por lo tanto, tienen un gran impacto en el consumo energético total, sin embargo, aún con el uso constante de aire acondicionado durante todo el año, el nivel de consumo de energía está por

debajo de los 1600 kWh por mes durante el verano, lo que representa un consumo cercano a la media durante los meses calurosos. La gráfica se detalla en la Figura 3.16.

### Figura 3.16

*Consumo medio con uso de aire acondicionado todo el año.*



**Fuente:** Elaboración propia.

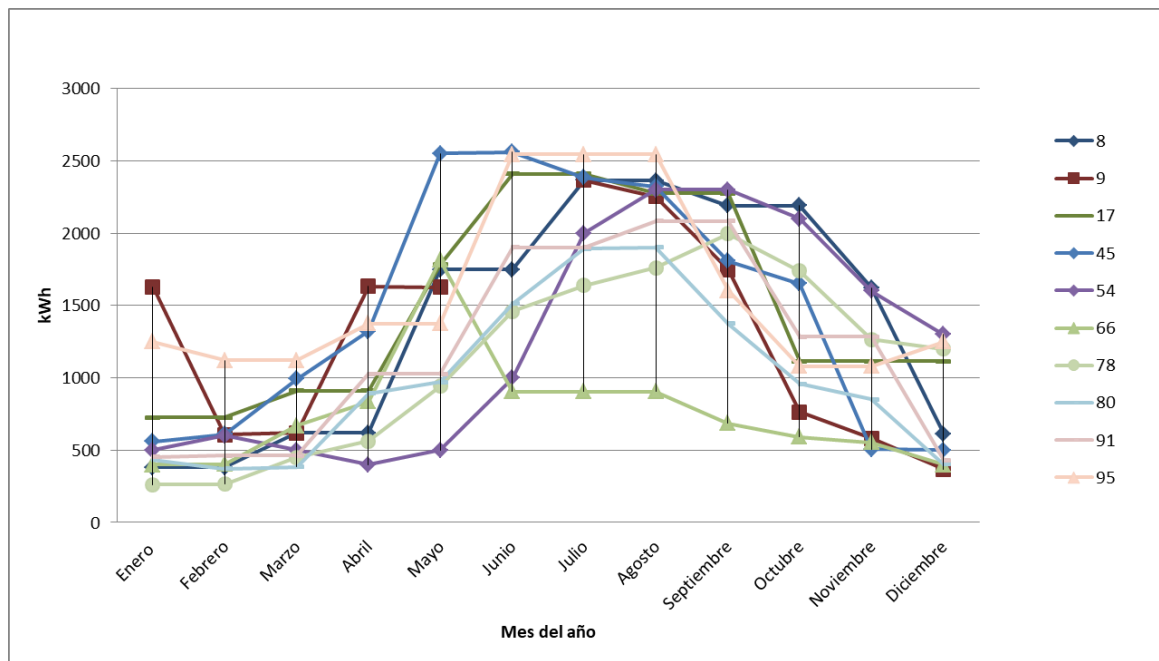
La última categoría corresponde a “Alto consumo energético” constituida en la Figura 3.17, en esta categoría se observa que el consumo de energía en las edificaciones es significativamente elevado, por lo que es necesario implementar medidas para reducirlo.

En esta categoría, el uso del aire acondicionado es el factor principal en el consumo de energía, pero también hay otros factores que contribuyen a este alto consumo, como la iluminación y el uso de electrodomésticos, ya que aún en meses donde la temperatura no representa un factor crítico el consumo se encuentra por encima de los 400 kWh por mes, las edificaciones que presentan este comportamiento se establecen como una minoría dentro del conjunto de datos.

Sin embargo, resulta importante promover prácticas sostenibles en estas edificaciones, como el uso de tecnologías de eficiencia energética y hábitos de consumo responsables, para mejorar su sostenibilidad y reducir el impacto ambiental.

**Figura 3.17**

*Alto consumo energético.*



**Fuente:** Elaboración propia.

Al comparar las gráficas que representan el consumo energético para todas las categorías se establece lo siguiente:

### 3.7 Patrones de consumo energético.

Cada categoría tiene un patrón de consumo energético característico, a pesar de las variaciones en el consumo energético, todas las edificaciones tienen en común el aumento significativo del consumo en los meses de verano, especialmente en julio y agosto, todas las categorías presentan patrones de consumo estacional, repetitivo.

Aun cuando se presentan semejanzas, también hay diferencias significativas en el consumo de energía entre las categorías, lo que indica la importancia de categorizar a los hogares según su consumo energético.

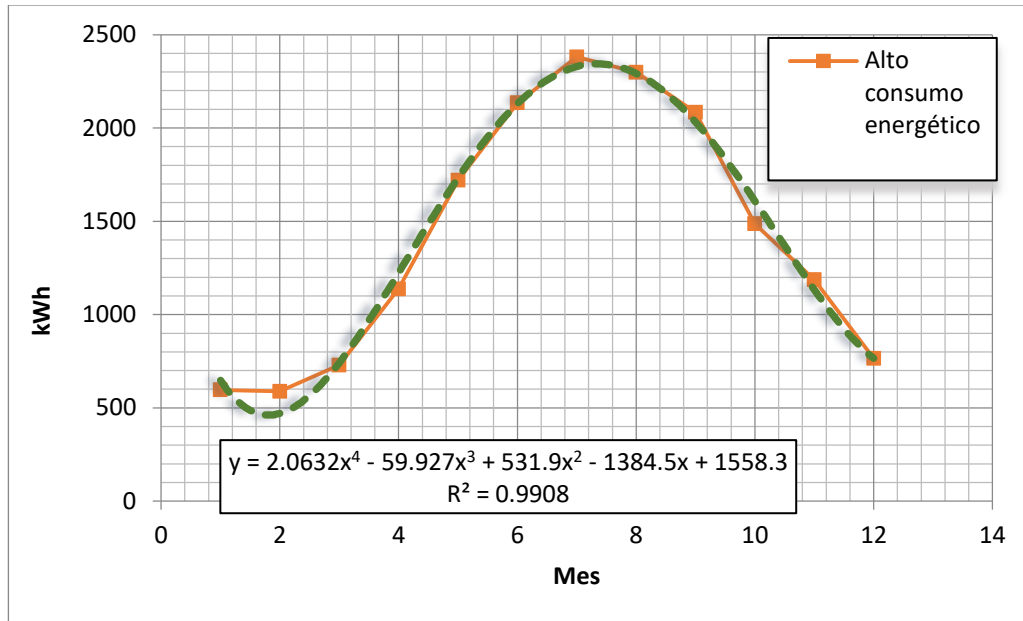
Estas categorías permiten identificar a los hogares con mayor impacto en el consumo energético total y, por lo tanto, desarrollar iniciativas personalizadas para reducir su consumo. La categorización de los hogares según su consumo energético es una herramienta útil para identificar patrones y desarrollar soluciones efectivas para reducir el impacto ambiental.

### **3.8 Alto consumo energético.**

Las viviendas con alto consumo energético generalmente mantienen una utilización constante y extensiva de sistemas de aire acondicionado, sin importar la estacionalidad o el cambio de temperatura externa. En la ciudad de Mazatlán, donde las temperaturas pueden ser altas, el deseo de mantener un clima interior confortable resulta en el uso continuo de aire acondicionado, lo cual lleva a consumos energéticos elevados tal como se esquematiza en la Figura 3.18. Este patrón no solo se ve afectado por la temperatura externa, sino también por la falta de aislamiento térmico adecuado, la ineficiencia de los aparatos usados, y la ausencia de un diseño arquitectónico que promueva la ventilación natural o la sombra.

**Figura 3.18**

*Consumo energético en viviendas dentro de la categoría de “Alto consumo energético”*



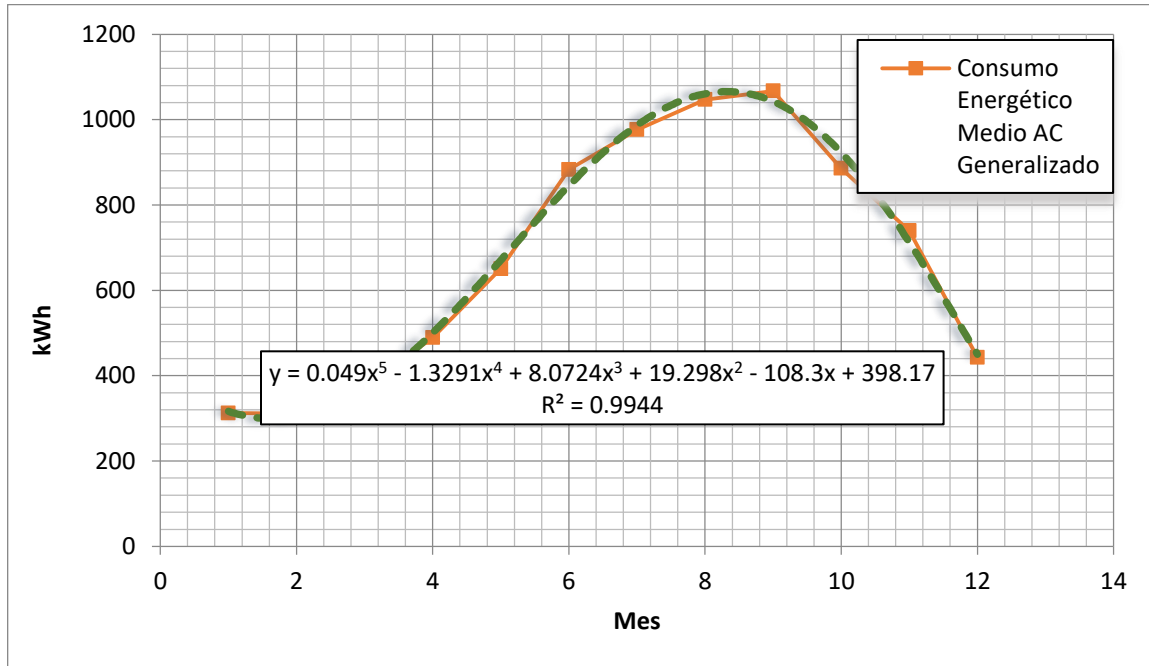
**Fuente:** Elaboración propia.

### **3.9 Alto consumo energético medio uso de aire acondicionado todo el año.**

Esta categoría se refiere a hogares que utilizan aire acondicionado durante todo el año pero de manera regulada, posiblemente ajustando termostatos a temperaturas más altas para conservar energía o utilizando unidades de aire acondicionado con mayor eficiencia energética y programación inteligente. La gestión de la temperatura interna se hace con una consciencia del consumo energético, manteniendo un balance entre confort y eficiencia energética, la gráfica de consumo para esta categorización es la que se muestra en la Figura 3.19.

**Figura 3.19.**

*Consumo energético en viviendas dentro de la categoría de “consumo energético medio uso de aire acondicionado todo el año”*



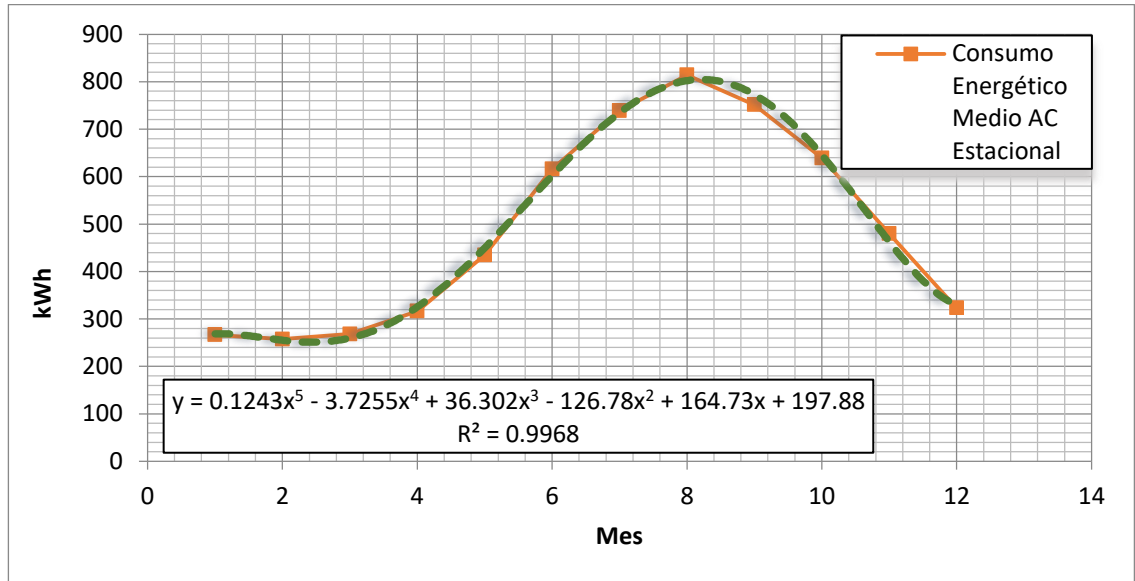
**Fuente:** Elaboración propia.

### **3.10 Consumo energético medio con uso de aire acondicionado estacional.**

Las viviendas con un consumo energético medio estacional hacen un uso del aire acondicionado moderado y restringiendo su uso a los meses más calurosos del año. En estos hogares, la temperatura se regula de manera más efectiva, aprovechando las condiciones climáticas y adaptándose a la variabilidad estacional. Durante el resto del año, se reducen o eliminan los gastos en climatización artificial gracias al clima templado o a la implementación de diferentes estrategias, la gráfica de consumo se muestra en la Figura 3.20.

**Figura 3.20**

*Consumo energético en viviendas dentro de la categoría de “consumo energético medio con uso de aire acondicionado estacional”*



**Fuente:** Elaboración propia.

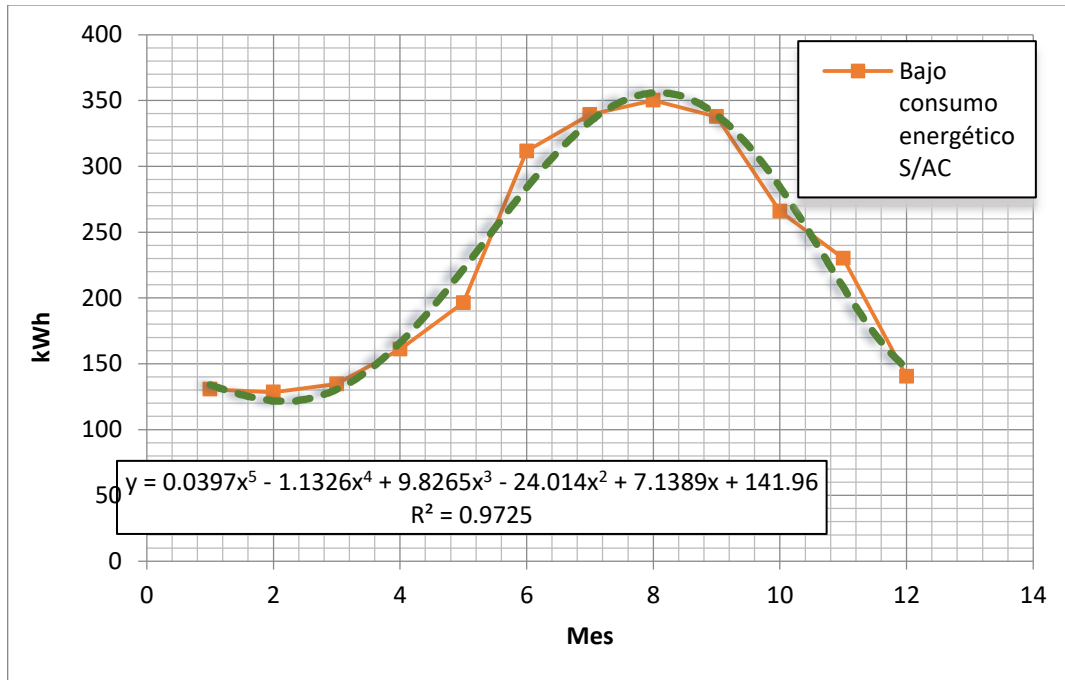
### **3.11 Bajo consumo energético.**

En contraste, las viviendas clasificadas dentro del patrón de bajo consumo energético son aquellas que, o bien están diseñadas para optimizar la temperatura interna (mediante el uso de materiales aislantes, diseño orientado a la ventilación y sombreado natural), o cuyos habitantes eligen tolerar temperaturas más altas sin recurrir al uso de sistemas de aire acondicionado. Estos hogares pueden también utilizar estrategias pasivas de enfriamiento, como la ventilación cruzada, el uso de persianas o la integración de vegetación en el diseño del hogar, o bien son hogares donde la falta de recursos es inminente, este patrón de consumo se analiza en la gráfica de la Figura 3.21.



**Figura 3.21.**

*Consumo energético en viviendas dentro de la categoría de “bajo consumo energético”.*



**Fuente:** Elaboración propia.

La relación entre la temperatura de las viviendas y el consumo energético en la ciudad de Mazatlán refleja una compleja interacción de factores conductuales y tecnológicos. El desafío está en equilibrar el confort térmico y el consumo energético, impulsando prácticas y tecnologías que promuevan la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental. El entendimiento detallado de esta relación es crucial para el desarrollo de políticas energéticas efectivas y para el diseño de intervenciones que fomenten la reducción del consumo energético y la mitigación del cambio climático.

Del análisis de los datos se puede establecer que es importante tener en cuenta que el uso del aire acondicionado como un factor clave en el consumo energético de las edificaciones en

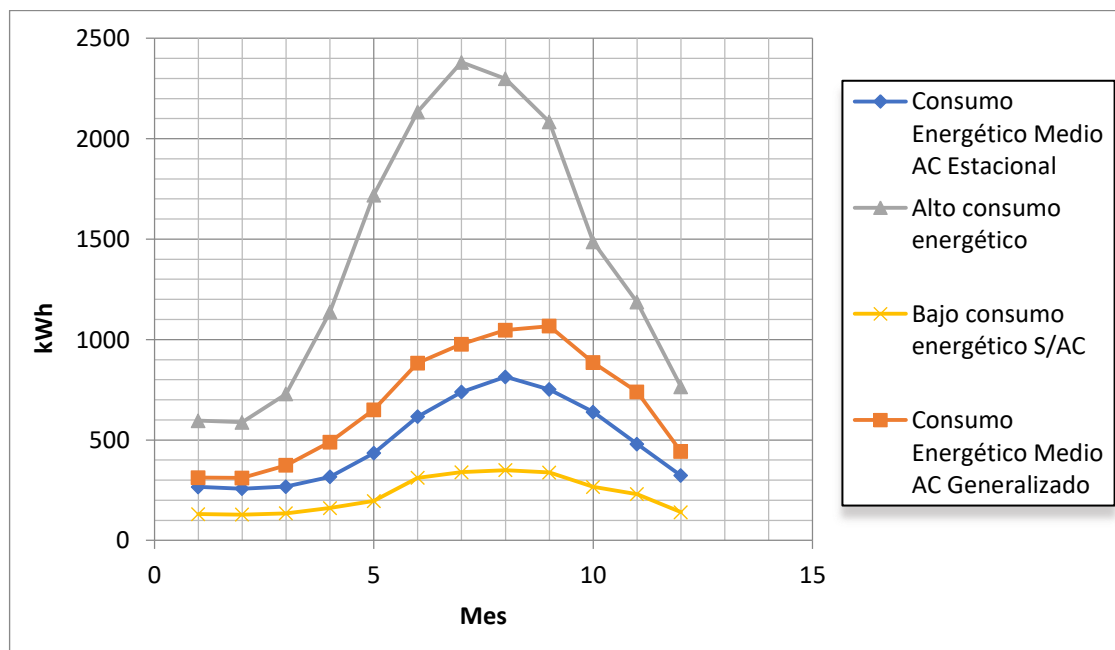
todas las categorías, pero otras variables también pueden tener un impacto significativo en el consumo energético.

Al comparar las gráficas que representan el consumo energético para todas las categorías, se puede establecer que existen patrones claros en cuanto a la cantidad de energía consumida durante los diferentes meses del año.

Para las categorías de "bajo consumo energético sin uso de aire acondicionado" y "consumo medio con uso de aire acondicionado estacional", en estas dos categorías específicas, los hogares tienen un consumo energético menor durante todo el año, en comparación con otras categorías. Sin embargo, en aquellos hogares que utilizan aire acondicionado estacional, se registra un aumento significativo del consumo energético en verano, tal como se muestra en la gráfica de la Figura 3.22.

**Figura 3.22**

*Comportamiento del consumo energético para las diferentes categorías.*



**Fuente:** Elaboración propia.

A partir de los datos recopilados, es posible identificar patrones de consumo estacional y diario y, en consecuencia, se pueden desarrollar iniciativas personalizadas para reducir el consumo de energía en los hogares que se encuentran en esta categoría.

## **Capítulo 4. Análisis de Resultados.**

### **4.1 La influencia de la preferencia por permanencia en ciertos espacios habitacionales, en el consumo energético.**

En el siguiente apartado se presentan las gráficas con los resultados obtenidos de las categorizaciones de los patrones de consumo y la influencia de la permanencia a los diferentes espacios dentro de la edificación. Estas gráficas muestran una mayor claridad en cuanto a las categorías de consumo energético y la relación entre la organización espacial de las edificaciones y el consumo energético.

En el análisis de los diferentes espacios se incluyeron la sala de estar, el comedor, la cocina, los dormitorios, los baños, la lavandería y los espacios exteriores. Al analizar los patrones de consumo en cada uno de estos espacios, se identificaron áreas críticas donde se puede implementar reducciones de energía.

Con los datos recabados en campo fue relativamente fácil obtener el consumo energético de cada espacio habitacional. Estos datos permitieron identificar los patrones de consumo energético de una manera clara y precisa.

Una vez obtenidos los datos del consumo energético en los diferentes espacios habitacionales, se utilizó un método de cálculo específico para determinar los kilowatt-hora (kW) utilizados en cada espacio habitacional. Esto se logra multiplicando la potencia de trabajo por el número promedio de horas que cada espacio estaba en uso durante el mes.

Se comparó el consumo energético obtenido de los datos recabados con el consumo registrado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para verificar la precisión de los datos. Estas medidas adicionales permitieron obtener una imagen detallada y precisa del consumo de energía en los hogares estudiados,

Cálculo para determinar los kilowatt-hora (kW) utilizados en cada espacio habitacional:

$$\mathbf{kW = Pot(kW) h}$$

Dónde:

kW → Kilowatts hora por mes

Pot(kW) → Potencia expresada en kW

h → Corresponde al aproximado de las horas de uso por mes

Como resultado, se pudieron identificar las áreas problemáticas que requieren una mayor atención para reducir el consumo energético.

Las gráficas siguientes muestran la distribución porcentual del consumo energético asociada a cada espacio dentro de la vivienda, teniendo como referencia la categorización antes designada.

Estas gráficas ofrecen una visión detallada de la distribución del consumo de energía en los hogares estudiados, lo que permite identificar los espacios que requieren una mayor atención para reducir el consumo de energía. Con esta información, se pueden establecer estrategias específicas y efectivas para optimizar el uso de la energía en los hogares, reducir costos y mejorar la sostenibilidad en la ciudad de Mazatlán.

Estas gráficas se pueden utilizar para educar a los residentes sobre los patrones de consumo de energía en sus hogares y fomentar prácticas más sostenibles.

#### **4.2 . Bajo consumo energético sin uso de aire acondicionado.**

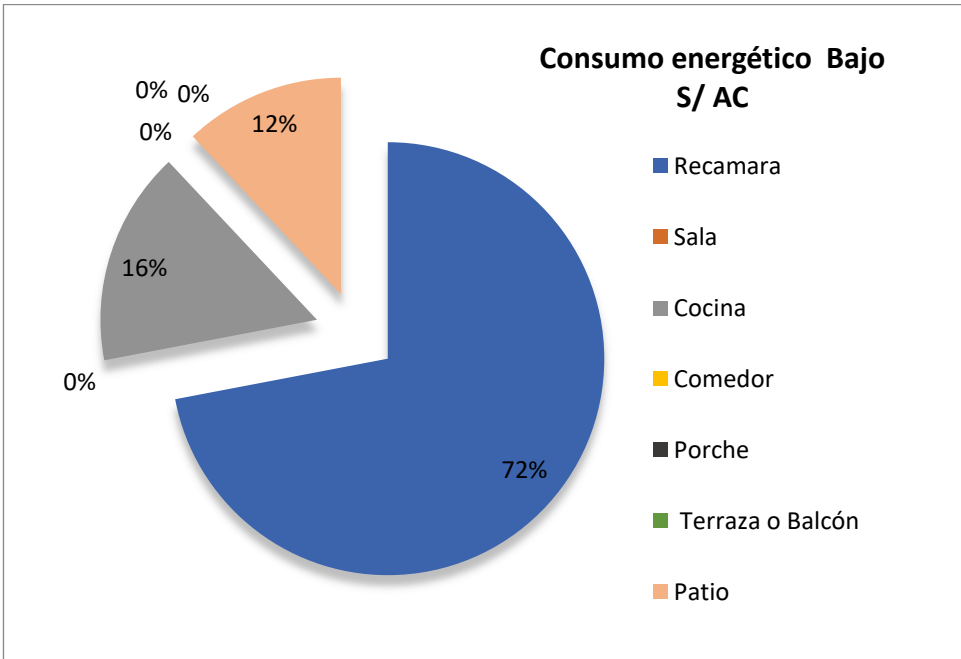
El estudio también evidenció la necesidad de considerar las viviendas en situación de pobreza que no cuentan con aire acondicionado, ya que en ocasiones el consumo de energía de estos hogares es mínimo debido a la falta de este tipo de electrodomésticos. Sin embargo, es importante destacar que el bajo consumo de energía no siempre se traduce en una reducción en

la factura de la luz, ya que muchos de los electrodomésticos presentan cierto grado de deterioro que afecta su eficiencia energética.

En el tipo de vivienda que no cuenta con aire acondicionado y presenta con un consumo energético denominado como “bajo”, dentro del cual se determina que la recámara utiliza el 72% del total de la energía, la cocina representa el 16%, el patio 12%. Este tipo de vivienda representa el 20.45% del total de la muestra. En la Figura 4.1 se muestra de manera gráfica el uso de la energía eléctrica por espacio habitado. Es importante destacar que esta categorización está estrechamente relacionada con altos índices de marginación, lo que indica que dentro de la edificación es posible que no se cuente con espacios habitacionales correspondientes a porche, sala, comedor o terrazas, la zona designada como patio describe el número de focos que puedan tener al exterior de la vivienda.

**Figura 4.1**

*Bajo consumo energético sin uso de aire acondicionado.*



**Fuente:** Elaboración propia.

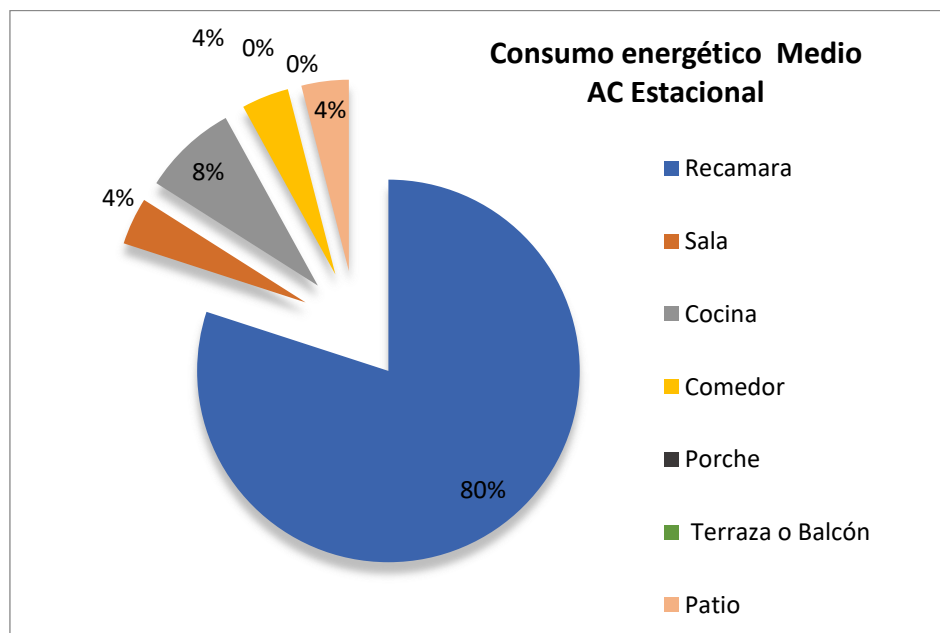
### 4.3 Consumo energético medio con uso de aire acondicionado solo en verano

Con respecto a las viviendas con consumo energético medio asociado con el uso de aire acondicionado solo en verano, se identificó que este tipo de hogares presentan picos de consumo energético muy altos durante los meses más calurosos. Esto se debe al uso intensivo del aire acondicionado durante estas temporadas. En este tipo de edificación, la vivienda representa un consumo energético medio y uso de aire acondicionado solo en verano, en la Figura 4.2 se muestra su comportamiento en términos de energía.

Con base al análisis realizado se determinó que el 80% del consumo de energía corresponde a la energía utilizada en la recámara, el 4% para la sala y el 8% para la cocina, los demás espacios habitacionales tienen una participación menor al 4%, Este tipo de vivienda representa el 31.81% del total de la muestra.

**Figura 4.2**

*Consumo energético medio con uso de aire acondicionado solo durante el verano.*



**Fuente:** Elaboración propia.

Para reducir el consumo energético en estos hogares, se podrían implementar medidas como el uso de cortinas para bloquear la entrada de calor, el mantenimiento adecuado del equipo de aire acondicionado para asegurar su eficiencia y la promoción de prácticas de consumo consciente de energía por parte de los residentes.

#### **4.4 Consumo energético medio con uso de aire acondicionado la mayor parte del año.**

Las viviendas con un consumo energético medio asociado al uso de aire acondicionado durante la mayor parte del año también son una consideración importante ya que estos hogares suelen tener una mayor eficiencia energética ya que el uso del aire acondicionado representa un detonante en el consumo energético, sin embargo, el incremento del consumo de energía, con respecto a viviendas con uso de aire acondicionado estacional, no suele ser tan diferente.

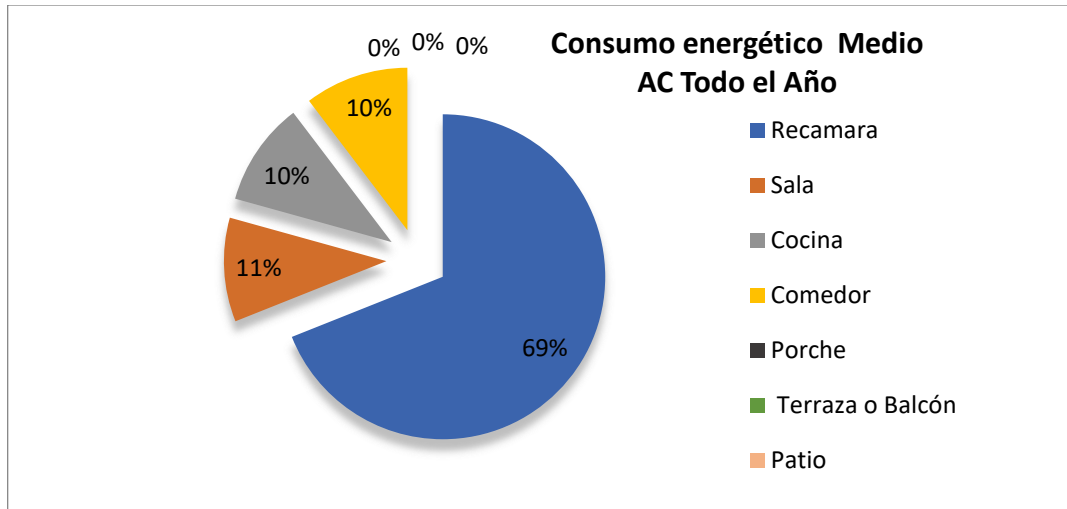
El 36.36% del total de la muestra tiene como característica que presenta un consumo energético medio con uso de aire acondicionado durante la mayor parte del año.

En este tipo de vivienda el 68% del total de la energía se registra en la recámara, un 10% se asocia al uso de la energía tanto para la cocina como para el comedor y un 11% se registra en la sala, los espacios restantes representan menos del 1% del total de la energía que se consume dentro del inmueble, tal como se muestra en la Figura 4.3.



**Figura 4.3**

*Consumo energético medio con uso de aire acondicionado todo el año.*



**Fuente:** Elaboración propia.

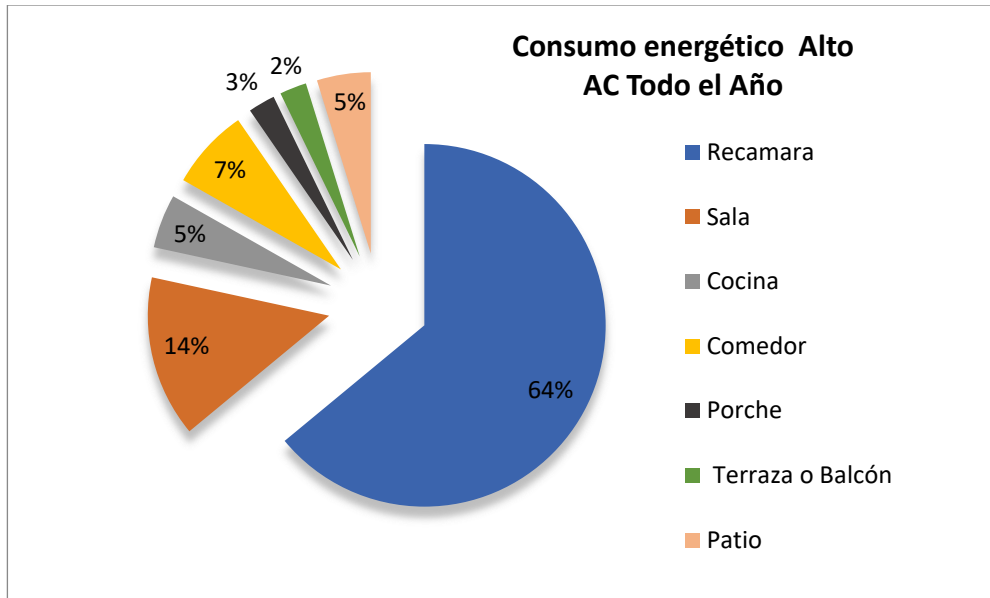
#### **4.5 . Consumo energético alto con uso de aire acondicionado la mayor parte del año.**

Las edificaciones con un consumo energético alto y uso de aire acondicionado la mayor parte del año suponen uno de los mayores retos en la promoción de la eficiencia energética en la ciudad de Mazatlán, ya que representan uno de los sistemas con una menor eficiencia energética. Es importante considerar que estos hogares tienden a consumir mucha energía debido al uso intensivo del aire acondicionado, así como otro tipo de electrodomésticos, lo que se traduce en recibos de electricidad elevados.

Las edificaciones que tienen un alto consumo energético y usan el aire acondicionado durante todo el año representan un 6.8% del total de la muestra, el comportamiento de este tipo de viviendas, en términos de energía, se describe en la Figura 4.4, en este sentido se establece que la recámara hace referencia al 64% del total de la energía que se consume, la sala tiene una participación del 14% del total, y el comedor representa un 7%, los demás espacios presentan un participación menor o igual al 5%.

**Figura 4.4**

*Consumo energético alto con uso de aire acondicionado todo el año.*



**Fuente:** Elaboración propia.

A partir de los datos recopilados, se encontró que la mayoría de los hogares en la ciudad de Mazatlán tienen un alto consumo de energía debido principalmente al uso excesivo de aire acondicionado, que representa más del 60% del consumo total. Además, de acuerdo con lo descrito en reveló que muchos hogares no apagan los aparatos electrónicos correctamente, lo que resultó en un alto desperdicio de energía, al dejar conectados los implementos electrónicos aun cuando no se encuentran en uso.

La información proporcionada muestra que el uso del aire acondicionado tiene un impacto importante en el consumo de energía, por lo que es necesario fomentar prácticas responsables en su uso en todas las categorías de edificaciones. En general, se necesitan iniciativas personalizadas para reducir el consumo de energía en los hogares de la ciudad de

Mazatlán, y estas iniciativas deben estar diseñadas para abordar las necesidades específicas de cada categoría.

Así mismo puede establecer que el nivel de prioridad en el diseño de Eficiencia Energética (P.E.E.) a la vivienda puede ser medido mediante un indicador que toma en cuenta ciertos factores, como las horas de permanencia en los espacios y el nivel de preferencia de los habitantes en estos espacios. A partir de este valor, su nivel de prioridad cambia gradualmente con la pendiente definida para la función  $\mu(\text{P.E.E.})$ , hasta hacerse nula, lo cual significa que para esos valores de la variable P.E.E. ya no se los puede considerar como parte del conjunto apto. En cambio, si tienen una cierta calificación, pueden ser considerados como parte del conjunto de espacios con alto nivel de prioridad dentro del diseño de eficiencia energética, lo que demuestra la importancia de tener en cuenta esta variable para la evaluación de la eficiencia energética en la ciudad de Mazatlán.

#### **4.6 . Influencia de los materiales de construcción en el consumo energético.**

Mazatlán, es una ciudad cuyo crecimiento y desarrollo urbano ha estado influenciado por su localización costera y su clima. En este contexto, la elección de materiales para la construcción de muros de mampostería en viviendas ha respondido a las diferentes necesidades y a la viabilidad de los materiales. La necesidad de crear espacios cómodos, duraderos y adaptados al entorno ya no es suficiente ante los nuevos requerimientos y aunado al agotamiento de los recursos naturales, es necesario desarrollar espacios habitacionales energéticamente eficientes.

#### **4.7 . Características físicas de los principales tipos de piezas de mampostería.**

Dentro del presente apartado, se analizan los principales materiales utilizados en la fabricación de muros, en la vivienda ubicada en la ciudad de Mazatlán, los cuales son descritos a continuación:

Block Hueco: Este material está compuesto principalmente por cemento, agregados pétreos (tepojal y arena), agua y cementantes, el block puede presentarse en diversas formas y tamaños, en este caso se analiza una pieza con medidas de 15cm x 40cm x 19cm, la cual es una pieza hueca tal como se muestra en la Figura 4.5.

#### **Figura 4.5**

*Block Hueco*



Tabicón: Este material, fabricado a partir de arena, agua y cementantes, destaca por su alta densidad, lo que le proporciona una ventaja en cuanto a durabilidad al ser comparado con materiales con mayor porosidad y menor densidad. La pieza analizada es una pieza maciza con medidas de 6.5cm x 13cm x 26cm tal como se presenta en la Figura 4.6.

#### **Figura 4.6**

*Tabicón.*



Piezas cerámicas o de barro extruido: Derivado de la arcilla, el barro extruido se presenta en diferentes formatos, desde ladrillos alargados hasta piezas especializadas fabricadas por lo regular en ambientes controlados. La pieza analizada es de la marca Novaceramic y sus medidas son 12cm X 24cm X 12cm, tal como se muestra en la Figura 4.7.

**Figura 4.7**

*Piezas cerámicas o de barro extruido.*



Ladrillo: Uno de los materiales más antiguos y universales, el ladrillo es el resultado de la cocción de arcilla, otorgándole resistencia y durabilidad, dentro del presente apartado se analiza una pieza con medidas de 5 cm X 12cm X 26 cm tal como se muestra en la Figura 4.8.

#### **Figura 4.8**

*Ladrillo.*



#### **4.8 . Análisis de la temperatura y resistencia térmica de los diferentes tipos materiales de mampostería ante irradiación solar.**

La resistencia térmica de un material se refiere a su capacidad para resistir el flujo de calor. Es una medida fundamental cuando se evalúa la eficiencia energética de los materiales utilizados en la construcción de edificaciones.

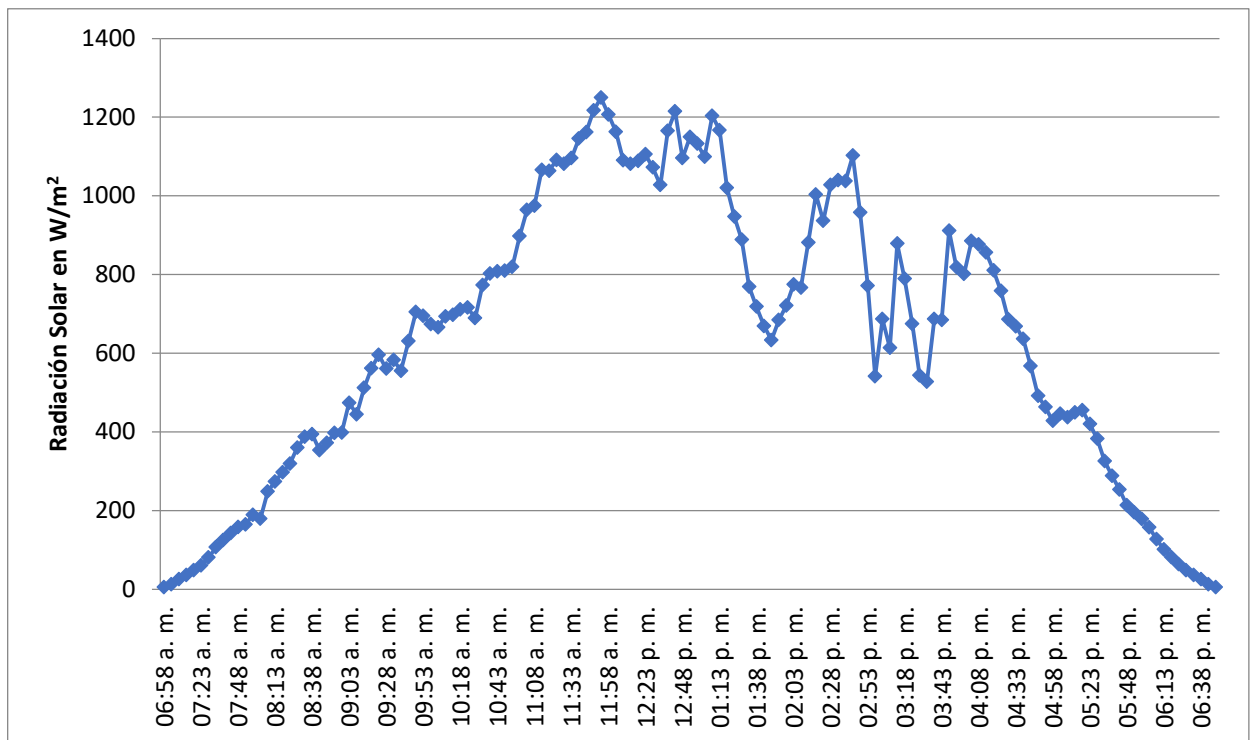
Una mayor resistencia térmica indica que el material es más efectivo para aislarse del calor exterior o interior, contribuyendo a la conservación del ambiente deseado dentro de la edificación, sin embargo, la resistencia térmica está basada en el diferencial de temperatura que se presenta entre la cara que está expuesta a excitaciones térmicas y la cara opuesta,

La diferencia de temperatura se esquematiza como la transferencia de calor, con lo cual es necesario también, tomar en cuenta el nivel de absorción de energía para los diferentes

materiales, ante una misma sollicitación térmica, durante las pruebas de laboratorio los materiales fueron expuestos a un flujo de Irradiación solar variable, el comportamiento de Irradiación solar es el que se muestra en la Figura 4.9.

**Figura 4.9**

*Comportamiento de la Irradiación Solar durante la prueba.*



**Fuente:** Elaboración propia.

La selección de materiales de construcción es crucial para garantizar el confort térmico en las edificaciones, especialmente en regiones con alta irradiación solar. En este apartado, se presenta un análisis de los valores de resistencia térmica de cuatro materiales comúnmente usados en la ciudad de Mazatlán, en la construcción de edificaciones a base de mampostería: Block Hueco, Tabicón, Barro Extruido y Ladrillo.

La Tabla 4.1. Proporciona los resultados de pruebas térmicas realizadas a varios materiales de construcción. Para cada material, se ha registrado la temperatura inicial ( $T_i$ ) y la temperatura final ( $T_b$ ) en grados Celsius. La diferencia de temperatura ( $\Delta T$ ) se presenta tanto en grados Celsius como en Kelvin ( $\Delta T$  °K). Además, la tabla muestra la transferencia de calor en unidades de kilocalorías (kcal), Joules y Kilojoules (K joules).

El espesor del material ( $\Delta x$  (m)) y el área ( $m^2$ ) a través del cual se realiza la transferencia de calor también se incluyen en la tabla, y la tasa de transferencia de calor resultante se proporciona en Watts ( $q = \text{Watts}$ ), los principales resultados son los que se presentan a continuación:

**Block Hueco:** Con una temperatura inicial de  $34.4^\circ\text{C}$  y una final de  $34.9^\circ\text{C}$ , la diferencia de temperatura es de  $0.5^\circ\text{C}$ . La transferencia de calor registrada fue de 7.5 kcal, o 31.38 KJ. El material tiene un espesor de 0.15 metros, un área de 0.076 metros cuadrados y una tasa de transferencia de calor de 0.817 Watts.

**Tabicón:** Este material comenzó a  $34.27^\circ\text{C}$  y aumentó a  $34.92^\circ\text{C}$ , con un  $\Delta T$  de  $0.65^\circ\text{C}$ . La energía transferida fue de 9.75 kcal, o 40.794 KJ. Con un espesor de 0.065 metros y un área de 0.0338 metros cuadrados, el Tabicón presentó una tasa de transferencia de 0.106 Watts.

**Barro extruido:** La temperatura cambió de  $34.41^\circ\text{C}$  a  $34.62^\circ\text{C}$ , una diferencia de  $0.21^\circ\text{C}$ . La cantidad de calor transferido fue de 3.15 kcal, o 13.1796 KJ. El material tiene un espesor de 0.12 metros, un área de 0.0288 metros cuadrados y una tasa de transferencia de 0.343 Watts.

**Ladrillo:** Este material registró una temperatura inicial de  $34.46^\circ\text{C}$  y una final de  $34.65^\circ\text{C}$ , con un  $\Delta T$  de  $0.19^\circ\text{C}$ . La transferencia de calor fue de 2.85 kcal, equivalente a



11.9244 KJ. El ladrillo tiene un espesor de 0.05 metros, un área de 0.0312 metros cuadrados y una tasa de transferencia de 0.311 Watts.

Con estos resultados se compara la eficacia de los materiales en términos de aislamiento térmico, indicando cuánto calor atraviesa cada material en condiciones controladas (Tabla 4.1). Los valores de q (Watts) son especialmente útiles para entender el comportamiento de estos materiales en aplicaciones de construcción y su impacto en la eficiencia energética de los edificios.

**Tabla 4.1.**

*Valores iniciales en las pruebas por temperatura.*

|                       | Ti    | Tf    | $\Delta T$ °C | $\Delta T$ °K | kcal | Joules | K joules | $\Delta x$ (m) | Área (m <sup>2</sup> ) | q= Watts |
|-----------------------|-------|-------|---------------|---------------|------|--------|----------|----------------|------------------------|----------|
| <b>Block Hueco</b>    | 34.4  | 34.9  | 0.5           | 273.65        | 7.5  | 31380  | 31.38    | 0.15           | 0.076                  | 0.817    |
| <b>Tabicón</b>        | 34.27 | 34.92 | 0.65          | 273.8         | 9.75 | 40794  | 40.794   | 0.065          | 0.0338                 | 0.106    |
| <b>Barro extruido</b> | 34.41 | 34.62 | 0.21          | 273.36        | 3.15 | 13180  | 13.1796  | 0.12           | 0.0288                 | 0.343    |
| <b>Ladrillo</b>       | 34.46 | 34.65 | 0.19          | 273.34        | 2.85 | 11924  | 11.9244  | 0.05           | 0.0312                 | 0.311    |

**Fuente:** Elaboración propia.

La Tabla 4.2 de resultados, expresa los valores de resistencia térmica proporcionados que permiten analizar la eficacia de cada material en su capacidad para resistir la transferencia de calor bajo una irradiación solar máxima de 1249.21 W/m<sup>2</sup>.

La resistencia térmica, medida en m<sup>2</sup> °K/W, es un indicador de cuánto un material puede resistir el paso de calor; cuanto mayor sea el valor, mejor será el material como aislante térmico. A partir de los valores dados en la tabla, se puede observar lo siguiente:

Block Hueco: A pesar de tener un valor moderado de resistencia térmica (0.465 m<sup>2</sup> °K/W), mostró un incremento de temperatura relativamente bajo (0.5°C). Esto sugiere que,

aunque su resistencia térmica no es la más alta, es efectivo en la limitación de la transferencia de calor durante el periodo de exposición.

Tabicón: Este material presentó la mayor resistencia térmica de todos ( $2.068 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{K/W}$ ), lo que coincide con un incremento de temperatura de  $0.65^\circ\text{C}$ , ligeramente superior al del Block Hueco. A pesar de esta mayor variación de temperatura, su alta resistencia térmica indica que es un excelente aislante, lo que se refleja en la baja tasa de transferencia de calor ( $0.106 \text{ Watts}$ ).

Barro extruido: Con la menor resistencia térmica ( $0.176 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{K/W}$ ), el Barro extruido mostró un cambio de temperatura de solo  $0.21^\circ\text{C}$ . Aunque su resistencia térmica es baja, la mínima variación de temperatura puede sugerir que el material tiene propiedades que reducen la velocidad de transferencia de calor o que la prueba no duró lo suficiente para que el material alcanzara una temperatura más alta.

Ladrillo: Este material tiene una resistencia térmica ligeramente superior al Barro extruido ( $0.190 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{K/W}$ ) y mostró el menor incremento de temperatura ( $0.19^\circ\text{C}$ ). El ladrillo, por lo tanto, parece tener una eficiencia térmica adecuada, ya que su baja resistencia térmica no se tradujo en un gran aumento de temperatura.

Al comparar estos resultados, parece haber una desconexión entre la resistencia térmica y el cambio de temperatura observado para algunos materiales. Por ejemplo, el Tabicón tiene una alta resistencia térmica pero un incremento de temperatura mayor que el Barro extruido, que tiene una resistencia térmica mucho menor.

**Tabla 4.2**

*Análisis de la Resistencia térmica de los materiales.*

| <b>Materiales</b> | <b>Resistencia Térmica R<br/>(m<sup>2</sup> °K/W)</b> |
|-------------------|---|
|                   | $R = d / \lambda$                                     |
| Block Hueco       | 0.465   |
| Tabicón           | 2.068   |
| Barro extruido    | 0.176   |
| Ladrillo          | 0.190   |

**Fuente:** Elaboración propia

Esto podría explicarse por la masa térmica de los materiales, la duración de la exposición al calor, o las propiedades específicas del material que afectan la absorción y emisión de calor. Además, factores como la conductividad térmica, la densidad y el calor específico de cada material también juegan un papel crucial en cómo se comporta bajo irradiación solar.

A partir de los resultados se establece que aun cuando la resistencia térmica es un factor importante en la eficiencia del aislamiento de un material, no es el único determinante del comportamiento térmico. Los resultados de las pruebas indican que una resistencia térmica más alta no necesariamente conduce a un menor aumento de la temperatura en condiciones de irradiación solar máxima, lo que resalta la importancia de considerar una gama más amplia de propiedades de los materiales al evaluar su rendimiento térmico en aplicaciones prácticas.

#### **4.9 Resultados de la pruebas térmicas realizadas a los materiales.**

##### **Block hueco:**

- Resistencia Térmica: 0.465 m<sup>2</sup>K/W
- Temperatura: 44.8°C máxima alcanzada ante una irradiación de 1249.21 W/m<sup>2</sup>.

El Block Hueco con una energía absorbida de 31,380 Joules, este material muestra una capacidad moderada para absorber calor. Su conductividad térmica de  $0.32 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  sugiere una transferencia de calor relativamente rápida Figura 4.10. Sin embargo, una resistencia térmica de  $0.47 \text{ m}^2\text{K/W}$  indica que el material puede resistir la transferencia de calor de manera adecuada. Es una opción versátil que podría ser apropiada para ambientes que no demanden un aislamiento extremadamente alto. El Block Hueco presenta una resistencia térmica moderada. Aunque no es el material con mayor resistencia en esta lista, su estructura hueca puede contribuir a la capacidad aislante, dependiendo de su diseño y de los materiales con los que se combine en la construcción. El diferencial de temperatura obtenido puede deberse a su estructura hueca que proporciona un aislamiento adicional, lo que deriva que a pesar de tener una resistencia térmica moderada, mostrando una respuesta aceptable ante la Irradiación solar.

En una región donde las condiciones climáticas pueden variar, el block se ha posicionado como una opción preferente debido a su durabilidad y resistencia. Sin embargo, su comportamiento térmico es moderado, requiriendo en ocasiones complementarse con otros materiales aislantes para mejorar la eficiencia energética de las viviendas.

**Tabicón:**

- Resistencia Térmica:  $2.068 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Temperatura:  $47.8^\circ\text{C}$  máxima alcanzada ante una irradiación de  $1249.21 \text{ W/m}^2$

Sorprendentemente, a pesar de su alta resistencia térmica, el Tabicón alcanzó la temperatura más alta entre los materiales evaluados. Esto sugiere que, aunque resiste bien la transferencia de calor, puede tener una alta absorción de Irradiación solar. Con 40,794 Joules de energía absorbida, el Tabicón destaca en su capacidad para retener calor. Su bajísima

conductividad térmica de 0.03 W/mK (Figura 4.11), combinada con una impresionante resistencia térmica de 2.07 m<sup>2</sup>K/W, lo posiciona como el mejor material aislante entre los presentados. Sería ideal para climas fríos donde se busque maximizar el aislamiento térmico, evitando la salida indeseada de calor.

El Tabicón, aunque absorbe una cantidad significativa de energía, tiene una conductividad térmica extremadamente baja (como se muestra en la Figura 4.11) y la resistencia térmica más alta entre los materiales evaluados. Esto indica que es excelente reteniendo el calor y resiste bien su transferencia, así mismo el tabicón experimenta la resistencia térmica más alta, se destaca por su elevada resistencia térmica en comparación con los demás materiales listados, lo que significa que es altamente efectivo en prevenir la transferencia de calor, siendo una excelente opción para lugares donde se requiere un buen aislamiento térmico si se habla de evitar la pérdida de calor, lo cual puede ser muy útil en zonas frías, sin embargo, en zonas donde lo que se busca es mantener frescos los espacios, una mejor alternativa consiste en buscar materiales que requieran de altos niveles de Irradiación térmica para tener incrementos significativos en la temperatura del material, ya que en el caso del tabicón es el material que presenta la mayor ganancia térmica ante los mismos niveles de Irradiación, a los que fueron expuestos los demás materiales tal como se muestra en la Figura 4.10.

El tabicón no es un material que añada confort térmico a las edificaciones en zonas cálidas, sin embargo, al ser un material que presenta una resistencia y durabilidad adecuada, se presenta como una elección popular en la ciudad de Mazatlán, especialmente en viviendas.

**Barro extruido:**

- Resistencia Térmica: 0.176 m<sup>2</sup>K/W

- Temperatura: 41.9°C máxima alcanzada ante una irradiación de 1249.21 W/m<sup>2</sup>

Con una absorción térmica 13,179.6 Joules, el Barro Extruido tiene la menor retención de calor entre los cuatro materiales. Además, su alta conductividad térmica de 0.68 W/mK sugiere una rápida transferencia de calor. La resistencia térmica es baja, con un valor de 0.18 m<sup>2</sup>K/W, lo que indica un pobre aislamiento térmico. Este material podría ser apropiado para climas donde el aislamiento no sea crítico y se busque una rápida adaptación a las variaciones de temperatura.

Contrariamente de tener la menor resistencia térmica, las piezas de Barro Extruido, poseen propiedades que favorecen la disipación del calor, el Barro Extruido mostró una respuesta térmica bastante favorable ante la Irradiación solar, alcanzando una temperatura menor en comparación otros materiales con mayor resistencia térmica, con base a los resultados obtenidos, producto de las pruebas de laboratorio. Por lo que se establece que de las piezas analizadas, las piezas de barro extruido son consideradas como la mejor opción, en comparación con los otros materiales analizados dentro de la presente investigación.

El barro extruido combina estética y función. Su capacidad para regular naturalmente las temperaturas interiores lo convierte en una opción favorita para aquellos que buscan construcciones con un toque tradicional y eficiente energéticamente, sin embargo, su uso no es tan extendido dado el costo.

**Ladrillo:**

- Resistencia Térmica: 0.190 m<sup>2</sup>K/W

- Temperatura: 44.4°C máxima alcanzada ante una irradiación de 1249.21 W/m<sup>2</sup>

El Ladrillo, con 11,924.4 Joules de energía absorbida, es la muestra que menos calor retiene. Sin embargo, su conductividad térmica de 0.26 W/mK y una resistencia térmica de

0.19 m<sup>2</sup>K/W sugieren un equilibrio entre la absorción y la transmisión de calor. Es una opción intermedia que puede ser útil en contextos donde se requiera una combinación de retención y transmisión de calor, al igual que el Barro Extruido, el Ladrillo presenta una resistencia térmica baja, además de ser material ampliamente utilizado debido a su durabilidad, estética y capacidad para proporcionar inercia térmica (muy útil sobre todo en zonas frías), sin embargo, en las zonas cálidas es preferible usar materiales con baja absorción ante la Irradiación solar en este sentido el ladrillo proporciona una resistencia térmica similar a las piezas de barro extruido, con una resistencia térmica ligeramente superior al Barro Extruido, el Ladrillo presenta una reducción de DT= 0.19°C. Esto sugiere que, a pesar de su baja resistencia térmica, tiene propiedades que ayudan a mitigar el aumento de temperatura tal como se muestra en la Figura 4.6.

Relevancia en la ciudad de Mazatlán: Aunque otras opciones han ganado terreno, el ladrillo sigue siendo elegido por su estética y sin embargo, ofrece inercia térmica, es decir, la habilidad de almacenar calor y liberarlo gradualmente, lo que representa una desventaja durante el verano, sin embargo, la ganancia térmica que experimenta en relación con otras piezas lo posiciona como una de las mejores opciones.

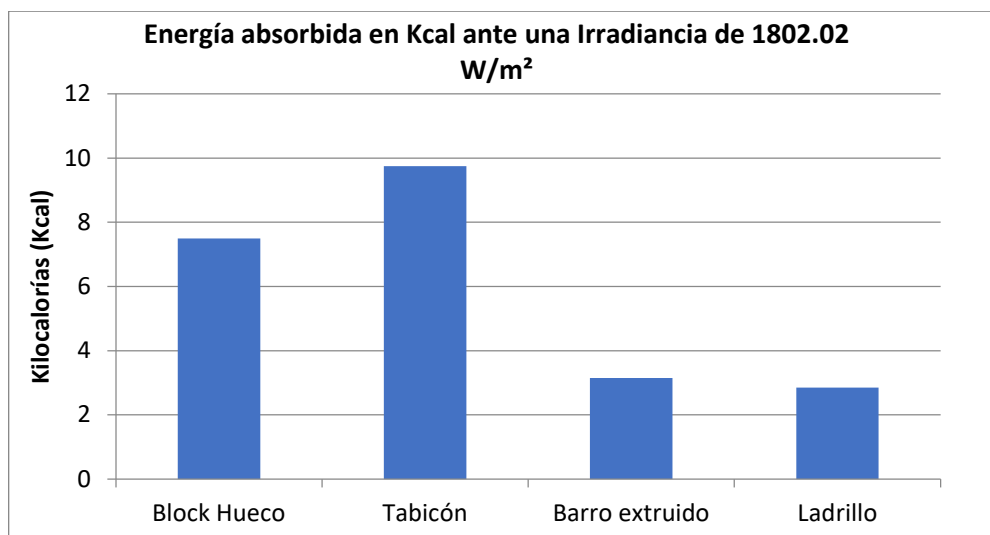
#### **4.10 Propiedades térmicas de los materiales analizados.**

De esta manera se destaca que los materiales de construcción tienen propiedades térmicas intrínsecas que determinan su comportamiento ante la absorción y transmisión de calor. Al analizar la energía absorbida, la conductividad térmica y la resistencia térmica, es posible predecir cómo un material se comportará en determinadas condiciones climáticas y cómo puede influir en la eficiencia energética de un edificio, en la gráfica de la Figura 4.10 se muestra el nivel de energía absorbida en Kcal, para cada una de las piezas analizadas en

laboratorio, ante una Irradiación máxima de  $1249.21\text{W/m}^2$ , en tanto que en la Figura 4.10 se muestran los resultados obtenidos para la conductividad térmica de los materiales analizados.

**Figura 4.10**

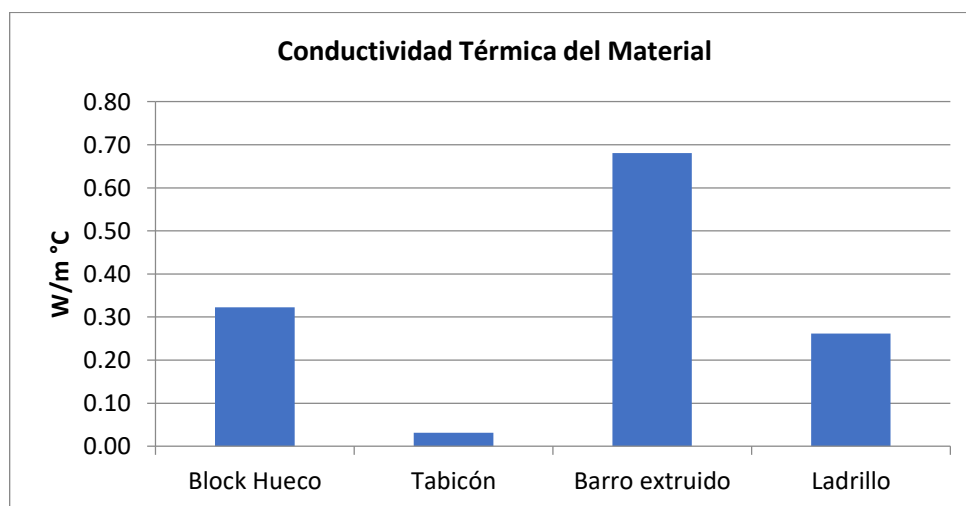
*Energía absorbida para cada material ante una Irradiación de  $1249.21\text{W/m}^2$*



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 4.11**

*Conductividad térmica de los materiales analizados.*



**Fuente:** Elaboración propia.



En cuanto a los requerimientos de la Resistencia Térmica para los diferentes materiales, los valores deben ser adecuados dependiendo de la zona o bioclima para la cual está proyectada la edificación, en un bioclima cálido-húmedo como el que presenta la ciudad de Mazatlán el Código de Edificación de Vivienda establece un valor de la Resistencia Térmica (R) de al menos  $1.563 \text{ m}^2\text{K/W}$ , en tanto que la APROY-NMX-C-XXX-ONNCCE-2008 establece un valor de  $R= 1 \text{ m}^2\text{K/W}$ , finalmente el anteproyecto de la NOM-020-ENER indica un valor para R de  $1.563 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

Dentro de este contexto se establece como parámetro fundamental el valor de la Resistencia Térmica, sin embargo, es necesario destacar que el valor del Calor específico asociado a cada material también representa una condición fundamental, ya que este parámetro establece la cantidad de energía que puede llegar a absorber un material ante una excitación térmica dada, al igual que la energía que permanece almacenada, aun cuando la Irradiación actuante ya no esté presente, dando lugar a una liberación de Irradiación térmica de manera gradual en un lapso de tiempo determinado, lo que representa una seria desventaja en climas cálidos, donde lo que se pretende es una disminución de la temperatura. En la Figura 4.12 se muestra el comportamiento del ladrillo ante diferentes niveles de Irradiación solar.

A partir de los datos presentados, es evidente que cada material de mampostería posee características térmicas distintivas que influyen en su eficiencia y aplicabilidad en construcciones, particularmente en zonas de clima variable. El tabicón posee una capacidad de almacenamiento de energía del 30% más de energía que el Block hueco, el tabique de barro extruido transmitió 67.8% menos energía que lo que transmitió el tabicón y el Ladrillo transmitió al agua 70.8% menos energía que lo que transmitió el tabicón, en este sentido se establece que el Block Hueco muestra una moderada absorción de energía y una

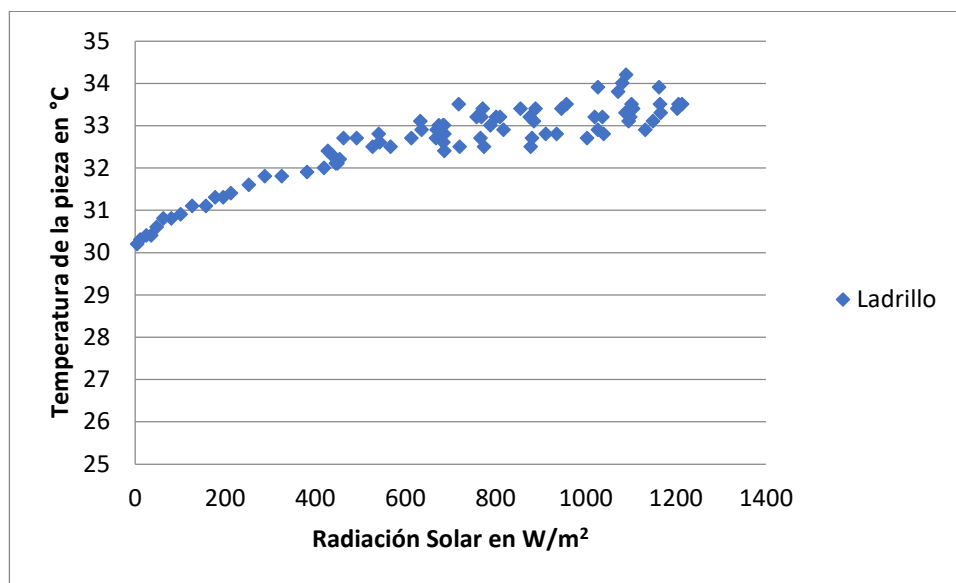
conductividad térmica relativamente alta como se muestra en la Figura 4.12, lo que indica que puede transferir calor rápidamente. Sin embargo, su resistencia térmica es moderada, lo que sugiere que tiene una capacidad aceptable para resistir la transferencia de calor.

La elección del material adecuado dependerá del nivel térmico deseado para la construcción. Mientras que el Tabicón resalta por su alto rendimiento aislante, el Barro Extruido y el Ladrillo son más adaptativos. El Block Hueco se sitúa en un punto intermedio, ofreciendo un balance entre absorción y transmisión. Es esencial considerar estos factores al seleccionar materiales para garantizar la eficiencia energética y el confort en las edificaciones.

**Figura 4.12.**

*Comportamiento del Ladrillo ante la exposición a diferentes niveles de Irradiación*

*Solar.*



**Fuente:** Elaboración propia.

Considerando los resultados obtenidos de las pruebas térmicas y los valores de resistencia térmica, para determinar el material más eficiente en climas cálidos como el de la

ciudad de Mazatlán, es necesario evaluar la capacidad de cada material para resistir la transferencia de calor y mantener condiciones confortables dentro de las edificaciones sin incurrir en un uso excesivo de energía para la climatización.

El Tabicón se destaca con la mayor resistencia térmica ( $2.068 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{K/W}$ ), lo que sugiere que es el mejor aislante térmico entre los materiales probados. Aunque presentó un incremento de temperatura ( $0.65^\circ\text{C}$ ) ligeramente superior al de algunos otros materiales durante la prueba, su alta resistencia térmica implica que, en el largo plazo y bajo la constante exposición solar característica de un clima cálido, podría ser más eficaz para evitar la ganancia excesiva de calor dentro de una vivienda. Además, la tasa de transferencia de calor ( $0.106 \text{ Watts}$ ) es la más baja, lo que indica una menor tasa de transferencia de calor por unidad de tiempo y área.

El Ladrillo y el Barro extruido también mostraron cambios de temperatura bajos, lo que es favorable, pero sus valores de resistencia térmica son menores que los del Tabicón. Esto sugiere que, aunque inicialmente pueden resistir la transferencia de calor, podrían no ser tan eficaces como el Tabicón durante períodos prolongados de exposición al calor.

El Block Hueco, a pesar de tener una resistencia térmica menor que el Tabicón, también demostró ser un aislante efectivo en las pruebas, con un incremento de temperatura de sólo  $0.5^\circ\text{C}$ . No obstante, el Tabicón sobresale por su equilibrio entre un cambio de temperatura relativamente bajo y una alta resistencia térmica, lo que es crucial en climas cálidos donde la irradiación solar es alta y constante.

En conclusión, basándose en la resistencia térmica y la eficiencia en la transferencia de calor, el Tabicón parece ser el material más eficiente para climas cálidos como el de la ciudad de Mazatlán, ofreciendo un mejor rendimiento en términos de aislamiento térmico y confort interior, lo que podría resultar en un menor uso de sistemas de enfriamiento y, por ende, en

una eficiencia energética mejorada. Sin embargo, otro factor importante a considerar en el monitoreo térmico en las edificaciones es el que corresponde al punto de rocío, el cual es analizado dentro del siguiente apartado.

#### **4.11 Punto de rocío.**

El punto de rocío es un parámetro meteorológico crucial que desempeña un papel significativo en la determinación de la comodidad térmica al interior de las edificaciones destinadas a vivienda. En esta investigación se establece la definición del punto de rocío y se analiza como su influencia afecta la temperatura al interior de las viviendas en la ciudad de Mazatlán.

El punto de rocío es un concepto importante se refiere a la temperatura a la cual el aire se satura con vapor de agua y comienza a condensarse en forma de rocío o gotas de agua. En otras palabras, es la temperatura a la cual el aire se vuelve completamente saturado de humedad y no puede retener más vapor de agua sin que esté condensado. Cuanto más cerca esté la temperatura del punto de rocío de la temperatura del aire, mayor será la humedad relativa en el ambiente. Este parámetro se expresa generalmente en grados Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) o Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ) y se utiliza para evaluar la humedad atmosférica.

El punto de rocío es esencial en la predicción del confort térmico, ya que proporciona información sobre la cantidad de humedad presente en el aire. A medida que la humedad relativa aumenta, el punto de rocío se acerca a la temperatura actual del aire, lo que indica que la atmósfera se está saturando de humedad, en condiciones de alta humedad relativa y un punto de rocío cercano a la temperatura ambiente, las personas pueden sentirse incómodas debido a la sensación de "bochorno" o "pesadez" en el aire.

La ciudad de Mazatlán, ubicada en la costa del Pacífico de México, experimenta un clima subtropical húmedo con temperaturas cálidas y alta humedad durante gran parte del año. En este contexto, la influencia del punto de rocío en la temperatura al interior de las viviendas es particularmente relevante en esta región y puede ser analizada desde varios aspectos:

**Punto de rocío:** Cuando el punto de rocío es alto, significa que el aire contiene una gran cantidad de humedad. En la ciudad de Mazatlán, esto es común durante la temporada de lluvias y el verano. Los residentes pueden sentirse incómodos debido a la sensación de pegajosidad y calor, incluso si la temperatura real no es excesivamente alta.

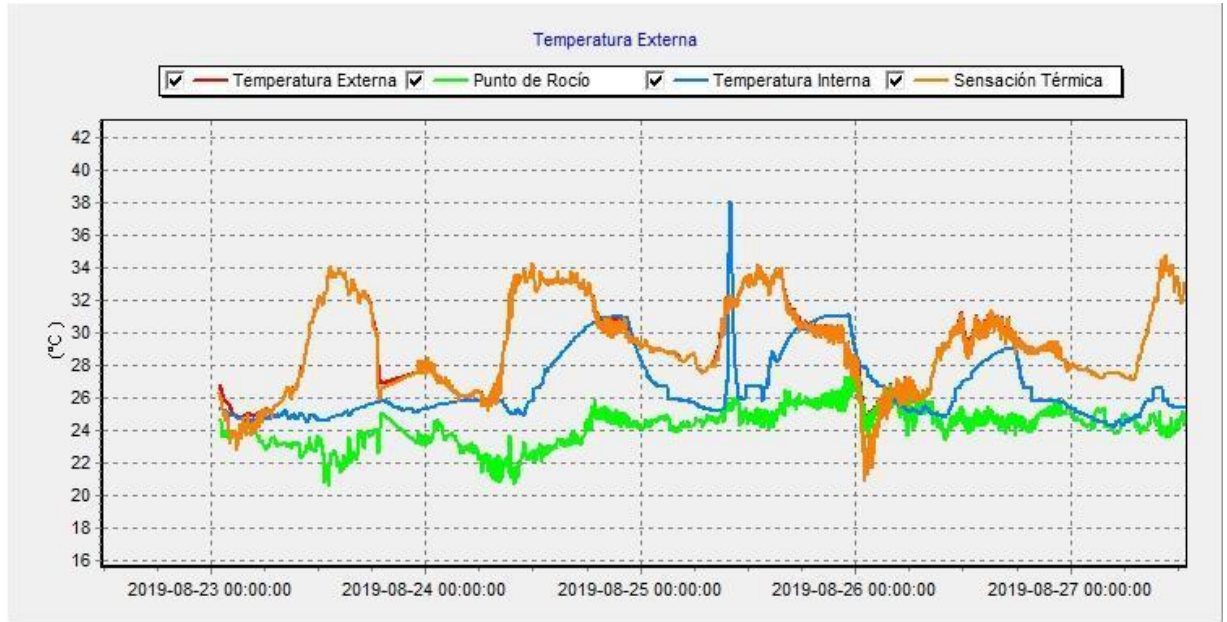
**Condensación:** Cuando la temperatura en el interior de una vivienda es menor que el punto de rocío del aire exterior, se pueden formar condensación y humedad en las superficies interiores, como ventanas y paredes. Esto puede llevar a problemas de moho y daños en la estructura de la vivienda, así como a una disminución en la calidad del aire interior.

**Uso de Acondicionadores de Aire:** El conocimiento del punto de rocío es esencial al utilizar sistemas de aire acondicionado. Si la temperatura se establece demasiado baja en relación con el punto de rocío, se puede crear un ambiente frío y húmedo en el interior de la vivienda, lo que resulta en un confort deficiente y un mayor consumo de energía.

**Ventilación y Diseño Arquitectónico:** El diseño de edificaciones en la ciudad de Mazatlán debe considerar la influencia del punto de rocío en la ventilación y el control de la humedad. La elección de materiales de construcción y la implementación de sistemas de ventilación adecuados pueden ayudar a minimizar los efectos adversos del punto de rocío en el interior de las viviendas.

**Figura 4.13**

*Historia del comportamiento del Punto de Rocío a lo largo del mes de agosto de 2019.*



**Fuente:** Elaboración propia.

En la gráfica de la Figura 4.13 se muestra la historia del comportamiento del punto de rocío para el mes de agosto del año 2019, esta fecha es importante ya que en este año y en este mes de Agosto se registraron las mayores temperaturas del intervalo de registro considerado en la presente investigación.

#### **4.12. El efecto de los materiales de mampostería en la temperatura interior de las viviendas en la ciudad de Mazatlán.**

En esta región, la elección de los materiales de construcción tiene un impacto directo en el bienestar de sus habitantes debido a su influencia en la temperatura interior de las viviendas. La naturaleza y propiedades térmicas de estos materiales pueden explicar por qué, en ciertos horarios, la temperatura al interior puede ser más elevada que la externa. La exposición directa

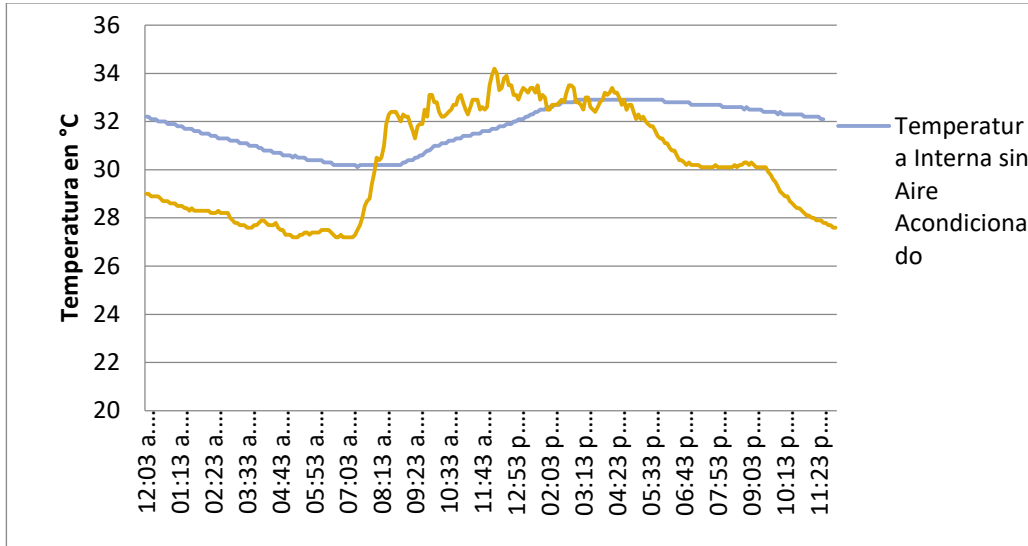
a la radiación solar puede incrementar la temperatura de los muros y techos, que posteriormente irradiarán este calor al interior.

El fenómeno donde la temperatura interna es más alta que la externa, especialmente durante la tarde o temprano en la noche, puede atribuirse a varios factores, lo cual es un fenómeno común observar que la temperatura interior puede ser más alta que la exterior durante ciertos horarios. Una de las principales causas corresponde a la resistencia térmica en caso de no ser óptima, puede contribuir a un aumento gradual de la temperatura interna a medida que avanza el día.

En cuanto a la inercia térmica se establece que los materiales absorben calor durante el día y lo liberan gradualmente. Aunque en el exterior la temperatura comienza a descender con el ocaso, las viviendas liberan el calor acumulado, elevando la temperatura interna. Los materiales, como el Block Hueco, el tabique y el Ladrillo, acumulan calor durante el día y lo liberan lentamente durante la noche. Esta liberación gradual puede hacer que el interior se sienta más caliente que el exterior, especialmente después del atardecer, tal como se muestran en la Figura 4.14 y Figura 4.15.

**Figura 4.14**

*Historia de temperatura interna y externa de la vivienda tipo.*



**Fuente:** Elaboración propia.

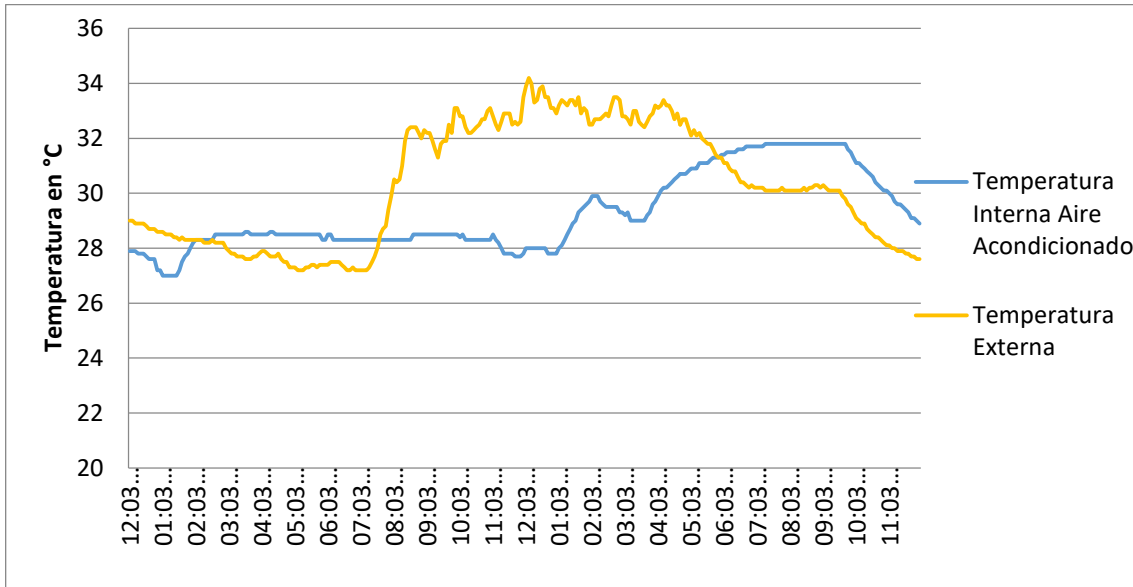
En la gráfica de la Figura 4.15 se muestra que aún con el uso de aire acondicionado al interior de la edificación la temperatura sigue siendo mayor que la temperatura externa, lo cual es provocado principalmente por la inercia térmica en los materiales de construcción.



**Figura 4.15**

*Historia de temperatura interna con uso de aire acondicionado y externa de la vivienda*

*tipo.*



**Fuente:** Elaboración propia.

Otro factor que puede llegar a influir en el incremento de la temperatura interno es el que se refiere a la ventilación limitada. Las viviendas con poca ventilación retienen más calor. La renovación del aire permite expulsar el aire caliente acumulado y reducir la temperatura interior. En viviendas con poca o nula ventilación, el calor acumulado no tiene por dónde escapar, incrementando la temperatura interna.

La elección de materiales en la ciudad de Mazatlán es esencial para garantizar un confort térmico adecuado. Aunque algunos materiales pueden parecer beneficiosos a primera vista, es vital considerar su comportamiento a lo largo del día y cómo interactúan con otros factores. El fenómeno de la inversión térmica, donde el interior se siente más cálido que el exterior, es una combinación de las propiedades físicas de los materiales, la inercia térmica y la interacción

con el entorno. Un diseño arquitectónico informado y adaptado a estas variables garantizará viviendas más cómodas y eficientes en esta bella ciudad costera.

Aunque los materiales juegan un papel crucial, otros factores como la ventilación, la orientación de la vivienda y las actividades diarias también influyen en la temperatura interna. Para maximizar el confort, es esencial considerar una combinación óptima de estos elementos en el diseño y construcción de viviendas en zonas cálidas como la ciudad de Mazatlán.

La absorción y reflexión de la irradiación, así como la resistencia térmica y las propiedades superficiales, son factores fundamentales que deben considerarse al seleccionar materiales para zonas expuestas a alta Irradiación solar. El análisis de resistencia térmica es crucial para tomar decisiones informadas en la construcción. Si bien el Tabicón sobresale por su alta resistencia térmica, es importante considerar otros factores, como la durabilidad, coste y la constante de calor específico, al seleccionar el material adecuado para cada proyecto. Los valores presentados en la presente investigación sirven como referencia para comprender la eficiencia térmica de estos materiales, pero la selección final debe considerar el conjunto de necesidades y particularidades de cada edificación.

El análisis revela que, aunque la resistencia térmica es un indicador valioso, no es el único factor que determina la respuesta de un material ante la irradiación solar. Aspectos como la constante de calor específico, la densidad, humedad y acabado superficial también pueden influir en el comportamiento térmico. Por ello, es esencial considerar una combinación de propiedades al seleccionar materiales para mampostería, especialmente en regiones con alta Irradiación solar. La correlación entre la resistencia térmica y la reducción de temperatura no es lineal, lo que demuestra la complejidad del comportamiento térmico de estos materiales.

## **Capítulo 5. . Análisis e Instrumentación en el Prototipo de Vivienda.**

### **5.1 Selección y evaluación del prototipo de vivienda en el análisis del caso de estudio.**

La instrumentación de una vivienda tipo para el estudio de la eficiencia energética ofrece una oportunidad para entender cómo se comporta una estructura residencial típica frente a las demandas energéticas, particularmente en lo que respecta a la regulación térmica.

La justificación para utilizar una vivienda tipo como objeto de estudio radica en la representatividad que cada uno de los espacios habitacionales ofrece, dadas las diferentes características de ventilación e iluminación y las variaciones térmicas que estas variables implican.

La medición de la respuesta térmica de los diferentes espacios habitacionales se registra dentro de un contexto analizado ante el mismo tipo de solicitudes, permitiendo así generalizar los hallazgos y aplicar las lecciones aprendidas a un espectro más amplio de edificaciones.

El enfoque en la presente investigación permite una exploración detallada de la dinámica entre el consumo energético y las variables térmicas tanto internas como externas. Al instrumentar la vivienda con tecnología adecuada para el registro de temperaturas y consumo energético, se pueden obtener datos valiosos y concretos que reflejan el comportamiento térmico del inmueble y su interacción con el entorno.

El análisis del prototipo se basa en comprender el comportamiento térmico de las viviendas observando cómo las fluctuaciones de temperatura externa influyen en el ambiente interno y determinando la efectividad de la vivienda en mantener una temperatura interior estable.

Se establece como prioridad identificar patrones de consumo energético al analizar cómo estos varían con los cambios en las condiciones térmicas, lo que permitirá detectar picos de demanda y oportunidades para la optimización.

En cuanto a la evaluación de los sistemas de climatización, se pretende estudiar su eficiencia para proporcionar información sobre su rendimiento y cómo mejorar su uso para maximizar la eficiencia. A partir de estos análisis, se desarrollarán estrategias de ahorro que incluyan mejoras en el diseño arquitectónico y en los materiales de construcción, con el fin de incrementar la eficiencia energética y reducir significativamente el consumo.

La selección de una vivienda tipo para este estudio permite abordar estos objetivos de manera estructurada y con un enfoque que se alinea con las realidades cotidianas de los habitantes. Además, los resultados del estudio pueden ser extrapolados para mejorar la eficiencia energética en nuevas construcciones y en la renovación de edificaciones existentes, impactando positivamente en el consumo energético general y en la huella de carbono del sector residencial.

El estudio de los registros térmicos internos y externos es particularmente revelador. Revela cómo las fluctuaciones en la temperatura exterior afectan las condiciones internas y la eficacia con la que el edificio mantiene un clima interior confortable y energéticamente eficiente. Además, permite observar la relación entre el uso de sistemas de climatización y los cambios en la temperatura ambiental, proporcionando una visión integral de los patrones de consumo energético.

El consumo de energía en el sector residencial se deriva de diferentes variables, dentro de este capítulo se analiza la relación entre el consumo energético y la temperatura tanto al interior del inmueble como al exterior. Se establece el estudio de caso, así como la

metodología implementada para el análisis de la eficiencia energética dentro del prototipo que se analiza.

La elección de una única vivienda para la instrumentación y análisis del consumo de energía en relación con la temperatura interior y exterior es una metodología común en estudios de eficiencia energética, y esto se justifica por varias razones:

1. Control de Variables: Estudiar una sola vivienda permite un control detallado de las variables implicadas en el consumo energético. Al concentrar la investigación en un solo inmueble, se pueden medir de manera precisa las condiciones de uso, las características de construcción y los patrones de comportamiento de los ocupantes sin las variaciones que se presentarán en un estudio más amplio con múltiples propiedades.

2. Profundidad de Análisis: La instrumentación detallada de un prototipo específico permite un análisis profundo de los sistemas de construcción y uso energético. Esto incluye el monitoreo intensivo de variables como el flujo de aire, la humedad, la temperatura y la incidencia de luz, datos que son cruciales para comprender el rendimiento energético de la vivienda.

3. Representatividad del Prototipo: La vivienda seleccionada para la instrumentación es representativa ya que cuenta con diferentes espacios habitacionales con características tanto de ventilación como de iluminación y asoleamiento diferentes, lo cual resulta conveniente al analizar una comparativa entre los diferentes espacios en la vivienda. Así mismo la vivienda fue escogida por poseer características constructivas y de diseño que son particularmente relevantes para la eficiencia energética.

4. Costos y Recursos: La investigación detallada de múltiples viviendas requeriría recursos significativos y podría ser prohibitiva en términos de tiempo y costos. Concentrarse

en una única vivienda permite optimizar los recursos y aplicar una metodología exhaustiva dentro de las limitaciones presupuestarias.

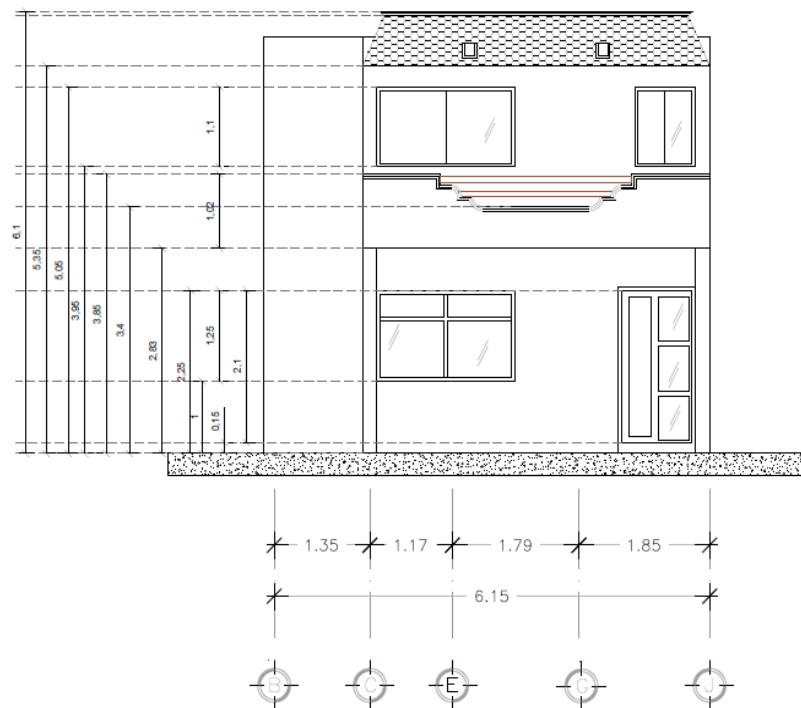
5. Modelado y Simulación: El estudio de una sola vivienda permite crear un modelo detallado que puede ser utilizado para simulaciones de eficiencia energética. Esto puede incluir simulaciones de comportamiento térmico y análisis de coste-beneficio de diferentes medidas de eficiencia energética.

La razón específica de escoger esta vivienda en particular se debe a factores como su diseño arquitectónico, la accesibilidad para la instrumentación, la disposición de los ocupantes para participar en el estudio, o su relevancia para abordar cuestiones específicas relacionadas con la eficiencia energética en el clima y contexto social de la ciudad de Mazatlán. En este sentido los resultados obtenidos de la investigación proporcionan información valiosa que puede extrapolarse o aplicarse a otras viviendas con características similares.

Para llevar a cabo esta investigación se analizó una edificación destinada a uso residencial la cual consta de dos plantas la fachada se muestra en la Figura 5.1, con una superficie de 200 m<sup>2</sup> de construcción. Con una distribución como la que se presenta a continuación en la Figura 5.1.

**Figura 5.1**

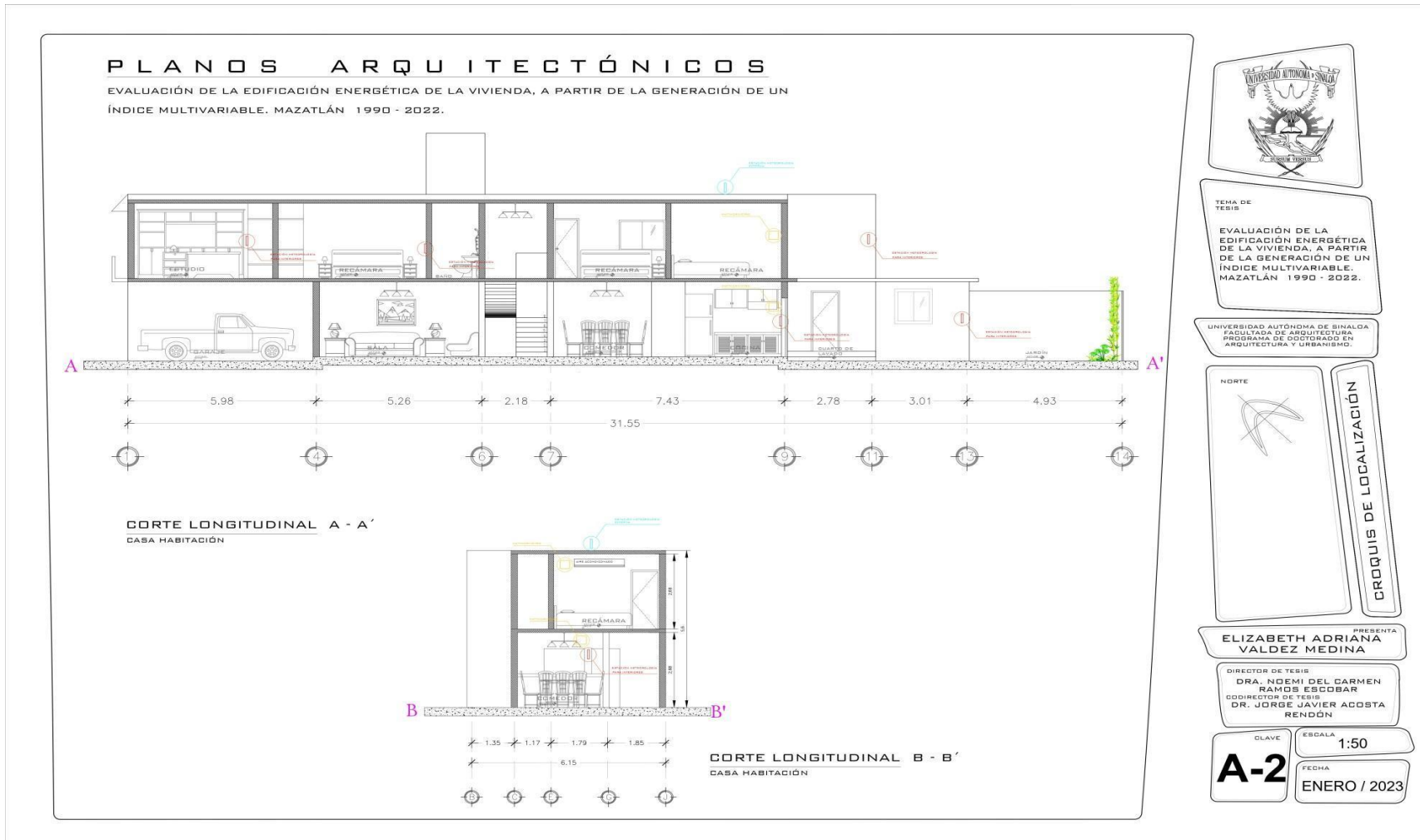
*Fachada de la casa instrumentada.*



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 5.2**

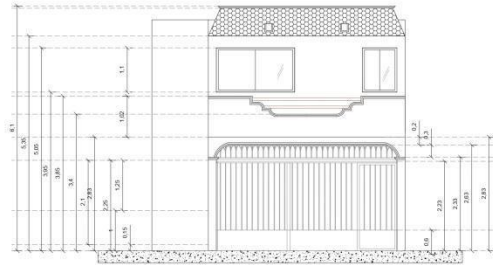
*Planos arquitectónicos de la vivienda instrumentada.*



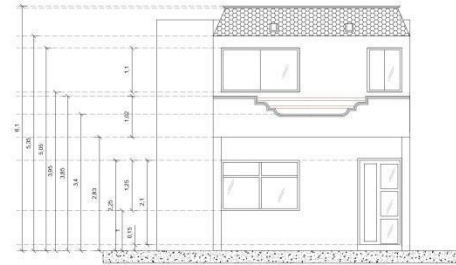


# PLANOS ARQUITECTÓNICOS

EVALUACIÓN DE LA EDIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA VIVIENDA, A PARTIR DE LA GENERACIÓN DE UN ÍNDICE MULTIVARIABLE. MAZTLÁN 1990 - 2022.



FACHADA FRONTAL EXTERNA  
CASA HABITACIÓN



FACHADA FRONTAL INTERNA  
CASA HABITACIÓN

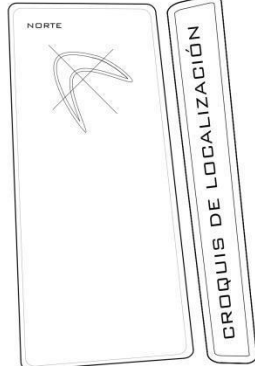


FACHADA POSTERIOR  
CASA HABITACIÓN



TEMA DE TESIS  
EVALUACIÓN DE LA EDIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA VIVIENDA, A PARTIR DE LA GENERACIÓN DE UN ÍNDICE MULTIVARIABLE. MAZTLÁN 1990 - 2022.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
PROGRAMA DE DOCTORADO EN ARQUITECTURA Y URBANISMO.



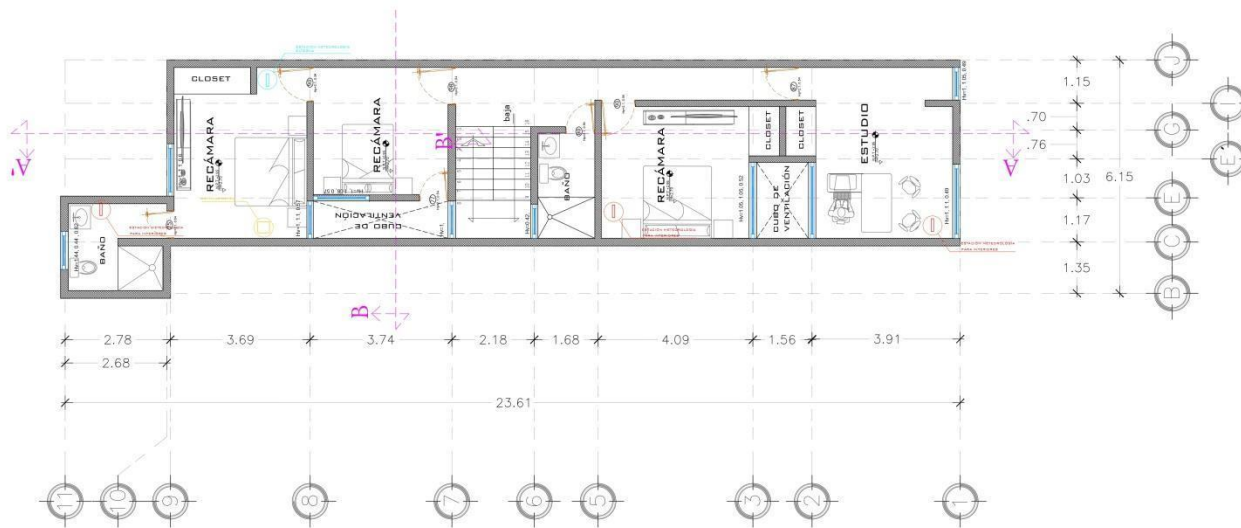
PRESENTA  
ELIZABETH ADRIANA VALDEZ MEDINA

DIRECTOR DE TESIS  
DRA. NOEMI DEL CARMEN RAMOS ESCOBAR  
CODIRECTOR DE TESIS  
DR. JORGE JAVIER ACOSTA RENDÓN

CLAVE  
**A-3**  
ESCALA  
1:50  
FECHA  
ENERO / 2023

# PLANOS ARQUITECTÓNICOS

EVALUACIÓN DE LA EDIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA VIVIENDA, A PARTIR DE LA GENERACIÓN DE UN ÍNDICE MULTIVARIABLE. MAZATLÁN 1990 - 2022.



PLANTA ALTA  
CASA HABITACIÓN



TEMA DE TESIS

EVALUACIÓN DE LA EDIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA VIVIENDA, A PARTIR DE LA GENERACIÓN DE UN ÍNDICE MULTIVARIABLE. MAZATLÁN 1990 - 2022.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
PROGRAMA DE DOCTORADO EN ARQUITECTURA Y URBANISMO.

NORTE



CRONIS DE LOCALIZACIÓN

PRESENTA  
ELIZABETH ADRIANA VALDEZ MEDINA

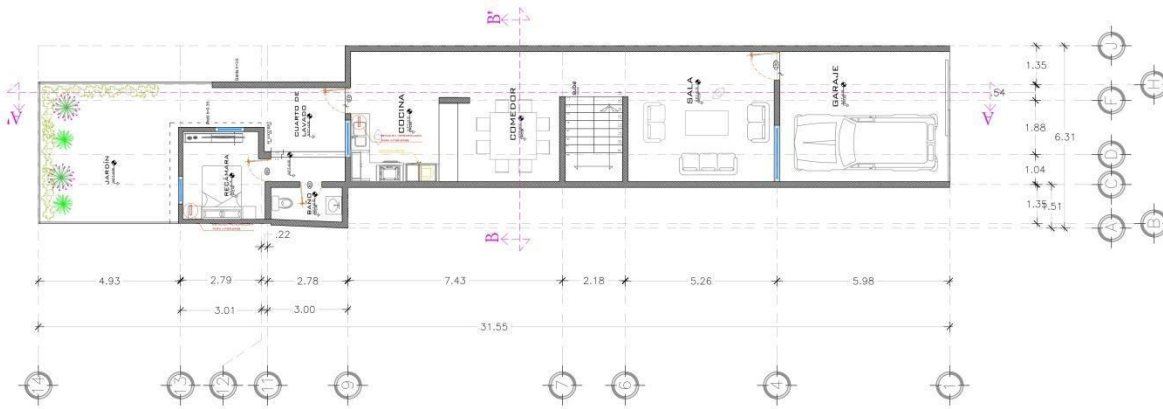
DIRECTOR DE TESIS  
DRA. NOEMI DEL CARMEN RAMOS ESCOBAR  
CODIRECTOR DE TESIS  
DR. JORGE JAVIER ACOSTA RENDÓN

CLAVE ESCALA 1:50

A-1' FECHA ENERO / 2023

# PLANOS ARQUITECTÓNICOS

EVALUACIÓN DE LA EDIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA VIVIENDA, A PARTIR DE LA GENERACIÓN DE UN ÍNDICE MULTIVARIABLE. MAZATLÁN 1990 - 2022.

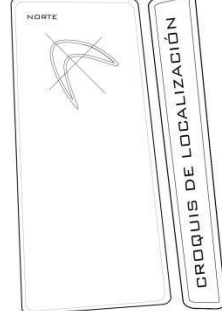


**PLANTA BAJA**  
CASA HABITACIÓN



TEMA DE TESIS  
EVALUACIÓN DE LA EDIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA VIVIENDA, A PARTIR DE LA GENERACIÓN DE UN ÍNDICE MULTIVARIABLE. MAZATLÁN 1990 - 2022.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
PROGRAMA DE DOTTORADO EN ARQUITECTURA Y URBANISMO.



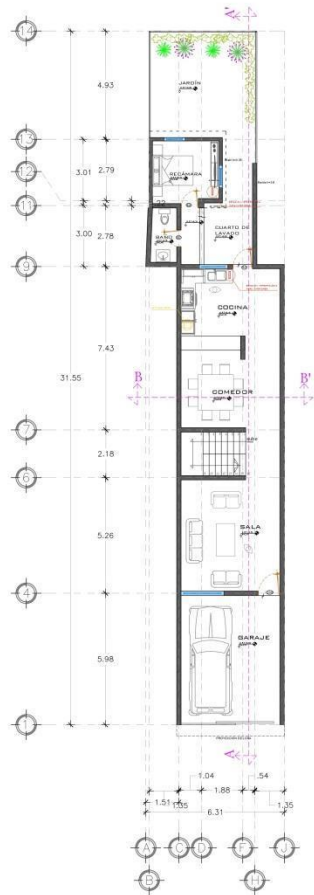
PRESENTA  
**ELIZABETH ADRIANA VALDEZ MEDINA**

DIRECTOR DE TESIS  
DRA. NOEMI DEL CARMEN RAMOS ESCOBAR  
CODIRECTOR DE TESIS  
DR. JORGE JAVIER ACOSTA RENDÓN

CLAVE  
**A-1**

ESCALA  
1:100

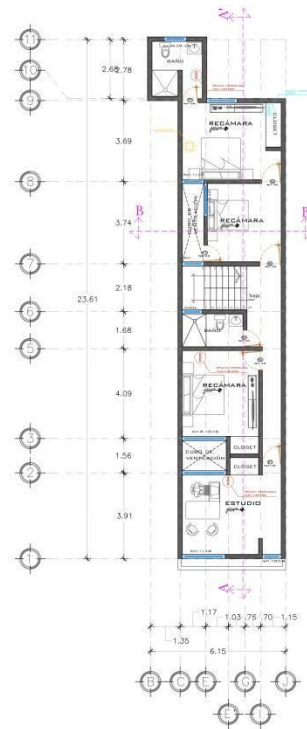
FECHA  
ENERO / 2023



**PLANTA BAJA**  
CASA HABITACIÓN

## PLANOS ARQUITECTÓNICOS

EVALUACIÓN DE LA EDIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA VIVIENDA, A PARTIR DE LA GENERACIÓN DE UN ÍNDICE MULTIVARIABLE. MAZATLÁN 1990 - 2022.



**PLANTA ALTA**  
CASA HABITACIÓN



TEMA DE TESIS  
EVALUACIÓN DE LA EDIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA VIVIENDA, A PARTIR DE LA GENERACIÓN DE UN ÍNDICE MULTIVARIABLE. MAZATLÁN 1990 - 2022.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
PROGRAMA DE DOCTORADO EN ARQUITECTURA Y URBANISMO.



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PRESENTA  
**ELIZABETH ADRIANA VALDEZ MEDINA**

DIRECTOR DE TESIS  
**DRA. NOEMI DEL CARMEN RAMOS ESCOBAR**  
CODIRECTOR DE TESIS  
**DR. JORGE JAVIER ACOSTA RENDÓN**

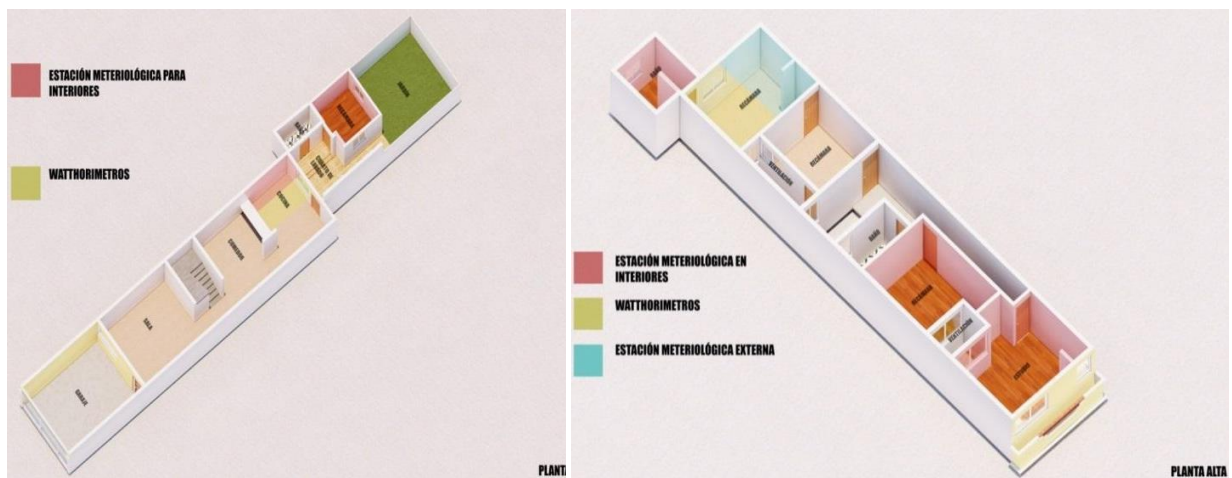
CLAVE **A-1** ESCALA **1:100**  
FECHA **ENERO / 2023**

Fuente: Elaboración propia.

La investigación se lleva a cabo en un edificio residencial de dos plantas que abarca una superficie de construcción de 220 metros cuadrados, lo que proporciona un marco adecuado para analizar la eficiencia energética y su relación con los factores ambientales internos y externos. La configuración de la planta superior, que consta de cuatro recámaras y tres baños, ofrece una diversidad de condiciones para el estudio, debido a las distintas exposiciones al sol que cada una de estos espacios habitacionales puede tener, así como los variados niveles de ventilación como se muestra en la Figura 5.3.

### Figura 5.3

*Distribución Arquitectónica del prototipo de vivienda.*



**Fuente:** Elaboración propia.

La medición de temperatura en estas áreas permitirá establecer una correlación detallada entre la temperatura interna y los factores como la incidencia solar directa y la circulación de aire. Esta correlación es fundamental para comprender cómo el diseño arquitectónico y la disposición espacial influyen en el confort térmico y el consumo energético. La disposición detallada de los espacios habitacionales, con sus medidas específicas, se encuentra en la Figura 5.2, las cuales son esenciales para interpretar los resultados y proponer mejoras en

términos de diseño sostenible y eficiencia energética. Esta edificación, por tanto, no solo ofrece un caso de estudio representativo de una vivienda familiar típica, sino que también proporciona un laboratorio en vivo para investigar las interacciones entre el diseño arquitectónico, el comportamiento térmico y la eficacia de los sistemas de climatización en el contexto de las dinámicas climáticas de la ciudad de Mazatlán.

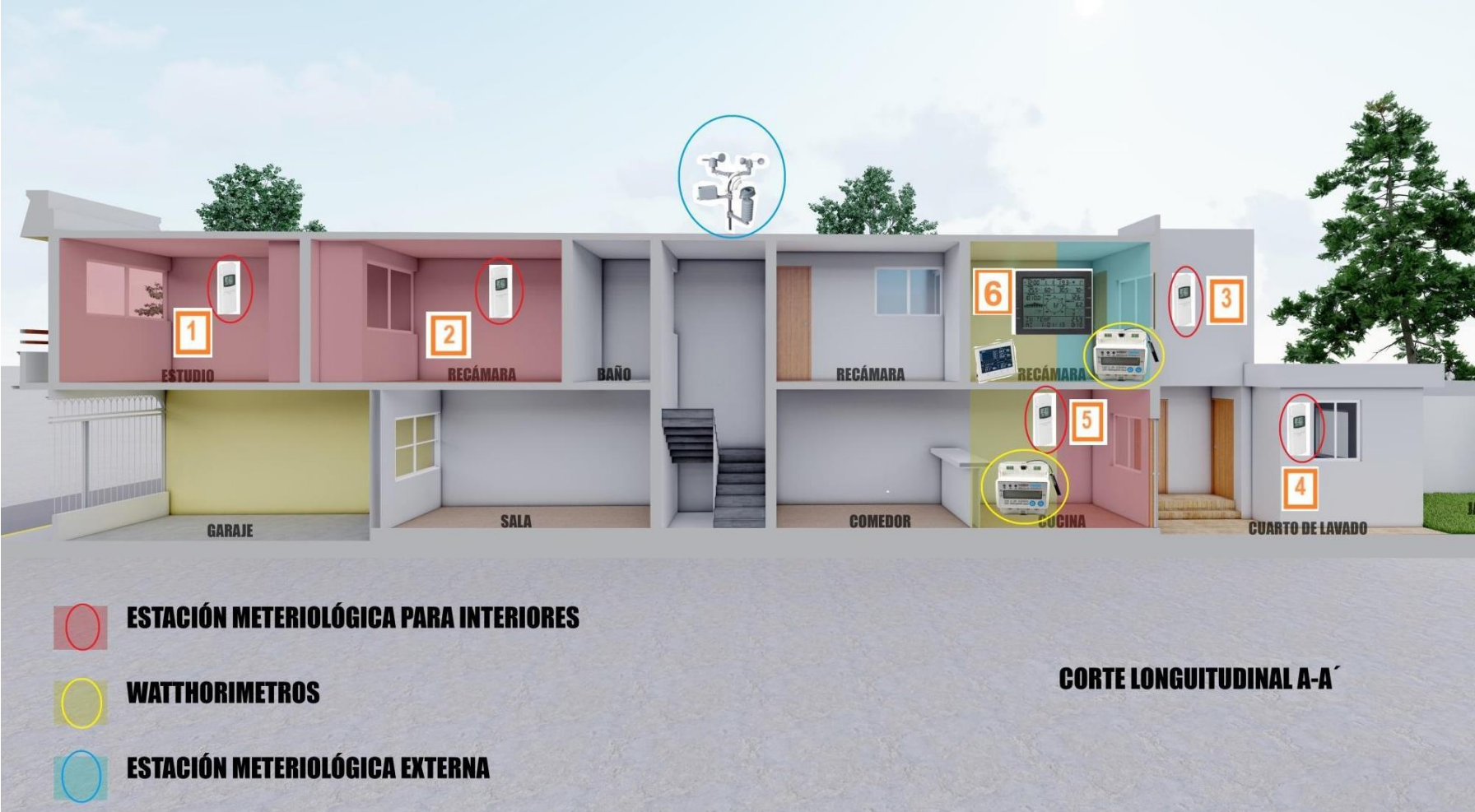
## **5.2 Análisis y recolección de datos *in situ***

En el presente estudio, se genera una recopilación meticulosa de datos *in situ* para obtener aproximaciones más exactas y relevantes del consumo energético. Implementado una estrategia para recolectar información ambiental específica (incluyendo temperatura, humedad, precipitaciones, velocidad del viento, luminosidad y UVI) directamente de los espacios habitacionales incluidos dentro del presente estudio, teniendo como punto de inflexión el construir un entendimiento más profundo y matizado del entorno estudiado.

La edificación cuenta con medidores de temperatura y wathorímetros, estableciendo una base de datos integral que correlaciona las condiciones térmicas internas con el consumo energético específico de cada espacio. La ubicación estratégica de los instrumentos de medición, detallada en la Figura 5.4, asegura la captura de datos representativos y significativos para el análisis energético de la vivienda.

**Figura 5.4**

*Ubicación de los instrumentos de medición de temperatura y energía consumida.*



**Fuente:** Elaboración propia.

La estación meteorológica marca Misol empleada en la instrumentación de la edificación es un dispositivo capaz de registrar con precisión una amplia gama de variables climáticas. Esta estación puede medir temperaturas internas que oscilan entre los -10 y los 60 °C y temperaturas externas en un espectro aún más amplio, de -40 a 60 °C. Su sensor de humedad es sensible a porcentajes que van del 10 al 99%, lo que permite un seguimiento detallado de la humedad ambiental.

La velocidad del viento es otro parámetro que esta estación mide con precisión, desde una brisa apenas perceptible hasta poderosos vientos de hasta 50,0 m/s, y además determina la dirección del viento en un rango completo de 360 grados.

La estación también está equipada para medir la precipitación, con un rango que va de 0 a 9999,9 mm, lo cual es esencial para entender el impacto de la lluvia en el consumo energético de la edificación. En términos de luminosidad, el dispositivo puede detectar niveles de luz desde la oscuridad total hasta un brillante 300000,0 lux, y su sensor UVI mide el índice ultravioleta desde 0 hasta un nivel 15, correspondiente a 0 a 20000 W/m<sup>2</sup>, facilitando un análisis detallado de la incidencia solar. Además, esta estación cuenta con la capacidad de transmitir datos hasta una distancia de 100 metros, ofreciendo flexibilidad en la ubicación y asegurando una comunicación ininterrumpida de datos.

La estación meteorológica utilizada es la que se muestra en la Figura 5.5, esta es una herramienta esencial para la recolección de datos climáticos precisos y confiables, proporcionando una base sólida para el análisis del comportamiento térmico y la eficiencia energética de la vivienda estudiada.



**Figura 5.5**

*Estación meteorológica de la marca Misol.*



**Fuente:** Elaboración propia.

Con la estación descrita fue posible medir la temperatura externa y la temperatura interna en un espacio asignado en la edificación, sin embargo, para poder realizar una mejor evaluación del comportamiento térmico de la edificación se instrumentaron 5 espacios más con una Estación Meteorológica Inalámbrica marca Misol con 5 sensores y 5 canales, tal como se muestra en la Figura 5.6.

## Figura 5.6

### *Estación meteorológica para interiores*



**Fuente:** Elaboración propia.

La estación meteorológica inalámbrica de la Figura 5.6 cuenta con un rango para medir la humedad del aire 10 - 90 %, la precisión de la humedad es de  $\pm 5$  %, la temperatura oscila en un rango de  $-40$  a  $+ 60$  °C, con una exactitud de la temperatura  $0,1$  °C.

Para el análisis del consumo energético en la vivienda instrumentada, se implementaron dos wathorímetros DDS238-4 W de la marca TOMZN, catalogados como dispositivos multifuncionales. Estos medidores inteligentes están diseñados para cuantificar la energía activa en sistemas de corriente alterna monofásica de dos cables. Con una clase de precisión de Clase 1, estos wathorímetros aseguran mediciones fiables y exactas. Capaces de operar con corrientes máximas de entre 50 y 79 amperios y con una tensión nominal de 230V, su robustez técnica es adecuada para el monitoreo residencial.

Los modelos DDS238-4 W se ajustan a las necesidades eléctricas estándar, lo que los hace adecuados para la instalación en una variedad de entornos domésticos. Su capacidad para registrar hasta 99999.9 unidades de energía y su pantalla digital facilitan una lectura clara y

directa del consumo energético. Además, ofrecen una salida de voltaje adaptable que oscila entre 110V y 230V, compatible tanto con frecuencias de 50Hz como de 60Hz.

Estos wathorímetros no solo permiten a los usuarios monitorear su consumo de energía de manera continua, sino que también proporcionan una base de datos histórica del uso energético en el espacio donde están instalados. Esta información es crucial para evaluar los patrones de consumo y puede ser instrumental en la reevaluación de los requisitos de eficiencia energética en las viviendas. La visualización y detalles adicionales de estos wathorímetros son expuestos en la Figura 5.7.

### **Figura 5.7**

*Wathorímetro marca TOMZN.*



**Fuente:** Elaboración propia.

La instrumentación realizada incluyó el uso de 2 Wathorímetro marca TOMZN, junto con una estación meteorológica de interiores inalámbrica de cinco canales y otra estación meteorológica para exteriores, ambas de la marca Misol, con la última ofreciendo también un

canal para mediciones interiores. El despliegue completo de estos instrumentos en la edificación se ilustra en la Figura 5.7.

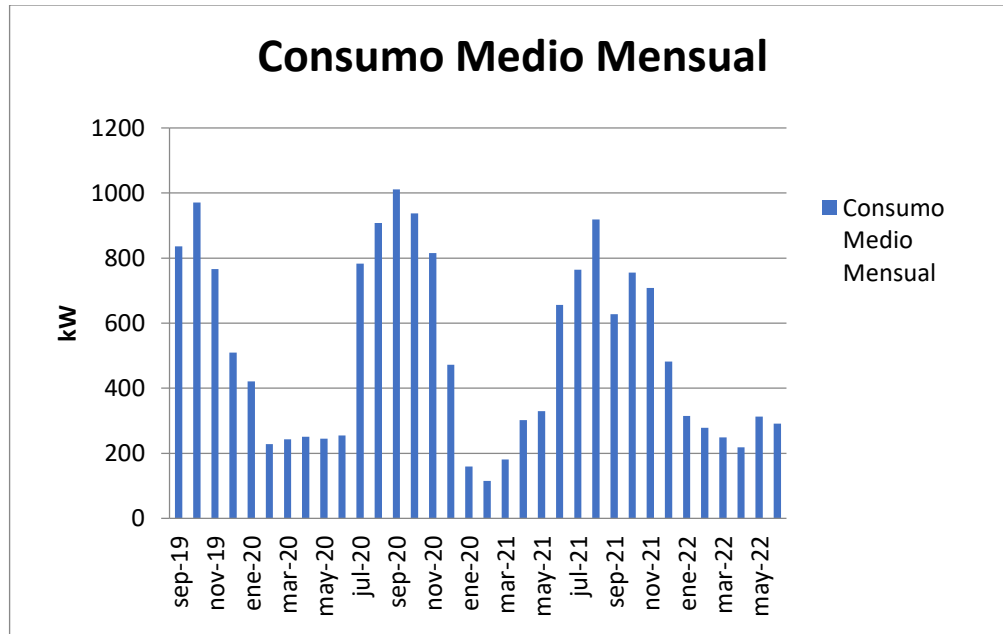
La disposición estratégica de esta instrumentación se realizó con el fin de asegurar la recolección de datos de aquellos espacios considerados importantes para la investigación. Con el edificio debidamente equipado, se procedió a la fase de monitoreo, que se centró en registrar el consumo de energía y su interacción con las variaciones de temperatura. Este monitoreo permitió la generación de perfiles de carga diaria correspondientes a los distintos usos energéticos durante el período de estudio, que abarcó desde septiembre de 2019 hasta junio de 2022. Los resultados de este seguimiento incluyen la documentación del consumo energético medio mensual.

La gráfica de la Figura 5.8 muestra el consumo medio mensual de energía en kilowatts (kW) de la vivienda instrumentada a lo largo de un periodo que abarca desde septiembre de 2019 hasta junio de 2022. En el eje vertical (Y), se representan los kilowatts, y en el eje horizontal (X), los meses correspondientes al periodo de estudio.

A primera vista, se observa que el consumo energético fluctúa mes a mes, con picos que sugieren un incremento en el uso de energía durante periodos que van de julio a noviembre y teniendo un máximo en septiembre. Existen picos notables que corresponden a épocas del año con temperaturas extremas como es el caso del mes de agosto y septiembre, donde es probable que se utilicen más los sistemas de climatización. La gráfica también muestra valles en el consumo, que indican los meses con temperaturas más moderadas o periodos de menor ocupación o actividad dentro de la vivienda.

**Figura 5.8**

*Consumo Medio Mensual Registrado.*



**Fuente:** Elaboración propia, Datos obtenidos de los registros.

En términos generales, la gráfica permite identificar tendencias y patrones en el consumo de energía, ofreciendo una visión clara de los periodos de mayor y menor demanda energética en la vivienda.

Dentro de este capítulo la investigación estará enfocada a establecer un indicador donde se correlacione la temperatura (tanto la interna como externa) de la edificación, con el consumo energético, la metodología usada está basada tanto en la norma UNE-EN ISO 50001:2011, como en la metodología propuesta en Jota y Papa (2007), Papa (2005) y Papa et al (2007).

"*Energy Index Evaluation of Buildings in Function of the External Temperature*", es un trabajo de investigación publicado como un *conference paper* en 2007. Los autores de este estudio son Papa y Jota (2007). El artículo se enfoca en la evaluación del índice de energía en

edificios en relación con la temperatura externa y fue presentado en la conferencia *Proc. Building Simulation 2007*.

Este trabajo es parte de las investigaciones realizadas por el *Lawrence Berkeley National Laboratory*, específicamente bajo el *Energy Technologies* Área, donde se abordan desafíos climáticos urgentes mediante innovaciones en eficiencia energética en varios sectores, incluyendo edificaciones, transporte e industria. Investigaciones de este tipo son importantes para entender y mejorar el uso de la energía en relación con factores ambientales como la temperatura externa.

La metodología propuesta por Papa y Jota fue probada en edificios sin estratificación energética, el índice propuesto en esta referencia establece la relación entre el consumo energético y la temperatura mediante una función  $K(t)$ , donde  $t$  hace referencia a la temperatura. La eficiencia energética es medida mediante la implementación de un indicador que determina el grado de eficiencia energética, Esta metodología, alineada con la UNE-EN ISO 50001:2011, establece un marco estructurado para que las organizaciones evalúen y mejoren su eficiencia energética de manera metódica y coherente con los estándares internacionales.

En este sentido la Norma UNE-EN ISO 50001:2011 establece un conjunto de requerimientos específicos para la gestión del uso y consumo de energía. Este estándar promueve prácticas sistemáticas para la medición, documentación e informes necesarios para llevar a cabo un análisis exhaustivo del rendimiento energético. La metodología sugerida por la normativa, detallada en NQA ISO 50001, incluye la identificación de las fuentes de energía utilizadas actualmente, la evaluación del uso y consumo históricos y actuales de energía, y el reconocimiento de las áreas de uso significativo de energía. También enfatiza la importancia

de comprender las variables que impactan en los usos energéticos significativos, la determinación del rendimiento energético actual de las instalaciones, la proyección del futuro uso y consumo de energía y la identificación y jerarquización de las oportunidades para optimizar el rendimiento energético.

Adicionalmente, la Norma UNE 216501:2009, propone una secuencia de pasos metódicos para la realización de auditorías energéticas. Este proceso se conceptualiza como una ruta crítica, que guía de forma secuencial en la revisión energética y se visualiza en la Figura 5.9.

La Figura 5.9 describe el proceso de revisión energética conforme a la Norma ISO 50001:2011, ilustrando las fases secuenciales que comprende una auditoría energética sistemática y organizada. El proceso inicia con la fase de "Preparación", donde se establecen los objetivos, el alcance y los recursos necesarios para la revisión energética. Esto incluye la planificación detallada y la definición de métodos para la recolección de datos.

Seguidamente, se procede con la "Visita a Instalaciones e inspección", donde se realiza un recorrido físico por las instalaciones para inspeccionar y entender las operaciones y los sistemas de energía *in situ*. La siguiente etapa es la "Recogida de Datos", un paso que implica la recopilación de datos operativos, de consumo y de mantenimiento que serán fundamentales para el análisis energético.

La "Contabilidad Energética" es el análisis de los datos recogidos. En esta fase se cuantifica el consumo de energía y se identifican patrones de uso, permitiendo entender dónde y cómo se consume la energía dentro de las instalaciones. Luego se desarrollan "Propuestas de mejora" basadas en el análisis anterior, donde se identifican oportunidades de ahorro y se proponen medidas para mejorar la eficiencia energética.

El proceso concluye con la elaboración de un "Informe Final", que compila todos los hallazgos, análisis y recomendaciones de la auditoría energética, presentando un documento integral que sirve para informar la toma de decisiones y planificar acciones futuras. Este informe es el producto final que resume todo el trabajo realizado durante la revisión energética y proporciona una base para mejorar continuamente el desempeño energético de la organización.

### Figura 5.9

*Secuencia de actividades para una revisión energética, propuesta por la Norma UNE 216501:2009.*



**Fuente:** UNE, 2020

La metodología marcada en la Norma es concordante con la metodología propuesta por [Jota y Papa (2004), Papa (2005) y Papa et al (2007), Dentro del presente trabajo de investigación se sigue la metodología marcada por Papa et al (2007), sin descuidar lo que establece la Norma.

### 5.3 . Recolección de datos *in situ*.

Para garantizar una muestra representativa que refleje la variedad de condiciones habitacionales, se seleccionaron espacios con características distintas en términos de

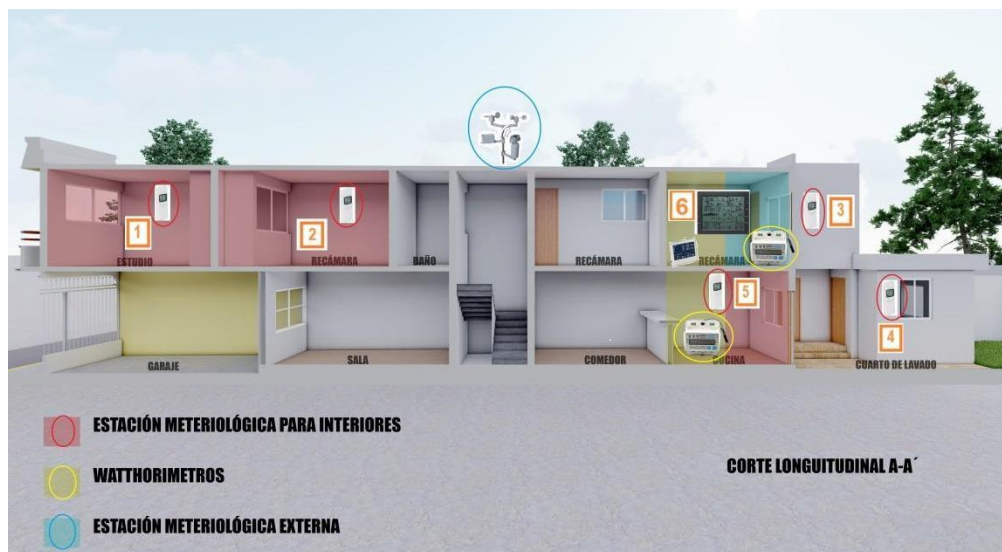


ventilación e iluminación, la edificación se dividió en seis sectores para la instrumentación. Esta diversificación permite comprender cómo la ventilación e iluminación influyen en el consumo energético.

La disposición de los sistemas de medición se establece con el propósito de mostrar las diferencias que existen en los rangos térmicos obtenidos para cada uno de los sectores con instrumentación, la disposición de los instrumentos de medición se esquematiza en la Figura 5.10.

### Figura 5.10.

*Distribución de los sistemas de medición.*



**Fuente:** Elaboración propia.

Como se especifica con anterioridad se instrumentaron seis sectores dentro de la vivienda, cada uno de estos sectores fue equipado con una estación meteorológica especializada para interiores, a excepción del sector seis. Este último se distingue por incorporar una estación meteorológica capaz de registrar las condiciones térmicas tanto externas como internas.

Particular atención se prestó a los sectores cinco y seis, que, además del monitoreo termal interno, se encuentran bajo el control de wathhorímetros que registran los niveles de consumo energético. Estos sectores se identificaron como críticos porque el sector cinco alberga la cocina, y el sector seis constituye el único espacio habitacional provisto de aire acondicionado, ambos reconocidos por su elevado consumo energético.

Los diferentes sectores se establecen como referencia para el análisis energético detallado, proporcionando una perspectiva comparativa en cuanto a la temperatura en relación con idénticos niveles de demanda energética. Dentro de este apartado de la investigación se analizan cómo las variaciones en la temperatura impactan el consumo energético y se determinan las posibles medidas de optimización energética en la vivienda.

La Tabla 5.1 detalla las características físicas de varios espacios habitacionales de una construcción, distribuidos entre planta alta y planta baja. Se incluyen mediciones de perímetro, área, volumen, superficie de muro, y área de ventanas y puertas con sus respectivos porcentajes con relación al área total de cada espacio.

**Tabla 5.1**

*Porcentaje de las puertas y ventanas sobre el total de cada espacio habitacional.*

Planta alta:

| Espacio    | Perímetro (m) | Área (m <sup>2</sup> ) | Volumen (m <sup>3</sup> ) | Muro (m <sup>2</sup> ) | Ventanas (m <sup>2</sup> ) | Puertas (m <sup>2</sup> ) |
|------------|---------------|------------------------|---------------------------|------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Baño 1     | 9.6           | 5.7                    | 14.8                      | 23.9                   | 0.5                        | 1.5                       |
| Baño 2     | 8.5           | 4.1                    | 10                        | 21.1                   | 0.38                       | 1.5                       |
| Recámara 1 | 16            | 15.8                   | 42.7                      | 37.2                   | 2.6                        | 3.4                       |
| Recámara 2 | 13.8          | 11.9                   | 39                        | 31.9                   | 1.6                        | 3.8                       |
| Recámara 3 | 14.7          | 13.5                   | 35.8                      | 35.7                   | 2.1                        | 1.9                       |
| Estudio    | 16.2          | 16.2                   | 42.1                      | 35.9                   | 4.2                        | 3.6                       |

| <b>Espacio</b> | <b>Ventanas (%)</b> | <b>Puertas (%)</b> |
|----------------|---------------------|--------------------|
| Baño 1         | 1.93%               | 5.79%              |
| Baño 2         | 1.66%               | 6.54%              |
| Recámara 1     | 6.06%               | 7.87%              |
| Recámara 2     | 4.29%               | 10.20%             |
| Recámara 3     | 5.29%               | 4.79%              |
| Estudio        | 9.60%               | 8.23%              |

Planta baja:

| <b>Espacio</b> | <b>Perímetro (m)</b> | <b>Área (m<sup>2</sup>)</b> | <b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b> | <b>Muro (m<sup>2</sup>)</b> | <b>Ventanas (m<sup>2</sup>)</b> | <b>Puertas (m<sup>2</sup>)</b> |
|----------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Baño 3         | 7.2                  | 2.8                         | 7.6                            | 17.5                        | 0.3                             | 1.6                            |
| Recámara 4     | 11.5                 | 8.3                         | 22.4                           | 27.5                        | 2                               | 1.6                            |
| Cocina         | 23.5                 | 32.5                        | 87.8                           | 56.4                        | 1.9                             | 5.2                            |
| Sala           | 19.1                 | 22.8                        | 61.6                           | 43.6                        | 2.6                             | 5.4                            |

| <b>Espacio</b> | <b>Ventanas (%)</b> | <b>Puertas (%)</b> |
|----------------|---------------------|--------------------|
| Baño 3         | 1.54%               | 8.23%              |
| Recámara 4     | 6.44%               | 5.15%              |
| Cocina         | 2.99%               | 8.20%              |
| Sala           | 5.04%               | 10.47%             |

**Fuente:** Elaboración propia.

En la planta alta, el baño 1 tiene un perímetro de 9.6 metros, un área de 5.7 m<sup>2</sup> y un volumen de 14.8 m<sup>3</sup>. Su superficie de muro es de 23.9 m<sup>2</sup>, con ventanas que ocupan el 1.93% del área y puertas el 5.79%. El baño 2 es más pequeño, con un área de 4.1 m<sup>2</sup> y un volumen de 10 m<sup>3</sup>, y tiene menores porcentajes de ventana y puerta con relación al área.

Las recámaras 1, 2 y 3 tienen áreas de 15.8 m<sup>2</sup>, 11.9 m<sup>2</sup> y 13.5 m<sup>2</sup> respectivamente, con proporciones de ventana y puerta variadas, destacando la recámara 1 con el mayor porcentaje de ventana (6.06%) y la recámara 2 con el mayor porcentaje de puertas (10.20%). El estudio tiene la mayor área de 16.2 m<sup>2</sup> en la planta alta y el mayor porcentaje de ventanas (9.60%), lo que indica una preferencia por la iluminación natural.

En la planta baja, la cocina es el espacio más grande con 32.5 m<sup>2</sup> y un volumen de 87.8 m<sup>3</sup>, seguida por la sala con 22.8 m<sup>2</sup> y un volumen de 61.6 m<sup>3</sup>. Estos dos espacios tienen un mayor porcentaje de puertas en comparación con los baños y la recámara de la misma planta, siendo la sala el espacio con el mayor porcentaje de puertas (10.47%) de todos los listados.

En cuanto a la iluminación natural, la recámara 4 en la planta baja presenta un porcentaje de ventanas de 6.44%, lo que sugiere una buena cantidad de entrada de luz. Por otro lado, el baño 3, aunque es el espacio más pequeño en la planta baja, tiene el porcentaje de puerta más alto (8.23%) en comparación con su tamaño, lo cual puede indicar una preferencia por accesibilidad o diseño específico para optimizar el espacio.

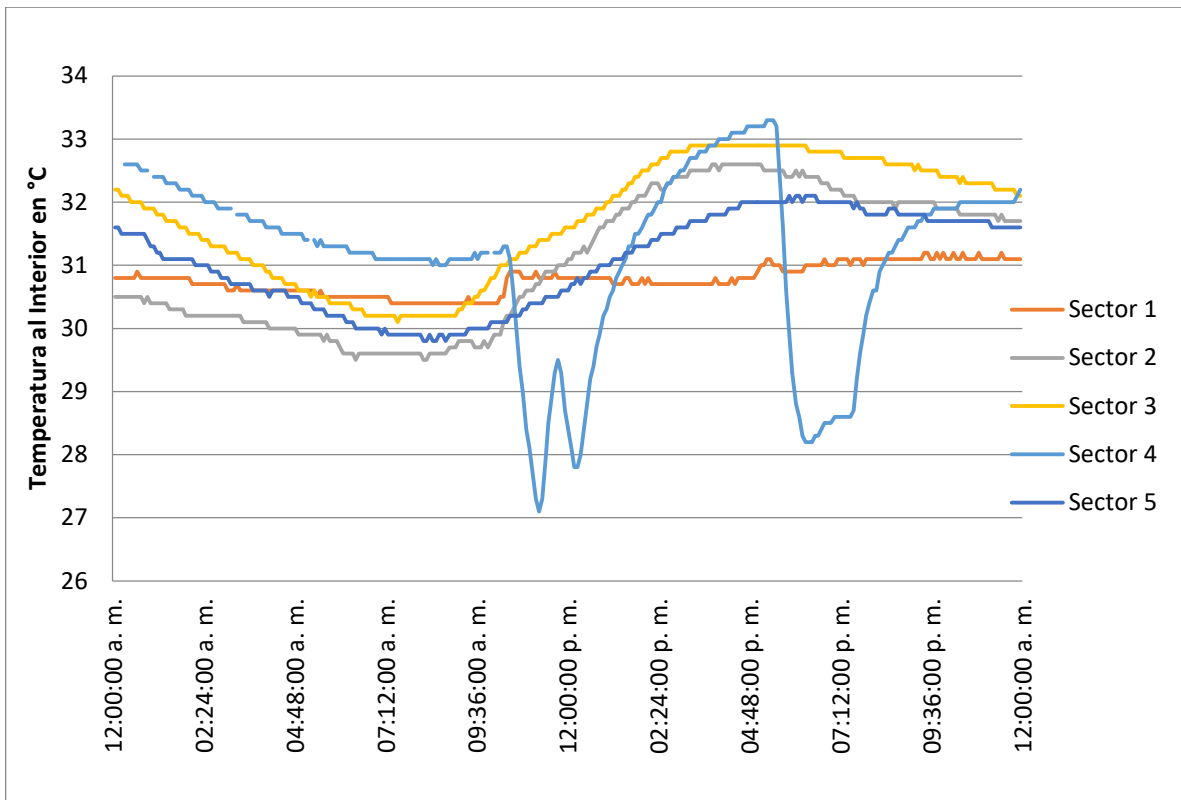
Cada espacio está claramente definido y cuantificado, proporcionando una comprensión detallada de las proporciones de los elementos constructivos y aberturas, lo cual es fundamental para la planificación del diseño arquitectónico, la eficiencia energética y la comodidad habitacional.

El análisis de los porcentajes de ventanas y puertas con respecto al área total de cada espacio ofrece una perspectiva importante sobre la ventilación e iluminación, así como sobre la accesibilidad de los diferentes espacios habitacionales de la edificación, sin embargo, dentro de la gráfica de la Figura 5.11 se hace evidente cómo el sector 5 (Estudio) al contar con una

ventilación directa es el sector que registra los menores niveles térmicos en relación a otros sectores monitoreados.

**Figura 5.11**

*Registro térmico en los diferentes sectores para el día más cálido del mes de agosto del 2023.*



**Fuente:** Elaboración propia.

La gráfica ilustra la temperatura en °C al interior de cinco sectores diferentes a lo largo de un periodo de 24 horas, comenzando y terminando a las 12:00 a.m. del 15 de agosto de 2023, de acuerdo con los registros se establece como el día más cálido del mes de agosto del 2023.

El Sector 5, que se ha identificado como el estudio con ventilación directa, mantiene consistentemente las temperaturas más bajas en comparación con los otros sectores. Su perfil térmico muestra una curva suave que comienza ligeramente por encima de los 29°C a

medianoche, disminuyendo gradualmente hasta alcanzar su punto más bajo cerca de las 7:00 a.m., aproximadamente a 27°C. A partir de entonces, la temperatura aumenta durante el día, alcanzando un pico alrededor de las 3:00 p.m., que está por debajo de los 32°C, y después inicia un descenso.

El Sector 1 presenta temperaturas iniciales similares al Sector 5 pero experimenta un incremento más significativo a lo largo del día, alcanzando y manteniendo valores superiores a 32°C durante la tarde, antes de comenzar a descender. Los Sectores 2 y 4 muestran patrones de temperatura muy similares entre sí, con valores que comienzan justo por debajo de los 31°C y que se mantienen por debajo de los 33°C durante la tarde, antes de disminuir.

El Sector 3 destaca por una anomalía significativa; muestra una caída dramática en la temperatura justo después de las 12:00 a.m., que cae por debajo de los 28°C, y luego tiene un pico abrupto que supera los 33°C antes de normalizarse y seguir un patrón similar a los otros sectores, aunque generalmente mantiene las temperaturas más altas durante todo el día.

La variación en el Sector 3 es provocada por el uso del aire acondicionado. A pesar de los cambios que se generan por el uso de climatización, parece que todas las áreas, excepto el Sector 5, experimentan temperaturas máximas alrededor de las 3:00 p.m., lo cual es coherente con las horas de mayor insolación del día.

La información presentada en la Figura 5.11 es un claro indicativo de cómo la ventilación directa, como la observada en el Sector 5, puede influir en el mantenimiento de temperaturas interiores más bajas y en la creación de un ambiente más confortable en comparación con los otros sectores que aun cuando cuentan con ventilación, esta no llega de forma directa lo que repercute en el incremento de temperatura para estas áreas.

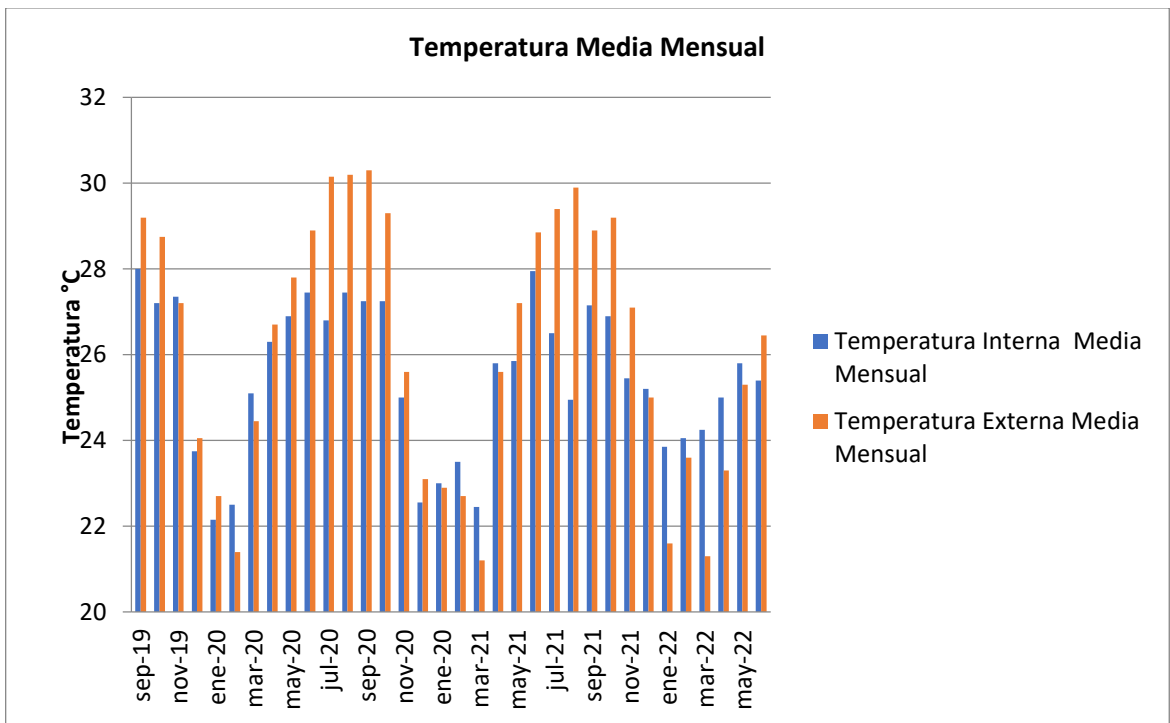
#### 5.4 . Correlación entre la temperatura y el consumo energético.

Dentro del siguiente apartado se establece el análisis entre la correlación del consumo energético y la temperatura al interior y al exterior de la edificación.

Es importante destacar que tanto la serie histórica de la temperatura interna y externa fueron obtenidas por medio de la estación meteorológica usada en exteriores, el gráfico de la serie representa la historia del consumo medio mensual en el periodo de septiembre de 2019 a junio de 2022. Una vez obtenida la historia de datos para las temperaturas, se analiza el consumo medio mensual asociado a cada mes registrado en la historia de temperaturas. El gráfico que representa la temperatura media mensual en el periodo de tiempo de septiembre de 2019 a junio de 2022 es el que corresponde a la Figura 5.12.

**Figura 5.12**

*Temperatura Media Mensual.*

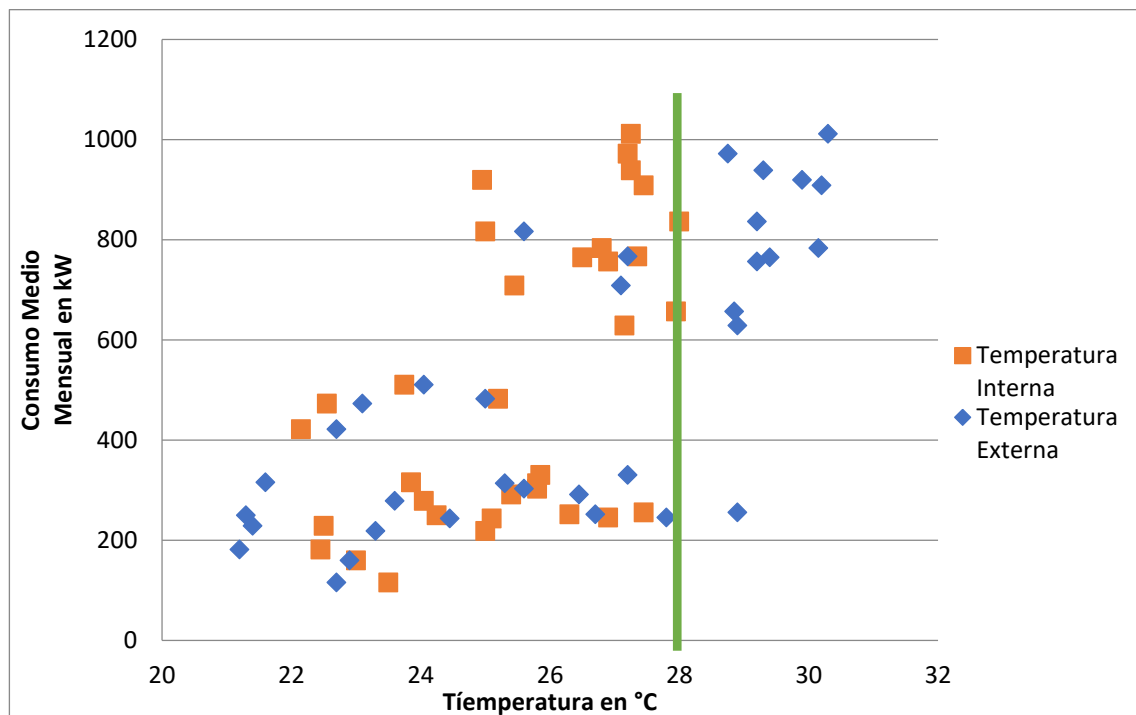


**Fuente:** Elaboración propia.

Mediante observación simple se puede establecer una correlación entre los gráficos correspondientes al consumo medio mensual y la temperatura media mensual, sin embargo, se calcula la correlación entre ambas variables como se muestra, para establecer una línea de tendencia que explique de mejor manera la correlación entre ambas variables, de esta manera se considera que la ecuación que mejor se ajusta a los datos corresponde a la relación establecida entre la temperatura media interna y el consumo energético medio mensual la función obtenida es  $K_i(t)=0.3211t-6.4355$ , donde  $t$  representa la temperatura media mensual, esta ecuación es válida para la temperatura interna, y para la temperatura externa la ecuación obtenida es  $K_e(t) = 0.981t e^{-5.685}$ .

**Figura 5.13**

*Correlación entre la temperatura y el consumo medio mensual.*



**Fuente:** Elaboración propia.



El siguiente paso consiste en calcular el consumo de referencia a partir del consumo medio mensual, y tomando como línea base la temperatura de consumo, la cual se define como la temperatura a partir de la cual se presenta necesario el uso de climatización dentro de la edificación, en este sentido la temperatura de consumo se toma como 28°C, este valor se propone a partir del incremento en el consumo energético observado en el registro histórico del periodo establecido de septiembre de 2019 y junio de 2022, en la Figura 5.13, se gráfica tanto la temperatura externa como la interna, observándose el punto de ruptura en 28°C, el consumo energético medio mensual se incrementa en proporción con la temperatura externa, sin embargo, de temperatura interna presenta un punto quiebre en 28°C.

El consumo de referencia es calculado con la Ecuación (Papa, 2007) descrita a continuación:

$$C_r = \frac{1}{n} \sum_{t_0}^{t_i} C_{mm}$$

Para  $T_i \leq T_c$ ,

Donde  $T_c$  es la temperatura de consumo  $T_c=28^\circ\text{C}$

Una vez generada la relación entre el consumo medio mensual y el consumo de referencia se calcula el factor K mediante la ecuación 2.

$$C_r = \frac{1}{n} \sum_{t_0}^{t_i} C_{mm}$$

Dónde:

$k_i$  es el factor k para el mes i

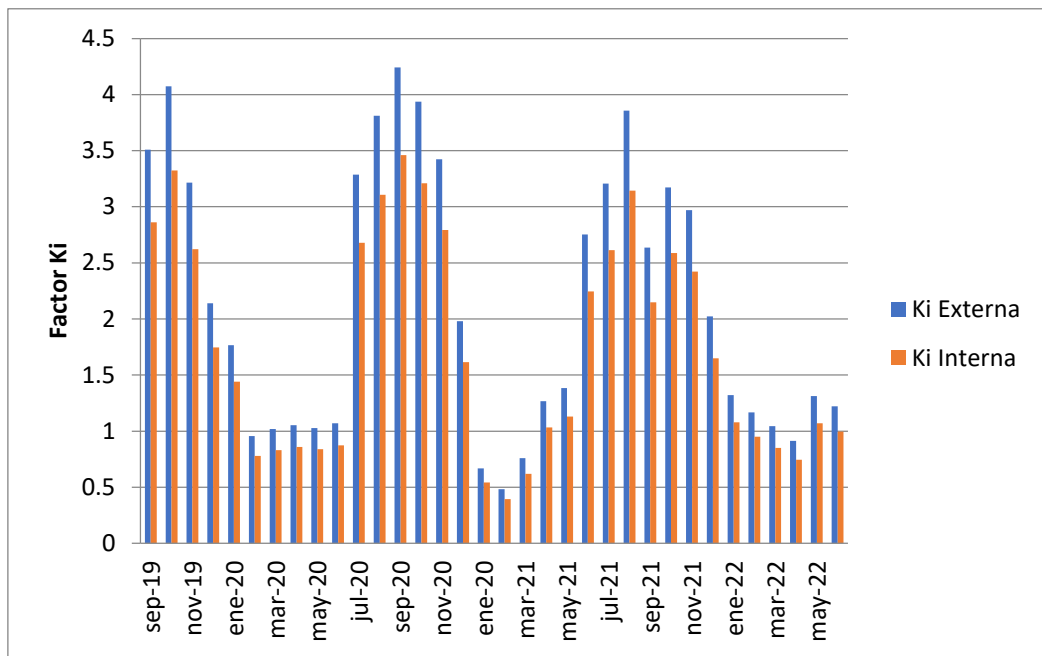
$C_{mmi}$  es el consumo medio mensual para el mes i

$C_r$  representa el consumo de referencia

La función  $K(t)$  se refiere a la Ecuación producto de la regresión entre el factor  $k$  y la temperatura media mensual, esta función  $K(t)$  es obtenida tanto para la temperatura externa como para la temperatura interna tal como se muestra en la Figura 5.14.

**Figura 5.14**

*Factor  $K_i$  asociada a cada uno de los meses comprendidos en el periodo de estudio.*



**Fuente:** Elaboración propia.

El consumo específico mensual se calcula como el cociente del consumo medio mensual y el producto de la función  $K(t_i)$  para la temperatura media mensual, es así que la ecuación que determina el consumo específico mensual es la que se muestra en la Ecuación (Papa, 2007).

$$CEm_i = \frac{C_{mmi}}{K(t_i)}$$

Dónde:

$CEm_i$  es igual al consumo específico mensual para la temperatura  $i$

$C_{mmi}$  es el consumo medio mensual para la temperatura  $i$

$K(t_i)$  es igual a la función  $K$  para la temperatura media mensual  $i$

De esta manera se calcula el consumo específico mensual a partir de la media de los consumos específicos mensuales tal como se muestra en la Ecuación (Papa, 2007)

$$CE_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n CEm_i$$

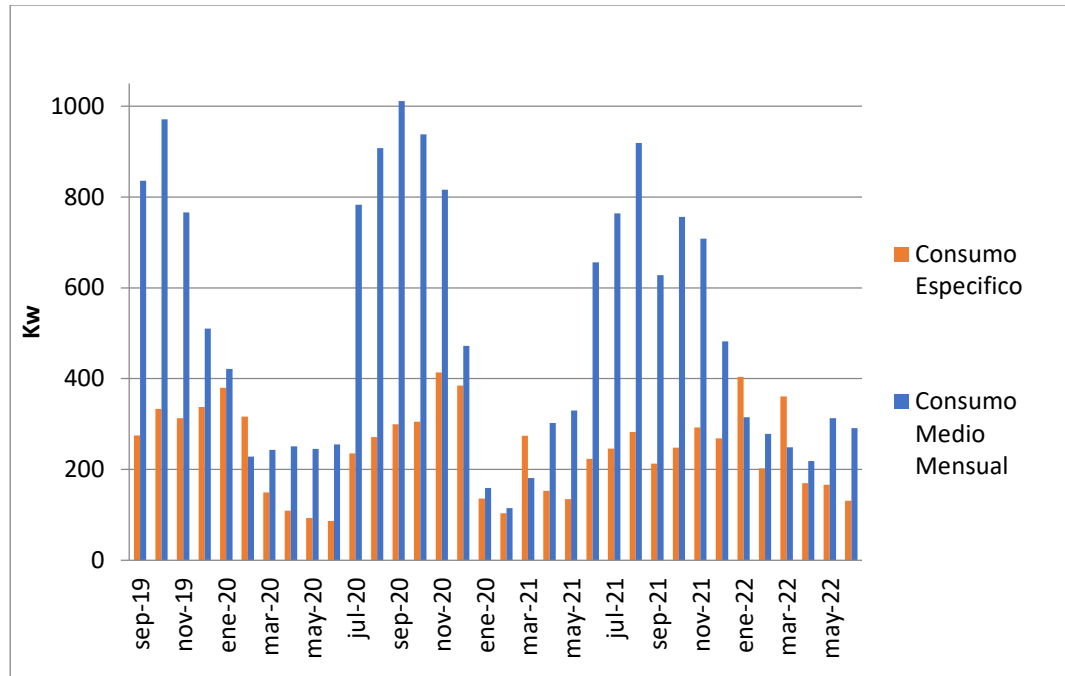
De esta manera al calcular (consumo específico mensual) se presenta la oportunidad de comparar el consumo específico mensual contra el consumo medio mensual, el gradiente de variación presentado entre ambas variables representará la ineficiencia energética del sistema.

La propuesta de este indicador tiene como meta establecer la función que represente el consumo energético en términos de la temperatura, el ideal que se pretende alcanzar en una edificación altamente eficiente tendrá como resultado un consumo energético igual al consumo específico mensual. El tamaño del gradiente representado como la diferencia entre el consumo específico mensual y el consumo medio mensual representa el nivel de eficiencia energética del sistema.

En la gráfica de la Figura 5.14 se observa la variación entre el consumo medio mensual y el consumo específico mensual. En la gráfica de la Figura 5.15 se puede observar que a partir del mes de mayo la diferencia entre ambos consumos comienza a ser muy significativa, lo que representa ineficiencia energética del sistema cuando los meses comienzan a ser más calurosos.

**Figura 5.15**

*Comparación entre el consumo específico y el consumo medio mensual.*



**Fuente:** Elaboración propia.

De los resultados anteriores se establece que la metodología propuesta por Papa et al (2007) puede ser aplicada al caso de estudio, siempre y cuando se incorporen ajustes en la temperatura de consumo, dentro del presente trabajo la temperatura de consumo se propone a 27°C.

El caso de estudio revela una dispersión entre el consumo energético y la temperatura, esta dispersión puede deberse a la falta de incorporación de más variables dentro de la ecuación, esto se justifica dado que el consumo energético no solamente depende de la temperatura, otros factores deben ser agregados con el fin de obtener una mejor correlación en la ecuación que define el comportamiento del consumo energético del sistema. La metodología permitió analizar la eficiencia energética del caso de estudio y uno de los

principales hallazgos es el que se muestra como posibilidad analizar la eficiencia energética a través de la temperatura externa, lo que permitirá extrapolar la metodología para establecer un análisis de la eficiencia energética dentro de la zona de estudio, correlacionando la temperatura externa media mensual con el consumo energético medio mensual dado por la encuesta de eficiencia energética realizada por el INEGI.

Esta metodología tiene como resultado el cálculo del consumo energético en un sistema eficiente, mostrando de esta manera el nivel de eficiencia energética al comparar el consumo específico mensual contra el consumo específico medio mensual, en este sentido se puede observar cuál debería ser la cantidad de energía utilizada para realizar el mismo servicio.

De esta manera el consumo específico mensual permite monitorear y comparar el uso de la energía para cada uno de los meses analizados.

Para aumentar la eficiencia energética en las edificaciones residenciales, se sugieren diversas medidas. Implementar ventiladores de techo puede mejorar la circulación del aire en los espacios habitados, mientras que optar por sistemas de aire acondicionado tipo *inverter* puede optimizar el consumo energético para la climatización.

Limitar la cantidad de vidrio en las fachadas exteriores reduce la ganancia de calor innecesaria. La utilización de pintura reflectora o tejas especiales en los techos y en las paredes externas puede disminuir significativamente la absorción de calor. Una cuidadosa orientación solar de la edificación contribuye a aprovechar al máximo la luz natural y a minimizar la carga térmica.

El aislamiento tanto en el techo como en las paredes externas es fundamental para mantener la temperatura interior deseada sin excesivo gasto de energía. Promover la ventilación natural en el diseño arquitectónico ayuda a mantener un ambiente fresco de

manera más sostenible. Equipar las viviendas con refrigeradores y lavadoras de ropa de alta eficiencia energética, así como focos ahorradores, contribuye a la reducción del consumo de electricidad.

El uso de paneles solares fotovoltaicos permite generar energía limpia y sostenible, mientras que la instalación de medidores energéticos inteligentes ofrece a los ocupantes la posibilidad de monitorizar y gestionar mejor su consumo energético.

Estas estrategias, al implementarse en conjunto, no solo propician un hábitat más eficiente en términos de energía, sino que también pueden influir positivamente en la sostenibilidad ambiental y la economía del hogar.

## **Capítulo 6. Implementación del Índice Multivariable para la Evaluación de la Eficiencia Energética (IMEEE).**

### **6.1 Índice de eficiencia energética.**

El índice de eficiencia energética propuesto dentro de la presente investigación proporciona un análisis exhaustivo del consumo y la eficiencia energética de las edificaciones destinadas a vivienda en la ciudad de Mazatlán, lo que ayuda a identificar las áreas en las que se pueden realizar mejoras. Tal como se plantea en la metodología general de la investigación, la implementación de un índice de eficiencia energética se requiere de un planteamiento basado en un sistema complejo, el cual debe tomar aspectos socioeconómicos, variaciones de la temperatura a nivel local, estrategias políticas, reglamentación y finalmente aspectos socioculturales.

En capítulos anteriores se han analizado cada una de las variables que representan un impacto en el consumo de energía dentro de la vivienda. De manera que el conjunto de las variables se examinará por medio de un análisis de Monte Carlo es una técnica estadística utilizada para analizar datos y establecer predicciones, así como encontrar patrones en datos multidimensionales. En este contexto, se puede aplicar al estudio de la eficiencia energética de los edificios, analizando aspectos socioeconómicos, variaciones de la temperatura a nivel local, estrategias políticas, reglamentación y finalmente aspectos socioculturales. Al aplicar el Método de Monte Carlo a los datos registrados, se pueden identificar los factores que influyen en el consumo de energía y eliminar la redundancia de información. Este enfoque es de utilidad para procesar los datos y al analizar las diferentes variables se encontraron los siguientes resultados:

La primera consideración es tomar la temperatura como una variable separada, ya que al ser una variable en la que los cambios de comportamiento térmico, no dependen de las relaciones con las demás variables, esta se establece correlaciona más adelante, con la finalidad de centrar la atención en la categorización de los diferentes sectores económicos del conjunto, ya que como se describe en apartados anteriores cada categorización de los diferentes estratos económicos tiene patrones de consumo diferentes, una vez que se toman en cuenta estas consideraciones, se analizan el resto de las variables por medio de un análisis de coeficientes estandarizados.

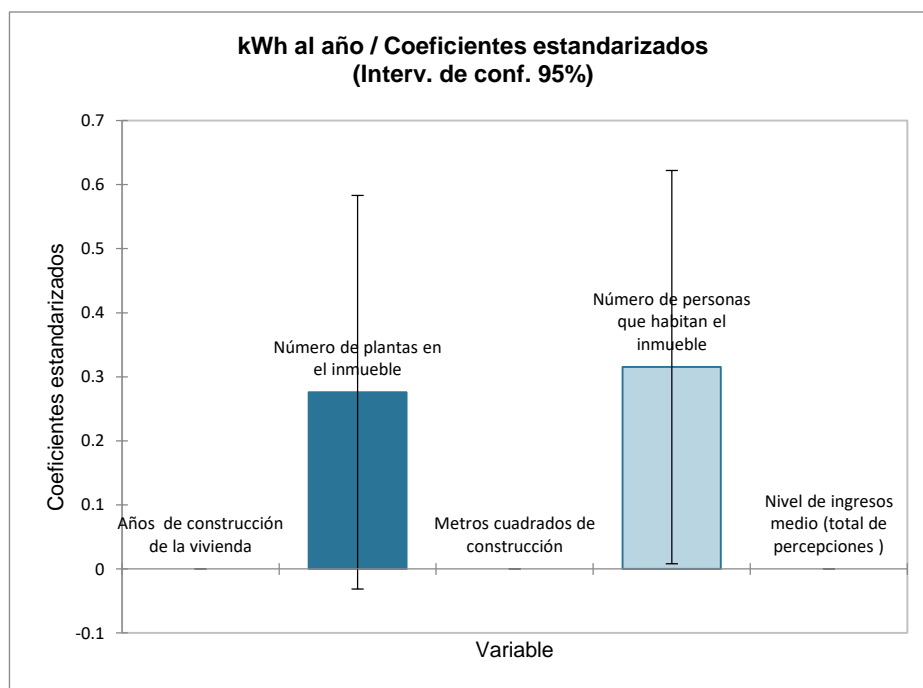
Los coeficientes estandarizados con intervalos de confianza del 95% muestran que tanto el número de personas como el número de plantas en el inmueble tienen un impacto significativo en los niveles de consumo de energía. El número de personas resulta un factor clave al analizar el consumo energético en las edificaciones, dado que aún en construcciones grandes, si el número de personas es bajo, el consumo energético se mantiene en niveles bajos.

Mientras tanto, el número de plantas también es un factor de interés ya que, en edificaciones con más de un nivel, los niveles que tienen menor exposición al sol, tienen registros de temperatura menor con respecto a los niveles con mayor exposición solar. En la gráfica de la Figura 6.1 se muestran los resultados.



**Figura 6.1**

*VARIABLES CON MAYOR PARTICIPACIÓN EN EL CONSUMO ENERGÉTICO DE LA VIVIENDA.*

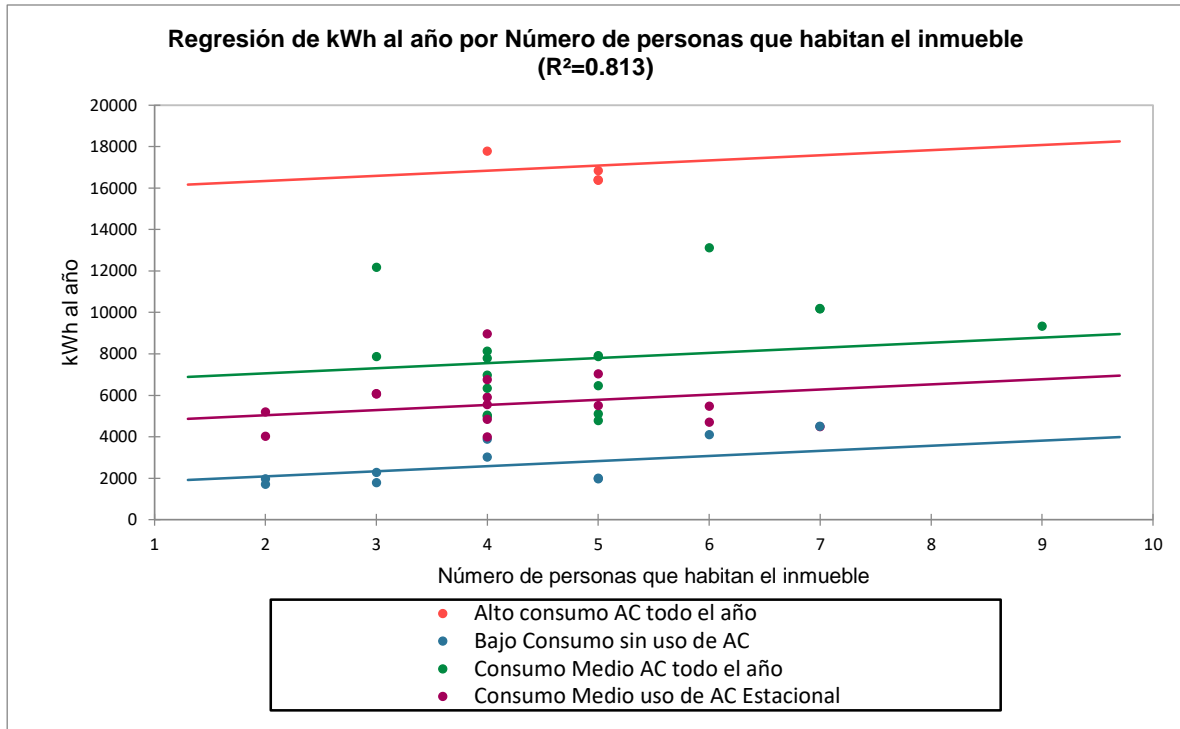


**Fuente:** Elaboración propia.

Para cada una de las categorizaciones de uso de energía se establece una función la cual tiene una relación directa con la variable “número de personas”, es decir para cada una de las categorizaciones se calcula una ecuación que describe el comportamiento del consumo energético en función de la variable “número de personas”, el  $R_2=0.13$  lo que corresponde a una correlación aceptable. En la gráfica de la Figura 6.2 se observa el comportamiento para cada una de las categorizaciones analizadas.

**Figura 6.2**

*Funciones de regresión para cada una de las categorizaciones de consumo energético*



**Fuente:** Elaboración propia.

Como siguiente paso se realiza una gráfica de residuos estandarizados como una herramienta estadística utilizada para evaluar la calidad de un modelo de regresión. Los residuos en sí son las diferencias entre los valores observados y los valores predichos por el modelo de regresión. Cuando estos residuos se estandarizan, se convierten en una medida de cuántas desviaciones estándar lejos del valor predicho se encuentra el valor observado.

La estandarización de los residuos se realiza para tener en cuenta la variabilidad de los datos y para permitir que los residuos de diferentes modelos o diferentes conjuntos de datos sean comparables. Los residuos estandarizados tienen una media de cero y una desviación estándar de uno.

La gráfica de residuos estandarizados se utiliza para:

1. Detectar Heterocedasticidad: Si la variabilidad de los residuos cambia con el nivel de la variable independiente, el modelo puede estar sufriendo de heterocedasticidad, lo que significa que los errores no tienen una varianza constante.

2. Identificar Valores Atípicos: Los valores atípicos aparecerán como puntos que se desvían significativamente de la línea central (cero) en la gráfica de residuos.

3. Evaluar la Adecuación del Modelo: Un patrón aleatorio de residuos alrededor de la línea cero sugiere que el modelo se ajusta bien a los datos. Por otro lado, un patrón discernible o sistemático puede indicar que el modelo no captura alguna característica de los datos, como una relación no lineal.

4. Verificar la Normalidad de los Errores: Si los residuos estandarizados se distribuyen aproximadamente de manera normal (siguiendo una distribución normal), esto cumple con uno de los supuestos clave en el análisis de regresión.

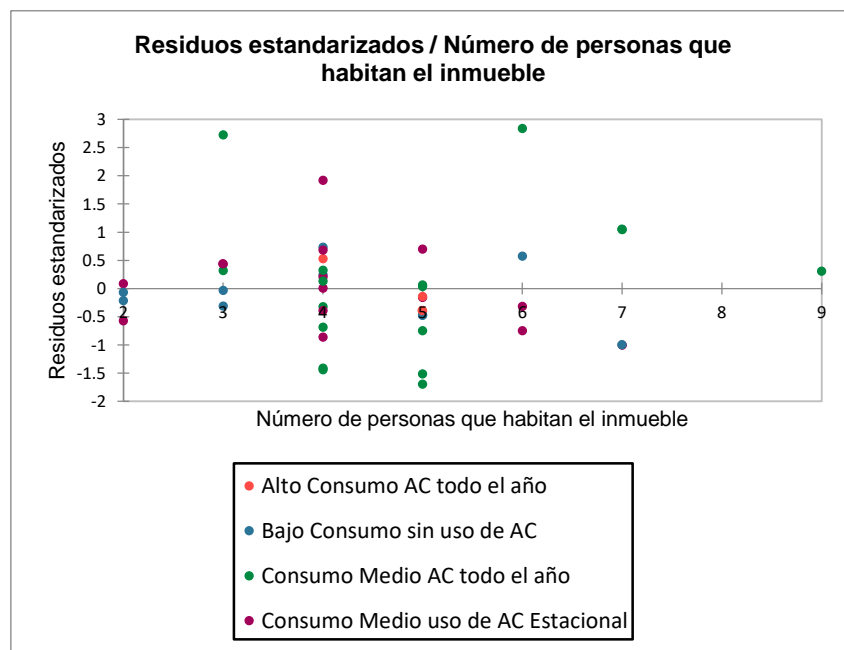
Por lo que se establece que la gráfica de residuos estandarizados es esencial y útil para diagnosticar problemas con el modelo de regresión y verificar que cumple con los supuestos necesarios para hacer inferencias estadísticas válidas dentro del modelo propuesto en el presente trabajo de investigación.

En la gráfica de residuos estandarizados se muestra que los datos tienen un comportamiento homogéneo alrededor de cero, lo que indica que el modelo de regresión lineal múltiple es adecuado para predecir el consumo de energía en los edificios. Desde el punto de vista práctico, esto significa el modelo propuesto define de manera adecuada el comportamiento del consumo energético en las edificaciones destinadas a uso residencial en la

ciudad de Mazatlán, en la gráfica de la Figura 6.3 se analizan los residuos estandarizados a partir de la variable “número de personas que habitan el inmueble”.

### Figura 6.3

*Residuos estandarizados a partir de la variable “número de personas que habitan el inmueble”.*



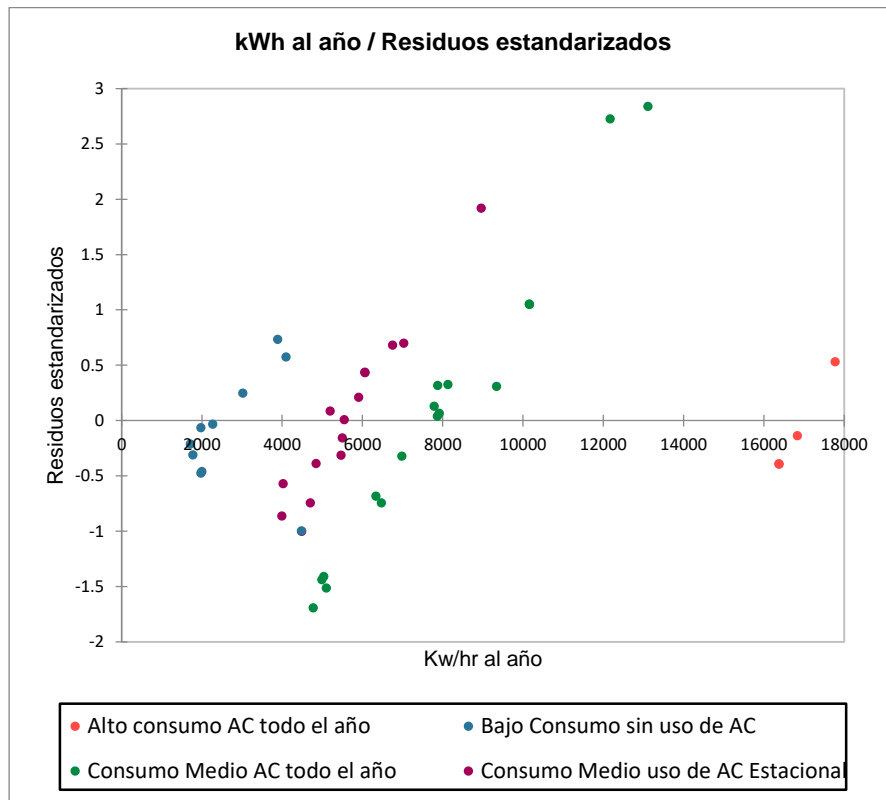
**Fuente:** Elaboración propia.

Los residuos estandarizados se definen como la diferencia entre el valor real y el valor pronosticado de la variable dependiente en una regresión lineal. En otras palabras, miden el grado en el que los datos reales se desvían del modelo de regresión.

Al examinar los residuos estandarizados en el contexto de la presente investigación sobre la eficiencia energética en edificios, encontramos que la mayoría de los valores se encuentran dentro del rango de  $\pm 2$  desviaciones estándar. Esto indica que el modelo propuesto es confiable y que puede utilizarse como una herramienta para predecir el consumo de energía en los edificios, tal como se describe en las gráficas de las Figura 6.4 y Figura 6.5.

**Figura 6.4**

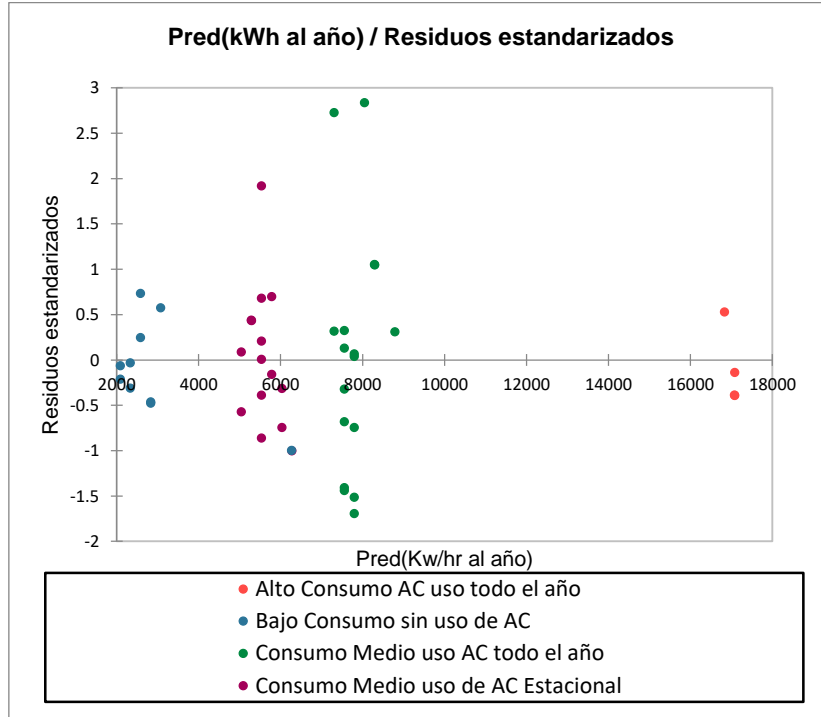
*Residuos estandarizados para analizar el comportamiento de la función que describe el consumo en kWh al año.*



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 6.5.**

*Residuos estandarizados para analizar el comportamiento de la función que describe el consumo en kWh al año.*

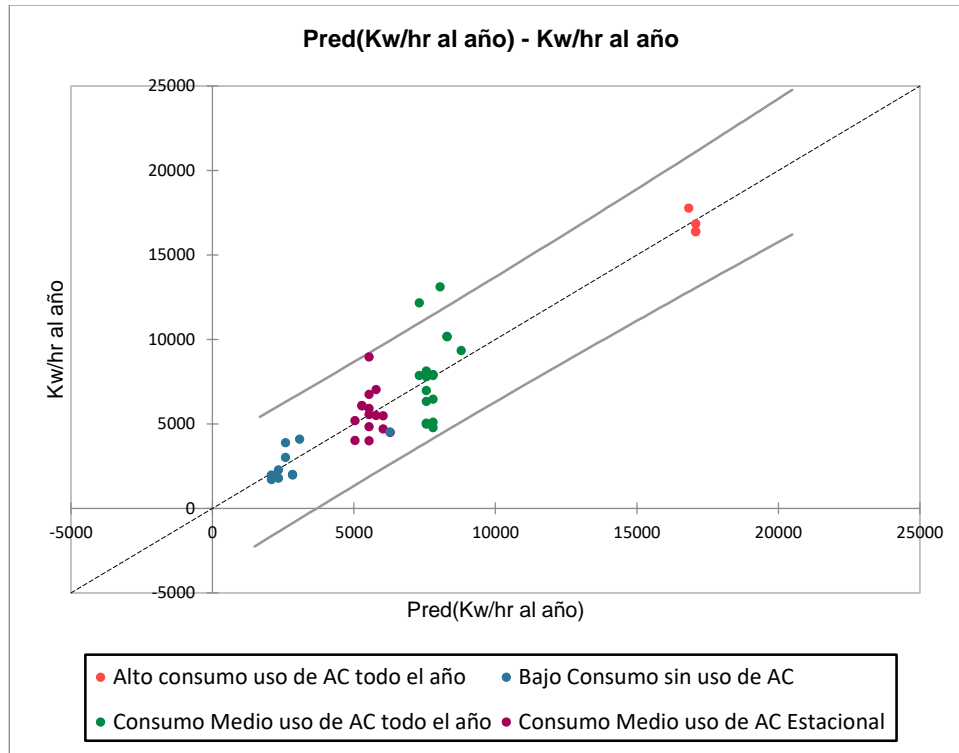


**Fuente:** Elaboración propia.

La gráfica de la Figura 6.6 muestra en este caso, que al comparar los residuos estandarizados, se puede concluir que el modelo es adecuado para predecir el consumo de energía en edificios. La falta de patrones o tendencias en la gráfica sugiere que los residuos están distribuidos aleatoriamente alrededor de la función descriptiva, lo que indica que el modelo captura adecuadamente las variaciones en el consumo de energía.

**Figura 6.6**

*Residuos estandarizados para cada una de las categorizaciones de consumo energético.*



**Fuente:** Elaboración propia

## 6.2 Aplicación del método de Monte Carlo.

Dentro de la propuesta en la utilización del método de Monte Carlo para el análisis del consumo energético en las edificaciones de uso residencial en la ciudad de Mazatlán, lo primero que se establece es la enunciación de las variables más relevantes dentro del modelo

El método de Monte Carlo es una técnica computacional que permite la estimación de variables inciertas a través de la simulación de probabilidades. Este método resulta adecuado para el análisis del consumo energético en edificaciones de uso residencial donde existen múltiples factores de variabilidad y complejas interdependencias, como es el caso de la ciudad de Mazatlán.

Con base en lo anterior se espera evaluar y predecir el consumo energético en viviendas residenciales en la ciudad de Mazatlán, considerando la influencia de variables como la temperatura externa, patrones de consumo energético, número de ocupantes y nivel económico.

### **6.3 Identificación y cuantificación de las variables de interés, en el cálculo de la proyección del consumo energético esperado.**

Para cada una de las variables, se implementó una estrategia de recopilación de datos que incluye la colaboración con entidades gubernamentales para acceder a bases de datos públicas, así como el diseño y aplicación de encuestas a los residentes para obtener información cualitativa y cuantitativa específica, también se instalaron diferentes equipos en una casa tipo con el propósito de conocer la temperatura y el consumo energético de una vivienda en tiempo real.

La combinación de estos métodos permitió establecer una base de datos robusta que refleja la realidad del consumo energético y las múltiples variables que lo influyen.

La aplicación de técnicas de modelado estadístico, como el método de Monte Carlo, utilizará esta base de datos para simular y predecir el comportamiento del consumo energético residencial en la ciudad de Mazatlán.

En los capítulos anteriores se establece un análisis de las cada una de las principales variables que afectan el consumo energético un compilado de los elementos y su análisis es el que se muestra en la Tabla 6.1.



**Tabla 6.1**

*Identificación y cuantificación de variables.*

| <b>Rubro</b>  | <b>Variable</b>   | <b>Cuantificación</b>  |
|---|---|--|
| <b>Aspectos Socioculturales, Apego, Usos y Costumbres</b>   | Prácticas culturales que afectan el consumo energético.                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Encuestas sobre la percepción y priorización de eficiencia energética.</li> <li>- Estadísticas sobre el uso predominante de dispositivos y sistemas de climatización.</li> </ul>  |
| <b>Estrategias Políticas y Reglamentación</b>               | Existencia y adhesión a políticas de eficiencia energética y construcción sostenible. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Número y tipo de políticas implementadas.</li> <li>- Grado de adopción de estándares de construcción sostenible (p.ej., LEED, BREEAM, etc.).</li> <li>- Incidencia de certificaciones de eficiencia en edificios existentes.</li> </ul> |
| <b>Ubicación Geográfica y Variaciones de la Temperatura</b> | Influencia de la ubicación geográfica en las variaciones de la temperatura.           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Datos climáticos históricos y proyectados a nivel local (promedio, mínimo y máximo).</li> <li>- Análisis de zonificación climática para la variabilidad en el diseño de la vivienda.</li> </ul>   |
| <b>Correlación del Ingreso y Consumo Energético</b>         | Relación del ingreso medio con el consumo energético.                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Datos de ingresos por hogar o per cápita.</li> <li>- Estadísticas de consumo energético por estrato económico</li> </ul>  |
| <b>Temperatura Ambiente</b>                                 | Rango de temperatura ambiente.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Registro histórico de temperaturas (anual, mensual, diario).</li> <li>- Proyecciones de temperatura basadas en el cambio climático y urbanización.</li> </ul>   |
| <b>Nivel Económico de los Habitantes</b>                    | Nivel socioeconómico de los residentes y su influencia en el consumo energético.      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Índice de nivel socioeconómico basado en ingresos, educación y empleo.</li> <li>- Comparativa de niveles económicos con patrones de consumo energético en la vivienda.</li> </ul>   |
| <b>Demografía de la Vivienda</b>                            | Número de   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Censo de población y vivienda</li> </ul>  |

|                                       |   |   |
|---------------------------------------|---|---|
| <b>Patrones de Consumo Energético</b> | personas por vivienda y dinámica familiar.                                  | para obtener la ocupación promedio.<br><br>- Encuestas para entender la distribución demográfica de los ocupantes.            |
|                                       | Clasificación del consumo según uso de aire acondicionado y otros factores. | Consumo histórico de energía clasificado por patrones de uso.<br><br>- Comparación de tarifas y horarios de uso pico y valle. |

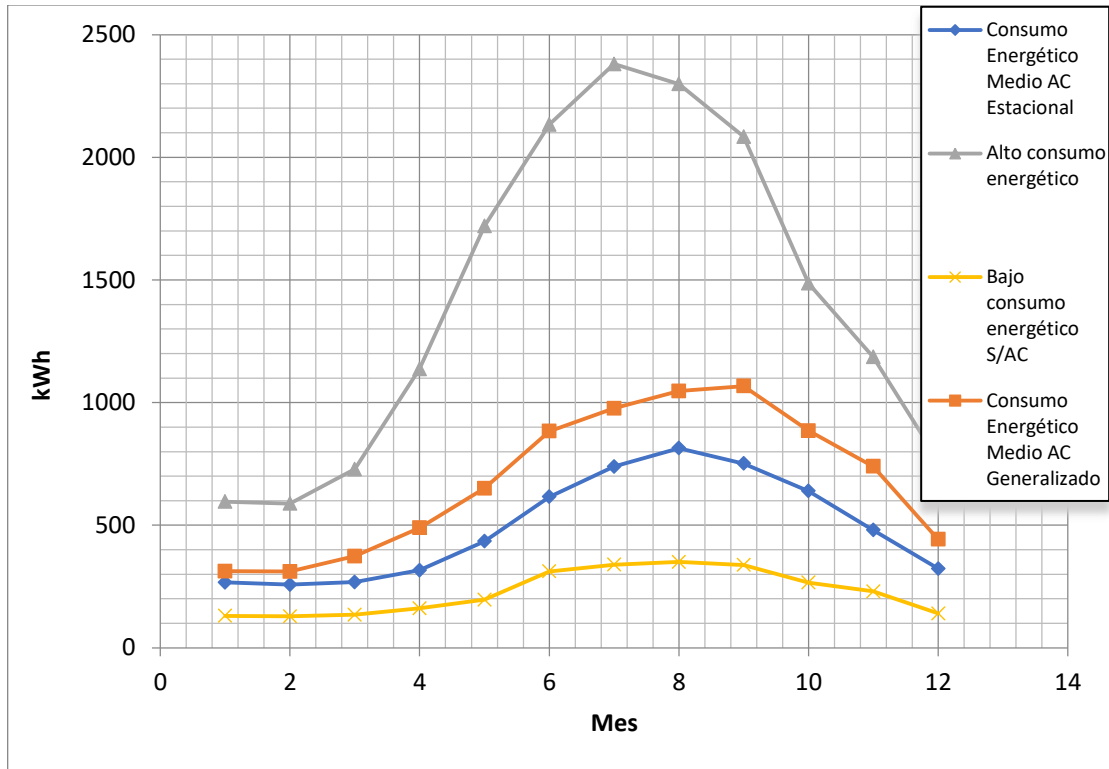
**Fuente:** Elaboración propia

#### **6.4 Modelo matemático para la estimación del consumo energético de la vivienda en la ciudad de Mazatlán**

Se establece un modelo matemático para la estimación del consumo energético de las viviendas, se realiza una categorización del consumo a partir de los diferentes patrones de consumo energético identificados en la en la gráfica de la Figura 6.7 se muestra el comportamiento de los cuatro patrones de consumo energético para la ciudad de Mazatlán.

**Figura 6.7**

*Compilado de los cuatro patrones de Consumo Energético identificados.*



**Fuente:** Elaboración propia

Para cada uno de los modelos de consumo se establece una expresión matemática que relaciona el comportamiento del consumo energético con las variables asociadas de forma cuantitativa. En la Tabla 6.2, se propone un marco general para la configuración de dichos modelos:

**Tabla 6.2**

*Modelos matemáticos asociados a cada tipología de consumo energético.*

| Tipologías de consumo energético | Ecuación para la predicción en el consumo energético, proyección del consumo energético esperado | Variables |
|----------------------------------|--|-----------|
|                                  |  |           |

|  |  |   |
|--|--|---|
| <b>Alto Consumo uso de AC todo el año</b>  | $CEE_1 = 11.69e^{0.1748x}$             | x→temperatura (modificada por el factor de transferencia de las piezas utilizadas en la construcción) |
| <b>Consumo Medio uso de AC todo el año</b> | $CEE_2 = 10.278e^{0.153x}$             | x→temperatura (modificada por el factor de transferencia de las piezas utilizadas en la construcción) |
| <b>Consumo Medio uso de AC estacional</b>  | $CEE_3 = 10.606e^{0.1399x}$            | x→temperatura (modificada por el factor de transferencia de las piezas utilizadas en la construcción) |
| <b>Bajo Consumo sin uso de AC</b>          | $CEE_4 = 4.3287x^2 - 197.71x + 2382.1$ | x→temperatura (modificada por el factor de transferencia de las piezas utilizadas en la construcción) |

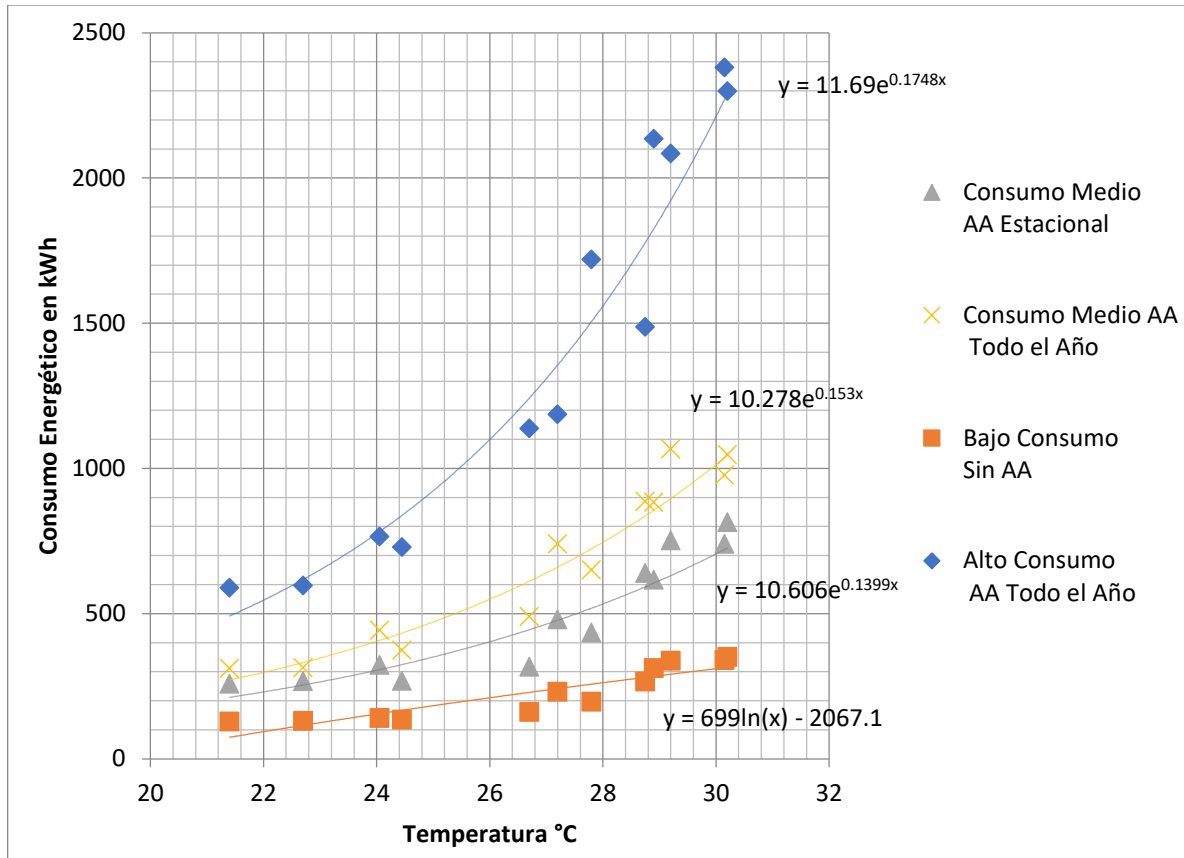
**Fuente:** Elaboración propia

En todas las ecuaciones, la variable de interés, es la temperatura x la cual se ajusta mediante el factor de transferencia térmica de los materiales utilizados en la construcción. Este factor ajusta la temperatura "bruta" para reflejar cómo la construcción y el aislamiento de una vivienda pueden moderar el impacto de la temperatura exterior en las necesidades de energía interior.

Estas ecuaciones proporcionan un marco para predecir el consumo energético por persona en diferentes tipologías de consumo energético en edificaciones residenciales en la ciudad de Mazatlán, en la Figura 6.8 se muestra la gráfica de las proyecciones del consumo energético asociadas a cada tipología de consumo.

**Figura 6.8**

*Proyecciones del consumo energético asociadas a cada tipología de consumo.*



**Fuente:** Elaboración propia.

Las ecuaciones propuestas se pueden utilizar para realizar análisis comparativos, evaluar políticas de eficiencia energética, o para la planificación energética futura en la región. Las políticas y estrategias de gestión energética podrían beneficiarse de esta modelización para establecer incentivos o regulaciones que fomenten la construcción de viviendas más eficientes energéticamente o para informar a los consumidores sobre el posible impacto financiero y ambiental de sus decisiones relacionadas con el uso del aire acondicionado.

### **6.5 Índice multivariable para la evaluación de la eficiencia energética (IMEEE).**

En el contexto de la presente investigación, se propone un índice para evaluar la eficiencia energética de las edificaciones residenciales. Este índice se define como la diferencia porcentual entre las proyecciones futuras del consumo energético y el consumo óptimo teórico que deberían tener las edificaciones.

$$IMEE = \frac{CEE}{CE_t} \times 100$$

Dónde:

IMEEE: se refiere al índice multivariable para la evaluación de la eficiencia energética.

CEE: Es la proyección del consumo energético esperado.

$CE_t$ : Consumo Específico Mensual Calculado

En un sistema óptimo, la eficiencia corresponde a un 100%. En sistemas con valores menores al 100%, indica consumos por debajo del óptimo, también llamados "consumos subóptimos" o "infraconsumo", donde la energía utilizada es menor que la ideal para mantener la eficiencia. Por otro lado, en sistemas con valores por encima del 100%, estos son energéticamente deficientes, reflejando un "sobreconsumo", donde la energía utilizada excede lo necesario, indicativo de ineficiencias en el sistema que pueden ser atribuidas a varios factores como diseño inadecuado, falta de aislamiento, uso excesivo de energía, entre otros. Este índice, por tanto, permite una evaluación cuantitativa de la eficiencia energética en las viviendas y ofrece una base para mejorar las estrategias de diseño y uso energético

En cuanto a las proyecciones, estas se basan en cálculos que anticipan el consumo energético futuro, considerando variables críticas como la temperatura ambiental, el nivel de ingresos de los habitantes, los materiales utilizados en la construcción y el número de personas que residen en cada inmueble.

Para simplificar el modelo, se ha desarrollado un factor que sintetiza el comportamiento según el nivel de consumo energético y lo asocia exclusivamente con la variable de temperatura. Este enfoque permite aislar el impacto de la temperatura sobre el consumo energético, facilitando así la comprensión y el análisis de cómo los cambios en esta variable pueden afectar la eficiencia energética de las viviendas.

Este índice busca no solo proporcionar un marco de referencia para la mejora continua de las prácticas de construcción y habitabilidad, sino también ofrecer una herramienta valiosa para los planificadores y desarrolladores interesados en optimizar el rendimiento energético de las edificaciones residenciales.

La combinación de estos métodos permitió establecer una base de datos robusta que refleja la realidad del consumo energético y las múltiples variables que lo influyen. La aplicación de técnicas de modelado estadístico, como el método de Monte Carlo, utilizará esta base de datos para simular y predecir el comportamiento del consumo energético residencial en la ciudad de Mazatlán.

En los capítulos anteriores se establece un análisis de las cada una de las principales variables que afectan el consumo energético un compilado de los elementos y su análisis es el que se muestra en la Tabla 5.3. Identificación y cuantificación de variables.

La estrategia de recopilación de datos implementada en esta investigación ha permitido obtener una visión detallada y precisa del consumo energético residencial en la ciudad de Mazatlán. La colaboración con entidades gubernamentales, el diseño y aplicación de encuestas, y la instalación de equipos para medir la temperatura y el consumo en tiempo real han sido fundamentales para construir una base de datos robusta. Esta base de datos, reflejada en la Tabla 5.3, ofrece una cuantificación exhaustiva de diversas variables, desde aspectos

socioculturales hasta patrones de consumo energético. La integración de métodos de modelado estadístico, como el método de Monte Carlo, permite simular y predecir el comportamiento del consumo energético, proporcionando información valiosa para la formulación de políticas y estrategias de eficiencia energética en el futuro.

### **6.6 . Ecuaciones utilizadas en el cálculo y análisis del índice de eficiencia energética.**

El Índice de Eficiencia Energética (IEE) es una herramienta útil para medir y comparar el consumo energético de una vivienda, considerando su tamaño y las condiciones de uso. La ecuación para calcular el IEE se formula de la siguiente manera:

$$IEE = \frac{E}{A \times T}$$

Dónde:

IEE representa el consumo total de energía de la vivienda en un período específico (usualmente medido en kilowatts-hora, kW).

E representa la energía consumida dentro de un periodo de tiempo determinado.

A es el área total de la vivienda (normalmente medida en metros cuadrados, m<sup>2</sup>).

T es el tiempo durante el cual se mide el consumo de energía (puede ser un año, un mes, etc., y se expresa en horas, h).

El IEE proporciona un valor que indica cuánta energía se consume por unidad de área en un período de tiempo dado. Cuanto menor sea el valor del IEE, más eficiente es la vivienda desde el punto de vista energético. Este índice permite comparar la eficiencia energética de diferentes viviendas y evaluar el impacto de las mejoras realizadas en términos de eficiencia energética.

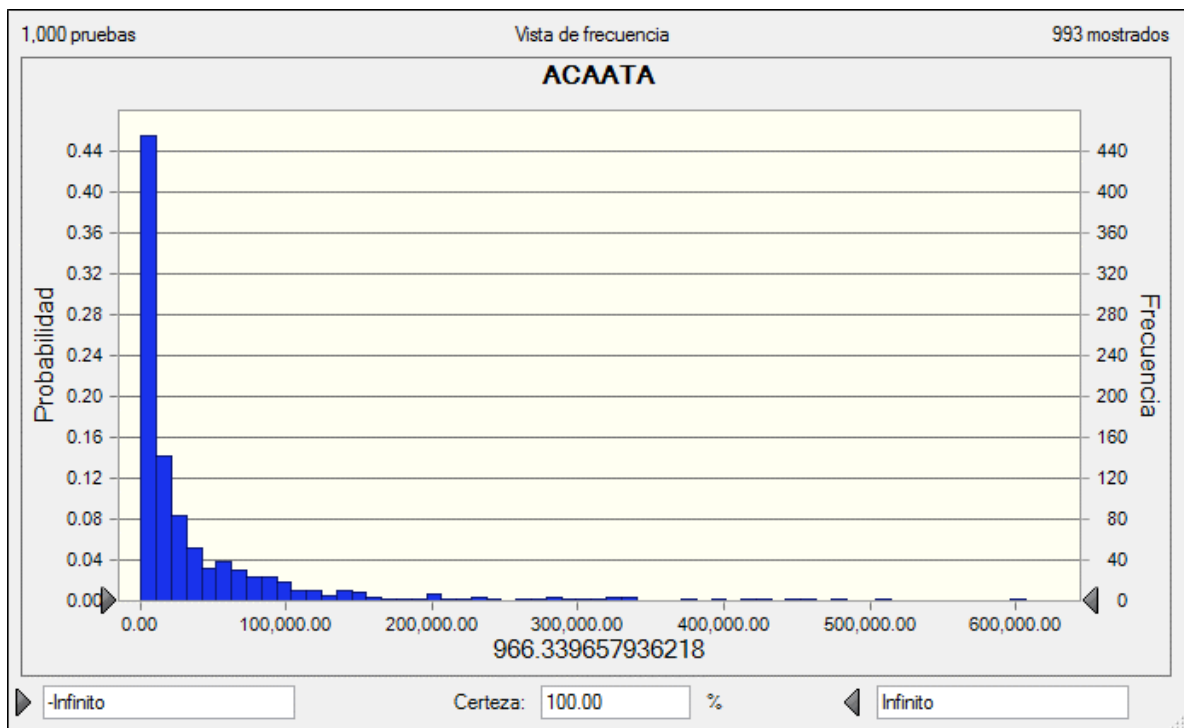


## 6.7 Simulación de escenarios:

Se generaron iteraciones de simulación para predecir el consumo energético bajo diferentes combinaciones de variables, al analizar los datos simulados para identificar tendencias, rangos de consumo más probable y correlaciones entre las variables. Se creó un modelo de simulación que incluye las variables más relevantes y sus distribuciones de probabilidad asociadas. En las siguientes figuras 6.9, 6.10 y 6.11 se muestran los resultados del análisis estadístico asociado a la simulación de cada una de las tipologías de consumo.

**Figura 6.9**

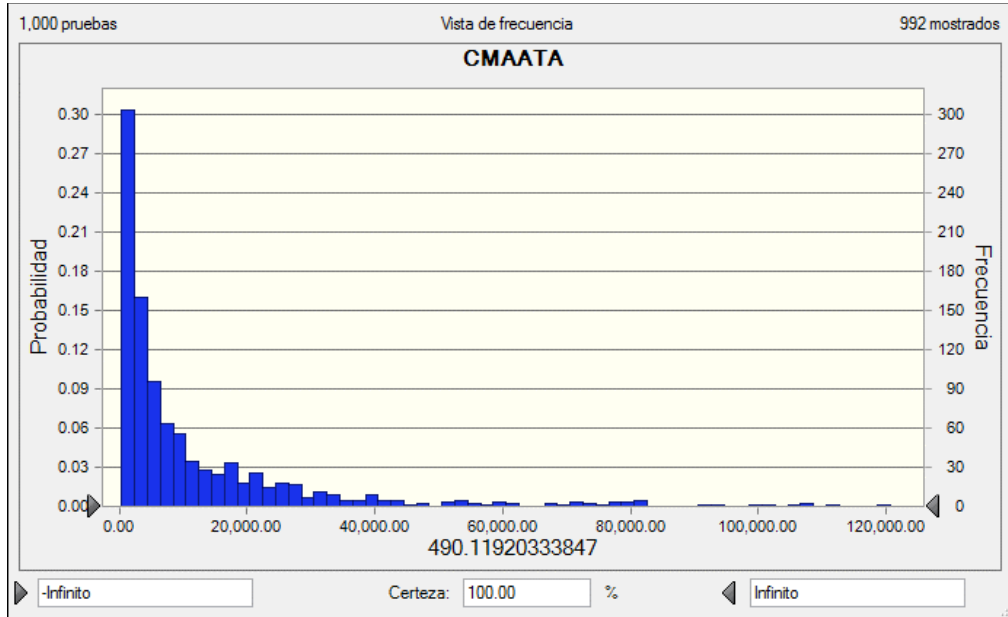
*Datos fabricados por simulación para la tipología Alto Consumo uso de AC todo el año.*



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 6.10**

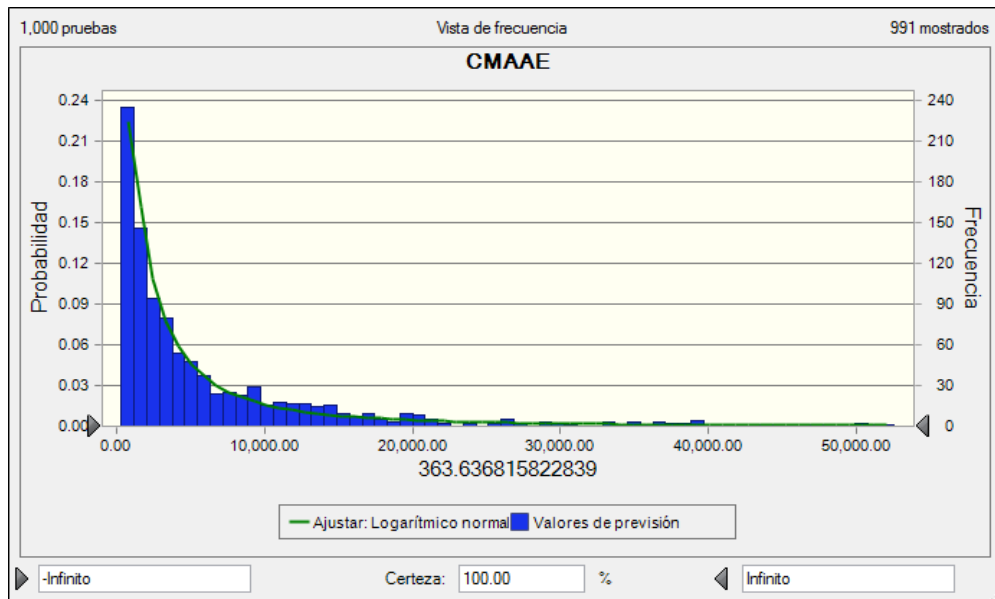
*Datos fabricados por simulación para la tipología Consumo Medio uso de AC todo el año.*



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 6.11**

*Datos fabricados por simulación para la tipología Consumo Medio uso de AC Estacional.*



**Fuente:** Elaboración propia.

## 6.8 Consumo óptimo teórico.

Dentro de la presente investigación se propone un modelo que estima el consumo energético considerando factores específicos de climas cálidos. En general, un modelo para calcular el consumo energético en estas condiciones incluye variables como la temperatura exterior, la eficiencia de los sistemas de climatización, la aislación térmica de los edificios, y el comportamiento y hábitos de los usuarios. Se estructura como se muestra en la siguiente ecuación:

$$CEm_i = \frac{C_{mmi}}{K(t_i)} (Fi)$$

Dónde:

$CEm_i$  es igual al consumo específico mensual para la temperatura  $i$

$C_{mmi}$  es el consumo medio mensual para la temperatura  $i$

$K(t_i)$  es igual a la función  $K$  para la temperatura media mensual  $i$

$Fi$  representa el factor de eficiencia  $i$

$K(t_i)$  incluye la diferencia de temperatura  $T_{ext} - T_{int}$ , lo que es esencial ya que indica la cantidad de energía necesaria para mantener la temperatura interna a un nivel confortable frente a la temperatura externa. En climas cálidos, donde  $T_{ext}$  suele ser alta, mantener una  $T_{int}$ , confortable requiere más energía para enfriamiento.

El coeficiente de transferencia térmica ( $K(t_i)$ ), refleja cómo el diseño y los materiales del edificio resisten el paso del calor. Una buena aislación térmica tiene un coeficiente bajo, reduciendo la necesidad de energía para enfriamiento.

El área de la envolvente del edificio (A), expresa que a mayor área expuesta significa generalmente más lugar por donde el calor puede entrar o salir, aumentando el consumo energético.

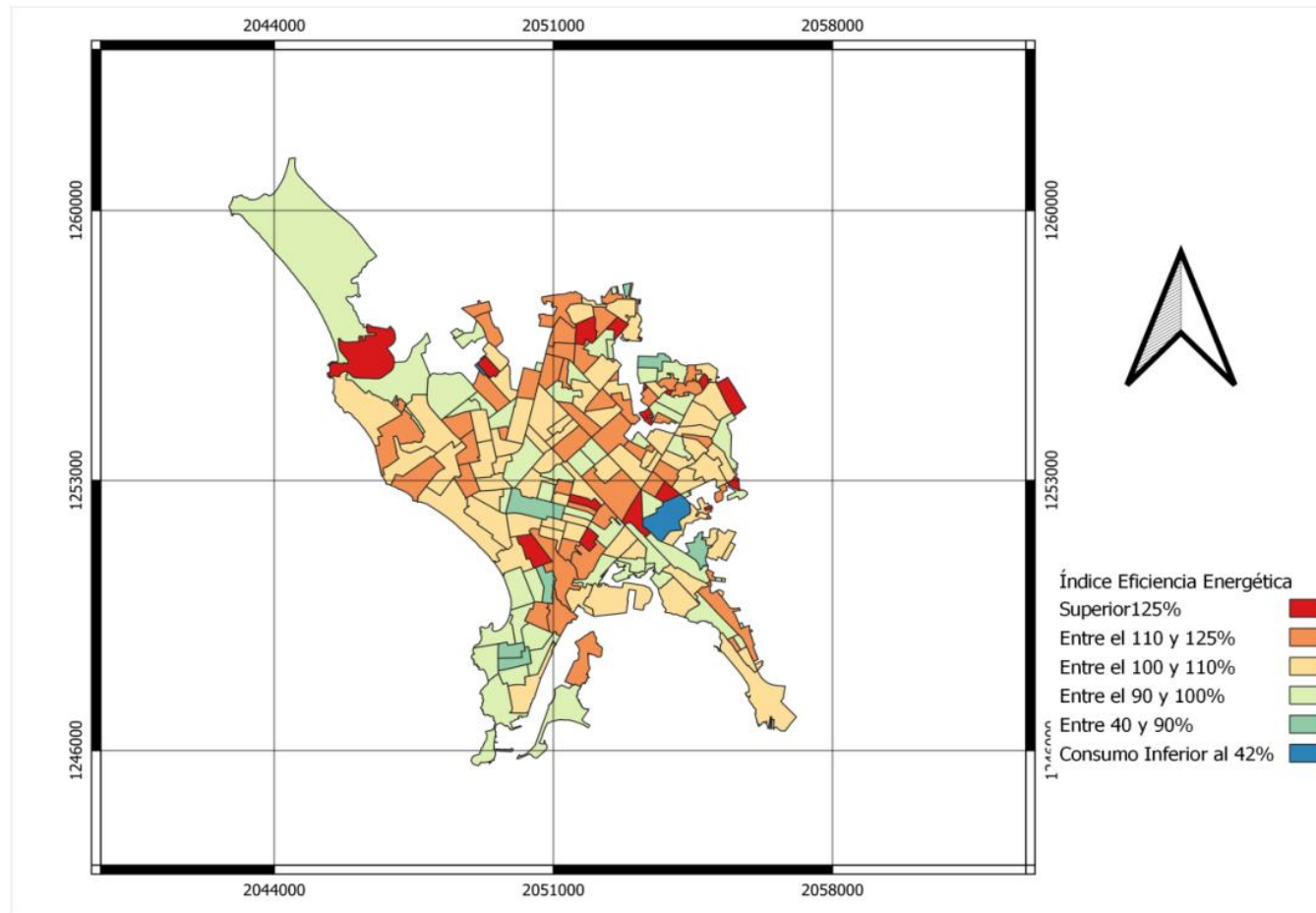
Factor de eficiencia del sistema (F), representa sistemas de climatización más eficientes, utilizan menos energía para transferir la misma cantidad de calor, reduciendo el consumo energético global.

Esta ecuación puede ser adaptada y modificada con datos más específicos o mediante la integración de tecnologías de simulación energética avanzadas para ofrecer estimaciones más precisas y adaptadas a cada situación particular. La modelización también puede incluir otros factores como la incidencia solar directa, la ventilación natural y los patrones de uso del edificio para optimizar aún más el cálculo del consumo energético en climas cálidos.

Para efectos de la presente investigación se realizaron simulaciones (como se describe en apartados anteriores), para reproducir el comportamiento del sistema bajo estudio y obtener una muestra representativa del consumo energético. Al analizar los resultados se logra entender el impacto de las diferentes variables y su interacción. Esto permite identificar los principales factores que influyen en el consumo energético y la eficiencia de las viviendas en la ciudad de Mazatlán, los cuales son el número de personas dentro de la edificación y los materiales de construcción ya que de estos depende directamente el nivel de temperatura al interior de la vivienda, sin embargo, estos factores deben ser asociados a su respectiva tipología de consumo. En el mapa de la Figura 6.12 se muestra el comportamiento de la eficiencia energética en la vivienda en la ciudad de Mazatlán asociada a cada AGEB propuesta por el INEGI.

**Figura 6.12**

*Comportamiento de la eficiencia energética en la vivienda en la ciudad de Mazatlán.*



**Fuente:** Elaboración propia.

En la Figura 6.13 se muestra el gráfico relacionado "Índice de Eficiencia Energética". En el eje vertical representa el porcentaje de población (Población en %), y el eje horizontal categoriza la eficiencia en función del consumo en referencia a un nivel óptimo (Referencia con respecto al consumo óptimo).

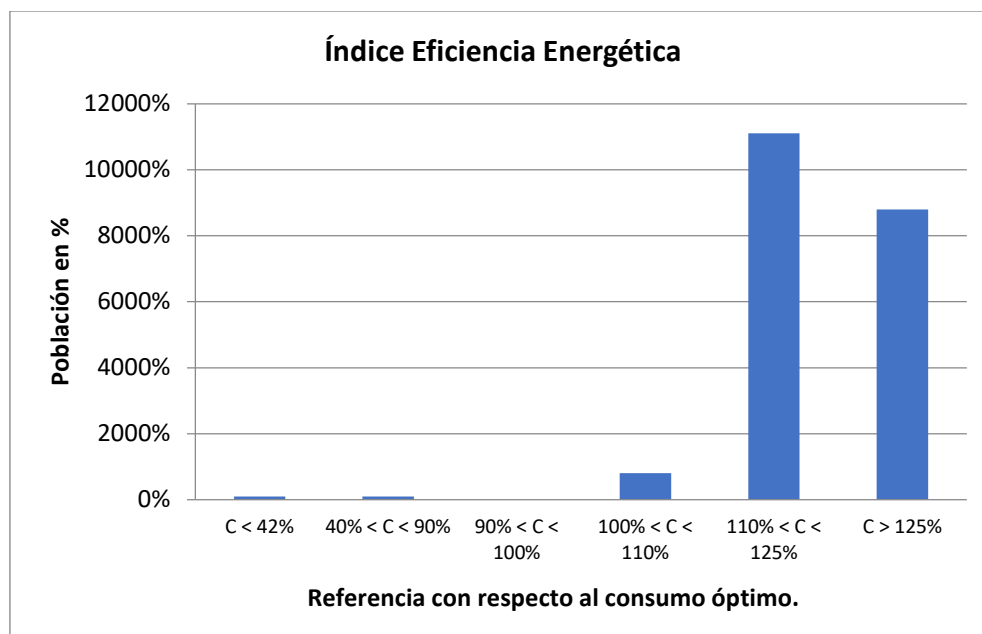
El gráfico muestra la distribución de la población en diferentes rangos de eficiencia energética. Un porcentaje significativamente mayor de la población se encuentra dentro de los rangos que exceden el consumo óptimo ( $100\% < C < 110\%$  y  $C > 125\%$ ), lo que indica ineficiencia en el uso de energía. Esto podría implicar que una gran parte de la población utiliza más energía que el nivel óptimo determinado por este índice, lo que potencialmente apunta a oportunidades para medidas de ahorro de energía y mejoras de eficiencia en la comunidad.

Un pequeño porcentaje de la población muestra un consumo energético por debajo del nivel óptimo lo que indica que dentro de este sector la población puede tener elementos que contribuyen a una optimización de los recursos energéticos, o bien se cuentan dentro de los sectores correspondientes a pobreza energética.

Sin embargo, lo realmente alarmante es lo corresponde al porcentaje de población con un alto consumo de energéticos, como se esquematiza en la Figura 6.13.

**Figura 6.13**

*Índice Eficiencia Energética.*



**Fuente:** Elaboración propia

La utilización del método de Monte Carlo para analizar el consumo energético de las viviendas en la ciudad de Mazatlán puede proporcionar una comprensión más profunda de la influencia de la temperatura, hábitos de consumo, demografía y economía en la eficiencia energética residencial. Esto, a su vez, podrá ser fundamental para diseñar políticas energéticas más efectivas y sostenibles en la región.

Utilizando el método de análisis por coeficientes estandarizados, 2 variables han sido retenidas en el modelo. Esto significa que tanto la cantidad de personas que habitan el edificio, así como el número de plantas en el mismo pueden utilizarse para predecir el consumo de energía con una precisión significativa, sin dejar de considerar que el comportamiento térmico se considera como una constante dentro de la función que describe el consumo energético.

Dado el valor  $R^2$ , las 2 variables explicativas explican el 81% de la variabilidad de la variable

dependiente kW al año. Este alto nivel de explicación es indicativo de la importancia de la cantidad de personas y la cantidad de plantas en un edificio en relación con su consumo de energía.

Además, estos resultados sugieren que otras variables, pueden tener un impacto mínimo en el consumo de energía en comparación con la influencia de la cantidad de personas y la cantidad de plantas en el edificio. A medida que se investiga y se desarrollan nuevas técnicas para mejorar la eficiencia energética en edificios, es importante tener en cuenta los factores clave que influyen en el consumo de energía y adaptar soluciones para abordarlos de manera efectiva.

Finalmente se establece que dado el valor de  $p$  asociado al estadístico  $F$  calculado en la tabla ANOVA, y dado el nivel de significación del 5%, la información aportada por las variables explicativas es significativa para predecir el consumo de energía en edificios. Esto implica que la cantidad de personas que habitan el edificio y el número de plantas en el mismo son factores críticos a considerar para mejorar la eficiencia energética en edificios. Además, estos resultados refuerzan la importancia de utilizar técnicas estadísticas avanzadas en el análisis de la eficiencia energética en edificios, lo que puede llevar a soluciones más efectivas y sostenibles

En cuanto al Análisis realizado por Monte Carlo se puede establecer que:

1. Ineficiencia Energética Predominante: La mayor parte de la población se encuentra en rangos de consumo que exceden el nivel de consumo energético óptimo. Los rangos de 100-110% y por encima del 125% del consumo óptimo acaparan un porcentaje significativo de la población. Esto sugiere que las prácticas de consumo energético actuales no son eficientes y



hay un margen considerable para la implementación de medidas de ahorro de energía y políticas para mejorar la eficiencia energética en los hogares.

2. Oportunidades de Mejora en la Eficiencia: La prevalencia de una incidencia tan alta ofrece una oportunidad para desarrollar programas que promuevan la eficiencia energética. La implementación de tecnologías de bajo consumo, mejor aislamiento de viviendas, y educación sobre prácticas de consumo sostenible podrían tener un impacto significativo en la reducción del consumo energético excesivo.

3. Pobreza Energética: Un pequeño porcentaje de la población muestra un consumo energético por debajo del nivel óptimo. Este grupo podría incluir individuos que efectivamente están optimizando el uso de la energía o aquellos que, por razones económicas, se ven obligados a consumir menos energía de la necesaria, lo que podría indicar una situación de pobreza energética. Sería importante analizar más a fondo este sector para comprender las dinámicas subyacentes y asegurar que todos tengan acceso a los servicios energéticos necesarios para una vida digna y productiva.

4. Alarma por Alto Consumo de Energéticos: El dato más alarmante es el porcentaje de la población con un consumo energético considerablemente alto. Este grupo probablemente incluye hogares con poca o ninguna implementación de medidas de eficiencia energética, y posiblemente un uso excesivo de sistemas de climatización. Este hallazgo debe ser un punto de enfoque para las políticas públicas y las intervenciones en eficiencia energética, ya que reducir el consumo en este segmento pudiera tener beneficios económicos y ambientales significativos.

5. Necesidad de Intervención Estratégica: Para abordar los problemas destacados por el índice, es imperativo que los formuladores de políticas, las empresas de servicios públicos, y

los actores del sector de la construcción colaboren en la promoción de estándares de construcción más estrictos, incentivos para la renovación energética de edificaciones existentes, y programas educativos que fomenten un uso más consciente de la energía.

En resumen, del análisis se establece claramente la necesidad de un cambio en la gestión del consumo energético en la población estudiada. Las políticas y estrategias por desarrollar deberán ser multifacéticas, tomando en cuenta no sólo la tecnología y la infraestructura, sino también los factores socioeconómicos y culturales que influyen en el comportamiento de consumo energético.

## Capítulo 7. Conclusiones Finales.

*“Nadie puede hacerlo todo pero todos podemos hacer un algo... En cuestiones medioambientales la voluntad y el trabajo de una sola persona no es suficiente para reducir los estragos que se derivan del sobreconsumo de recursos naturales”* Attenborough (s.f.), sin embargo, la unión de todos los actores involucrados puede generar efectos positivos en el medio ambiente.

La investigación realizada ofreció un análisis detallado de la eficiencia energética en el contexto de la edificación residencial, tomando como caso de estudio la vivienda residencial ubicada en la ciudad de Mazatlán, Sinaloa, abordando aspectos socioeconómicos, materiales de construcción, consumo de energía y, finalmente, políticas energéticas.

El estudio se enfocó en la creación de un Índice Multivariable para la Evaluación de la Eficiencia Energética (IMEEE), cuyo propósito fue cuantificar e identificar los espacios donde el consumo de energía era crítico dentro de la edificación residencial. Dentro de la investigación, se estableció como caso de estudio la ciudad de Mazatlán, Sinaloa.

El índice propuesto en el presente trabajo de investigación tomó en cuenta diversas variables que jugaron un papel crucial en el consumo energético, desde aspectos socioeconómicos hasta aspectos propios de la contemporaneidad, como los usos y costumbres de los habitantes en el inmueble.

Dada la diversidad de viviendas en la ciudad de Mazatlán, se propuso un índice adaptable y representativo de estas variaciones, el cual podía ser aplicado no solo en la región tomada como caso de estudio, sino que también podía ser replicado y extrapolado a otras regiones.

Dentro de la primera parte del estudio, se establecieron los fundamentos de la investigación y se constituyó la base teórica y conceptual con el propósito de estipular el contexto y desarrollo de la investigación, la cual estuvo enfocada en el establecimiento de un índice de evaluación de la eficiencia energética en edificaciones residenciales.

Asimismo, se estableció la necesidad de un enfoque interdisciplinario para abordar la complejidad de la eficiencia energética en las viviendas, integrando conocimientos de arquitectura, ingeniería, ciencias de materiales, ecología, estadística, matemáticas, informática e ingeniería de sistemas.

El enfoque multidisciplinario en la investigación reflejó la interconexión de factores técnicos, lo cual sentó las bases para el desarrollo del marco teórico y metodológico del trabajo. Así mismo, se destacó la relevancia de un enfoque holístico e interdisciplinario para abordar los retos de la sostenibilidad en el sector residencial. En este sentido, se integraron múltiples disciplinas, cada una aportando estudios fundamentales para el análisis de la eficiencia energética de la vivienda.

Desde la perspectiva de la arquitectura y el diseño sostenible, se realizaron estudios de caso enfocados en viviendas que priorizan el diseño de espacios eficientes, minimizando la dependencia de sistemas de ventilación y aire acondicionado. En paralelo, la ingeniería civil aportó investigaciones cruciales sobre la inercia térmica de los materiales de construcción, evaluando su impacto en el comportamiento térmico de las edificaciones.

Por otro lado, las ciencias de los materiales contribuyeron con estudios comparativos sobre aislantes térmicos y su eficiencia en diversos contextos climáticos, complementando así los análisis arquitectónicos y constructivos. La estadística y el análisis de datos desempeñaron un rol crucial en la modelización de patrones de consumo energético mediante modelos

predictivos y el análisis de grandes bases de datos. Estos enfoques cuantitativos se vieron fortalecidos por la matemática aplicada, que permitió la modelización avanzada de los sistemas energéticos.

La integración de las tecnologías de la información, a través de la informática y la ciencia de datos, facilitó la creación de elementos útiles en el análisis inteligente de datos energéticos, promoviendo la eficiencia operativa en el uso de la energía. Finalmente, la psicología ambiental añadió una dimensión humana al estudio, con investigaciones sobre el impacto de los hábitos y costumbres de los usuarios en el consumo energético, así como su comportamiento dentro de espacios diseñados bajo criterios de sostenibilidad.

Esta diversidad de enfoques disciplinares demuestra cómo la eficiencia energética en la vivienda se construye desde un campo interdisciplinario, que abarca desde el diseño arquitectónico hasta la ingeniería de sistemas y la comprensión del comportamiento humano.

La implementación de diversas disciplinas permitió un análisis profundo de las variables que incidían en la eficiencia energética de las viviendas, enfocándose en aspectos como la envolvente del edificio, los sistemas de climatización y la influencia de los comportamientos de los ocupantes.

El Método Cartesiano, por su parte, ofreció una aproximación sistemática para evaluar la eficiencia energética, integrando los resultados obtenidos de las distintas pruebas y análisis.

El enfoque multidisciplinario no solo reflejó la complejidad del consumo energético en el sector residencial, sino que también subrayó la importancia de adoptar estrategias holísticas y personalizadas para mejorar la eficiencia energética. La metodología propuesta en este trabajo de investigación se distinguió por su capacidad para adaptarse a diversos contextos y condiciones de vivienda, tomando como caso de estudio la ciudad de Mazatlán.

Asimismo, el modelado de simulación energética resultó fundamental para simular el comportamiento energético de las viviendas bajo distintas condiciones, proporcionando predicciones de consumo energético y evaluaciones detalladas de medidas potenciales para mejorar la eficiencia.

Otra herramienta relevante fue la etiqueta energética, que clasificó las viviendas según su nivel de eficiencia energética, permitiendo categorizarlas en diferentes rangos de eficiencia. Esta clasificación facilitó la identificación de las viviendas más eficientes y aquellas con mayores oportunidades de mejora.

Finalmente, el Índice de Evaluación de Eficiencia Energética proporcionó una evaluación global de la eficiencia energética de las viviendas, identificando los factores clave que influyen en el consumo energético. Además, permitió establecer un índice comparativo entre distintas viviendas, favoreciendo una evaluación más precisa y contextualizada de su desempeño energético. En este apartado se destaca la importancia de cada herramienta y su contribución en la evaluación y mejora de la eficiencia energética en las viviendas de la ciudad de Mazatlán.

En el análisis de los resultados de consumo energético, se observaron distintos patrones en función del uso de aire acondicionado principalmente. Un segmento de interés fue el de las viviendas con bajo consumo energético, que no contaban con aire acondicionado. Este grupo, que representó el 20.45% de la muestra, se destacó por la distribución del consumo energético, donde la recámara utilizaba el 72% de la energía, seguida por la cocina con el 16% y el patio con el 12%. De esta situación se establece una correlación entre bajo consumo energético y altos índices de marginación, las viviendas son en su mayoría viviendas precarias con poco espacio y ausencia de ciertos espacios habitacionales como porche, sala, comedor o terrazas.

Por otro lado, las viviendas con consumo energético medio y uso estacional de aire acondicionado mostraron picos de consumo durante los meses más cálidos. Este grupo constituyó el 31.81% de la muestra, con el 80% del consumo energético concentrado en la recámara. Se propuso como medidas de reducción el uso de cortinas térmicas, mantenimiento eficiente del aire acondicionado y promoción de prácticas de consumo consciente entre los residentes para mitigar los picos de consumo.

Las viviendas con un consumo energético medio y un uso más extendido de aire acondicionado durante la mayor parte del año representaron el 36.36% de la muestra. En estas, el 68% del consumo energético se registró en la recámara, con un 10% en la cocina y comedor y un 11% en la sala. A pesar del uso intensivo del aire acondicionado, la diferencia en el consumo energético respecto a las viviendas con uso estacional no fue significativa.

Finalmente, se identificó un grupo de viviendas con alto consumo energético y uso constante de aire acondicionado, que supuso un reto mayor en términos de eficiencia energética. Estas edificaciones, que representaron el 6.8% de la muestra, tuvieron un consumo energético donde la recámara acapara el 64% de la energía, la sala el 14% y el comedor el 7%. Este patrón de consumo resaltó la importancia de implementar medidas que promovieron una mayor eficiencia energética, especialmente en hogares con uso intensivo de aire acondicionado.

Además, se encontró que una práctica común que contribuía al alto consumo energético era la incorrecta desconexión de aparatos electrónicos y el uso continuo de elementos electrónicos, lo que resultaba en un desperdicio significativo de energía. Este hallazgo subrayó la necesidad de educar a los consumidores sobre el impacto de sus hábitos de consumo en el consumo energético total.

Una vez que se estableció la metodología, se analizó de manera puntual el caso de estudio, el cual ocupó como análisis central la eficiencia energética de las viviendas en la ciudad de Mazatlán, destacando como principales detonantes del consumo energético el uso del aire acondicionado y la elección de materiales de construcción.

Del análisis realizado se observó que el uso excesivo de aire acondicionado contribuyó significativamente al alto consumo de energía en la mayoría de los hogares de la ciudad de Mazatlán, representando más del 60% del consumo total. La elección de materiales de construcción con alta conductividad térmica, así como la ineficiencia en los aparatos electrónicos también resultó en un desperdicio considerable de energía.

Uno de los principales detonantes en el consumo energético correspondió a la influencia de los materiales de construcción. Al examinar las características físicas y la resistencia térmica de materiales como el block hueco, tabicón, piezas cerámicas o de barro extruido y ladrillo, se estableció que la resistencia térmica era un factor clave en la eficiencia energética que presentaba el inmueble; sin embargo, no era el único factor determinante en el comportamiento térmico. De los resultados de las pruebas térmicas realizadas a los materiales se revelaron diferencias significativas en su capacidad para resistir y transferir calor bajo las mismas condiciones de irradiación solar.

Dentro de la investigación de materiales, el tabicón se destacó por su alta resistencia térmica, lo que sugiere su eficacia como aislante térmico en climas cálidos. Durante las pruebas de laboratorio, este material mostró una diferencia de temperatura de  $0.65^{\circ}\text{C}$  entre su temperatura inicial y final, con una transferencia de calor de  $9.75 \text{ kcal}$  ( $40.794 \text{ KJ}$ ) y una tasa de transferencia de  $0.106 \text{ W}$ , reflejando una elevada resistencia térmica de  $2.068 \text{ m}^2 \text{ }^{\circ}\text{K/W}$ . Esto indica que el tabicón tiene una excelente capacidad aislante y es muy eficaz en la



prevención de la transferencia de calor, lo que lo convierte en una opción adecuada para mejorar la eficiencia energética en viviendas de climas cálidos.

En contraste, el block hueco presentó una diferencia de temperatura de  $0.5^{\circ}\text{C}$ , una transferencia de calor de 7.5 kcal (31.38 KJ) y una tasa de transferencia de 0.817 W, con una resistencia térmica de  $0.465 \text{ m}^2 \text{ }^{\circ}\text{K/W}$ . Aunque mostró una capacidad moderada para absorber y transferir calor, su eficacia en limitar la transferencia de calor fue aceptable, pero inferior al tabicón.

El barro extruido, por su parte, mostró una diferencia de temperatura de  $0.21^{\circ}\text{C}$ , con una transferencia de calor de 3.15 kcal (13.1796 KJ) y una tasa de transferencia de 0.343 W, junto con una resistencia térmica baja de  $0.176 \text{ m}^2 \text{ }^{\circ}\text{K/W}$ . Este material presentó una capacidad limitada para resistir la transferencia de calor, con una mínima variación de temperatura, lo que lo hizo menos adecuado para climas cálidos debido a su baja eficiencia térmica.

El ladrillo, aunque similar al barro extruido, mostró una ligera mejora, con una diferencia de temperatura de  $0.19^{\circ}\text{C}$ , una transferencia de calor de 2.85 kcal (11.9244 KJ) y una tasa de transferencia de 0.311 W. Su resistencia térmica fue de  $0.190 \text{ m}^2 \text{ }^{\circ}\text{K/W}$ , lo que lo colocó ligeramente por encima del barro extruido en términos de eficiencia térmica, aunque su desempeño fue aún inferior al del tabicón y el block hueco.

El análisis general de estos materiales subrayó que el tabicón, gracias a su alta resistencia térmica, fue el material más eficiente para climas cálidos, ya que ofreció un mejor rendimiento en términos de aislamiento térmico y confort interior. Esto sugiere que su uso podría reducir la necesidad de sistemas de enfriamiento y mejorar la eficiencia energética de las viviendas. Este estudio resalta la complejidad del comportamiento térmico de los

materiales de construcción y la importancia de una selección cuidadosa para lograr edificaciones energéticamente eficientes, adaptadas a las condiciones climáticas específicas.

El análisis de las pruebas de laboratorio realizadas a los materiales concluyó que, aunque la resistencia térmica fue un factor importante en la eficiencia del aislamiento de un material, no fue el único determinante del comportamiento térmico. La eficacia de los materiales en términos de aislamiento térmico varió, indicando cuánto calor atravesaba cada material en condiciones controladas, lo que fue crucial para su aplicación en la construcción y su impacto en la eficiencia energética de los edificios.

Por otro lado, el uso de sistemas de climatización representó una de las principales variables dentro del estudio de la eficiencia energética. Dentro de la investigación se destacó la importancia de considerar el uso responsable del aire acondicionado, dada su significativa influencia en el consumo energético. Se sugirió la necesidad de implementar iniciativas para reducir el consumo de energía en los hogares, enfocándose en la adopción de prácticas más sostenibles y la inversión en electrodomésticos de mayor eficiencia energética.

Con el propósito de contar con datos en tiempo real del consumo energético, se realizó la instrumentación de una vivienda tipo. Al centrarse en un solo inmueble, se pudo controlar y monitorear con gran precisión un conjunto definido de variables, como las condiciones de uso, la ocupación y el comportamiento de los sistemas de energía. Esto permitió obtener un conjunto de datos históricos en tiempo real, que reflejó el consumo energético y el rendimiento térmico en un contexto residencial específico.

La investigación se centró en un prototipo de vivienda instrumentado para analizar detalladamente el comportamiento térmico y el consumo energético. La vivienda tipo fue una propiedad residencial de dos niveles situada en la ciudad de Mazatlán, Sinaloa. La estructura

ocupaba un área de construcción de 200 metros cuadrados, y los espacios habitacionales presentaban diferentes niveles tanto de asoleamiento como de ventilación, por lo que resultó un ejemplo representativo al analizar la temperatura en cada uno de los espacios.

La instrumentación detallada de la vivienda tipo permitió desarrollar un estudio intensivo de los patrones de uso y los flujos de energía, facilitando la identificación precisa de las áreas críticas en el consumo energético y las oportunidades de mejora. Los datos recolectados incluyeron temperatura, humedad, velocidad del viento, luminosidad y UV, obtenidos mediante la instrumentación, para lo cual se incluyó el uso de una estación meteorológica Misol para exteriores, una estación meteorológica Misol para interiores y dos wathorímetros DDS238-4 W marca TOMZN para monitorear el consumo energético.

En la vivienda tipo se realizó una exploración en profundidad de la interacción entre los sistemas de construcción y los hábitos de los residentes, incluyendo el efecto de las estrategias de diseño pasivo y las tecnologías activas de eficiencia energética. Los resultados revelaron una introspección sobre el diseño arquitectónico y los comportamientos de consumo pueden ser directamente transferibles a otras viviendas con características similares.

Los resultados clave obtenidos del análisis de la vivienda tipo se dividieron en los siguientes tópicos:

- Comportamiento Térmico y Consumo Energético: La recopilación de datos reveló cómo las fluctuaciones de temperatura externa afectan el ambiente interno y cómo el diseño arquitectónico influía en el confort térmico y el consumo energético. Los sectores ventilación directa registraron menores niveles térmicos, subrayando la importancia de la ventilación natural en el diseño de viviendas energéticamente eficientes.

- Correlación entre Temperatura y Consumo Energético: Se estableció una correlación directa entre la temperatura (interna y externa) y el consumo energético, utilizando la metodología basada en la norma UNE-EN ISO 50001:2011 lo que permitió predecir el consumo energético en función de la temperatura, ofreciendo una base para el análisis y la mejora de la eficiencia energética.

- Estrategias para Mejorar la Eficiencia Energética: Se recomendaron diversas medidas, incluyendo la implementación de ventiladores de techo, sistemas de aire acondicionado tipo *inverter*, reducción de la proporción de vidrio en fachadas, uso de pintura reflectora, aislamiento térmico y la adopción de electrodomésticos eficientes. También se enfatizó el potencial de la energía solar fotovoltaica y el uso de medidores energéticos inteligentes para un monitoreo continuo.

La metodología aplicada demostró ser efectiva para analizar la eficiencia energética del prototipo de vivienda estudiado, evidenciando la influencia significativa de la temperatura externa en el consumo energético. Las estrategias propuestas para mejorar la eficiencia energética ofrecieron una guía valiosa para el diseño y renovación de edificaciones residenciales, promoviendo prácticas sostenibles que pudieron contribuir significativamente a la reducción del consumo energético.

Para concluir con la investigación, se estableció la implementación de un índice multivariable para la evaluación de la eficiencia energética, proporcionando un enfoque holístico para evaluar el consumo y la eficiencia energética en las viviendas en la ciudad de Mazatlán. Se aplicó un análisis exhaustivo mediante el Método de Monte Carlo para identificar y cuantificar las variables clave que influían en el consumo energético residencial. En este contexto, los principales hallazgos fueron los siguientes:

- Influencia de Variables en el Consumo Energético: La temperatura y el número de personas en la vivienda tuvieron un impacto significativo en el consumo energético. Las ecuaciones de regresión establecidas mostraron una correlación directa entre el número de personas y el consumo energético.

- Modelo de Regresión Lineal Múltiple: Los residuos estandarizados indicaron que el modelo de regresión fue adecuado para predecir el consumo energético en las edificaciones, con la mayoría de los valores de residuos dentro del rango de  $\pm 2$  desviaciones estándar.

- Simulación de Escenarios: Las simulaciones generadas por el método de Monte Carlo permitieron predecir el consumo energético bajo diferentes combinaciones de variables, facilitando la identificación de tendencias y correlaciones.

En este sentido, se confirmó que el número de personas y el número de plantas en la vivienda fueron predictores significativos del consumo energético. Las variables socioeconómicas, como el nivel de ingresos y la demografía, influyeron en los patrones de consumo energético, pero en menor medida en comparación con la cantidad de ocupantes y la configuración física del inmueble. Sin embargo, la aplicación del método de Monte Carlo subrayó la importancia de variables como la temperatura externa, materiales utilizados en la construcción y la ubicación geográfica.

Una de las principales conclusiones del estudio indicó que las tipologías de consumo energético presentaron variaciones significativas según el uso del aire acondicionado (AC) y los factores de transferencia térmica de los materiales de construcción utilizados. Para las viviendas con alto consumo de energía y uso de aire acondicionado durante todo el año, la ecuación  $CEE_1 = 11.69e^{(0.1748x)}$  mostró que la temperatura es modificada por el factor de

transferencia de las piezas utilizadas en la construcción, y también influyó de manera directa en el aumento del consumo energético.

En el caso de las viviendas con consumo medio de energía y uso de aire acondicionado durante todo el año, la ecuación  $CEE_2 = 10.278e^{(0.153x)}$  reflejó una menor dependencia de la temperatura en comparación con el alto consumo, aunque el impacto seguía siendo significativo.

Las viviendas con consumo medio y uso de aire acondicionado estacional, representadas por la ecuación  $CEE_3 = 10.606e^{(0.1399x)}$ , mostraron una relación similar, pero con una menor tasa de incremento en el consumo energético respecto a la temperatura.

Finalmente, las viviendas con bajo consumo sin uso de aire acondicionado, descritas por la ecuación  $CEE_4 = 4.3287x^2 - 197.71x + 2382.1$ , demostraron una dependencia cuadrática de la temperatura, lo que sugiere que factores adicionales, como la eficiencia en el diseño y los materiales de construcción, jugaron un papel crucial en la reducción del consumo energético.

Estas conclusiones resaltan la importancia de considerar la interacción entre el uso de sistemas de climatización, la temperatura ambiental y las características constructivas para mejorar la eficiencia energética en las viviendas.

La investigación concluyó que el método de análisis por coeficientes estandarizados, en combinación con el Método de Monte Carlo, proporcionó una herramienta valiosa para comprender y predecir el consumo de energía en edificios residenciales. Se resaltó la necesidad de considerar tanto factores físicos (materiales, número de plantas y ocupantes) como aspectos socioeconómicos y culturales en el diseño de políticas y estrategias para mejorar la eficiencia energética en viviendas.

## **7.1 . Verificación de la hipótesis**

En la presente investigación se establece como hipótesis que el conocimiento de los factores que detonan la eficiencia energética, así como su nivel de participación, permite generar estrategias encaminadas al uso eficiente de la energía. Esta hipótesis plantea que, al identificar los factores más influyentes y sus niveles de afectación, se pueden desarrollar acciones específicas para mejorar la eficiencia energética en las edificaciones residenciales. En particular, el estudio se centra en la construcción residencial ubicada en la ciudad de Mazatlán, Sinaloa, evaluando si las acciones implementadas hasta ahora han tenido el impacto esperado en términos de reducción del consumo energético y cumplimiento de los estándares internacionales para el desarrollo sostenible.

El análisis de los datos recolectados sugiere que las acciones encaminadas a la reducción del consumo energético en las viviendas de la ciudad de Mazatlán no han alcanzado los resultados esperados. A pesar de las iniciativas implementadas, los niveles de consumo energético siguen siendo elevados y no cumplen con los estándares internacionales establecidos. Esto indica una menor eficiencia energética que, a su vez, contribuye a mayores emisiones de gases de efecto invernadero y a un mayor impacto ambiental derivado de la generación y uso de la energía eléctrica. Esta observación se apoya en la recopilación de datos que muestran una discrepancia entre las políticas implementadas y los resultados obtenidos.

Para aceptar o rechazar la hipótesis, es esencial considerar tanto los factores internos como externos que afectan la eficiencia energética. Factores internos como el diseño arquitectónico, la calidad de los materiales de construcción y la implementación de tecnologías energéticamente eficientes son cruciales. Sin embargo, factores externos como el comportamiento de los residentes, la regulación gubernamental y las condiciones climáticas

locales también desempeñan un papel significativo. Los datos indican que, aunque se han realizado mejoras en algunos aspectos, la falta de una estrategia integral que abarque todos los sectores ha limitado el impacto de las acciones implementadas.

En conclusión, la hipótesis inicial se rechaza parcialmente. Si bien es cierto que conocer los factores que detonan la eficiencia energética es fundamental para desarrollar estrategias efectivas, la evidencia sugiere que las acciones actuales no están teniendo el impacto deseado en la construcción residencial en la ciudad de Mazatlán. Para lograr una verdadera eficiencia energética, es necesario adoptar un enfoque más holístico que incluya no solo mejoras tecnológicas y de diseño, sino también cambios en el comportamiento de los usuarios y una mayor colaboración entre los sectores públicos y privados. Solo a través de una estrategia integrada y multidisciplinaria se podrá alcanzar una mayor eficiencia energética y reducir significativamente el impacto ambiental.

## **7.2 . Análisis comparativo de los resultados de la evaluación eficiencia energética en viviendas: integración de resultados propios y revisiones de estudios previos.**

En el contexto del diseño y construcción de viviendas, la eficiencia energética implica el uso de tecnologías y prácticas que disminuyen el consumo energético necesario para la climatización de los espacios, iluminación y operación de electrodomésticos. Esto se logra a través de una combinación de técnicas de aislamiento eficiente, sistemas de aislamiento y refrigeración de alta eficiencia, el uso de materiales de construcción sostenibles, y la integración de energías renovables.

Entre los contribuyentes más influyentes en este campo se encuentra Amory Lovins, cofundador del Rocky Mountain Institute, cuyos trabajos han destacado la importancia de la arquitectura pasiva y los diseños innovadores en la reducción del consumo energético. Edward



Mazria, fundador de *Architecture 2030*, ha sido fundamental en promover políticas y prácticas que apunten hacia una huella de carbono neta cero en el sector de la construcción.

Además, Mark Z. Jacobson de la Universidad de Stanford ha proporcionado análisis exhaustivos sobre cómo las viviendas pueden integrar sistemas de energía renovable para no solo reducir el consumo energético sino también producir su propia energía. Daniel Kammen ha aportado con su enfoque en políticas de energía sostenible que abarcan tanto la eficiencia energética como la integración de tecnologías limpias y renovables en las edificaciones.

El IMEEE destaca como un método superior para la evaluación de la eficiencia energética en viviendas debido a su capacidad para integrar múltiples enfoques innovadores y holísticos provenientes de expertos reconocidos en el campo. Al incorporar las técnicas de diseño innovador de Amory Lovins, el IMEEE puede mejorar significativamente la eficiencia energética en Mazatlán mediante soluciones creativas y probadas. Además, la alineación de políticas locales con las estrategias propuestas por Daniel Yergin asegura una sostenibilidad energética robusta y efectiva.

El IMEEE también se beneficia de las normativas y prácticas de diseño sostenible promovidas por Edward Mazria, adaptando estas medidas para establecer estándares más elevados de eficiencia energética en la región. La inclusión de modelos de sistemas energéticos renovables de Mark Z. Jacobson proporciona una dimensión adicional al incorporar fuentes de energía limpia, vitales para la eficiencia a largo plazo.

El enfoque de Elaine Gallagher en la arquitectura bioclimática y en estrategias adaptadas a climas cálidos se traduce en soluciones específicas y efectivas para Mazatlán, optimizando el uso de tecnologías y materiales de bajo consumo. La combinación de estos elementos dentro del IMEEE permite una evaluación más precisa y contextualizada, superando los enfoques

tradicionales al considerar una amplia gama de factores socioeconómicos, arquitectónicos y culturales, lo que resulta en una herramienta integral y eficaz para la mejora de la eficiencia energética en las edificaciones residenciales.

El avance hacia la eficiencia energética en viviendas requiere una combinación de innovación tecnológica, diseño arquitectónico inteligente y políticas públicas efectivas. La colaboración continua entre ingenieros, arquitectos, urbanistas y legisladores es esencial para promover una transición hacia prácticas residenciales más sostenibles. Con el trabajo conjunto de estos profesionales y el apoyo de investigaciones lideradas por figuras destacadas en el campo, se puede lograr un impacto significativo en la sostenibilidad energética global.

### **7.3 . Perspectivas futuras: posibles investigaciones derivadas del presente estudio**

La investigación sobre la eficiencia energética en viviendas residenciales en la ciudad de Mazatlán ha establecido un fundamento sólido para abordar los retos asociados al consumo energético y su impacto en el medio ambiente. A partir de este estudio, se proponen las siguientes líneas de investigación alternas que pueden extender y profundizar el trabajo realizado:

Con base en los hallazgos y conclusiones de la presente investigación sobre eficiencia energética en viviendas de la ciudad de Mazatlán, se proponen las siguientes líneas de investigación alternas para dar continuidad al trabajo realizado y profundizar en el conocimiento sobre sostenibilidad energética en el ámbito residencial:

- Desarrollo y Validación de Tecnologías de Eficiencia Energética Adaptadas al Clima Local: Investigar el desarrollo e implementación de tecnologías y sistemas de eficiencia energética diseñados específicamente para climas cálidos y húmedos como el de la ciudad de Mazatlán. Esto incluye la evaluación de soluciones de

enfriamiento pasivo, materiales de construcción innovadores, y sistemas de climatización eficientes.

- Evaluación de Estrategias de Diseño Urbano y Planificación Espacial en la Eficiencia Energética de las Viviendas: Explorar cómo el diseño urbano y la planificación espacial afectan la eficiencia energética de las comunidades residenciales. Este enfoque podría abordar la orientación de las viviendas, la densidad urbana, la integración de espacios verdes y la accesibilidad a servicios y transporte público.
- Modelos Predictivos de Consumo Energético Basados en Inteligencia Artificial: Desarrollar modelos predictivos que utilicen un algoritmo de inteligencia artificial para anticipar patrones de consumo energético en viviendas, basándose en variables ambientales, arquitectónicas, y de comportamiento del usuario. Estos modelos podrían ser herramientas valiosas para la planificación energética y la gestión de la demanda.
- Impacto Psicosocial de las Prácticas de Consumo Energético Sostenible: Investigar cómo las prácticas de consumo energético afectan el bienestar psicosocial de los residentes y la cohesión comunitaria. Este estudio podría incluir la evaluación de programas de educación ambiental y el análisis del impacto de las comunidades de energía renovable.
- Estudio Comparativo de Eficiencia Energética en Diferentes Regiones Climáticas: Ampliar la investigación a otras regiones con diferentes condiciones climáticas para comparar estrategias de eficiencia energética y adaptabilidad de los índices desarrollados en este estudio. Este análisis comparativo podría ofrecer variables de

introspección valiosas sobre cómo personalizar enfoques de eficiencia energética según el contexto geográfico.

- **Análisis de Ciclo de Vida de Materiales de Construcción Sostenibles:** Profundizar en el estudio de los materiales de construcción desde la perspectiva de análisis de ciclo de vida, considerando su impacto ambiental desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. Esta línea de investigación puede contribuir a la selección de materiales más sostenibles para la construcción de viviendas.
- **Evaluación del Impacto de las Modificaciones en la Eficiencia Energética:** Investigar cómo las modificaciones específicas en las viviendas, como la mejora del aislamiento, la instalación de ventanas de doble acristalamiento, o la actualización de sistemas de climatización, afectan la eficiencia energética. Este estudio podría proporcionar directrices sobre las intervenciones más rentables para mejorar el rendimiento energético de las edificaciones existentes.
- **Análisis Comparativo de Estrategias de Diseño Pasivo en Diferentes Climas:** Expandir la investigación para incluir un análisis comparativo entre la ciudad de Mazatlán y otras ciudades con diferentes condiciones climáticas. La meta es identificar las estrategias de diseño pasivo más efectivas en función de variables climáticas específicas, proporcionando un marco adaptable para el diseño arquitectónico sostenible.
- **Integración de Energías Renovables en la Vivienda Residencial:** Explorar el potencial de integración de sistemas de energías renovables, como paneles solares fotovoltaicos y sistemas de recolección de agua de lluvia, en el diseño y operación de viviendas residenciales. Esta línea de investigación puede centrarse en la evaluación

de la viabilidad técnica, económica y ambiental de estas tecnologías en el contexto local.

- Impacto de la Eficiencia Energética en la Salud y el Bienestar: Examinar la relación entre la eficiencia energética de las viviendas, la calidad del aire interior y el bienestar de sus ocupantes. Investigaciones en esta área podrían aportar evidencia sobre los beneficios para la salud de vivir en hogares energéticamente eficientes y bien aislados.
- Bases para el desarrollo de Políticas e Incentivos para la Mejora de la Eficiencia Energética: Analizar el impacto de diferentes políticas y programas de incentivos en la adopción de medidas de eficiencia energética por parte de los propietarios de viviendas. Este enfoque podría identificar las barreras y facilitadores clave para la implementación de tecnologías y prácticas energéticamente eficientes.

Estas líneas de investigación propuestas se basan en la necesidad de abordar la eficiencia energética desde una perspectiva holística e interdisciplinaria, integrando avances tecnológicos, cambios en políticas públicas, comportamiento humano, y consideraciones de diseño sostenible para avanzar hacia comunidades más resilientes y sostenibles energéticamente.

Se puede concluir que la investigación presentada ha sentado las bases para un enfoque integral hacia la eficiencia energética en viviendas residenciales, particularmente en el contexto climático y socioeconómico de la ciudad de Mazatlán, Sinaloa. A través del desarrollo y la implementación del Índice Multivariable para la Evaluación de la Eficiencia Energética (IMEEE), se ha proporcionado una herramienta cuantitativa para evaluar y monitorear la eficiencia energética, incorporando una amplia gama de factores desde los

materiales de construcción y el diseño arquitectónico hasta los comportamientos de consumo y las políticas energéticas locales.

Este trabajo destaca la importancia de una perspectiva holística y multidisciplinaria en el estudio de la eficiencia energética, donde la colaboración entre disciplinas como la arquitectura, la ingeniería, las ciencias sociales y ambientales se convierte en un requisito esencial para abordar la complejidad de los desafíos energéticos actuales. Asimismo, subraya la necesidad de políticas públicas y estrategias de diseño que promuevan prácticas de construcción y consumo sostenibles, adaptadas a las realidades climáticas y culturales de cada región.

Los hallazgos de este estudio ofrecen valiosas lecciones sobre cómo cada una de las acciones realizadas dentro de la cotidianidad, pueden tener un impacto significativo en la reducción del consumo de energía

La propuesta de líneas de investigación futuras abre un abanico de posibilidades para profundizar en el conocimiento y la práctica de la eficiencia energética, invitando a la comunidad científica y profesional a continuar explorando, innovando y aplicando soluciones que respondan de manera efectiva a los retos del siglo XXI en materia de sostenibilidad energética.

Finalmente se establece que la presente investigación proporciona una comprensión profunda y basada en datos sobre la eficiencia energética en la ciudad de Mazatlán, evidenciando la interacción entre factores socioeconómicos, materiales de construcción, y prácticas de consumo. Además, resalta la urgencia de adoptar medidas integradas y estratégicas que involucren a todos los actores relevantes para mejorar la sostenibilidad

energética y reducir la huella de carbono, contribuyendo a la construcción de comunidades más sostenibles y equitativas.

## Bibliografía

- Abdelaziz, E. A. (2011). A review on energy saving strategies in the industrial sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 150-168.
- Alvarez, H., & Peña, M. (2004). Modelamiento de Sistemas de Inferencia Borrosa tipo Takagi-Sugeno. *Avances en Sistemas e Informática*, 1-11.
- Álvarez, P. S. (2012). *Porfirio Díaz y el Porfiriato Cronología 1830-1915*. México: Instituto Nacional Histórico de las Revoluciones de México.
- Amieiro, M. A. (2019). *Agenda 2030: Claves Para la Transformación Sostenible: 256 (Investigación y Debate)*. España: Los Libros De La Catarata.
- Andler, D. (2011). *Filosofía de las Ciencias*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Ansoff, H. (septiembre-octubre de 1957). "Strategies for diversification". *Harvard Business Review*, 35(5).
- Aragones, J. &.-L. (2010). Perception of personal identity at home. *Psicothema*, 872-879.
- Atómica, O. I. (2008). *Indicadores energéticos de desarrollo sostenible: directrices y metodologías*. Austria: OIEA en Austria.
- Ayuntamiento, G. M. (2023). [https://mazatlan.gob.mx/turismo\\_mzt/historia-de-mazatlan/la-electricidad/](https://mazatlan.gob.mx/turismo_mzt/historia-de-mazatlan/la-electricidad/).
- Balboa, C. H., & Somonte, M. D. (2014). Economía circular como marco para el ecodiseño: el modelo ECO-3. *Dialnet*, 82-90.



- Bardach, E. (2004). "Presidential address. The extrapolation problem: how can we learn from the experience of others?". (A. f. Management, Ed.) *Journal of Policy Analysis and Management*, 23(2).
- Barreto Córdoba, L. A., & Sandoval González, A. (2016). *Análisis de viabilidad ambiental, financiera y social de la implementación de los prerrequisitos de la certificación en liderazgo en energía y diseño ambiental (LEED) en el edificio natura de la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales Universidad*. República de Colombia: Universidad Distrital Francisco José.
- Barton, J. R. (2009). Adaptación al cambio climático en la planificación de ciudades regiones. *Revista de Geografía Norte Grande*, 43, 5-30.
- Bassa M., J., & Fuster S., N. (2013). La medicalización del espacio popular en Santiago de Chile (siglos XIX y XX). *Revista Austral de Ciencias Sociales*, pp. 5-26.
- Bassett, K. (1980). *Housing and Residential Structure: Alternative*. London, Boston and Henley.: Routledge & Kegan Paul.
- BEEP. (2021). *Impulsores del uso de energía en edificaciones: ubicación de la población*. Obtenido de allthatsinteresting.com: Impulsores del uso de energía en edificaciones: ubi [http://all that interesting.com/map-population-density](http://allthatinteresting.com/map-population-density)
- Beteta Vallejo, I. (2023). *La Industria de la Vivienda en México, un potencial por explotar: ¿Cuál debe ser el papel del crédito hipotecario?* México: México: Centro Urbano.
- Boardman, B. (1991). *Fuel Poverty: From Cold Homes to Affordable Warmth*. Michigan: la Universidad de Michigan.

- Borbón Almada, V. (2016). *Diseño y prueba del comportamiento térmico y mecánico de concreto celular*. Hermosillo: Universidad de Sonora.
- Boulding, N. G.-R. (2017). *Economics: The Definitive Encyclopedia from Theory to Practice*. USA: David A. Dieterle Editor.
- Bretschneider, S., Marc-Aurele Jr, F., & Wu, J. (2004). “Best Practices” Research: A Methodological Guide for the Perplexed. *Journal of Public Administration Research and Theory*, 15(2).
- Brun, J. (1995). *Attesa di verità. Il destino della filosofia nella modernità*. Paris, Francia: Éditions Cahiers Bleus.
- Calixto-Aguirre, V. I. (2018). Energy consumption in buildings in México. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*.
- Canclini, N. G. (1989). *Culturas Híbridas, Estrategias para entrar y salir de la modernidad*. México DF: Grijalbo.
- Canu, M. E. (2017). *Economía Circular y Sostenibilidad: Nuevos Enfoques Para La Creación De Valor*. Chile, Santiago: CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Capel, H. (2002). *La morfología de las ciudades* (Vols. 1 Sociedad, cultura y paisaje urbano). Madrid, España: Ediciones del Serbal.
- Carretero, A. (2012). *Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora*. Madrid: AENOR.

- CEPAL. (2014). *Fortalecimiento de las cadenas de valor como instrumento de la política industrial, metodología y experiencia de la CEPAL en Centroamérica*. (R. P. Pérez, Ed.) Santiago, Chile.
- Chávez, J. C. (2014). *Epistemología y Metodología de la Investigación*. México: Grupo Editorial Patria.
- Cho, S., Lee, J., Baek, J., Kim, G.-S., & Leigh, S.-B. (2019). Investigación de los factores principales que afectan el consumo de electricidad en edificios no residenciales mediante un enfoque basado en datos. *Energías*.
- Choi, M. y. (2014). Encuesta de Muestreo de Consumo de Energía en Edificios. *Instituto de Economía de la Energía de Corea*, 14-29.
- CONUEE. (2018). *Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de México, 2018*. ciudad de México: Gobierno de México.
- CONUEE. (2022). *Servicios energéticos, pobreza energética y eficiencia energética: una perspectiva desde México*. México: Gobierno de México.
- Corbusier, L. (1985). *La ciudad del Futuro* (Tercera Edición en Castellano ed.). Buenos Aires: Ediciones Infinito.
- Cortés, L. (1995). *La cuestión residencial. Bases para una sociología del habitar*. Madrid: Editorial Fundamentos.
- Covarrubias Cortes, C. T. (2002). *Automatización de sistemas administrativos en tiempo real en el manejo del procedimiento de cuentas de enlace en la Comisión Federal de Electricidad*. Hermosillo, Sonora, México: Universidad de Sonora.

Crawley, D. B. (2008). *Building Energy Simulation: Methods and Applications*. Hoboken, NJ: Wiley.

Crawley, D. H. (2008). Contrastar las capacidades de los programas de simulación de desempeño energético de edificios. *Edificación y medio ambiente*, 661-673.

De Buen, O. (2009). *Eficiencia energética y su impacto en el consumo eléctrico en México*. México: Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.

De Juana, J. M. (2008). *Energías Renovables para el Desarrollo*. Madrid, España: Thomson España.

Denzin, N. K. (2011). *El campo de la investigación cualitativa*. España: gedisa.

Development, W. C. (1987). *Our common future (Informe Brundtland)*. Londres: Oxford University Press.

doctorat. (2023). *doctorat.upc.edu*. Obtenido de <https://doctorat.upc.edu/es/tesis>

EEA, E. E. (2017). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016*. Luxemburgo: Luxembourg: Publications Office of the European Union.

El Beak, Y. (2002). Programa de Análisis de Energía Térmica de la Construcción. *Journal of Mechanical Science And Technology*, 20-22.

Emerson, R. (2005). *Lecturas sobre crecimiento económico*. Bogotá. Colombia: Ediciones Uniandes.

Engels, F. (1987). *Contribución al problema de la vivienda*. Madrid: Editorial Progreso.

Ernesto Cohen, R. E. (1988). *Evaluación de Proyectos Sociales*. Argentina: GRUPO EDITOR LATINOAMERICANO.

Estenssoro Saavedra, J. F. (2007). Antecedentes para una historia del debate político en torno al medio ambiente: la primera socialización de la idea de crisis ambiental (1945 - 1972). *Universum*, 88-107.

Fernanda, A. (1999). *Contracorriente: historia de la energía nuclear en México, 1945-1995*. México: Plaza y Valdés Editores.

Fisch, S. P. (2014). *Vivienda contemporánea: Estrategias de proyecto*. Argentina: Universidad Nacional de La Plata.

Frías Sarmiento, E. (1998). *Empresas y alumbrado eléctrico en Mazatlán: 1896-1904*. Culiacán, Sinaloa: Universidad Autónoma de Sinaloa.

Frías, E. (2010). *Compañías Eléctricas extranjeras en México (1880-1960)*. México, México: In R, Liehr & M.Bautista.

Galindo De La Cruz, A. (2015). *El diseño de viviendas sostenibles en climas cálidos*. La Paz: Universidad Autónoma de Baja California Sur.

Gallardo, F. L. (2013). Ser Humano, lugar y eficiencia energética como fundamentos proyectuales en las estrategias arquitectónicas. *Revista Arquitectura, Universidad Católica de Colombia*, 62-69.

García Chávez, L. (2020). *La contaminación lumínica y su impacto en la salud*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.

- García Kerdan, I. M. (2020). Modeling the energy and exergy utilization of the Mexican non-domestic sector: A study by climatic regions. *Energy*.
- García, R. (2011). La interdisciplinaridad y los sistemas complejos. *Revista Latinoamericana de metodología de las Ciencias Sociales*, 1(1), 1-37.
- García-Ochoa, R. (2016). Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala subnacional. *ciudad y Territorio*, vol. xvi, núm. 51, 289-337.
- González Cuevas, O. (2007). *Análisis Estructural*. ciudad de México: Limusa.
- González, G. C. (2012). El consumo de energía Eléctrica En los hogares de México por nivel de ingresos. *Tiempo Económico Núm. 31, vol. X Tercer cuatrimestre de 2015*, 91.
- Gorp, V. &. (2004). Maximizing energy savings with enterprise energy management systems. *Pulp and Paper Industry Technical Conference doi: 10.1109/PAPCON.20041338378*.
- Greene, J. C. (1989). Toward a Conceptual Framework for Mixed-Method Evaluation Designs. *American Educational Research Association*, 255-274.
- GTZ. (2007). *ValueLinks Manual – The Methodology of Value Chain Promotion*.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C. (1999). *Análisis multivariante*. Madrid. Prentice Hall.
- Hamui-Sutton, A. (2013). Un acercamiento a los métodos mixtos de investigación en educación médica. *ELSEVIER*, 211-216.

- Han, J. K. (2012). Un Estudio sobre el Desarrollo de Modelos Energéticos de Edificios para el pronóstico de Demanda de energía urbana Ascendente. *Data Mining Elsevier*, 137-146.
- Hangju Lee, I. K. (Marzo de 2020). Un estudio sobre metodología para verificar actividades de rendimiento de ahorro de energía en edificios escolares. *Journal of Energy Engineering Korean Society for Energy*, 25-33 (9 pages).
- Heidegger, M. (2015). *Construir Habitar Pensar (Bauen Wohnen Denken)*. España: La Oficina de Arte y Ediciones.
- Heidegger, M. (2015). *Construir Habitar Pensar (Bauen Wohnen Denken)*. España: La Oficina.
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGRAW-HILL.
- Higuera Zimbrón, A., & Rubio Toledo, M. Á. (2011). La vivienda de Interés social: Sostenibilidad, Reglamentos. *Quivera*, pp. 193-208.
- Huntington, H. (2016.). *Energy efficiency and climate change mitigation*. Stanford, CA, USA: Energy Modeling Forum.
- IEA. (2014). *Energy Statistics*. UNDESA.
- IEA. (2018). *Future of Cooling 2018*. IEA.
- IEA. (2018). *World Energy Outlook 2018*. Paris: International Energy Agency.
- IEA. (2020). *Energy Efficiency Indicators Highlights*. Paris Francia: IEA.

IEA. (s.f.). *www.iea.org*. Recuperado el 19 de 04 de 2021, de IEA, CO2 emissions to 2100 by scenario, IEA, Paris: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/co2-emissions-to-2100-by-scenario>

Imjih Yeon, J. H. (2020). Predicción del consumo energético y demanda máxima de energía de los edificios según el cambio climático. *Sociedad Coreana de Ingeniería de Instalaciones*, 52-58.

INEGI. (2021). *Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares 2020*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI, I. N. (2022). *Características de las viviendas habitadas*. México: Segob.

Instituto Mexicano para la Competitividad, I. (2009). *México ante la crisis que cambió al mundo*. México: IMCO.

ISO. (2021). *ISOTOOLS EXCELLENCE*. Recuperado el 26 de 05 de 2021, de <https://www.isotools.org/normas/medio-ambiente/iso-50001/>

Latour, B. (2008). ¿Un cauteloso Prometeo? Unos pocos pasos hacia una filosofía del diseño (con atención especial a Peter Sloterdijk). *Conferencia magistral para las Redes de Diseño reunión de la Sociedad de Historia del Diseño*, (p. 35). Falmouth, Cornwall, Inglaterra.

Latour, B. (2007). *Nunca fuimos modernos, Ensayo de antropología simétrica*. Buenos Aires: Argentina S.A.

Latour, B. (2007). *Nunca fuimos modernos, ensayo de antropología simétrica*. Argentina: Siglo XXI editores.



- Lawrence, A. T. (2019). Specific Energy Consumption/Use (SEC) in Energy Management for Improving Energy Efficiency in Industry: Meaning, Usage and Differences. *Energies*, 247.
- Lechner, N. (2014). *Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects*. John Wiley & Sons.
- León, E. (2016). *Estudio de la evolución del concepto de eficiencia energética y de su aplicación en los edificios*. Barcelona: Departamento de Expresión Gráfica en la Ingeniería (EGE), Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
- Lim Ji-yeon, L. S.-e. (2019). Análisis de tendencias de investigación de tecnología de gestión energética de edificios basado en datos. *Revista del Instituto de Arquitectura de Corea y el Instituto Coreano de Arquitectura*.
- lluiscodina. (2022). *lluiscodina.com*. Obtenido de <https://www.lluiscodina.com/introduccion-conclusiones-tesis>
- Lorca, C. A. (2011). *Tribus, Armas y Petróleo la transición hacia el invierno arabe*. Granada España: Algón Editores.
- Lovins, A. (1976). Energy Strategy: The Road Not Taken? *Foreign Affairs*, 65-96.
- Lovins, A. (1977). *Soft energy paths: Towards a durable peace*. Nueva York: Harper & Row.
- Lovins, A. (2015). Reinventar el fuego: Física+mercados=soluciones energéticas. *Física de la Energía Sostenible III (PSE III): Utilizar la energía de forma eficiente y producirla de forma renovable*, 100-111.

- Malavé, M. H. (1982). La crisis petrolera internacional y su incidencia en América Latina. *Comercio Exterior. Vol. 32, núm. 8*, pp. 864-875.
- Maldonado, C. E. (1999). Esbozo de una filosofía lógica de la complejidad. *Visiones sobre la complejidad, Segunda Edición (1)*, 5-63.
- Maldonado, C. E., & Cruz, N. (2011). *El mundo de las ciencias de la complejidad (Vol. VI)*. Bogotá, Colombia: Universidad del Rosario.
- Maqueda, M. y. (2011). Curvas de demanda de energía eléctrica en el sector doméstico de dos regiones de México. *Smart Metering West Coast, Seattle, Washington, Estados Unidos*.
- Martín, A. G. (2006). La investigación interdisciplinaria en diseño arquitectónico. *Pensamiento y Lenguaje Universitario*, 19-24.
- Martínez, Y. B. (2005). *Modernización y Nacionalismo de la Arquitectura Mexicana*. México: UNAM.
- Martínez, Y. B. (2016). *Modernización y Nacionalismo de la Arquitectura Mexicana en cinco voces: 1925-1980*. Aguas Calientes, México: ITESO.
- McFetridge, Donald G. (1995). *Competitiveness - concepts and measures: occasional paper number 5, April 1995 / by Donald G. McFetridge*. Industry Canada, Department of Economics, Carleton University, Ottawa.
- McKane, A. D. (2017). Improving the relevance and impact of international standards for global climate change mitigation and increased energy access. *Energy Policy*, 389–399.

México, G. d. (15 de 1 de 2020). [www.gob.mx/documentos/marco-programatico?idiom=es](http://www.gob.mx/documentos/marco-programatico?idiom=es).

Obtenido del Gobierno de México.

Morillón Gálvez, D. (2004). Adecuación bioclimática de la vivienda de interés social del noroeste de México con base al análisis térmico de la arquitectura vernácula. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*; vol. 8, 97-102.

Morillón Gálvez, D. (2018). *El efecto del viento en el bioclima costero mexicano: Un enfoque integrador para la planificación arquitectónica*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Morin, E. (2011). *Introducción al pensamiento complejo*. México: Gedisa Editorial.

Morin, E. (2013). *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Gedisa editorial.

Moyo Martínez, J. (2018). *Integración de tecnologías sostenibles en el diseño de edificaciones deportivas y recreativas*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.

Norton, A. (2016). *The historical development of energy consumption and its implications*. Londres: Routledge.

Nussbaumer, P. (2013). *Global Insights Based on Multidimensional Energy. sustainability*.

Olesen, B. y. (2002). Introducción a las normas de confort térmico y a la nueva versión propuesta de la Norma EN ISO 7730. *Energía y edificios*, 537-548.

ONU. (2015). *Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Naciones Unidas. Recuperado el 2024, de Objetivos de Desarrollo Sostenible: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/agenda-2030/>

- ONU. (2020). *ONU-Habitat*. Recuperado el 04 de 03 de 2021, de <https://onuhabitat.org.mx/index.php/vivienda-inviable-para-la-mayoria>
- Oropeza Pérez, I. (2018). *La modelación estocástica del ahorro energético en el sector residencial*. Madrid: Editorial Académica Española.
- Overman, E., & Boyd, K. (1994). Best Practice Research and Post Bureaucratic Reform. *Journal of Public Administration Research and Theory, Inc.*
- Papa, R. P. (2007). Energy Index Evaluation of Buildings in Function of the External Temperature. *Proc. Building Simulation 2007. Beijing, China.*
- Pérgolis, J. C. (2005). *ciudad express Arquitectura, Literatura, ciudad*. Buenos Aires Argentina: Nobuko.
- Picado, X. (2017). Hacia la elaboración de indicadores cualitativos de evaluación. [www.ts.ucr.ac.cr](http://www.ts.ucr.ac.cr).
- Polanco Contreras, M. A. (2012). *Eficiencia energética de los sistemas constructivos en zonas de clima cálido seco*. Mexicali: Universidad Autónoma de Baja California.
- Prieto, A. (2020). *El cólera en tiempo real. Una relectura de la epidemia de cólera de Rosario de 1894-95*. Argentina: Universidad Nacional de Rosario, <http://hdl.handle.net/2133/18914>.
- PRODESEN, 2.-2. (2020). *V. Infraestructura del Sistema Eléctrico Nacional*. México: Gobierno de México, Secretaría de Energía.

- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, P. (s.f.). *OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE*. Recuperado el 12 de 03 de 2020, de <https://www.undp.org/content/undp/es/home/>
- Ramos Escobar, N. d. (2021). *La producción de la vivienda en el marco de la sustentabilidad urbana*. Culiacán Sinaloa: Universidad Autónoma de Sinaloa.
- Rangel, R. L. (1972). *La crisis del racionalismo arquitectónico en México*. México: UNAM.
- Rascón, O. (2017). “*La sustentabilidad ambiental, un gran desafío de la energía eléctrica*”. México: Gobierno de México.
- Redalyc. (2023). *www.redalyc.org*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/1341/134157078006/html/>
- Rendón, J. J. (2014). *La vivienda y el entorno. Reflejos de la división social del espacio urbano de Puerto Vallarta, Jalisco*. Puerto Vallarta, Jalisco. Juan Pablos Editor.
- Rhi-Sausi, J. L., Conato, D., & Lamela, M. (2011). *Capitalización de buenas prácticas para la cohesión social*. Rosario: Programa URBAL III.
- Romero, J. R. (2019). *Crecimiento económico, desarrollo urbano y servicios públicos en Mazatlán 1920-1950*. Culiacán, Sinaloa: UAS.
- Rosas-Flores, J. A. (2022). Effects of Removing Energy Subsidies and Implementing Carbon Taxes on Urban, Rural and Gender Welfare: Evidence from México. *Energies*, 15.
- Ruiz, C., Hernández, B., & Hidun factor, M. (2011). Confirmación de la estructura factorial de la escala de apego vecinal e identidad vecinal. *PsyEcology*, 157-165.

- Salamanca, F. (1995). *Formulación y Evaluación de Proyectos Sociales*.
- Sánchez, C. &. (2014). Eficiencia Energética. *Desarrollo Tecnológico e innovación Empresarial*, 9-13.
- Sánchez, C., & Fuquen González, H. (2021). *Eficiencia energética*. Bogotá: Editorial Ecoe Ediciones.
- SENER. (2001). *NOM-008-ENER-2001: Eficiencia energética en edificaciones. Envoltante de edificios no residenciales*. México: Diario Oficial de la Federación.
- SENER. (2020). *Evaluación Rápida del Uso de la Energía*. Recuperado el 19 de 04 de 2021, de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/sener/documentos/evaluacion-rapida-del-uso-de-energia-en-las-ciudades-mediante-la-implementacion-de-trace-en-ciudades-de-la-republica-mexicana>
- Serrano, P. (2012). *Porfirio Díaz y el Porfiriato Cronología, (1830-1915)*. México: Instituto Nacional de Estudios Históricos de las Revoluciones de México.
- Shove, E. (2003). *Confort, limpieza y conveniencia: Un nuevo mapa de la vida cotidiana*. México: Editorial Siglo XXI.
- Soo Youn Cho, S.-B. L. (Nov de 2017). Un estudio sobre la posibilidad de ahorrar energía en los edificios a través de los datos del edificio. *The Society Of Air-Conditioning And Refrigerating Engineers Of Korea Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration*, 580-591 (12 pages).
- Speranza, A. (2006). *Ecología Profunda y Autorrealización, Introducción a la Filosofía Ecológica de Arne Naess*. Buenos Aires: Editorial Biblos.

- Tomeu, V., Valera, S., & Peró, M. (2010). Apego al lugar, identidad de lugar y movilidad residencial en estudiantes de grado. *PsyEcology*, 291-307.
- UNE. (2020). <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0043952>. Recuperado el 2020, de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0043952>
- UNESCO. (2016). *World Heritage and Tourism in a Changing Climate*. Francia: United Nations Environment Programme (UNEP).
- United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). (2009). *Value Chain Diagnostics for Industrial Development. Building blocks for a holistic and rapid analytical tool*.
- Valdés, J. C. (2013). *La Revolución y los Revolucionarios, La Crisis del Porfirismo*. México: Instituto Nacional Histórico de las Revoluciones de México.
- Velasco, M. (1992). *La epidemia de cólera de 1833 y la mortalidad en la ciudad*. México: El Colegio de México <https://doi.org/10.24201/edu.v7i1.838>.
- Vesely, A. (2011). *Theory and methodology of best practice research: a critical review of the current state*. Central European Journal of Public Policy.
- Vinck, D. (2015). *Ciencias y sociedad: Sociología del trabajo científico*. Barcelona España: Editorial GEDISA.
- Walpole, R. E. (2011). *Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias*. México, D.F: Pearson Educación.

Walter, R. O. (Febrero de 2002). El clima como sistema complejo adaptativo en coevolución.

*Revista Ciencia y Mar*, 23-35.

WEF. (2013). *weforum*. Obtenido de

[http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_EN\\_EnergyVision\\_Report\\_2013.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_EN_EnergyVision_Report_2013.pdf)

Woo Hye-ji, C. K.-w.-s. (2016). Un estudio sobre la clasificación de los patrones de consumo

de energía de los edificios utilizando los datos energéticos reales del edificio. *Revista*

*de la Sección de Planificación del Instituto de Arquitectura de Corea*, 215-222.

Yun Jin-ha, L. B.-h.-s. (2017). Clasificación de los patrones de consumo de energía de los

edificios universitarios mediante Change Point Model y análisis según factores de

influencia energética. *Revista del instituto de Arquitectura de Corea*, 38-46.



### **Anexo 1. Diseño del instrumento para la recolección de información.**

La técnica de encuesta desempeña un papel crucial en la recolección de datos para estudios estadísticos, especialmente en lo que respecta a la comprensión del consumo energético en edificaciones residenciales de la ciudad de Mazatlán. Una implementación efectiva de esta técnica garantiza la obtención de datos precisos y fiables, esenciales para una interpretación certera de las tendencias observadas.

Dentro de la presente metodología, el cuestionario se destaca como uno de los instrumentos de medición más eficaz, por lo que se realizó una prueba piloto utilizando Formularios de Google. Este paso inicial fue fundamental para desarrollar un instrumento efectivo en la recopilación de datos. La estructura general del cuestionario utilizado en la prueba piloto se presenta a continuación, reflejando el enfoque metódico adoptado para esta investigación.

1. Correo \*

---

Datos generales

2. 1. Nombre de \*

---

3. 2. Nombre del encuestado \*

---

4. 3. Edad del encuestado \*

---

5. 4. Domicilio del encuestado (calle, colonia, localidad) \*

---

6. 5. Parentesco del encuestado con quien hace la encuesta \*

---

Análisis de la vivienda

7. 5. Ocupación del encuestado \*

\_\_\_\_\_

8. 6. Lugar de Nacimiento \*

*Marca solo un óvalo.*

- Mazatlán, Sinaloa
- Otro municipio de Sinaloa.
- Otro Estado de la República Mexicana.
- Otro País.

9. 7. Si no nació en Mazatlán Sinaloa, especifique lugar de nacimiento.

\_\_\_\_\_

10. 8. ¿Cuántos años tiene viviendo en su actual domicilio? (De su respuesta en años) \*

\_\_\_\_\_

11. 9. ¿Cuántas personas viven dentro del hogar? (ponga el número de personas) \*

\_\_\_\_\_

12. 10. ¿Cuántas personas contribuyen a la mantención del hogar? (ponga el número de personas) \*

\_\_\_\_\_

13. 11. ¿Cuál es la actividad principal de las personas que apoyan dentro del gasto familiar? \*

---

14. 12. La vivienda en la que reside es: \*

*Marca solo un óvalo.*

- Casa propia pagada totalmente
- Casa propia aun me encuentro pagándola
- Casa propia recibida de herencia o donación
- Casa prestada
- Casa rentada
- Otro

15. 13. ¿Tiene una segunda vivienda?

*Marca solo un óvalo.*

- SI
- NO

16. 14. De ser afirmativa la respuesta anterior (si tiene una segunda vivienda) ¿Cuánto tiempo pasa en cada vivienda?

---

45. 18. Menciona el espacio que para ti tiene MAYOR importancia. \*

*Selecciona todos los que correspondan.*

- Recamara
- Sala
- Cocina
- Comedor
- En una silla en la entrada o dentro del portal
- Terraza
- Patio
- Otro: \_\_\_\_\_

46. 19. Menciona cuántas horas pasas al día en el espacio que para ti tiene MAYOR \*  
importancia

\_\_\_\_\_

47. 20. Menciona el espacio que para ti tiene MENOR importancia. \*

*Selecciona todos los que correspondan.*

- Recamara
- Sala
- Cocina
- Comedor
- En una silla en la entrada o dentro del portal
- Terraza
- Patio
- Otro

48. 21. Menciona cuántas horas pasas al día en el espacio que para ti tiene MENOR \*  
importancia.

\_\_\_\_\_

El cuestionario usado como la versión final, está diseñado con una serie de preguntas de una sola idea a la vez, redactadas en lenguaje convencional y no inducidas, lo que permite una interacción fluida y sin errores entre la técnica de recolección de datos y el encuestado. Para la recolección de información en este estudio, se adaptó la herramienta Formularios de Google.

La versión final se detalla a continuación:

14/6/23, 19:19

Eficiencia energética en las Viviendas en Mazatlán

## Eficiencia energética en las Viviendas en Mazatlán

CUESTIONARIO APLICADO PARA REALIZAR EL ANÁLISIS DE LA VIVIENDA EN MAZATLÁN

\* Indica que la pregunta es obligatoria

1. Nombre \*

---

2. Número de servicio CFE \*

---

3. Ubicación del Inmueble (Colonia) \*

---

4. Año de construcción de la vivienda \*

*Marca solo un óvalo.*

- antes de 1950 (mas de 73 años )
- 1951-1970 (de 72 - 53 años)
- 1971-1990 ( de 52 - 33 años )
- 1991-2000 (de 32 a 23 años )
- 2001-2010 (de 22 - 13 años )
- 2011-2023 (menos de 12 años )

5. Número de plantas en el inmueble \*

*Marca solo un óvalo.*

- 1
- 2
- 3
- más de 3
- Departamento

6. Metros cuadrados de construcción \*

*Marca solo un óvalo.*

- menos de 50 m2
- 50 - 75 m2
- 75- 100 m2
- 100-150 m2
- 150 -200m2
- 200 -250m2
- 250-300m2
- mas de 300 m2

## 7. Número de personas que habitan el inmueble \*

Marca solo un óvalo.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- más de 10

## 8. Nivel de ingresos medio (total de percepciones) \*

Marca solo un óvalo.

- 1-2 salarios mínimos
- 2.1-3 salarios mínimos
- 3-4 salarios mínimos
- 4-5 salarios mínimos
- 5-7 salarios mínimos
- 7-10 salarios mínimos
- mas de 10 salarios mínimos



## 9. Espacio Habitacional

*Selecciona todos los que correspondan.*

|                             | 1-2 hrs<br>Permanencia   | 2-4 hrs<br>permanencia   | mas de 4 hrs<br>de<br>permanencia |
|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| <b>Recamara</b>             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          |
| <b>Sala</b>                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          |
| <b>Cocina</b>               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          |
| <b>Comedor</b>              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          |
| <b>Porche</b>               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          |
| <b>Terraza o<br/>Balcón</b> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          |
| <b>Patio</b>                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          |
| <b>otros</b>                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          |

## 10. Espacio Habitacional

*Selecciona todos los que correspondan.*

|                             | Nivel de<br>Importancia<br>1 | Nivel de<br>Importancia<br>2 | Nivel de<br>Importancia<br>3 | Nivel de<br>Importancia<br>4 | Nivel de<br>Importancia<br>5 |
|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| <b>Recamara</b>             | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     |
| <b>Sala</b>                 | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     |
| <b>Cocina</b>               | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     |
| <b>Comedor</b>              | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     |
| <b>Porche</b>               | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     |
| <b>Terraza o<br/>Balcón</b> | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     |
| <b>Patio</b>                | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     |
| <b>otros</b>                | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>     |

Esta elección de un formulario de *Google*, se debe a la facilidad de diseño y aplicación, la posibilidad de recopilar datos de manera remota y la capacidad de exportar los datos a un formato fácilmente interpretable. Además, se diseña un formulario que incluye preguntas específicas sobre los patrones de consumo energético en viviendas residenciales, con preguntas específicas sobre el consumo de energía en la vivienda, como el uso de electrodomésticos, la iluminación y el aire acondicionado.

Así mismo se incluyen preguntas sobre factores socioeconómicos, para entender mejor cómo influyen estos factores en los patrones de consumo de energía eléctrica. Los resultados obtenidos a través de esta herramienta se analizaron posteriormente para realizar interpretaciones relevantes. Lo que proporciona una recopilación de información detallada y precisa. Con esta herramienta, se obtuvieron respuestas de 140 viviendas de la ciudad de Mazatlán, lo que hace que la muestra sea representativa y permite una interpretación adecuada de los datos.

## **Anexo 2. Diseño e instrumentos en la entrevista semi-estructurada.**

Los instrumentos utilizados en el presente apartado de la investigación estuvieron constituidos por la entrevista estructurada y la encuesta. A continuación se presenta la guía para la entrevista semi-estructurada:

# **ENTREVISTA PARA CONOCER EL NIVEL DE APEGO EN EDIFICACIONES DESTINADAS A VIVIENDA**

**Nombre del Entrevistador**  
**Elizabeth Adriana Valdez Medina**

**Muy Buenos Días,**

Agradecemos tu colaboración en esta entrevista para evaluar el nivel de apego en edificaciones destinadas a vivienda. Su opinión es muy importante. Por favor, responde a las siguientes preguntas de manera honesta y objetiva.

**1. Nombre y Edad del Entrevistado**

**2. Año de construcción de la vivienda**

- Antes de 1950
- de 1951 -1990
- de 1991 -2000
- de 2000- 2023

**3. Número de personas que habitan el inmueble.**

**4. Por favor describa su rutina diaria a partir de que se levanta.**

**5. Enumere los espacios de su vivienda por orden de importancia, iniciando por el mas importante para usted y terminando con el espacio que merezca una menor importancia o se irrelevante.**

**6. Finalmente, mencione cuales son los espacios que pasa mas horas y los espacios en los que pasa menos horas y según su experiencia porque creé que esto suceda**

Después de realizar entrevistas con 25 personas de diversos orígenes, edad y niveles socioeconómicos, surgieron varios temas clave con respecto a la dimensión social de la vivienda en la ciudad de Mazatlán. Un tema importante fue la importancia de una vivienda segura y protegida, además de una vivienda asequible en términos de energía. Los participantes discutieron los desafíos de acceder a una vivienda asequible en términos energéticos y el impacto que esto tiene en su capacidad económica para mantener un consumo energético elevado, al hacer uso de sistemas de climatización con recurrencia.

Una descripción con más detalle de cada una de las preguntas es la que se enlista a continuación:

#### **Año de construcción de la vivienda**

Al preguntar sobre el año de construcción del inmueble se puede obtener información importante sobre la dimensión social de la vivienda dentro de la ciudad. Para muchos residentes, sus hogares han pertenecido a la familia durante varias generaciones, lo que destaca el significado cultural y el apego emocional a sus espacios de vida. Sin embargo, las casas antiguas pueden carecer de características esenciales, como un techo a base de concreto que evite el hacinamiento de insectos o bien no tener un contexto vigente ante la nueva legislación en materia de eficiencia energética y aún con estas revelaciones, muchos de los inmuebles antiguos, presentan un mejor comportamiento térmico (en comparación con edificaciones modernas) dado los materiales usados o la conformación del sistema.

Al hablar con los moradores de edificaciones con años de construcción reciente, o habitantes de cotos. Una de las principales preocupaciones es el incremento en el costo de la electricidad y la incapacidad de la vivienda de tener una temperatura adecuada en verano, una opinión recurrente se establece al informar que los cotos, muchas veces son diseñados por

arquitectos que provienen del centro de la república y no diseñan la vivienda adecuadamente para las condiciones de la ciudad de Mazatlán, o bien que cuentan un plano base para vivienda en serie proporcionado por los desarrolladores de vivienda, el cual no se adapta a las necesidades de la zona, algunas de las opiniones más relevantes se enlistan a continuación:

**La señora A de 47 años expresó:** “En cuanto a mi vivienda en un coto, puedo decir que tiene ciertos problemas de eficiencia energética, llega muy caro el recibo de luz. A pesar de ser relativamente nueva la vivienda, no cuenta con aislamiento adecuado como las viviendas en Hermosillo, lo que hace que el aire acondicionado tenga que trabajar más para mantener la temperatura durante los días de calor en el verano. Además, el uso de tantos aparatos electrónicos aumenta el costo de la electricidad. Aunque no es un problema grave, creo que sería bueno tomar medidas para mejorar la eficiencia, pagar menos de luz y contribuir al cuidado del medio ambiente.”

**La señora T de 38 años expresó:** “Si bien mi vivienda actual se encuentra en un coto moderno, aún le faltan muchos arreglos, no todos los espacios tienen aire acondicionado. Pago mucho más de electricidad durante los meses de verano debido a la necesidad de enfriar con el aire acondicionado para refrescarse en los meses de calor. Aunque esas preocupaciones no son solo mías y los mismo pasa en muchas casas en muchos en cotos residenciales, creo que hay medidas que podrían usarse para pagar menos luz en las viviendas en el futuro. Estas medidas podrían incluir la instalación de paneles solares o no se otras tecnologías que son para eso...”

En cuanto a las viviendas de autoconstrucción, el año de inicio de la construcción muchas veces no está bien definido ya que se puede tratar de edificaciones viejas a las que se les han realizado numerosas adecuaciones como se expresa en la siguiente entrevista:

**Señor G de 56 años expresó:** “Mi casa me la heredó mi Ama, solo era un pie de obra. Había dos cuartos, yo mismo la diseñe y la construí, aquí nacieron mis dos hijas y aquí es nuestro hogar, poco a poco le he metido dinero, lo que se puede oiga, y por lo menos aire en las recámaras para que las plebes no pasen calor, la cartera no da pa más pues... (Sic)”

De esta manera se puede establecer que el año en que se construyó una vivienda puede tener implicaciones significativas para su integridad estructural, eficiencia energética y habitabilidad en general. Los edificios más antiguos pueden ser más susceptibles a daños durante los huracanes o plagas, y pueden requerir reparaciones y mantenimiento más frecuentes.

Al hablar en cuestiones energéticas dentro de las entrevistas quedó claro que las casas antiguas muchas veces no cuentan con la instalación eléctrica adecuada para operar al mismo tiempo diversos electrónicos de uso común, y el aire acondicionado no es una prioridad, sin embargo, cuando se habla de estructuras construidas en serie el uso del aire acondicionado se marca como una necesidad ante las altas temperaturas.

Continuando con lo que se deriva de la entrevista la siguiente pregunta se realiza con el fin de conocer las costumbres y rutinas de los moradores de los diferentes inmuebles.

Por favor describa su rutina a partir de la hora que se levanta

Entender las rutinas y costumbres de los moradores es clave en la comprensión de la dimensión social del concepto de vivienda. En función de estas rutinas, la vivienda adquiere diferentes roles y significados. Por ejemplo, una casa que se utiliza principalmente para dormir y descansar implica necesidades de habitación diferentes a las de una casa que se utiliza principalmente para trabajar o para recibir visitas.

Señora T de 38 años expresó: “pues nada del otro mundo, hago lo que hacen todas las personas, cada mañana, me despierto, despierto a mi marido y a mi hijo para llevarlo al kínder y a veces contemplo la vista del coto desde mi balcón. Luego empiezo a preparar el desayuno, agradezco a Dios por tener comida en la mesa y trabajo, luego a trabajar y llego a las 3 con el niño, mi esposo llega a las 5 comemos juntos, y hay que hacer tareas ver la televisión un rato o salir al parque del Coto a que el niño juegue un rato, cenar, bañar al niño y dormir que al otro día hay que hacer lo mismo, los fines de semana cambia por lo general visitamos a la familia y pasamos un rato agradable ...”

Señor M de 78 años expresó: “... que puedo decir yo, aquí me la llevo, trabajé durante más de 20 años en el camarón primero en los barcos y después en las empacadoras, eran otros tiempos... y después 28 años en el ayuntamiento aquí en Mazatlán y ahora soy pensionado, y pues ahora me dedico a hacerle mandados a mi mujer, verdad mijita, la verdad es que ya no puedo trabajar como antes, pero cuando hay que hacer las elementos se hacen... (Sic)”

**Señor B de 57 años extranjero expresó:** “Ahora, hablando desde mi experiencia personal, mi rutina diaria en Mazatlán involucra mucho, mucho tiempo en casa, lo que refuerza la importancia de tener un espacio seguro y cómodo para vivir. Comienzo mi día con una taza de café en mi balcón, disfrutando de las hermosas vistas al mar y reflexionando sobre mis objetivos para el día. A lo largo del día, trabajo desde casa y tomo descansos para preparar comidas en mi cocina o relajarme en mi sala de estar. Por las noches, disfruto pasar tiempo con mi esposa y perro en nuestro espacio acogedor o salir a caminar por el malecón, Mazatlán me gusta mucho...”



### Anexo 3. Semblanza de la reglamentación nacional e instrumentos regulatorios.

Un listado de los organismos encargados de generar, implementar o identificar donde se requieren políticas públicas encaminadas al uso eficiente de la energía es el que se muestra en la Tabla 1.

En la Tabla 1 se establece un listado de los actores involucrados en la hoja de ruta de generación de reglamentación para las edificaciones en México, en este sentido se identifica la aportación de la cada una de estas dependencias, clasificándose en los siguientes rubros: Acceso a datos sobre energía, Creación de capacidades, Comunicación, Incentivos, Evaluación y Cumplimiento.

**Tabla 1**

*Organismos encargados de generar, implementar o identificar donde se requieren políticas públicas relacionadas con la eficiencia energética de las construcciones en México*

| Dependientes de la Federación | Dependientes del Estado | Dependientes del Municipio | Reguladores dentro de la industria de la construcción |
|-------------------------------|-------------------------|----------------------------|---|
| CONAVI                        | Comisiones              | AMMAC                      | ADOC  |
| CONUEE                        | Estatales de Energía,   | ANAC                       | AMDROC  |
| FONHAPO                       |                         | CONAMM                     | AMERIC  |
| INECC                         | Protección al           | FENAMM                     | ANAFAPYT  |
| INEGI                         | Medio Ambiente,         |                            | ANCE  |
| INFONAVIT                     | Servicios Públicos,     |                            | ANFAD   |
| SEDATU                        |                         |                            | ANSAC   |
| SEDESOL                       | Planeación Urbana       |                            | CANACINTRA  |
| SEMARNAT                      | y Regional,             |                            | CANADEVI  |
| SENER                         | CONAGO                  |                            | CMIC  |
| CFE                           | INAFED                  |                            | IMES  |
|                               |                         |                            | SABM  |
|                               |                         |                            | SAPM  |

**Fuente:** Elaboración propia.

En México se han desarrollado varios programas significativos para fomentar la eficiencia energética, como detalla el Informe Nacional de Monitoreo de la Eficiencia Energética de 2018 publicado por la CONUEE. Estos programas varían en alcance y objetivo, desde la sustitución de electrodomésticos y focos ineficientes hasta el fomento de tecnologías sostenibles en viviendas y empresas.

Programa de Sustitución de Equipos Electrodomésticos para el Ahorro de Energía Eléctrica “*Cambia tu viejo por uno nuevo*” CONUEE ( 2018): Iniciado por la SENER y gestionado por el FIDE hasta 2012, este programa se centró en reemplazar refrigeradores y aires acondicionados antiguos con modelos más eficientes, entregando 1.8 millones de créditos a usuarios residenciales.

Programa Luz Sustentable (CONUEE, 2018): Lanzado por la SENER y el FIDE entre 2009 y 2012, tenía como meta cambiar focos incandescentes por lámparas ahorradoras gratuitamente, distribuyendo 47.2 millones de estas lámparas.

Programa Ahórrate una luz (CONUEE, 2018): Operado por el FIDE con apoyo de Diconsa, S.A. de C.V. y promovido por la SENER, este programa entregó 40 millones de lámparas ahorradoras en localidades de menos de 100 mil habitantes para apoyar la economía familiar y contribuir al medio ambiente.

Programa Hipoteca Verde (CONUEE, 2018): Implementado por el INFONAVIT desde 2009, ofrece créditos para adquirir o mejorar viviendas incorporando dispositivos de ahorro de energía, como aislamientos térmicos y calentadores solares.

Programa de Mejoramiento Sustentable en Vivienda Existente (CONUEE, 2018): Este programa respalda al sector residencial en adquirir tecnología sustentable y eficiente,

incluyendo sistemas fotovoltaicos y aires acondicionados eficientes, para disminuir el gasto familiar en energía.

Proyecto Nacional de Eficiencia Energética en Alumbrado Público Municipal (CONUEE, 2018): Tiene como finalidad mejorar la eficiencia energética al reemplazar sistemas de alumbrado público municipal ineficientes por tecnologías más eficaces, asegurando la conformidad con las Normas Oficiales Mexicanas.

Programa Nacional de Sistemas de Gestión de la Energía (PRONASGEN) (CONUEE, 2018): Coordinado por la CONUEE, promueve la implementación de sistemas de gestión de la energía según la norma ISO-50001 y ofrece soporte con información y herramientas para su implementación efectiva.

Programa de Ahorro y Eficiencia Energética Empresarial (PAEEEM) o “*Eco-Crédito Empresarial*” CONUEE (2018) Operado por el FIDE, este programa provee financiamiento preferencial a empresas, especialmente MiPyMEs, para reemplazar equipos ineficientes o adquirir nuevos dispositivos que cumplen con las NOM-ENER y poseen certificación FIDE.

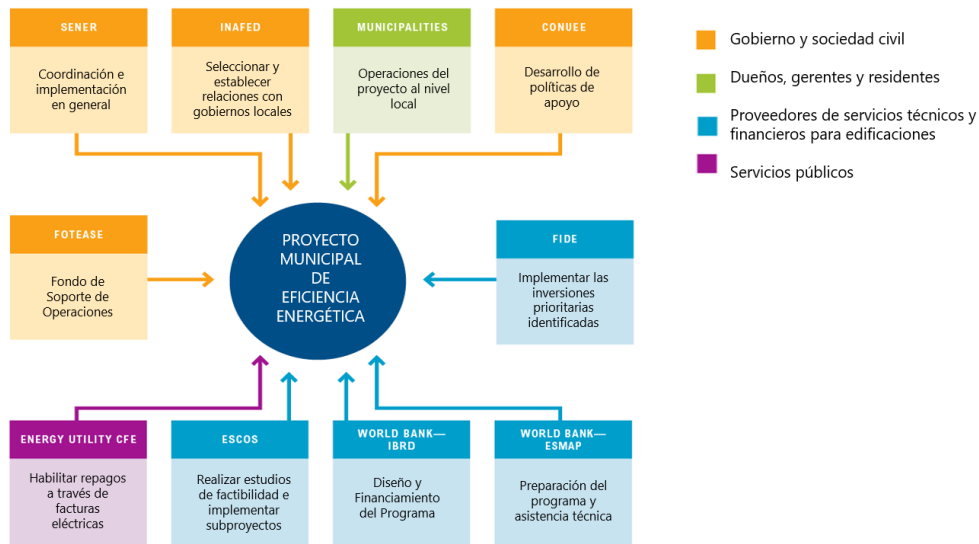
Estos programas ilustran el compromiso de México hacia la promoción de la eficiencia energética en diversos sectores, abarcando desde el ámbito residencial hasta el empresarial y municipal, con la intención de reducir el consumo energético y sus impactos ambientales asociados.

Del listado anterior se establece que cada uno de los programas involucra la participación de varias dependencias que trabajan conjuntamente, es así que para lograr resultados tangibles es necesario involucrar cada uno de los sectores participantes, en la Figura 1, se muestra de manera esquemática la creación de un proyecto municipal de

eficiencia energética, producto de un análisis realizado por la CONUEE para un informe de la WRI (CONUEE, 2018).

**Figura 1**

*Reporte de la CONUEE para la WRI.*



**Fuente:** CONUEE,2018.

La Figura 1, describe los principales organismos involucrado en la regulación de la eficiencia energética dentro de edificaciones en México, dentro de los cuales se destacan los siguientes: la secretaría de energía (SENER), el instituto nacional responsable del desarrollo municipal (INAFED), la comisión nacional de eficiencia energética (CONUEE) y el fondo para la transición energética y el aprovechamiento sustentable de la energía (FOTEASE). Asimismo, la Comisión Federal de Electricidad, CFE, juega un papel fundamental al facilitar el pago de las mejoras de eficiencia energética a través de las facturas de servicio emitidas a los clientes.

La WRI como organismo regulador, establece una ruta para lograr una puesta en práctica efectiva y satisfactoria de los códigos de energía para las edificaciones comprende

cuatro fases: planificar, implementar, monitorear y evaluar. Cada una consta de una serie de pasos y acciones que los gobiernos deben seguir.

Este último punto que concierne a la evaluación, se considera en especial relevante ya que es precisamente uno de los objetivos del presente trabajo de investigación, que es evaluar el nivel de eficiencia energética en las viviendas, es importante calcular el nivel de la eficiencia energética, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, Eficiencia energética en edificaciones.- Envoltorio de edificios para uso habitacional, antes de la implementación de políticas públicas y evaluarla después con el fin de examinar cuál es el impacto neto de estas políticas, sobre la edificación.

Por su parte la SENER, (Figura 2) realiza una hoja de ruta del seguimiento diseñada hasta el 2050, donde se establecen una serie de pasos o procedimientos y metas a corto, mediano y largo plazo, que deben cumplirse con el fin de generar acciones encaminadas al mejoramiento de la eficiencia energética.

**Figura 2**

*Cronograma de la Hoja de Ruta hacia 2050 de México.*



**Fuente:** México, 2020.

México a través de la SENER desarrolló una hoja de ruta pública con miras a 2050 para los códigos de energía de las edificaciones, que incluye pasos, metas y cronogramas de acción específicos para los años venideros esta hoja de ruta se esquematiza en la Figura 2. Dentro del esquema se establecen metas y objetivos para diferentes años con término en el 2050.

La hoja de ruta, fija metas para cada grupo estratégico de trabajo, uno de los puntos a destacar es la implementación de estrategias para implementar sistemas de eficiencia energética y su ejecución se establece en un plazo comprendido entre 2015 y 2050, los cuales tendrán la función de marcar y establecer un avance dentro del proceso de conversión a sistemas energéticamente más eficientes.

Siguiendo esta hoja de ruta y con base en los Códigos Internacionales de Conservación de Energía publicado en Estados Unidos México se elabora el Código de Conservación de Energía para las Edificaciones de México (IECC) en 2016 dicho documento representa una evolución del capítulo de sostenibilidad del Código de Edificación de Vivienda de 2009.

Dentro del IECC se establecen los requisitos mínimos de eficiencia energética dentro de las edificaciones, para edificios nuevos o bien renovados el documento contempla el uso de sistemas de aire acondicionado y de calentamiento de agua, así como el consumo de los artefactos, la ganancia solar y la envolvente.

Este tipo de reglamentación tiene una aplicación de carácter voluntario, sin embargo, se pretende que al adoptarse por el gobierno local, tome un carácter obligatorio, este código es renovado constantemente de manera que existen modificaciones trianuales, con el fin de incorporar avances tecnológicos, así como las modificaciones realizadas a los Normas de Eficiencia Energética.

El IECC tiene como señalamiento ser una guía para la construcción de edificaciones energéticamente eficientes en México, que integre las normas existentes con las nuevas regulaciones en un solo documento. Dentro de este código se establecen dos versiones la primera se enfoca a la edificación no residencial y la segunda versión está enfocada a la edificación residencial.

El IECC está dividido en cinco capítulos en donde se analiza desde la clasificación de las zonas climáticas de México que definen los parámetros de diseño de las edificaciones, hasta la determinación de las cargas de calefacción y de enfriamiento y finalmente en el capítulo 5 indica las normas de referencia que se utilizaron para elaborar el Código:

El listado detallado a continuación presenta las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que regulan diferentes aspectos relacionados con la eficiencia energética en distintos tipos de edificaciones y dispositivos utilizados tanto en ambientes residenciales como comerciales. Cada norma tiene un campo de aplicación específico y establece estándares para el consumo energético eficiente y el diseño sostenible.

1.NOM-020-ENER-2011 y NOM-008-ENER-2001: Estas normas se enfocan en el envolvente térmico para edificaciones, abarcando tanto los edificios residenciales como los comerciales. Establecen criterios para nuevas construcciones y ampliaciones, buscando optimizar la eficiencia energética a través de un diseño que controla las transferencias térmicas.

2.Eficiencia de Electrodomésticos: Varias normas como la NOM-005-ENER-2012 para lavadoras, la NOM-015-ENER-2012 para refrigeradores y congeladores, y la NOM-017-ENER-2012 para lámparas fluorescentes compactas, dictan requisitos de eficiencia para

electrodomésticos, contribuyendo a la reducción del consumo de energía en hogares y comercios.

3. Eficiencia en Calentadores y Bombas: La NOM-003-ENER-2011 regula la eficiencia térmica de los calentadores de agua y la NOM-004-ENER-2008 se aplica a las bombas centrífugas utilizadas para el bombeo de agua, promoviendo el uso eficiente de la energía en estos dispositivos esenciales.

4. Iluminación y Acondicionadores de Aire: Normas como la NOM-030-ENER-2012 para la eficacia luminosa de lámparas LED y varias normas que regulan los acondicionadores de aire (NOM-021-ENER/SCFI-2008, NOM-011-ENER-2006, NOM-023-ENER-2010) aseguran que estos productos no solo cumplen con criterios de eficiencia energética sino también con requisitos de seguridad para los usuarios.

5. Materiales de Construcción: Normativas como la NOM-024-ENER-2012, que define las características térmicas y ópticas del vidrio y sistemas vidriados, junto con la NOM-018-ENER-2011 sobre aislantes térmicos para edificaciones, son críticas para mejorar la eficiencia energética en la construcción y el diseño arquitectónico.

Como conclusiones del presente anexo se destaca que:

1. Estructura Integral de las Normas: Las normas relacionadas con la gestión de la energía abarcan un marco completo que incluye el ámbito de aplicación, las referencias normativas, los términos y definiciones, y los requisitos específicos del Sistema de Gestión de la Energía. Esta estructura asegura una cobertura detallada y precisa para la implementación y evaluación de prácticas energéticas.

2. La Norma ISO 50001 como Referencia Internacional: La norma internacional ISO 50001, emitida en 2011, se establece como un estándar clave en la gestión energética. Esta



norma proporciona una guía detallada sobre los requisitos necesarios para desarrollar e implementar un Sistema de Gestión Energética eficaz, destacando su importancia a nivel global.

3. Objetivo de mejora continua: La ISO 50001 tiene como objetivo principal la mejora continua y sistemática del rendimiento energético de las organizaciones. Esto implica que las organizaciones deben adoptar un enfoque proactivo para optimizar su eficiencia energética, lo que a su vez contribuye a la sostenibilidad y reducción de costos operativos.

4. Importancia de la Implementación Normativa: La implementación de la norma ISO 50001 es crucial para alcanzar una gestión energética eficaz. Al seguir los requisitos establecidos por esta normativa, las organizaciones pueden asegurar una gestión energética coherente y orientada a resultados, favoreciendo el desarrollo de prácticas sostenibles a largo plazo.