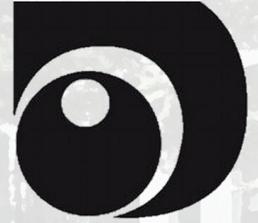




UNIVERSIDAD DE
GUANAJUATO



UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

CAMPUS GUANAJUATO

DIVISIÓN DE ARQUITECTURA, ARTE Y DISEÑO

**Aspectos socioculturales, normativos y tipológicos
que permiten la adaptación de energía renovable
fotovoltaica en la casa-habitación en la ciudad de
Celaya, Guanajuato de 1980 al 2010**

Trabajo de titulación en la modalidad de Trabajo de Investigación
que para obtener el título de Licenciada en Arquitectura presenta

Claudia Mariana Medina Muñoz



UNIVERSIDAD DE
GUANAJUATO



CAMPUS GUANAJUATO

DIVISIÓN DE ARQUITECTURA, ARTE Y DISEÑO

Aspectos socioculturales, normativos y tipológicos que permiten la adaptación de energía renovable fotovoltaica en la casa-habitación en la ciudad de Celaya, Guanajuato de 1980 al 2010

Trabajo de titulación en la modalidad de Trabajo de Investigación que para obtener el título de Licenciada en Arquitectura presenta

Claudia Mariana Medina Muñoz

Dra. Norma Mejía Morales
Directora de Trabajo de Investigación

Dra. Alma Pineda Almanza
Sinodal

Dra. María Isabel Téllez García
Sinodal

Agradecimientos

Mi trayectoria por la carrera de Arquitectura en la Universidad de Guanajuato culmina con el presente trabajo, resultado de todo tipo de experiencias, algunas positivas y otras que me dejaron áreas de oportunidad y aprendizaje tanto académico como formativo. Quisiera agradecer a todas las personas con las que pude compartir alguno o varios de esos momentos, especialmente a mis profesores de facultad, mis compañeros, mis amigos y mi familia.

A la doctora Norma Mejía Morales por sus aportaciones en la elaboración del presente estudio, ya que, sin sus comentarios y su experiencia, no se hubieran obtenido los mismos resultados de formación y aprendizaje. A los profesores de las distintas materias que, siguiendo su vocación de docencia en la arquitectura, logran dejar huella en los corazones y la formación de los alumnos. A las doctoras Velia Ordaz y Gloria Cardona, las arquitectas Carolina Tapia, Hilda Roldán, María Eugenia Mac Swiney, los arquitectos Raúl Aguilera, Mao Galván, Javier Carrillo, Juan Manuel Guerrero, Pablo Aguilera, Luis Fernando Michel y los doctores Esteban Hernández y David Navarrete.

A mis compañeros en general, ya que demostraron ser personas increíblemente capaces, dedicadas e inteligentes, que favorecieron en todo momento el aprendizaje continuo, la superación de retos y que estoy segura de que tendrán un desempeño destacable como arquitectos. A mis nuevos amigos que Guanajuato y la carrera me presentaron: Andy, Jime, Mireya, Vania, Luis Enrique, Abi, Alo, Diana, Milly, Ere, Rafa, Poncho, Pedro, Val e Isa, y a los que ya formaban parte de mi vida y que me apoyaron en todo momento July, Angie, Kao, Regis, Ana Carla, Karla, Jaz, Fanny, Carla, Mariana, Nadia y Vero.

A mi familia, cuyo soporte fue invaluable en distintos aspectos, a mis primos y mis tíos, a Rosalba y a Mario, mis abuelos Cocola y Rubén, a mis abuelos Hilda y David, que han sido un maravilloso ejemplo de vida y mi abuelo de un profesionalista en la arquitectura; a mis papás Claudia y Carlos y sus parejas Enrique y Ede por guiarme y apoyarme en todo

momento; a mi hermano postizo Emi y mis hermanas Pau y Karla, que sus luces me acompañaron cuando sentía que no podía más; a mi mejor amigo y compañero de vida Luis Miguel, porque gracias a su apoyo en esta etapa de crecimiento y formación logré alcanzar las metas de distintos ámbitos y cuya compañía me hace querer crecer y ser mejor persona; y a mis compañeros peludos de desvelo Bombón, Gordo, Goldy, Canelo y Piratita.

A mi maestra de baile Ana Lety, por un segundo título profesional y que gracias a ella conocí el valor de la perseverancia, la disciplina, la constancia, la puntualidad, la priorización, la organización y muchos valores que aplico en otros aspectos de mi vida. A mis maestros de idiomas, al ingeniero Miguel Du Pont, por sus valiosas aportaciones y resolución de dudas en el tema técnico de los paneles fotovoltaicos y, por último, quisiera agradecer también a mis compañeros de trabajo, personas con las que he pasado más tiempo en el último año y que sin su apoyo en este proceso tampoco hubiera sido posible concluir de manera satisfactoria el presente trabajo, a Enrique, Isa, Clau, Sandy, Rufus, Blanquita, Julio y Majo, por acompañarme en los inicios de mi trayectoria como arquitecta y guiarme para mejorar cada día.

Dedicatorias

Este trabajo está dedicado a todos los arquitectos, ingenieros y personas que, desde su trabajo y sus posibilidades, han buscado transformar la manera en que se ha llevado la arquitectura, cuestionando metodologías anteriores para cambiar y mejorar los impactos tanto para la habitabilidad de los usuarios como la utilización de recursos naturales en la construcción de edificios y que, buscando el crecimiento y desarrollo hacia un futuro sostenible, han logrado los avances que se tienen hoy en día. Espero también que este trabajo sirva de referencia para mentes jóvenes y curiosas que, como yo, interesados en el tema de las energías renovables y la arquitectura sustentable tengan una base y un ejemplo real de su país y su región para encontrar otras áreas de investigación y que logren una diferencia positiva en su manera de ver, crear y adaptar la arquitectura.

Índice

| | |
|---|-----|
| Índice..... | VII |
| Índice de Figuras..... | X |
| Índice de Tablas..... | XIV |
| Introducción..... | 15 |
| Capítulo 1: Marco Contextual..... | 34 |
| Contexto Medioambiental..... | 34 |
| Irradiación y Potencial Solar en México..... | 35 |
| Contexto Normativo..... | 38 |
| Leyes..... | 39 |
| Planes, Programas y Estrategias..... | 40 |
| Normas Oficiales Mexicanas..... | 48 |
| Contexto Económico..... | 49 |
| Contexto Energético..... | 50 |
| Inversiones en Plantas de Generación Fotovoltaica en México..... | 55 |
| Costos y Beneficios de la Energía Solar Fotovoltaica en México..... | 57 |
| Situación Socioeconómica en la Zona de Estudio..... | 58 |
| Capítulo 2: Fuentes de Energía y Sostenibilidad Arquitectónica..... | 61 |
| Fuentes de Energía: Renovables y No Renovables..... | 61 |
| Concepto de Fuentes de Energía..... | 61 |
| Clasificación de las Fuentes de Energías..... | 62 |
| Energías Primarias No Renovables por su Origen: Clasificación..... | 62 |

| | |
|---|-----|
| Combustibles Fósiles..... | 62 |
| Energía Nuclear | 64 |
| Energías Primarias Renovables por su Origen: Clasificación..... | 64 |
| Energías a partir de Desechos..... | 64 |
| Energías Renovables Verdes | 66 |
| Energías Secundarias: Clasificación | 66 |
| Tipos..... | 66 |
| Sustentabilidad en la Construcción | 70 |
| Desarrollo Sostenible | 74 |
| Urbanismo Sustentable..... | 80 |
| Arquitectura Sustentable..... | 84 |
| Capítulo 3: Habitabilidad y Tipología Arquitectónica..... | 99 |
| Concepto..... | 99 |
| Escalas de Habitabilidad | 100 |
| Factores de la Habitabilidad..... | 100 |
| Tipología Arquitectónica..... | 119 |
| Tipología de Vivienda a partir de sus Características | 121 |
| Tipología de Vivienda por la Forma en que se Produce | 129 |
| Tipología de Vivienda por Número de Viviendas en Lote | 130 |
| Tipología de Vivienda por Superficie y Precio | 131 |
| Capítulo 4: Adaptabilidad Espacial y Energética de Paneles Fotovoltaicos para Viviendas | 146 |
| Energía Solar Fotovoltaica | 146 |

| | |
|---|-----|
| Aisladas | 146 |
| Conectadas a Redes de Baja Tensión | 147 |
| Híbridas..... | 147 |
| Paneles Fotovoltaicos..... | 147 |
| Células Fotovoltaicas..... | 148 |
| Paneles Fotovoltaicos..... | 148 |
| Adaptabilidad Energética en Celaya..... | 152 |
| Conclusiones | 153 |
| Anexos | 162 |
| Anexo I. Esquema Teórico | 162 |
| Anexo II. Marco Operativo..... | 164 |
| Fichas de Observación Indirecta..... | 166 |
| Catálogo de Prototipos..... | 168 |
| Tabla de Cuantificación de Prototipos..... | 173 |
| Fichas de Observación | 174 |
| Anexo III. Cálculo de Paneles Fotovoltaicos | 180 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Mapa de municipios y localidades en la zona metropolitana de Celaya | 28 |
| Figura 2. Mapa de crecimiento de la mancha urbana del municipio de Celaya, Guanajuato. | 29 |
| Figura 3. Plano de delimitación de la zona de estudio en el municipio..... | 30 |
| Figura 4. Plano de delimitación de colonias por tipos de fraccionamiento..... | 30 |
| Figura 5. Mapa de niveles de potencial solar en México | 35 |
| Figura 6. Mapa de niveles de potencial solar y división geográfica de México | 36 |
| Figura 7. Mapa de promedios de irradiación directa normal en México | 36 |
| Figura 8. Mapa de promedios de potencial eléctrico fotovoltaico a nivel mundial | 37 |
| Figura 9. Mapa de promedios de potencial eléctrico fotovoltaico en México..... | 38 |
| Figura 10. Capacidad instalada de generación eléctrica de energías renovables (MW) en México..... | 53 |
| Figura 11. Capacidad instalada y generación bruta de centrales solares por región de control, 2017 (MW, GWh)..... | 54 |
| Figura 12. Evolución de la capacidad instalada (MW) de la CFE y del resto de los permisionarios en un período de 2017-2021 y por tipo de tecnología | 56 |
| Figura 13. Tipos de gasolina, definiciones y aplicaciones | 69 |
| Figura 14. Línea de tiempo de la evolución del concepto de sostenibilidad..... | 76 |
| Figura 15. Relación de elementos sociales, económicos y ecológicos en la sostenibilidad | 78 |
| Figura 16. Objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas. | 79 |
| Figura 17. Gráfico de aceptación sociocultural para implementar calentadores solares en la vivienda..... | 90 |
| Figura 18. Gráfico de aceptación sociocultural para implementar paneles solares en la vivienda..... | 91 |

| | |
|---|-----|
| Figura 19. Gráfico de aceptación sociocultural para implementar cualquier otro tipo de energía en la vivienda | 91 |
| Figura 20. Referencia de material energéticamente eficiente en techos..... | 93 |
| Figura 21. Referencia de material energéticamente eficiente en techos..... | 93 |
| Figura 22. Imagen de referencia de acristalamiento con control solar..... | 93 |
| Figura 23. Imagen de referencia de acabados reflectivos en techos y muros | 94 |
| Figura 24. Imagen de referencia de dispositivos de control solar | 94 |
| Figura 25. Imagen de referencia de lámparas fluorescentes compactas..... | 95 |
| Figura 26. Imagen de referencia de lámparas LED..... | 95 |
| Figura 27. Imagen de referencia estufa ecológica..... | 96 |
| Figura 28. Imagen de referencia de calentador solar de agua | 96 |
| Figura 29. Imagen de referencia de panel solar..... | 97 |
| Figura 30. Trayectoria del sol en la zona de estudio durante el verano | 105 |
| Figura 31. Percepción de la temperatura en el interior de la vivienda | 107 |
| Figura 32. Percepción de la temperatura: Recámaras | 108 |
| Figura 33. Frecuencia del uso de aire acondicionado | 111 |
| Figura 34. Horarios de uso de aire acondicionado | 111 |
| Figura 35. Percepción de la temperatura en el interior de la vivienda | 111 |
| Figura 36. Resultados de la forma de producción de la vivienda en la zona de estudio ... | 129 |
| Figura 37. Resultados del tipo de vivienda en la zona de estudio | 131 |
| Figura 38. Resultados del número de niveles de la vivienda en la zona de estudio..... | 131 |
| Figura 39. Fraccionamiento muestra tipo abierto: La Misión, Celaya, Gto. | 134 |
| Figura 40. Participación de prototipos en fraccionamiento muestra tipo abierto: La Misión. | 135 |

| | |
|---|-----|
| Figura 41. Cantidad de viviendas por prototipo: La Misión A (1100700012152) | 136 |
| Figura 42. Cantidad de viviendas por prototipo: La Misión B (1100700012152) | 136 |
| Figura 43. Cantidad de viviendas por prototipo: La Misión C (1100700012152)..... | 137 |
| Figura 44. Cantidad de viviendas por prototipo: La Misión D (1100700012152) | 137 |
| Figura 45. Cantidad de viviendas por prototipo: La Misión A (1100700011934) | 138 |
| Figura 46. Cantidad de viviendas por prototipo: La Misión C (110070001146A) | 138 |
| Figura 48. Fraccionamiento muestra tipo régimen en condominio: Haciendas Natura, Celaya, Gto..... | 139 |
| Figura 49. Participación de prototipos en fraccionamiento muestra tipo régimen en condominio: Haciendas Natura..... | 140 |
| Figura 50. Cantidad de viviendas por prototipo: Haciendas Natura 1 (1100700012947) | 141 |
| Figura 51. Cantidad de viviendas por prototipo: Haciendas Natura 2 (1100700013254) | 141 |
| Figura 52. Cantidad de viviendas por prototipo: Haciendas Natura 3 (110070001331A) | 142 |
| Figura 53. Cantidad de viviendas por prototipo: Haciendas Natura 4 (1100700013409) | 142 |
| Figura 54. Cantidad de viviendas por prototipo: Haciendas Natura 5 (1100700012434) | 143 |
| Figura 55. Cantidad de viviendas por prototipo: Haciendas Natura 6 (1100700013324) | 143 |
| Figura 56. Cantidad de viviendas por prototipo: Haciendas Natura 7 (1100700013428) | 144 |
| Figura 57. Características de los paneles fotovoltaicos más comunes..... | 149 |
| Figura 58. Esquema teórico de los ejes conceptuales de investigación..... | 162 |
| Figura 59. Esquema teórico del marco normativo | 163 |

| | |
|---|-----|
| Figura 60. Marco Operativo: Tipología..... | 164 |
| Figura 61. Marco Operativo: Sustentabilidad..... | 164 |
| Figura 62. Marco Operativo: Habitabilidad..... | 165 |
| Figura 63. Ficha de observación indirecta de la zona de estudio | 166 |
| Figura 64. Ficha de observación de radiación solar y electrodomésticos en los hogares | 167 |
| Figura 65. Catálogo de prototipos | 168 |
| Figura 66. Tabla síntesis de prototipos de vivienda en la zona de estudio | 173 |
| Figura 67. Ficha de observación: La Misión A | 174 |
| Figura 68. Ficha de observación: La Misión B | 175 |
| Figura 69. Ficha de observación: La Misión C..... | 176 |
| Figura 70. Ficha de observación: La Misión D | 177 |
| Figura 71. Ficha de observación: Haciendas Natura 1 (Prototipo 02) | 178 |
| Figura 72. Ficha de observación: Haciendas Natura 1 (Prototipo 03) | 179 |
| Figura 73. Cálculo rápido de ejercicio 1: Oficinas..... | 180 |
| Figura 74. Simulador de ejercicio 1: Oficinas (Parte 1)..... | 181 |
| Figura 75. Simulador de ejercicio 1: Oficinas (Parte 2)..... | 182 |
| Figura 76. Cálculo rápido de ejercicio 2: Casa-habitación..... | 182 |

Índice de Tablas

| | |
|---|-----|
| Tabla 1. Población y crecimiento de la zona metropolitana de Celaya de 1990-2015..... | 27 |
| Tabla 2. Colonias, AGEBS y viviendas en la zona de estudio..... | 31 |
| Tabla 3. Tipos de petróleo por mercado de exportación | 63 |
| Tabla 4. Tipos de residuos para biomasa | 64 |
| Tabla 5. Tipos de gasolina, definiciones y aplicaciones..... | 67 |
| Tabla 6. Tabla síntesis de diferencias entre desarrollo sustentable y sostenible | 80 |
| Tabla 7. Descripciones de los principios básicos del urbanismo sustentable | 82 |
| Tabla 8. Porcentajes de ahorro energético en edificios basados en KNX..... | 89 |
| Tabla 9. Factores a analizar para determinar el grado de bienestar habitacional | 101 |
| Tabla 10. Atributos de diferentes clasificaciones tipológicas | 120 |
| Tabla 11. Requerimientos mínimos de superficie de los espacios en las viviendas | 123 |
| Tabla 12. Áreas mínimas de iluminación y ventilación en espacios habitables, auxiliares y superpuestos mínimos..... | 125 |
| Tabla 13. Características de tipos de vivienda por superficie y precio..... | 133 |
| Tabla 14. Aplicaciones de instalaciones fotovoltaicas aisladas..... | 147 |
| Tabla 15. Tipos de conexiones entre paneles fotovoltaicos..... | 149 |
| Tabla 16. Marcas, modelos y características de paneles solares | 151 |

Introducción

El ser humano aprendió a generar energía desde los tiempos del hombre primitivo desde hace 1.6 millones de años, cuando el *Homo Erectus* descubrió como manipular el fuego buscando la confortabilidad térmica, la cocción de sus alimentos y usándolo como defensa (Marino, 2018). A medida en que el ser humano y las civilizaciones evolucionaron, también lo hizo la demanda del consumo de energías para satisfacer sus necesidades de confort y desarrollo económico. La producción y el consumo de energía son importantes para el desarrollo de diversos ámbitos, así como el bienestar social y la continua actividad productiva (INEGI, 2018), lo cual provocó que los costos medio ambientales¹ y la contaminación se elevaran.

Al desarrollarse y aumentarse estas necesidades, las actividades fueron agrupadas en: alimentación, la vivienda, el vestido y el combustible al inicio, las cuales entraban en el grupo de básicas, después se sumó el acceso a servicios de salud, educación y empleo. Actualmente, también se toman en cuenta otros requerimientos sociales como el tiempo libre y el ocio, la participación social, autoestima, desarrollo personal, entre otros (Izazola, 2001).

Algunas de las actividades que implicaron un aumento en el uso de energía fueron el trabajo y el estudio, con la incorporación equipos como computadoras, impresoras, teléfono, etc. El ocio, con la utilización de radios, televisiones, bocinas, tabletas y celulares. Labores básicas como el cocinar, requirieron el uso de nuevos aparatos electrodomésticos como la licuadora, el tostador, cafetera, batidora, etc. A esto se le añade el factor de los horarios, ya que con la luz eléctrica se alargó la duración de muchas actividades, incluso convirtiéndose algunas de ellas en nocturnas.

¹ Costos ambientales definidos como los efectos producidos por una organización o individuo, los cuales afectan la calidad ambiental, [Scavone, 2000 en Becerra et al. (2011)] la cual tiene consecuencias para los mismos a corto o largo plazo. Pueden o no, ser expresados en términos monetarios.

La relación del aumento del consumo de energía con el desarrollo de actividades se confirma con lo que presentó Jacinto Viqueira en su ponencia 'La conservación de la energía y la diversificación de la oferta energética en México' en 1985, el cual señala que "Hay una relación entre el consumo de energía y el desarrollo económico del país, con una proporcionalidad que es un coeficiente de energía CE, [...] expresa la cantidad de energía requerida para producir una unidad de producto nacional bruto" (Camacho, 2007, p. 317).

Otro punto que considerar sería el del aumento de la población a nivel mundial, ya que para el año 1950 la población mundial estimada era de 2.600 millones de personas, en 1999 de 6.000 millones y en el 2011 era de 7.000 millones. Se espera que esta incremente a 9.700 millones para el año 2050 y cerca de 11.000 millones para el 2100 (Naciones Unidas, 2015). A razón de este crecimiento, se estima que la demanda de energía aumente en 1.8% hasta el 2030, sobre todo en países emergentes como China (Roldán, 2013). Eso significa que, en los próximos diez años la demanda de energía aumentará casi un 2% anual; tan solo en el 2012 el consumo mundial de energía derivada del petróleo ya era de 30 billones de barriles al año, equivalente a la energía producida por 52 plantas nucleares en 50 años (incubatepictures, 2012).

La energía, sea cual sea la fuente, es trascendental en el modelo en que el ser humano lleva a cabo sus actividades, lo mueve todo, y se están consumiendo y agotando las fuentes que no tiene reposición. A medida en que su uso aumente, así lo hará el uso y explotación de los recursos naturales², es por ello por lo que la implementación de iniciativas sustentables³ y sobre todo la introducción de energías cuyas fuentes sean renovables y que su producción sea más sustentable para el planeta, ha cobrado mayor importancia.

² Se entiende Recursos Naturales como los "elementos proporcionados por la naturaleza sin intervención del hombre y que pueden ser aprovechados por el hombre para satisfacer sus necesidades. Estos se dividen en recursos renovables y no renovables". Dueñas (2013, p. 83).

³ Modelos de desarrollo sustentable: "Estrategias coherentes para superar los problemas ambientales. Hay modelos normativos, desarrollados primero en el ámbito teórico y en cierta medida, puestos en práctica después." Tetreault (2004, p. 46).

La historia del desarrollo de la energía es muy amplia, sin embargo, por su aportación a este estudio, se abordan únicamente dos cambios energéticos. Desde mediados del siglo XVIII se inició el empleo masivo de energías con la Revolución Industrial, dividido en la Primera y Segunda. La Primera Revolución se dio entre los años 1760 a 1870 y sus principales características fueron la llegada de la industria y la máquina de vapor; uno de los inventos destacables en esta época fue la lámpara de gas en 1792. La Segunda Revolución Industrial continuó de 1870 hasta 1914 y ésta se caracterizó por el desarrollo de motores eléctricos y alumbrado: energía eléctrica. Un ejemplo de los inventos generados en este período es la lámpara incandescente de Edison de 1879.

Algunas de las consecuencias de estas revoluciones fueron los cambios sociales y modificaciones demográficas ya mencionadas, el desarrollo del capitalismo, la industrialización, mayor eficiencia en los medios de transporte, crecimiento de las ciudades (Roldán, 2013) y la ampliación en los horarios de trabajos y actividades por el acceso a luz artificial. Este modelo económico de consumo a gran escala basado en la producción industrial es parte de la explicación de los hechos históricos que llevaron al deterioro ambiental. Un ejemplo de ello es que este periodo coincide con el aumento de temperatura que se registra desde 1850 como consecuencia de la emisión de CO₂ desde 1750, además de la ampliación del período caluroso global (González, 2015).

Considerando que a partir de las revoluciones industriales hubo un incremento en el uso de energía, principalmente de petróleo, carbón y gas natural, cuya fuente no es renovable, surgieron en los siglos XIX y XX fuentes alternativas para el abastecimiento de energía: las renovables. Estas se definen como las que pueden recuperarse una vez consumidas, ya que su fuente es natural y considerada inagotable como el viento, el agua de un río o presa, las olas del mar o la luz y el calor del sol, cuya energía es aprovechada dependiendo de las características del entorno. Actualmente, estas no compiten con las tradicionales para dar abasto a toda la demanda energética mundial, sin embargo, se han

invertido elevadas subvenciones para el desarrollo de energía fotovoltaica, solar y eólica, por lo que se espera que su uso incremente de un 7 a 20% para el año 2020 (Roldán 2013).

La producción y utilización de ambos tipos de energías tiene ventajas y desventajas. En el caso de las renovables, la fuente base es “gratuita”, sin embargo, la inversión inicial en sus instalaciones es elevada. Se pueden implementar en lugares apartados y en casos puntuales, pero su suministro es interrumpido. También son respetuosas con el medio ambiente y, aunque su tecnología sigue en desarrollo, actualmente se requieren áreas considerables para su instalación y no tienen rendimientos tan elevados.

En cuanto a las energías no renovables, se sabe que son hondamente contaminantes y generan una gran cantidad de CO₂. Roldán (2013) proporciona algunos datos del impacto medioambiental de la generación de electricidad de distintos combustibles. En orden de mayor a menor impacto está el carbón, el cual produce 1.006,1 toneladas de CO₂ por GWh⁴, después el gas natural con 825, 8 GWh y la nuclear con 12,3 GWh (p. 34). Y aunque su aplicación es continua y basta llegarán a un límite y se agotarán. Se sabe que el primer tipo de energía utilizada por el hombre fue la solar, después la biomasa⁵, la energía hidráulica, la fuerza del viento, las de origen fósil como el carbón, y petróleo, la eléctrica (secundaria), después la nuclear, gas natural y recientemente las renovables como la eólica, solar térmica y fotovoltaica, geotérmica, mareomotriz, aprovechamiento de residuos urbanos, biocombustibles y otras.

La energía solar tiene una fuente constante y puede convertirse en energía eléctrica y calórica, se puede usar para calentar el agua a través de colectores solares, o generar electricidad con paneles fotovoltaicos. El desarrollo de energía eléctrica a partir de luz solar se ha dado desde mediados del siglo XX con el primer módulo fotovoltaico de Bell en

⁴ GWh: Giga watts hora equivale a 1000,000,000 Wh.

⁵ Biomasa: “Masa vegetal que se utiliza para obtener energía térmica [...] La quema de vegetales secos para combatir el frío y cocinar los alimentos ha sido utilizados por los seres humanos desde épocas prehistóricas; prácticamente desde el descubrimiento del fuego”. Álvarez (s.a.)

1954, en 1980 inicia la fabricación de paneles fotovoltaicos, en los 90's se construyen parques de generación fotovoltaica y se impulsan desde el año 2000 (Roldán, 2013). Los paneles convierten la luz solar en energía a través de células fotoeléctricas, y existen diversos tipos de mayor o menor eficiencia dependiendo del material y, por lo tanto, del precio.

Históricamente, la utilización de la energía se dio en un principio a escala arquitectónica, en las viviendas. Estos usos se fueron expandiendo a través de aglomeraciones hasta llegar a la escala urbana, misma que mediante sus componentes como pavimentos de asfalto, automóviles, grandes áreas de edificaciones y disminución de áreas verdes provocaron un aumento en la temperatura de las ciudades, desarrollando "microclimas". Las ciudades son consumidoras de energía, con base en datos de Dueñas (2013), tres cuartas partes de la producción de energía es consumida en las ciudades.

Derivado de afectaciones a la salud por falta de higiene en las ciudades, así como contaminación en aire, agua y suelo, se llevaron a cabo una serie de manifestaciones a mitad del siglo XX, mismas que lograron la autentificación de la protección del medio ambiente a finales de 1970, culminando en la Cumbre de Río de 1992 (Izazola, 2001). En 1987 en la publicación del informe de Brundtland, se define al desarrollo sostenible como aquel que "...satisface las necesidades presentes sin comprometer las opciones de las necesidades futuras", es decir, no agotar, ni desperdiciar los recursos naturales, y tampoco lesionar el medio ambiente, ni a los seres humanos" (López *et al.*, 2005, p. 3.) Este documento es el antecedente del cambio de dinámicas que el ser humano debía realizar para evitar una degradación ecológica irreparable.

El término de sostenibilidad se relaciona con mantener, sujetar, sostener algo, por lo que este no surge como resultado de modelos teóricos, si no de grupos que han vivido de manera negativa los efectos del desarrollo, por lo que una definición actual de este término sería:

Un equilibrio dinámico en el proceso de interacción entre una población y la capacidad de carga de su medio ambiente de tal manera que la población se desarrolle para expresar todo su potencial sin producir efectos adversos irreversibles sobre la capacidad de carga del medio ambiente del que depende (Góngora y Maruri, 2019. p. 360).

El otro término relacionado es el de sustentabilidad, este se adquiere en los países en desarrollo que buscan conservar los recursos naturales para el futuro, además de que se reconoció que no podía tomarse en cuenta solamente el aspecto ambiental para considerarse sustentable, sino que también debían contemplarse el bienestar humano y el ecológico, por lo que en las Naciones Unidas se propuso dividir la sustentabilidad en cuatro dimensiones: la económica, social, ambiental e institucional. El término de desarrollo sustentable incorpora las primeras tres, ya que, sin una de ellas dejaría de ser sustentable.

Este término es aplicable para muchas áreas de la actividad humana, no obstante, la arquitectura y la construcción son los puntos de interés. Se sabe que el 50% de la contaminación la produce la industria de la construcción, así mismo, es considerada la actividad menos sustentable (Dueñas, 2013) y sin embargo es la actividad en la que gira en torno la vida del ser humano: se habita en casas, se traslada a través de carreteras, labora en oficinas o despachos, se relaciona en bares o cafeterías, etc. La necesidad de un cambio en el uso actual de los recursos y la forma de consumir energía es un hecho, y la arquitectura tiene un papel fundamental.

En la arquitectura sustentable se “entiende al edificio como un organismo vivo que consume recursos y produce deshechos, que tiene una relación entre el exterior y el interior a través de la piel y que esa relación determinará su eficiencia” (Dueñas, 2013, p. 83). Se podría definir entonces como aquella que toma en cuenta el impacto de la

construcción y vida útil del edificio, los materiales empleados, las técnicas de construcción, su ubicación y los usuarios con las que tendrá interacción. Otro concepto es la bioclimática, la cual consiste en diseñar y orientar el edificio con base en las características medioambientales del emplazamiento, para tener ventilación e iluminación naturales aprovechables y que permitan ahorros energéticos considerables.

Es innegable la importancia de diseñar y construir edificios “amigables con el medio ambiente”, sin embargo, se busca también la adaptación de los existentes a formas de vida más sustentables, por ejemplo, a través del incremento de su aislamiento, capacidad térmica o de la implementación de energías renovables. Estas deben ser implementadas de manera que el suministro sea estable y competitivo con las energías de fuentes convencionales no renovables; además de considerar su almacenamiento para los climas de mayor demanda, su integración a la red, desarrollo del manejo adecuado de políticas y normativas que fomenten su implementación, disponibilidad de recursos y la más importante: aceptación pública (González, 2015).

En cuanto a consumo de energía, en el 2011 el 23% se dio en el sector residencial a nivel global, siendo el cuarto consumidor de energía (INEGI, 2018). En el 2018, el consumo en este sector se elevó un 35% debido al aumento de la población, incremento en el número de hogares, integrantes, cambios en el tamaño y tipo de vivienda, su ubicación y condiciones climáticas, disponibilidad de servicios, aumento de equipamiento, mayor confortabilidad, tipo y número de equipos utilizados, entre otros. El aire acondicionado, el uso de refrigerador e iluminación son los mayores consumidores de energía (INEGI, 2018).

En México, el sector residencial es el tercero de mayor consumo con el 16% del total y con 25% de la demanda eléctrica (INEGI, 2018). La energía es una necesidad en cada vivienda del país y es en este sector en el que crece el interés de la población por la instalación de paneles fotovoltaicos (INEGI, 2018). Esto se corrobora con lo que mencionan Maqueda y Sánchez en Cruz y Durán, 2015 que “los programas de ahorro de energía del sector energético en México se encuentran enfocados principalmente al sector

doméstico, debido a que tiene el mayor número de usuarios con un 87.90% y tienen un consumo del 24.91%, casi la cuarta parte del consumo nacional” (p. 45).

Debido al impacto ambiental, social y económico del consumo de energía en las viviendas, se han realizados en México distintos proyectos estadísticos, los cuales se sintetizan en la siguiente lista:

- Encuesta Intercensal 2015: 31.9 millones de viviendas habitadas, 4 residentes promedio, 98.7% de viviendas particulares habitadas contaban con energía eléctrica.
- Encuesta Nacional de Hogares (ENH) 2016: el 84.8% de las viviendas particulares habitadas cuentan con refrigerador, 66.7% con lavadora, 76.0% dispone de plancha, en 89.0% hay estufa y el 44.1% tiene horno de microondas.
- Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto en los Hogares (ENIGH): se precisa la cantidad de aparatos tecnológicos, de cocina y limpieza con los que se cuenta en el hogar y el año de adquisición.
- Encuesta Nacional de Gasto en los Hogares (ENGASTO) 2013: información sobre el gasto de energía para la calefacción e iluminación doméstica, los tipos de combustibles sólidos utilizados y el uso de paneles solares para la generación de energía eléctrica (INEGI, 2018).
- Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares (ENCEVI) 2018: solicitada al INEGI por parte de la Secretaría de Energía (SENER) y la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUE). Se estudió una muestra de viviendas particulares habitadas en el territorio nacional, ya fuera rural o urbana en tres regiones climáticas y tiene como objetivo:

Conocer los patrones de consumo energético de las viviendas en México y por región, con el fin de identificar el consumo energético aproximado, las horas de uso

por aparato doméstico, el tipo de combustible utilizado, el nivel de pobreza energética real, así como las costumbres y prácticas del uso de la energía, permitirá sustentar las decisiones para crear políticas públicas y el impulso de programas de apoyo de acuerdo a las necesidades específicas de la población. (INEGI, 2018, p. 21)

En el estudio elaborado por Cruz y Durán en 2015 sobre consumo energético en los hogares mexicanos con 4 residentes se relaciona el consumo de focos con el nivel de ingreso y el consumo de enfriamiento y calefacción con el mismo, medido en salarios mínimos. Se analizaron en total 6,757,344 hogares, de los cuales el 99.10% tenía acceso a electricidad; de estos, el 98.5% obtiene la electricidad del servicio público y el 90.98% cuenta con medidor de luz. En este estudio se concluye que el calentamiento de agua, preparación de alimentos, climatización del espacio, la iluminación, refrigeración y uso de equipos electrodomésticos son las actividades que requieren consumo energético para realizarse.

El 96% de los hogares no dispone de calefacción y el 87.63% no tiene aire acondicionado. El número de focos utilizados va desde 2 hasta 10 y se determina que a medida en que aumenta el número de residentes, el consumo energético per cápita disminuye. Maqueda y Sánchez (2011) en Cruz y Durán (2015), señalan que el consumo y demanda energética aumenta en hogares cuyo ingreso per cápita es mayor, por el poder adquisitivo para comprar productos electrodomésticos. A su vez se concluye que el mayor consumo de iluminación se da en vivienda de nivel socioeconómico bajo, pero el mayor consumo de energía por aparatos electrodomésticos se da en vivienda con nivel socioeconómico alto.

Para comprender las tendencias del consumo energético residencial, es necesario considerar el tipo de vivienda, ya que este impacta en los requerimientos de climatización y calefacción. Las viviendas que tienen expuestos sus elementos externos como techos y

paredes tienen un mayor gasto energético para mantener la confortabilidad térmica (INEGI, 2018).

La Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI, 2017) clasifica las viviendas por precio promedio en las siguientes categorías: Económica (40m²), Popular (50 m²), Tradicional (71 m²), Media (102m²), Residencial (156 m²) y Residencial Plus (más de 188 m²). En el caso de estudio, la ciudad de Celaya, Guanajuato, con un total de 129, 705 viviendas particulares habitadas (2015), la vivienda económica constituye el 3.7%, la popular el 43%, la tradicional el 44% y la media-residencial el 9.3%. El 68% de la población reside en su propia vivienda, el 18.5% la alquila y el 12.3% habita en una prestada. En tema de servicios básicos las cifras muestran que el 0.4%, es decir 5,183 viviendas, no disponen de energía eléctrica y el 99.5%, o sea 128,944 viviendas sí disponen de ella (H. Ayuntamiento de Celaya, 2019).

El planteamiento anterior confirma el aumento del uso de energía en los siguientes años debido al crecimiento poblacional, sus necesidades, la manera en que se resuelven y los horarios en que se llevan a cabo. A partir de esto, surgen propuestas de desarrollo sostenible, las cuales involucran aspectos sociales, económicos y medioambientales, mismos que dependen de reglamentaciones y normatividad cuyo enfoque fue elaborado con base en necesidades de una sociedad cuya existencia está basada en fuentes de energía que creía inagotables, por lo que el replanteo de estas es fundamental.

Se confirma también la relevancia que tiene la arquitectura como generadora de espacios habitables para la interacción con y entre el ser humano, uno de los componentes de los cuales depende el éxito de un desarrollo sostenible. También se contrasta la relación que tiene el gasto de consumo energético con el tipo de vivienda por nivel socioeconómico, mismo factor que influye en las distintas características tipológicas.

Es cuestionable si la forma de diseñar y construir las viviendas en Celaya, Guanajuato favorece o perjudica la implementación de sistemas de energía renovables y qué tanta

disponibilidad existe por parte de los usuarios para implementarla. Es por esto que, a través de este estudio se plantea responder: ¿Qué aspectos socioculturales, normativos y tipológicos permitirían la adaptación de energía renovable fotovoltaica en la casa-habitación prevaleciente en la ciudad de Celaya, Guanajuato de 1980 al 2010?

Para lograr responder al cuestionamiento anterior, el estudio se apoyaría de las preguntas redactadas a continuación:

1. ¿Qué normatividad federal, estatal y municipal fomenta la implementación de energías renovable y cómo?
2. ¿Cuáles son los requerimientos técnicos y normativos para implementar la energía renovable solar en edificaciones?
3. ¿Cuáles de las características tipológicas de la casa-habitación de nivel socioeconómico bajo prevaleciente en la ciudad de Celaya que permitirían la adaptación de la energía renovable fotovoltaica?

Con base en el planteamiento del problema de investigación, surge como objetivo principal el determinar las características tipológicas de casa habitación de nivel económico, popular y tradicional que permitan la adaptación de energía renovable solar en la ciudad de Celaya, Gto., así como la precisión de requerimientos técnicos y normativos para implementarla. De la misma manera, se desarrollaron otros objetivos particulares:

1. Identificar las diferentes maneras en que la normatividad federal, estatal y municipal fomenta la implementación de energías renovables y de qué manera lo hace.
2. Precisar los requerimientos técnicos y normativos para implementar la energía renovable fotovoltaica en casa-habitación.
3. Determinar las características tipológicas de la casa-habitación de nivel socioeconómico bajo que permitirían la adaptación de la energía renovable fotovoltaica.

Para resolver el problema de investigación, el estudio se basa en 4 ejes conceptuales: la sustentabilidad arquitectónica, las energías renovables, la tipología de vivienda y la habitabilidad arquitectónica. Y como hipótesis se plantea que: El uso de fuentes de energía para la incrementación del confort térmico de la vivienda está relacionada con las condiciones de habitabilidad del espacio, la cual depende a su vez de las características tipológicas de la vivienda; por ello se considera que el problema de investigación se resuelve a partir de circunscribirlo en un problema de habitabilidad arquitectónica y de confort térmico en los que, para incrementar ambos factores, es necesario implementar energía alterna solar para disminuir las expensas y gastos de la misma, así como la normatividad para mitigar sus costos iniciales de inversión.

Para llevar a cabo la investigación mencionada, se seleccionó a la zona norponiente de la ciudad de Celaya, Guanajuato. Este municipio se sitúa en tercera posición en el estado en cuanto a cantidad de población, extensión del territorio y aportación al Producto Interno Bruto (PIB). Referente a sus características generales, algunas son clima semiseco, semicálido; temperatura promedio de 25°C y precipitación anual de 603.3 mm.

Debido a su ubicación geográfica, es un punto de convergencia para el tránsito a diferentes zonas del país, siendo un municipio productivo con más de 25 industrias de capital extranjero. Se cuenta con equipamiento educativo de escuelas primarias, secundarias, bachilleratos y universidades; de abastecimiento como mercados, centros comerciales y otros como estaciones de radio y distribuidores automotrices. Su desarrollo económico la ha llevado a tener una población de 494,304 habitantes dentro de lo que se podría considerar una pequeña extensión territorial de 553.1 km² (SEGOB, 2015).

Complementando la información anterior, la CONAVI proporciona cifras relacionadas a los servicios básicos, y específicamente de la energía eléctrica en las viviendas, donde se menciona que el 0.4%, es decir 5,183 viviendas no disponen de ella y el 99.5%, o sea 128,944 viviendas cuentan con el servicio (H. Ayuntamiento de Celaya, 2019). Esto confirma con lo que dice Mora (2017), que los servicios de luz, agua potable y

alcantarillado cubren un porcentaje superior al 90%; solamente cerca del 6% de la población vive en condiciones de pobreza extrema, es decir, en viviendas de una sola habitación, con piso de tierra, sin disposición de luz eléctrica, ni drenaje, ni agua potable.

La actividad económica se basa en el sector terciario y en el sector industrial. La ciudad tuvo un crecimiento notable a partir de 1980, las mayores concentraciones de densidad de la ciudad se dan en la periferia; ya que, al establecerse la industria en el municipio, la población aumentó un 226% entre los años 1980 y 2015 (Patiño, 2018). El crecimiento poblacional y territorial de los municipios que conforman la zona metropolitana de Celaya en las últimas cuatro décadas, demuestran que el municipio de Celaya es el que tiene mayor concentración de habitantes por hectárea.

Tabla 1. Población y crecimiento de la zona metropolitana de Celaya de 1990-2015

| Clave | Municipio | Población y Tasa de crecimiento anual (%) | | | | | | | | DMU (Hab/ha) | Superficie (km ²) |
|----------------------------|-----------|---|-----|---------|-----|---------|-----|---------|------|--------------|-------------------------------|
| | | 1990 | | 2000 | | 2010 | | 2015 | | | |
| Z. metropolitana de Celaya | | 480,224 | 1.9 | 577,900 | 1.7 | 690,442 | 1.2 | 731,667 | 86.1 | 1,505.4 | |
| 11007 | Celaya | 310,569 | 2.1 | 382,958 | 2.0 | 468,469 | 1.1 | 494,304 | 90.8 | 553.1 | |
| 11009 | Comonfort | 56,592 | 1.8 | 67,642 | 1.4 | 77,794 | 1.3 | 82,572 | 85.6 | 488.7 | |
| 11011 | Cortázar | 74,383 | 0.9 | 81,359 | 0.8 | 88,397 | 1.7 | 95,961 | 85.6 | 335.2 | |
| 11044 | Villagrán | 38,680 | 1.7 | 45,941 | 1.9 | 55,782 | 1.1 | 58,830 | 78.8 | 128.5 | |

Fuente: Elaboración propia con base en Secretaría de Gobernación (2018)

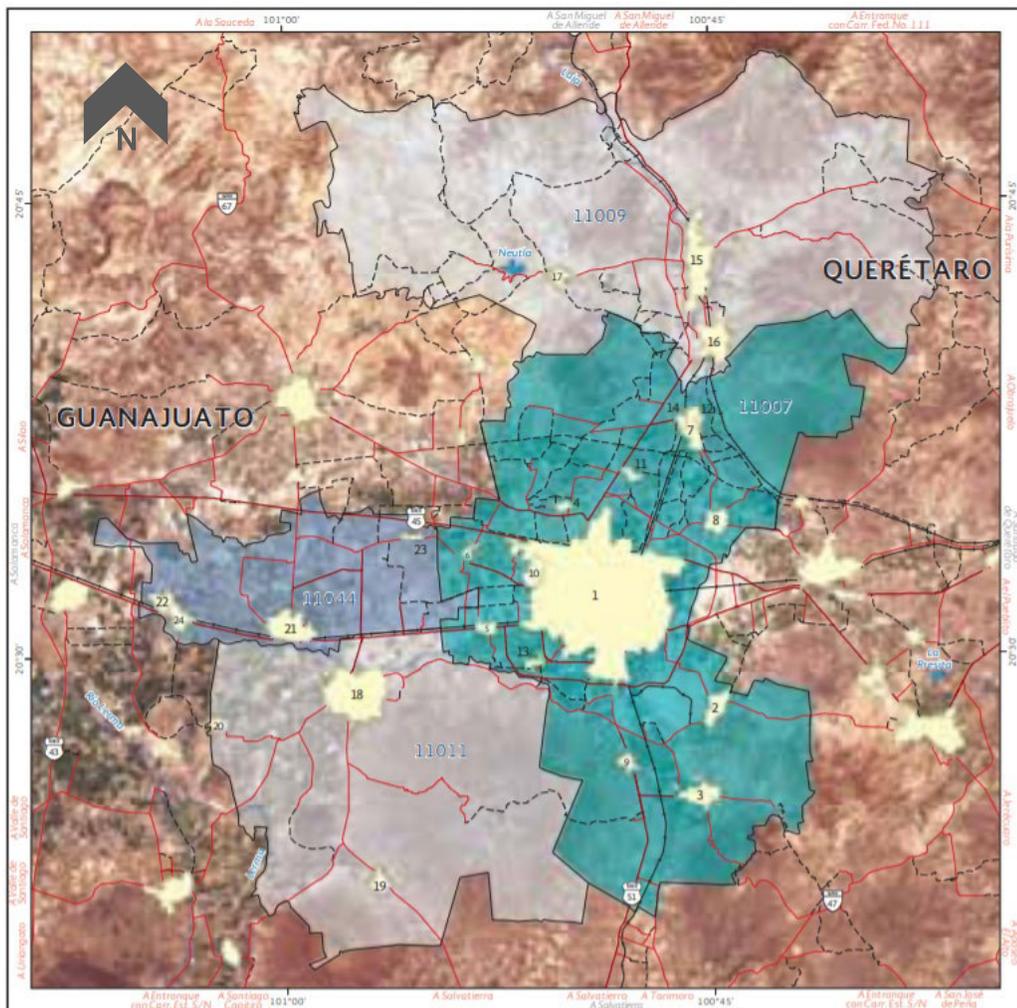
Los municipios descritos en la tabla anterior son denominados centrales y cada uno cuenta con su criterio de incorporación. Al ser Celaya la ciudad de interés se pueden observar en la siguiente tabla y figura estos criterios.

Tabla 2. Municipio central y ubicación del municipio en el mapa

| CLAVE | MUNICIPIO CENTRAL | NOMBRE DE LA LOCALIDAD | UBICACIÓN EN EL MAPA | |
|-------|-------------------|------------------------|----------------------|---|
| 11007 | 0001 | CELAYA | Celaya | 1 |

Fuente: Elaboración propia con base en Secretaría de Gobernación (2018)

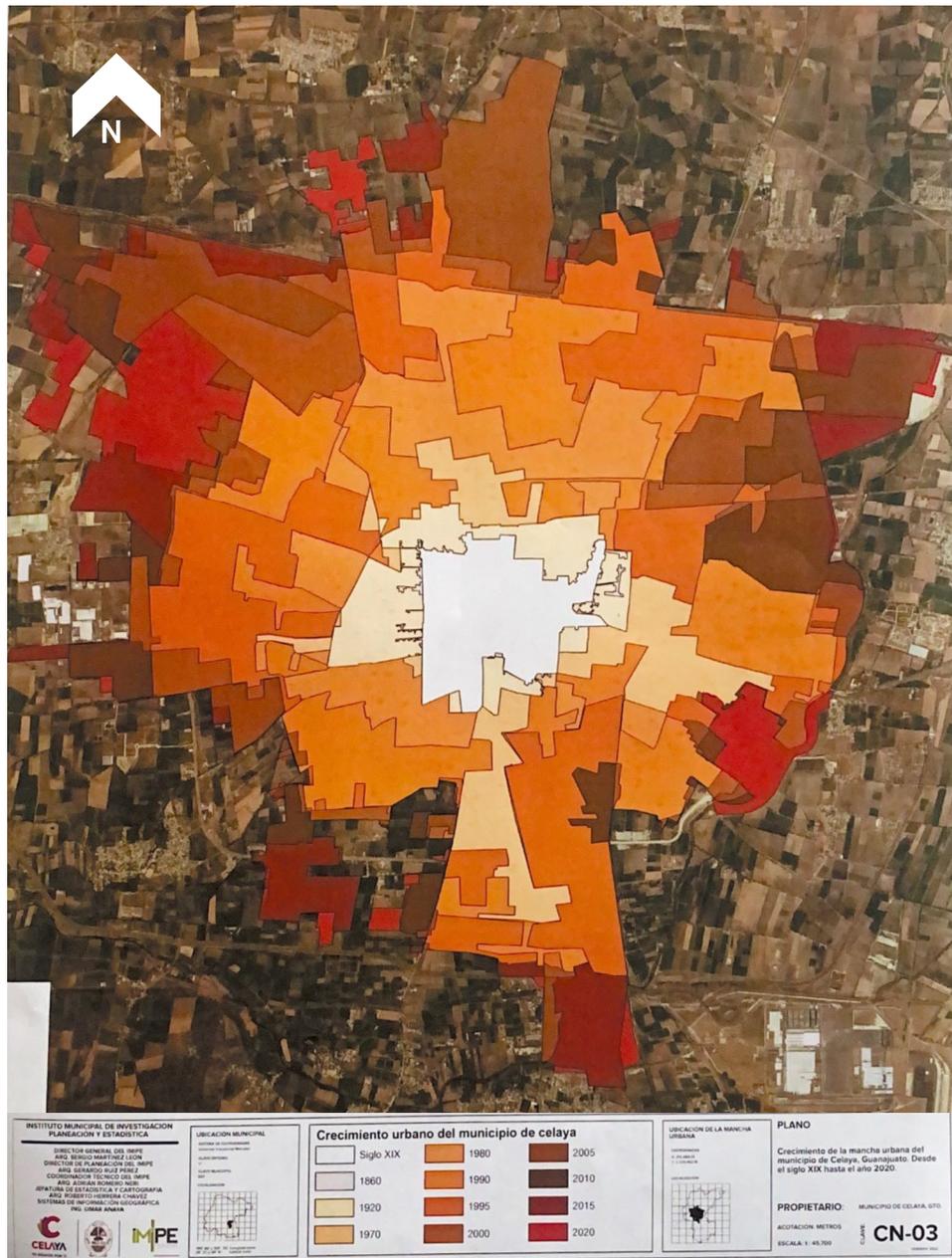
Figura 1. Mapa de municipios y localidades en la zona metropolitana de Celaya



Fuente: Secretaría de Gobernación (2018)

El crecimiento urbano del municipio de Celaya a través del tiempo está representado en la figura 2, en la que se puede observar el incremento desde el siglo XIX hasta el año 2020, lo cual confirma la información de Patiño (2018), que el mayor crecimiento de la ciudad se ha dado entre los años 1980 y 2010 en la zona Norponiente, por lo que el periodo de este estudio abarca las dos últimas décadas del siglo XX.

Figura 2. Mapa de crecimiento de la mancha urbana del municipio de Celaya, Guanajuato.



Fuente: IMIPE (2022)

La zona de estudio, cuya delimitación en la figura 3, está conformada por 32 colonias que en su totalidad contiene 18,136 viviendas, de las cuales 13,260 se encuentran habitadas y 11,258 con energía eléctrica (Inventario Nacional de Vivienda, 2016).

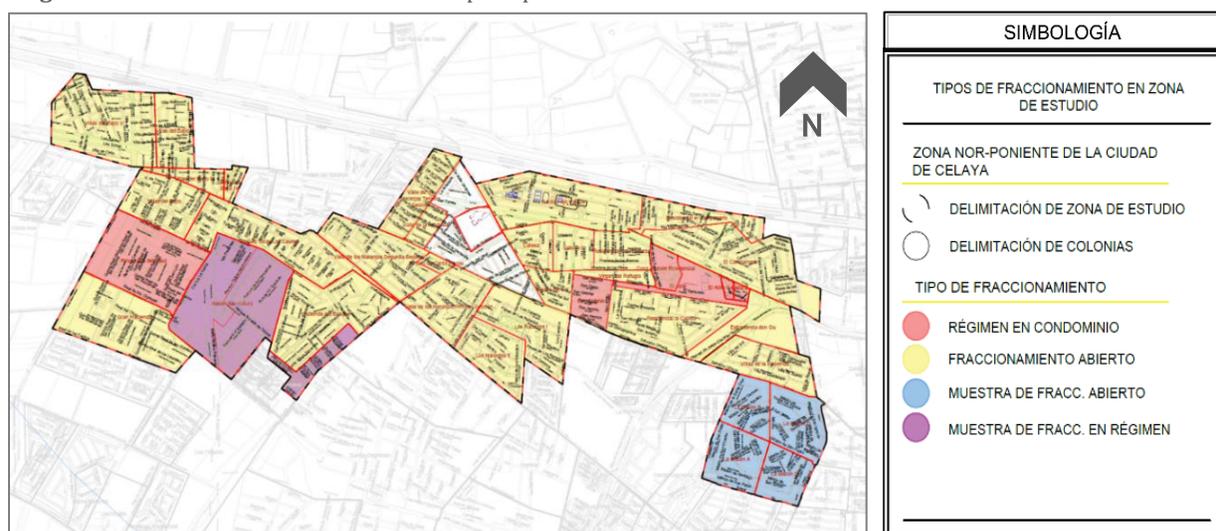
Figura 3. Plano de delimitación de la zona de estudio en el municipio



Fuente: Elaboración propia con base en Inventario Nacional de Vivienda (2016)

Estas colonias se clasificaron según el tipo de fraccionamiento y se eligió una muestra uno abierto y uno de régimen en condominio para la colecta de datos. Los nombres, el Área Geoestadística Básica (AGEB) a la que pertenecen, y la cantidad de viviendas totales, habitadas y con instalación eléctrica se muestran en la siguiente tabla, en la que los fraccionamientos abiertos están representados por 0 y régimen en condominio por 1.

Figura 4. Plano de delimitación de colonias por tipos de fraccionamiento



Fuente: Elaboración propia

Aspectos socioculturales, normativos y tipológicos que permiten la adaptación de energía renovable fotovoltaica en la casa-habitación en la ciudad de Celaya, Guanajuato de 1980 al 2010

Tabla 2. Colonias, AGEBS y viviendas en la zona de estudio

| NO. | NOMBRE | IMIPE | INVENTARIO NACIONAL DE VIVIENDA 2016 | | | |
|----------------|--|----------------|--------------------------------------|-------------------|---------------------|----------------------------|
| | | Tipo de Fracc. | AGEB | Viviendas totales | Viviendas habitadas | Viviendas con e. eléctrica |
| 1 | La Misión A, B, C y D | 0 | 1100700012152 | 1088 | 869 | 873 |
| | La Misión A | | 1100700011934 | 135 | 118 | 117 |
| | La Misión C | | 110070001146A | 131 | 107 | 104 |
| 2 | Calesa I | 0 | 1100700012186 | 324 | 279 | 278 |
| 3 | Calesa 2da sección | 0 | 1100700012186 | 333 | 251 | 251 |
| 4 | Residencial la Capilla | 0 | 1100700012171 | 1149 | 958 | 922 |
| 5 | Residencial las Praderas | 0 | 1100700012186 | 205 | 147 | 146 |
| 6 | Valle de los Naranjos 1ra sec. | 0 | 1100700011972 | 723 | 619 | 615 |
| 7 | Valle de los Naranjos 2da sec. | 0 | 1100700012190 | 1004 | 781 | 773 |
| 8 | Valle de los Naranjos 3ra sec. | 0 | 1100700012203 | 474 | 356 | 332 |
| 9 | Los Naranjos I | 0 | 110700011756 | 875 | 641 | 630 |
| 10 | Los Naranjos II | 0 | 110700011756 | 547 | 432 | 424 |
| 11 | Residencial el Campanario | 0 | 1100700012561 | 346 | 201 | 166 |
| 12 | El Campanario (1990-1999) | 0 | 1100700011915 | 1171 | 946 | 923 |
| 13 | Hacienda del Bosque | 0 | 1100700012434 | 1470 | 1078 | 1025 |
| 14 | Rincón de Cantarranas | 0 | 1100700012190 | 36 | 26 | 26 |
| 15 | Galaxia del Parque | 0 | 1100700012561 | 1302 | 814 | 777 |
| 16 | Geo Villas los Sauces | 0 | 1100700012434 | 1002 | 724 | 681 |
| | | | 1100700012631 | 250 | 175 | 174 |
| 17 | Villas del Bajío I | 0 | 1100700012631 | 753 | 495 | 484 |
| 18 | Villas del Bajío II | 0 | 1100700012754 | 467 | 280 | 264 |
| 19 | Villas del Bajío III | 0 | 1100700012754 | 348 | 166 | 163 |
| 20 | Villas del Bajío IV | 0 | 1100700012805 | 48 | 32 | 32 |
| 21 | Villas del Bajío V (muchos N.D.) | 0 | 1100700012913 | 633 | 445 | 14 |
| | | | 1100700013235 | 845 | 590 | 20 |
| 22 | Rinconada del Sauz | 1 | 1100700013413 | 124 | 58 | 57 |
| | | | 1100700012932 | 107 | 24 | 23 |
| 23 | Gran Hacienda | 0 | S/AGEB URB | 320 | 179 | 115 |
| 24 | Haciendas Natura (Muchos N.D., en las 3 variables) | 1 | 1100700012947 | 718 | 548 | N.D. |
| | | | 1100700013254 | 116 | 62 | 29 |
| | | | 110070001331A | 22 | 19 | 19 |
| | | | 1100700013409 | 26 | 17 | 17 |
| | | | 1100700012434 | N.D. | N.D. | N.D. |
| | | | 1100700013324 | 30 | 21 | 18 |
| 25 | Valle de la Arbolada | 0 | 1100700012203 | 218 | 168 | 162 |
| 26 | Puesta del Sol | 0 | 1100700012171 | 203 | 157 | 150 |
| 27 | (Villas de) San Gabriel | 1 | 1100700012171 | 9 | 4 | 0 |
| 28 | Virgen del Refugio | 1 | 1100700012171 | 29 | 21 | 21 |
| 29 | Casa Grande Residencial (en INEGI N.D.) | 1 | 1100700012186 | 15 | 15 | 15 |
| 30 | El Atrio y el Atrio II etapa B | 1 | 1100700012186 | 44 | 30 | 28 |
| 31 | Villas de la Hacienda | 0 | 1100700011775 | 480 | 396 | 380 |
| TOTALES | | | | 18136 | 13260 | 11258 |

Fuente: Elaboración propia

La estructuración del documento se compone de cuatro capítulos, basados en el contexto del país y la región, así como de los ejes conceptuales de esta investigación: fuentes de energía, sostenibilidad, habitabilidad y tipologías arquitectónicas; al igual que un apartado para la adaptabilidad de los sistemas fotovoltaicos por sus características técnicas. Con la finalidad de mantener cohesión y relación entre dichos temas, estos fueron agrupados, resultando capítulos de dos temas de desarrollo. El primer capítulo se compone de las características del contexto nacional y regional, con un enfoque en el aspecto medioambiental, normativo y económico. En el primero se examinaron valores para conocer la viabilidad de aplicación del sistema por las características físicas-naturales de la región, tales como la irradiación solar y el potencial fotovoltaico.

En el tema de la normatividad, se mencionan los artículos de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos de los cuales derivan leyes secundarias, programas y estrategias en materia de metas energéticas, desde eficiencia hasta transición a energías renovables. En el ámbito económico se analizaron algunas variables del comportamiento energético durante los últimos años, así como factores socioeconómicos que se relacionan directamente con la generación y consumo de energía eléctrica en el país. A su vez, se incluyó una sección sobre inversiones privadas recientes de plantas de generación fotovoltaica en México, los costos y beneficios de su implementación para usuarios finales, al igual que un panorama general de la situación socioeconómica en la zona de estudio.

El segundo capítulo se compone de la información obtenida respecto a fuentes de energía y sustentabilidad arquitectónica. En el primer apartado se describe el concepto de energía, la clasificación entre primarias, secundarias y por su origen desde fuentes renovables y no renovables. Después, se introduce el tema de sustentabilidad en la construcción, describiendo las diferencias entre desarrollo sustentable o sostenible, continuando con el urbanismo y la arquitectura sustentable incluyendo ejemplos de certificaciones internacionales y variantes de aplicación como la arquitectura bioclimática y la domótica. Se finaliza el capítulo con las gráficas obtenidas en la colecta de datos respecto a la aceptación sociocultural de los usuarios para implementar energía renovable en sus viviendas.

En el tercer capítulo se abordan los temas de habitabilidad y tipología arquitectónica. En el primero, se incluye la definición del concepto de habitabilidad y la descripción de los factores físico-espaciales, térmicos, lumínicos, acústicos, psicosociales y de mantenimiento que la afectan desde las escalas arquitectónica y urbana, así como las gráficas resultantes de la percepción de los usuarios sobre la habitabilidad desde dichos factores en la escala arquitectónica. Para el tema de la tipología se catalogaron y analizaron los tipos de vivienda con base en sus características formales, constructivas y de emplazamiento; la manera en que se produce ya sea formal o informal; el número de viviendas por lotes; así como por superficie y precio.

Para la colecta de datos se hizo un catálogo de prototipos de vivienda de dos fraccionamientos de la zona de estudio con base en las variables anteriores, los mencionados anteriormente se clasificaron en viviendas de origen, origen con modificaciones, atípicos y sin prototipo. En el caso muestra de tipo abierto, La Misión, se cuantificaron 1,302 viviendas y 29 prototipos y en el fraccionamiento muestra de régimen en condominio, Haciendas Natura, se cuantificaron 1,463 viviendas y 9 prototipos. Con el levantamiento de esta información, se obtuvieron gráficas que muestran los porcentajes de viviendas construidas en un inicio de una manera y que han sido modificadas por los usuarios a través del tiempo, de qué naturaleza son estas modificaciones y cuáles características son las óptimas para la implementación de paneles fotovoltaicos.

El capítulo cuatro está conformado por el tema de adaptabilidad espacial y energética de paneles fotovoltaicos para las viviendas con las características tipológicas de la zona de estudio. En este se describe de manera general la forma en que se puede instalar la energía solar fotovoltaica, los componentes de los paneles solares, así como listados de los más utilizados. Finalmente, en la sección de conclusiones está plasmado el cumplimiento de los tres objetivos particulares, y de igual forma la solución al problema de investigación. Posteriormente se describen algunas limitaciones que se encontraron al realizar este trabajo, las aportaciones descritas en los resultados de cada tema, recomendaciones para futuras investigaciones, y la utilidad de dichos resultados.

Capítulo 1: Marco Contextual

Para comprender las variables que afectan el problema de estudio, fue necesario reconocer las características contextuales de la zona. En el presente capítulo, dividido en tres fragmentos, se explican características medioambientales, económicas y normativas para conocer la viabilidad de adaptación por la cantidad de recurso solar existente en la zona, la normatividad federal, estatal y municipal que fomentan este tipo de energías, así como la situación económica del país y de la región.

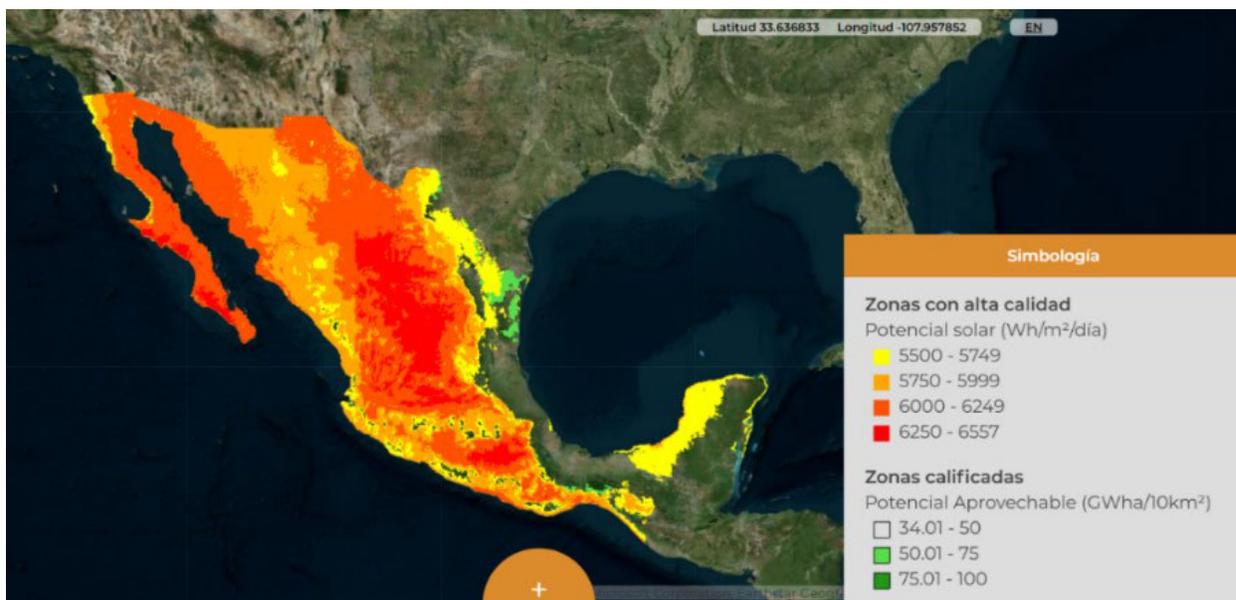
Contexto Medioambiental

En esta primera parte se desarrolla el contexto medioambiental, en donde se comparan los niveles de irradiación solar en México y en la zona metropolitana de Celaya, lo que a su vez define los niveles de potencial de energía eléctrica a partir de paneles fotovoltaicos.

Irradiación y Potencial Solar en México

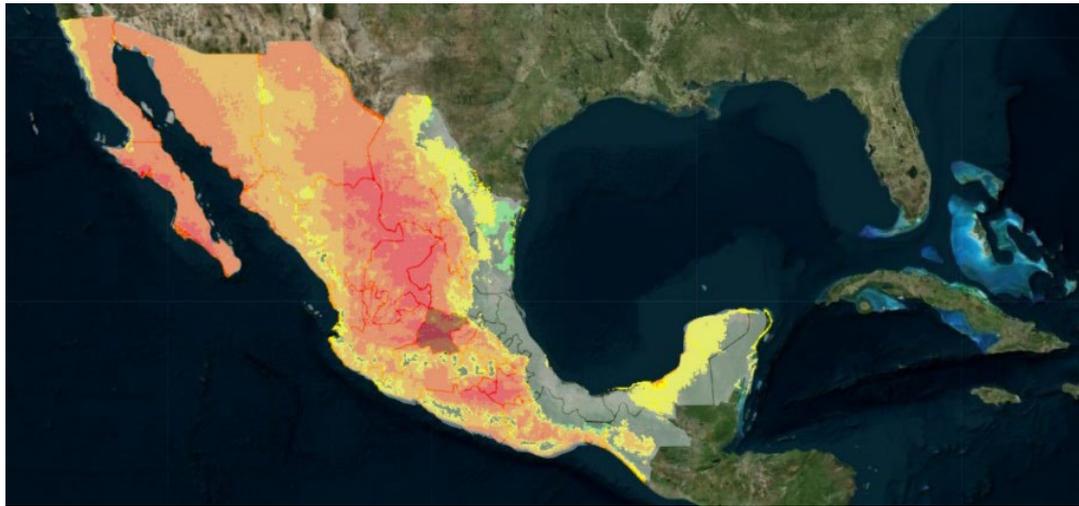
La energía que llega a la superficie de la tierra no es uniforme, ya que depende de factores como la estación del año, si es de día o de noche, si está nublado o despejado, entre otros. La irradiación directa normal en México es de 3.6 kWh/m² hasta 8 kWh/m² dependiendo de la región (*The World Bank* en Solargis, 2021). Debido a que el municipio de Celaya cuenta con un potencial solar diario de 6.0 a 6.5 kWh/m², además de ser considerada zona agrícola y terrenos con poca pendiente, según el Atlas nacional de Zonas con alto potencial de Energías Limpias (AZEL) de la Secretaría de Energía (SEN), este municipio tiene un potencial importante para la generación de energía eléctrica a partir de paneles fotovoltaicos. Como se puede apreciar en las ilustraciones 5 y 6, los rangos de potencia solar en el país van desde los 5.5 hasta los 6.5 kWh/m², situándose Celaya en una categoría un poco más arriba que la media.

Figura 5. Mapa de niveles de potencial solar en México



Fuente: AZEL (2021)

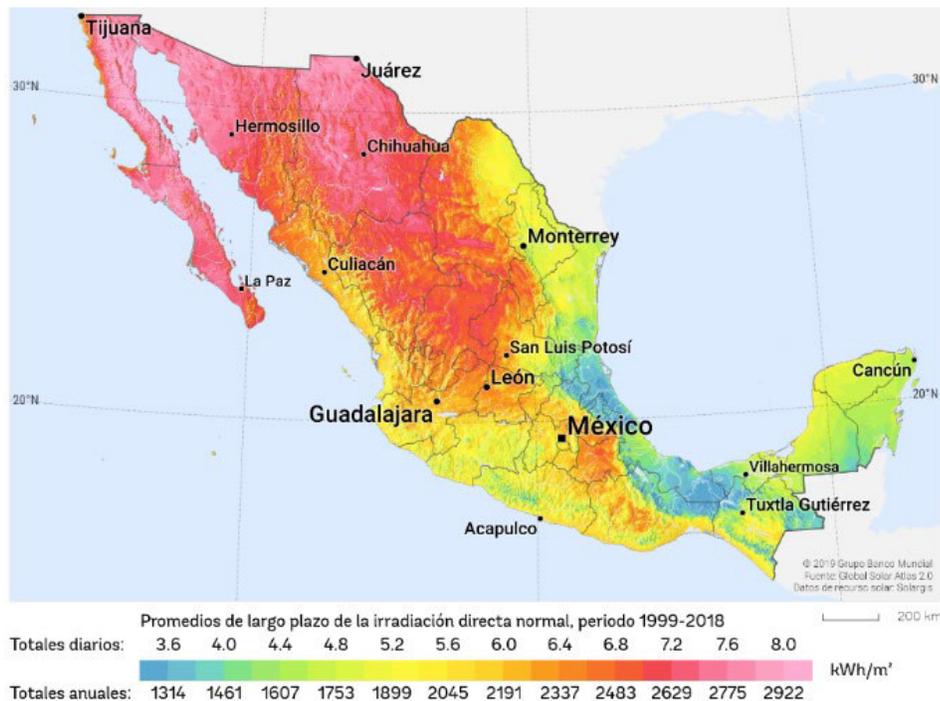
Figura 6. Mapa de niveles de potencial solar y división geográfica de México



Fuente: Elaboración propia con base en AZEL (2021)

Esta información se comparó con lo obtenido en Solargis con datos de *The World Bank*, en los que se muestra que la irradiación diaria en Guanajuato va de 6.0 a 6.4 kWh/m², como se muestra en la Figura 7.

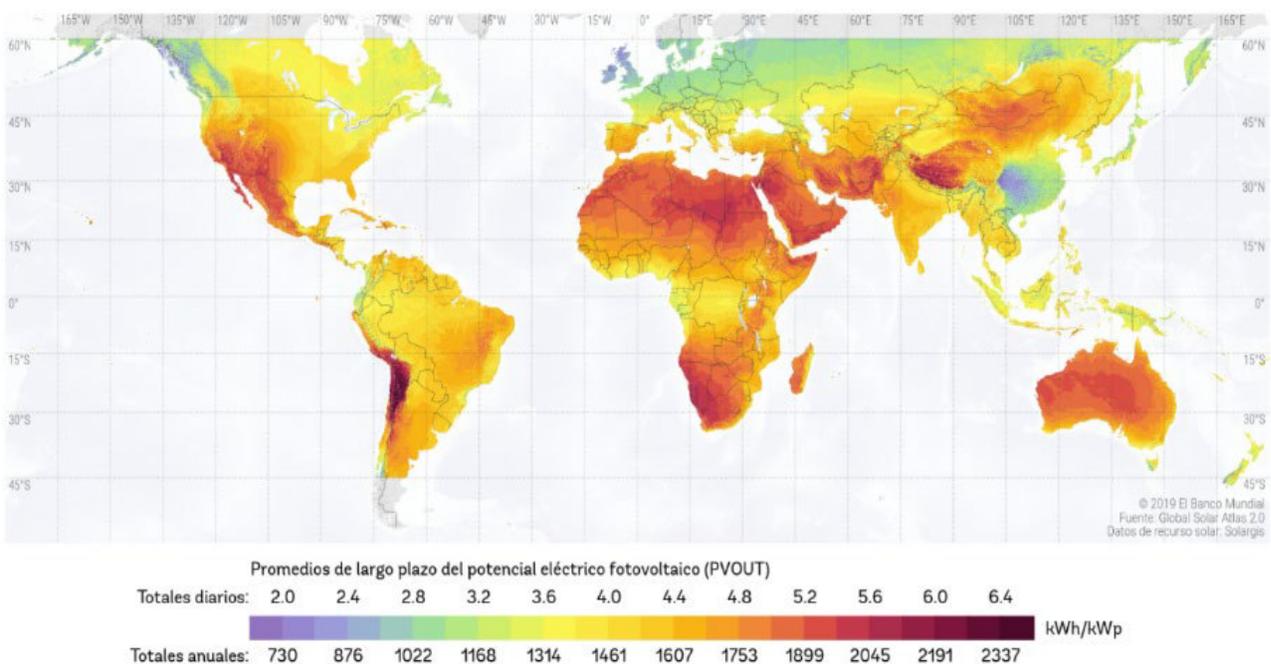
Figura 7. Mapa de promedios de irradiación directa normal en México



Fuente: The World Bank en Solargis (2021).

Países con menor incidencia solar que México, como Alemania y Japón, producen una parte considerable de su energía eléctrica a partir de plantas de paneles fotovoltaicos. Alemania tiene un potencial eléctrico fotovoltaico de 3.0 a 3.6 kWh/kWp⁶, Japón de 2.8 a 3.6 kWh/kWp y México de 3.6 a 5.6 kWh/kWp (The World Bank en Solargis, 2021). Esto quiere decir que las condiciones ambientales para el potencial de energía fotovoltaica en México son alrededor de 2kWh/kWp diarios mayores a las de estos países y, aun así, no logran consolidarse como una fuente considerable para la producción de energía eléctrica.

Figura 8. Mapa de promedios de potencial eléctrico fotovoltaico a nivel mundial

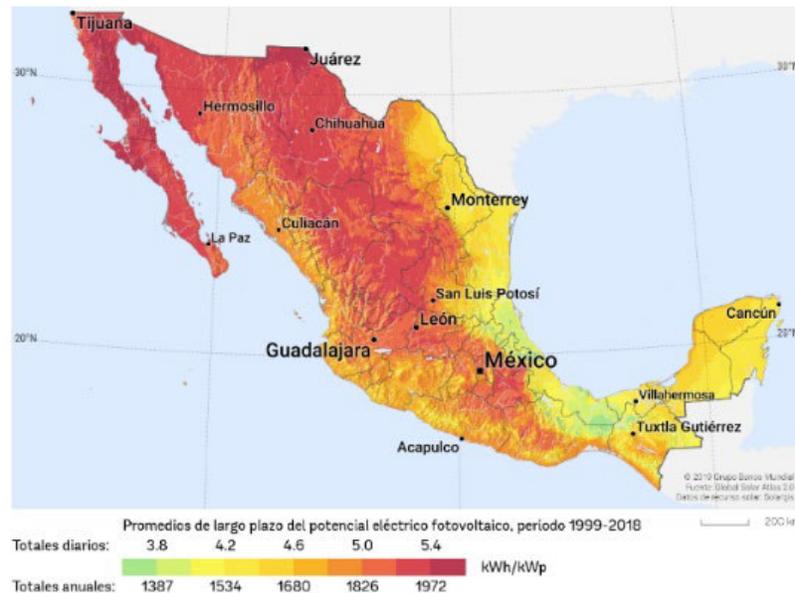


Fuente: The World Bank en Solargis (2021).

6 kWh (kilowatt-hora): unidad de medida de la cantidad total de electricidad que un sistema fotovoltaico genera realmente en un año.

kWp (kilowatt-pico): especifica la capacidad de un sistema fotovoltaico para generar energía en su punto máximo de rendimiento. SESLATAM (2019). kWp es la unidad de medida usada para comparar el rendimiento de los distintos sistemas de energía solar fotovoltaica. (SES Latam, 2019)

Figura 9. Mapa de promedios de potencial eléctrico fotovoltaico en México



Fuente: The World Bank en Solargis (2021)

Se puede decir entonces que las características ambientales de radiación solar en la zona de estudio son favorables para la implementación de energía renovable a partir de paneles fotovoltaicos.

Contexto Normativo

- Reglamentación sustentable en México

En el país existen organismos reguladores del agua, ahorro energético, ordenamiento ambiental, desarrollo urbano y participación ciudadana, entre otros (Dueñas, 2013). Sin embargo, se carece de una reglamentación de edificación sustentable, así como de la gestión y planeación urbana sustentable. Algunas sugerencias que hace Hernández (2008) respecto al refuerzo de políticas para un desarrollo urbano sustentable, tanto en materia de arquitectura como de urbanismo son el manejo del sitio del proyecto, la regulación de aprovechamiento sustentable de la energía, eficiencia en el transporte, las normas de control de desechos y residuos del agua, así como materiales y desperdicios en la construcción.

Leyes

Las leyes que a continuación se presentan están enfocadas en temas de energía y acciones contra el cambio climático, pero no necesariamente de una transición a un modelo sostenible a través de energías renovables.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Referente a las diferentes leyes sobre la regulación de energía eléctrica, implementación de energías renovables y limpias se derivan de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos de los artículos 4to, 25to, 26to y 27mo, las leyes secundarias reguladoras de la gestión para un medio ambiente sano, la organización y el control del SEN, y la planeación democrática del desarrollo nacional (SENER, 2018).

Leyes de los Organismos Reguladores. De las leyes de organismos reguladores se encuentran la Ley Orgánica de la Administración Pública (LOAPF), la cual señala que le corresponde a la Secretaría de Energía (SENER) establecer, conducir y coordinar la política energética del país; el ahorro energético y la protección del medio ambiente; la Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética (LORCME), la cual sienta las bases para la organización y funcionamiento de los Órganos Reguladores Coordinados: la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH) y la Comisión Reguladora de Energía (CRE) (SENER, 2018).

Leyes Secundarias. De los artículos de la Constitución, surgen las siguientes leyes:

- Ley de Planeación (LP): Orientar la Planeación Nacional de Desarrollo y las bases para el funcionamiento del Sistema Nacional de Planeación Democrática.
- Ley General del Cambio Climático (LGCC): Establecer las disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático.
- Ley de la Industria Eléctrica (LIE): Regular la planeación y control del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), el Servicio Público de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica y las otras actividades de la industria eléctrica, así como promover el desarrollo sustentable de esta (INEGI, 2018).

- Ley de Transición Energética (LTE): Regular el aprovechamiento sustentable de la energía, las obligaciones en cuestión de Energías Limpias y la reducción de emisiones contaminantes de la Industria Eléctrica (INEGI, 2018) .
- Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (LASE) 2014-2018: Contener información de indicadores de eficiencia energética, la relación entre los usos finales de la energía y los factores que los impulsan (INEGI, 2018).
- Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA): Preservar y restaurar el equilibrio ecológico, así como la protección al ambiente (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2015).
- Ley de la Comisión Federal de Electricidad: Regular la organización, administración, funcionamiento, operación, control, evaluación y rendición de cuentas de la empresa productiva del Estado Comisión Federal de Electricidad (SENER, 2018).

Planes, Programas y Estrategias

- Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018

En este plan se busca proveer de condiciones favorables para el desarrollo económico, al asegurar la demanda de combustibles y abastecimiento racional de energía con precios competitivos, calidad y eficiencia en la cadena productiva, en los distintos sectores de consumo⁷ (Ubaldo Higuera, 2018b).

- Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN)

En este programa se adoptan los compromisos y obligaciones de los otros instrumentos que surgieron a partir de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio

⁷ Para este punto, la Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares (ENCEVI) toma un papel importante para proporcionar la información necesaria respecto al sector residencial (INEGI, 2018).

Climático, el Protocolo de Kioto, el Acuerdo de París y la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible (PRODESEN, 2021, pp. 14–15).

- Programa Especial de la Transición Energética (PETE)

Este programa emana de la LTE, cuyo objetivo es el de coordinar las acciones establecidas en materia de energías limpias, asegurando la viabilidad económica, en un periodo de la Administración Pública Federal, aunque se actualiza cada año (Ubaldo Higuera, 2018b).

- Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2014-2018 (PRONASE)

Este programa, alineado con el PND y desarrollado en la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (LASE), establece los objetivos, metas, estrategias y acciones para lograr el uso óptimo de la energía en todos sus procesos: explotación, transformación, distribución y consumo final (Ubaldo Higuera, 2018b). Para impulsar la eficiencia energética surge la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (LASE) y el Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (PAESE) de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

- Programa Nacional de Infraestructura (PNI) 2014-2018

Este establece que la transmisión de electricidad debe ser desarrollada como estrategia para el máximo aprovechamiento de recursos para satisfacer la demanda de energía, de calidad y a precios competitivos (Ubaldo Higuera, 2018b).

- Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC)

Es un instrumento que emana de la LGCC, el cual orienta la política nacional a largo plazo con base en prioridades nacionales y regionales. Sugiere que el país se desarrollará de manera sostenible al promover el manejo sustentable de los recursos naturales, bajo en emisión de gases e implementando energías limpias (Ubaldo Higuera, 2018a).

- Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios

Esta estrategia, proveniente de la LTE y alineada con los Certificados de Energías Limpias (CELS), establece metas con proyecciones a 15 y 30 años, para que exista un portafolio de alternativas viables económicamente para satisfacer el consumo de energía eléctrica, en las que se incluya eficiencia energética y aumento de generación mediante energías limpias (Ubaldo Higuera, 2018b). Las metas de generación eléctrica con energías limpias en porcentaje son: 2018-25%, 2024-35% y en el 2050-50%. Y las metas de eficiencia energética, en una tasa anual promedio de reducción de la intensidad de consumo final de energía son de 1.9 en el período 2016-2030 y 3.7 del 2031-2050.

- Programa Sectorial de Energía (PROSENER) 2020-2024

Contiene los objetivos, prioridades, políticas, estimaciones de recursos, instrumentos y responsables de ejecución para regir las actividades del sector energético. Uno de sus objetivos es el de ampliar el uso de fuentes de energías renovables y limpias, promover la eficiencia energética y la responsabilidad social y ambiental (Ubaldo Higuera, 2018b). Para lograrlo se requieren datos suficientes por cada sector de consumo final de energía.

- Programa de Certificación de las Edificaciones Sustentables (PCES) del Gobierno del Distrito Federal.

Instrumento de planeación de política ambiental para ajustar y adaptar los métodos convencionales de diseño, construcción y operación de los edificios, así como los modelos de comportamiento y consumo humano, con base en criterios de sustentabilidad, a través de la certificación voluntaria mediante incentivos económicos (Secretaría del Medio Ambiente, 2008).

- Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT)

Los objetivos de este programa se basan en la actualización y mejora del marco normativo ambiental; el fortalecimiento de las instituciones ambientales; mayor participación ciudadana, impulso a los ordenamientos ecológicos; fortalecimiento a la inspección, vigilancia y procuración de la justicia ambiental; respuesta y atención al cambio climático; y educación y cultura ambiental (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020). Señala que México forma parte de las naciones que firmaron el Acuerdo de París en el 2015, en el cual se presentaron las metas propuestas por este país para el año 2030: Reducción de del 22% de las emisiones de GEI y disminución del 51% de las emisiones de carbono negro (CN)

En el 2015, las emisiones por GEI han aumentado a cerca de 700 millones de toneladas de CO₂, provocadas principalmente por el transporte (22.8%), después por la generación de electricidad (20.3%), la ganadería (10.1%) y, por último, residuos (6.6%). Para alcanzar la meta de reducir estas emisiones en un 22% significaría disminuir más de 200 millones de toneladas con respecto a las emitidas en 1990, es decir, sería necesario multiplicar por diez las acciones que se realizan en la actualidad (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020).

Otros instrumentos son el Programa de Servicios Integrales de Energía (PSIE) para la atención de comunidades remotas y aisladas; el Programa de Energías Renovables a Gran Escala (PERGE) para la generación eólica en Oaxaca; el Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua y el de Sustitución de Equipos Electrodomésticos para el Ahorro de Energía Eléctrica "Cambia tu viejo por uno nuevo y el Programa Luz Sustentable de 2009 y 2012, cuyo objetivo fue el de sustituir focos incandescentes por lámparas ahorradoras de manera gratuita (Secretaría de Energía, 2014).

Otro es el Proyecto Nacional de Eficiencia Energética en Alumbrado Público Municipal, a través del cual se apoyaría técnica y financieramente a los municipios del país para sustituir los sistemas de iluminación por eficientes, con recursos obtenidos del Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FTEASE). Existe

también el Programa de Ahorro y Eficiencia Energética Empresarial (PAEEEM) o Eco-Crédito Empresarial, el cual consiste en brindar financiamiento a tasa preferencial a usuarios con tarifas 2 y 3, es decir, hasta 25 kW y más de 25 kW respectivamente, para la sustitución de equipos eléctricos ineficientes por equipos eficientes como refrigeradores, motores eléctricos, aires acondicionados, iluminación eficiente y subestaciones eléctricas.

Para promover la investigación y desarrollo tecnológico en el tema, el Gobierno Federal creó el Fondo Sectorial CONACYT-SENER y el Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE). Conjuntamente, el FIDE opera los Programas de Educación para el Uso Racional y Ahorro de Energía Eléctrica (EDUCAREE) y jornadas de enseñanza de ahorro de energía eléctrica a través del uso eficiente de esta en el hogar. Por medio de cursos, talleres, conferencias, textos especializados, entre otros han participado más de 9 millones 800 mil personas desde 1999 (PRONASE, 2014).

- Fomento de las Energías Renovables 2017-2018

El documento de Prospectivas del Sector Eléctrico 2018-2032 es una herramienta de planeación para el sector eléctrico en cumplimiento con la LOAPF en su artículo 33. En este se presenta un marco legal, la situación energética actual del país y la planeación prevista para los próximos 15 años en temas de instalación de nueva capacidad de generación, la esperada y otros proyectos (Ubaldo Higuera, 2018b).

Al igual que la prospectiva del Sector Eléctrico, el documento de Prospectivas de Energías Renovables 2018-2032 funge como instrumento para conocer información histórica de las energías renovables, estudios y tendencias en México así como un panorama para la toma de decisiones de inversión, investigación o política pública (Ubaldo Higuera, 2018a). Se conoce que los usuarios incrementaron a una TMCA de 2.5%, que el consumo bruto de energía creció a una TMCA de 2.6% entre 2007 y 2017 y que la generación eléctrica con energías renovables también aumentó a una tasa del 4%.

- Mapas de Ruta Tecnológica de Energías Renovables

Herramienta para la planeación de proyectos de la capacidad tecnológica para el desarrollo sustentable de la industria de energías renovables en el país; considerando la infraestructura, recursos humanos, tecnología, y las acciones prioritarias, actividades específicas actores involucrados y plazos estimados de ejecución. El mapa de ruta tecnológica en energía solar propone un visión al 2030 donde se considera factible contar con una capacidad instalada para electricidad de 22 GW (Ubaldo Higuera, 2018a).

- Certificados de energías limpias (CELS)

Estos certificados funcionan como instrumento de promoción para inversión en energías limpias, permitiendo así, transformar las metas nacionales de generación limpia de electricidad en obligaciones individuales, de manera efectiva y con costo reducido para el país (Ubaldo Higuera, 2018a).

- Fondo de Servicio Universal Eléctrico (FSUE)

Su objetivo es el de ampliar la electrificación en zonas urbanas marginadas y comunidades rurales alejadas de las redes. Se capacita a los pobladores para darles servicio y mantenimiento para mayor durabilidad de las baterías y vida útil de los paneles fotovoltaicos (SENER, 2018).

- Fondo para la Transición Energética y Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE)

Es un Fideicomiso Público diseñado bajo prácticas internacionales y compromiso social para que los países, al contar con energía sustentable, puedan desarrollar economías más competitivas y resilientes (SENER, 2018).

- Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE)

Surge con la finalidad de impulsar la eficiencia energética con el ahorro de energía eléctrica en los sectores industrial, comercial, servicios y agropecuarios; y una cultura de uso racional de la energía (PRONASE, 2014). Una de sus acciones es el Sello FIDE, otorgado a productos que cumplan el desempeño establecido en la NOM correspondiente.

- Instrumentos de política energética de fomento de las energías renovables
 - Subastas Eléctricas: Mecanismos a largo y mediano plazo por los cuales se celebran contratos para satisfacer de forma competitiva las necesidades de potencia, energía eléctrica acumulable y CELS (SENER, 2018).
 - Redes Eléctricas Inteligentes (REI): Modernización de la Red Nacional de Transmisión y las Redes Generales de Distribución para la implementación de nuevas tecnologías que integren energía limpia y generación distribuida, con una infraestructura confiable y segura (SENER, 2018).
 - Inventario Nacional de las Energías Limpias (INEL) y Atlas de Zonas con Alto Potencial de Energías Renovables (AZEL)

Estos instrumentos son financiados por el FOTEASE y se encuentran en actualización constante gracias a diversas instituciones. Esto con el fin de facilitar la identificación de zonas factibles para el desarrollo de proyectos con energías renovables (SENER, 2018).

- Energías Renovables en Línea (ENRELMx)

Plataforma digital en el portal GOB.MX que integra los 38 trámites necesarios para construir proyectos de energías renovables mayores a 0.5 MW, cuyos servicios pueden ser gestionados 24/7 (SENER, 2018).

- Programa de Hipoteca Verde del Instituto Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT)

Se refiere a que todas las viviendas financiadas a través del Infonavit deben incluir ecotecnologías del tipo: accesorios ahorradores de agua, luz y gas como muebles de baño, focos, calentadores solares, refrigeradores y estufas, lavadoras ecológicas, etc., por un monto adicional que formará parte del crédito. Además del beneficio ecológico, estas contribuyen a un ahorro entre 100 y 400 pesos mensuales en servicios, dependiendo del lugar de emplazamiento de la vivienda (Gerencia de Hipoteca Verde, 2022).

Proyectos en Guanajuato y Celaya.

- Proyecto Integral de Sustentabilidad Comunitaria (PISC)

Este programa del estado de Guanajuato tiene como objetivo el adaptar medidas para mayor uso de energías renovables y disminución de GEI mediante proyectos comunitarios en zonas de atención prioritarias. A través de la Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial (SMAOT), se han implementado sistemas como calentadores de agua, productores de biogás, sistemas de captación de agua de lluvia, estufas ecológicas, sanitarios ecológicos y un proyecto piloto de energía fotovoltaica a pequeña escala (Instituto de Ecología del Estado, 2018).

- Plan Estatal de Desarrollo Guanajuato (PED) 2040

El PED está alineado con el PND, los Objetivos de Desarrollo Sostenible y en general con el marco normativo vigente de planeación nacional, con metas y estrategias claras, como por ejemplo la de impulsar la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías para el aprovechamiento de fuentes de energía limpias y renovables para respaldar el desarrollo económico y social del estado (Lara, 2018).

- Propuesta Estratégica para la formulación del Programa de Gobierno 2021-2024 del Municipio de Celaya

En esta propuesta se presenta un diagnóstico respecto a su situación general. En cuanto al tema del manejo sustentable del medio ambiente, se mide la capacidad de la ciudad para relacionar los recursos naturales y su entorno de manera responsable y sostenible. Para lograr un aprovechamiento óptimo de energías se propone ofrecer descuentos en el pago de impuesto predial y recibos de agua para incentivar la implementación de sistemas de captación de agua pluvial, jardines verticales, azoteas verdes, sustitución de electrodomésticos y focos ahorradores en colaboración con el gobierno, instalación de focos LED en alumbrado público y promover la generación de energía eléctrica en viviendas, comercios e industrias (H. Ayuntamiento de Celaya, 2021).

Normas Oficiales Mexicanas

La normatividad de observación obligatoria, aplicable en edificación se clasifica en:

- Normas Oficiales Mexicanas en Materia de **Energía**, de las cuales son aplicables por tratarse sobre eficiencia energética:
 - NOM-003-ENER-2000: De calentadores de agua doméstica y comerciales
 - NOM-011-ENER-2006: En acondicionadores de aire tipo central.
 - NOM-017-ENER/SCFI-2008: De lámparas fluorescentes compactas.
 - NOM-028-ENER-2010: De lámparas de uso general.
 - NOM-007-ENER-2004: Alumbrado en edificios no residencial.
 - NOM-008-ENER-2001: De envolventes de edificios no residenciales.
 - NOM-009-ENER-1995: En aislamientos térmicos industriales.
 - NOM-013-ENER-2004: En alumbrado exterior y vialidades.
 - NOM-020-ENER-2011: De envolventes de edificios residenciales.
- Normas Oficiales Mexicanas en Materia de Manejo de **Agua**.
- Normas Oficiales Mexicanas en Materia de Prevención de Riesgos:

- **NMX-AA-164-SCFI-2013: Edificación Sustentable.** En esta norma se especifican los criterios y requerimientos ambientales mínimos de un edificio sustentable, para mitigar impactos ambientales y contribuir en el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, en un ambiente de viabilidad económica, habitable e integral con el entorno urbano y natural (Dueñas, 2013).

Para el desarrollo de las NOM de eficiencia energética, al cierre del 2013 han surgido 6 organismos de certificación, 52 laboratorios de prueba y 237 unidades de verificación. Y los ahorros energéticos alcanzados de 1995-2012 por su aplicación se estiman en 47,508 Giga watts-hora (PRONASE, 2014). También existen normas de uso de producto, como uso de instalaciones eléctricas, aparatos electrónicos, lavadoras, refrigeradores y congeladores, aires acondicionados, alumbrado, bombeo de agua y calentadores de agua; así como también normatividad aplicable en cuestión de confort térmico y aislante térmico. En el tema de energía solar existen también de definiciones y terminología y se enfocan principalmente en el calentamiento del agua, no en paneles fotovoltaicos (Caraballo de la Peña, 2020).

Dependencias y Secretarías. Cada una de las normas anteriores mencionadas son regidas de manera independiente por distintas instituciones gubernamentales, tales como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), Secretaría de Energía (SENER), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), así como a los gobiernos estatales, municipales y compañías verificadoras.

Contexto Económico

Un subapartado del contexto es la cuestión económica para comprender cómo estos factores nacionales influyen en el desempeño energético, ya que están relacionados directamente; la posición del país respecto a otros, así como los logros cuantificables de la implementación de los programas mencionados en el apartado anterior.

Contexto Energético

El sector energético en México ha dependido históricamente de los hidrocarburos, sin embargo, desde el 2004 la producción nacional de energía primaria ha disminuido y por el contrario, el consumo energético ha aumentado por varios años (PRONASE, 2014). Es decir, la demanda de energía eléctrica ha seguido en aumento cada año y la generación de energía por medio de fuentes convencionales, no renovables y contaminantes ha disminuido su productividad. Esto, sumado a los objetivos del país de disminución de emisiones de GEI y limitar el incremento global de temperatura por debajo de los 2°C, demanda una serie de acciones en conjunto entre los diferentes niveles de gobierno, instituciones, profesionistas y consumidores de los distintos sectores.

En la sección anterior se describieron los programas y estrategias que surgieron gracias a las leyes con objetivos ambientales, puntualizando en esta investigación las que están enfocadas en energía eléctrica. Algunos datos y estadísticas de los beneficios obtenidos por la aplicación de dichos instrumentos son: Gracias al Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), se han llevado a cabo desde su creación: 1.8 millones de diagnósticos energéticos, más de 4 mil proyectos, se han autorizado más de 2.6 millones de créditos al sector residencial a través del Programa de Sustitución de Equipos Electrodomésticos (PSEE) y del Programa de Financiamiento para el Ahorro de Energía Eléctrica (PFAEE) se han financiado cientos de proyectos en pequeñas y medianas industrias; así como la entrega de cerca de 60 millones de lámparas fluorescentes compactas auto balastradas.

Por la aplicación del Sello FIDE, tan solo en 2012 ya se tenían registrados 3,497 modelos de alta eficiencia energética. En conjunto, todas las acciones del FIDE hasta dicho año, han generado ahorros de aproximadamente 17 mil Giga watts-hora en consumo y 3,500 MW en demanda. Hasta el 2012 el Programa Horario de Verano ha coadyuvado un ahorro aproximado de 19,460 Giga watts-hora y se han evadido alrededor de 9 millones de toneladas de GEI.

Con el Programa de Eficiencia Energética se ha logrado un ahorro energético desde 1999 hasta el 2012 de 5,483 Giga watts-hora (PRONASE, 2014); con el Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua 2008-2012 se instalaron 1.8 millones de m² de calentadores en el país; por el Programa de Sustitución de Equipos Electrodomésticos para el Ahorro de Energía Eléctrica "Cambia tu viejo por uno nuevo" hasta el año 2012, se habían otorgado alrededor de 1.8 millones de créditos. Del Programa Luz Sustentable se logró un reparto de 47.2 millones de lámparas ahorradoras, disminuyendo el consumo de hasta 2,048 gW/h al año y evitando la emisión de 1.4 millones de toneladas de CO₂ anual.

Esto lleva a la conclusión de que la aplicación de estas estrategias ha dado como resultado en una parte de los beneficios pretendidos de las metas nacionales, sin embargo, se puede notar que la mayoría de las acciones que se han llevado a cabo tienen un enfoque de eficiencia energética como el cambio de lámparas y equipos eléctricos del hogar por unos más eficientes y regulados normativamente, así como instalación de ecotecnologías de tipo calentadores o colectores solares de agua. Todo esto beneficia la meta de disminución de emisiones por la generación eficiente de la energía, sin embargo, aún se cuenta con estrategias y resultados tangibles en el tema de transición energética, para aumentar la generación a través de fuentes renovables en el sector residencial.

Factores Económicos. A nivel mundial la economía creció 3.0% y la de México un 2.0% al cierre de 2017; por otra parte, las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y gas al consumidor final tuvieron un decremento de 0.2% (Ubaldo Higuera, 2018b). Como se menciona anteriormente, el sector eléctrico del país está ligado al comportamiento de factores económicos, estas variables son:

- Población: 123.5 millones de habitantes, 1% mayor que lo registrado en 2016.
- Tipo de cambio: En promedio 18.9 pesos por dólar en 2017.
- Precio del gas natural Henry Hub: Se promedia en 3.0 dólares por millones de unidades térmicas británicas, 19% más que en 2016 (US\$/MMBTU).

Demanda y Consumo de Energía Eléctrica. Al ser la energía eléctrica un bien básico para el desarrollo de actividades, toma relevancia el asegurar un suministro eléctrico suficiente y confiable. En el período 2021-2035 está previsto que, a nivel internacional, el consumo per cápita de electricidad tendrá una tasa media de crecimiento anual (TMCA) de 1.1%, se espera que el 43.1% de la energía generada sea con base en energías limpias, aumentando 4.0% anual en promedio; a través de incentivos gubernamentales y mejoramiento de la tecnología (PRODESEN, 2021).

Consumo Final y Usuarios Finales 2020. Los usuarios de energía eléctrica aumentaron a una tasa media de crecimiento anual (TMCA) de 2.5% entre el 2000 y el 2017, cerrando con alrededor de 42 millones de usuarios. De los seis sectores de consumo final de la energía, el agrícola fue el que mayor crecimiento presentó con 10.8%, seguido del residencial con 6.4%. El consumo final del SEN se ubicó en 266,602 GWh, lo que representó una caída del -3.0% respecto al año anterior (PRODESEN, 2021).

Generación Distribuida. Para la implementación de generación distribuida de los sistemas fotovoltaicos⁸ (GD-FV), se deben considerar los retos en pronósticos de demanda, consumo e inoperatividad al integrar proyectos de centrales eléctricas; así como la actualización del Programa Indicativo para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas (PIIRCE).

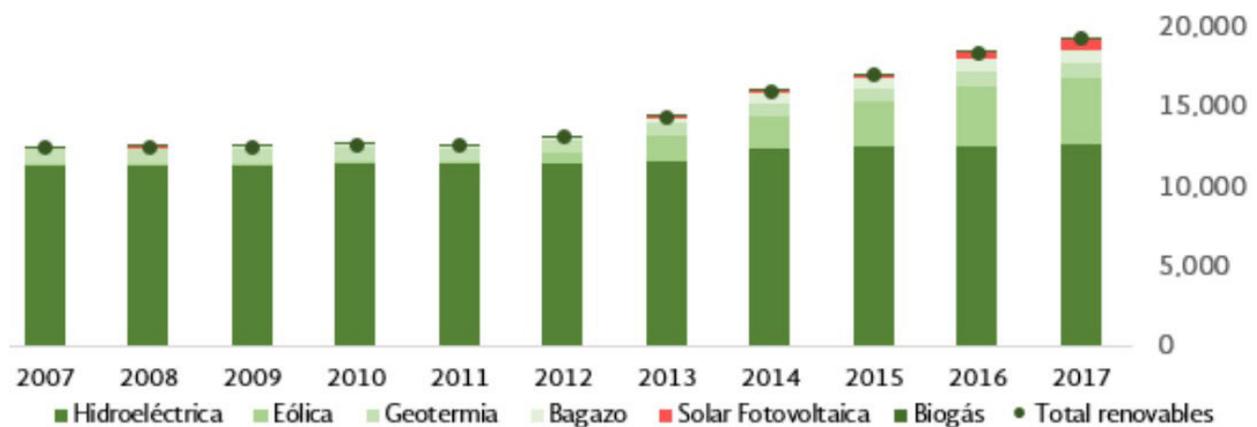
Contexto Internacional de las Energías Renovables. La capacidad total de generación eléctrica con energías renovables a nivel mundial aumentó 8.3% (2,179GW) respecto del año anterior. De este total, el 85% provino de energías eólica y solar y el 64% de la nueva capacidad se dio en Asia. La matriz energética sigue reestructurándose, aunque la energía hidroeléctrica se ha mantenido dominante con el 53% (1,152 GW) del total, y otras energías como la eólica y la solar han incrementado su participación con 23% y 18% del total de capacidad con energías renovables.

La energía solar tiene el mayor incremento en capacidad instalada con 49 GW, 32% más que en el 2016, después la eólica, hidroeléctrica, bioenergía y geotérmica. De la capacidad

instalada mundial, México ocupó el puesto 17 en el 2017 y el segundo país en Latinoamérica con 1% del total global (Ubaldo Higuera, 2018a). La expansión de la capacidad solar sigue dominada por Asia, principalmente por China (53 GW), India (9.6 GW) y Japón (7 GW). Otros países con una instalación mayor a 1 GW fueron Estados Unidos, Turquía, Alemania, Australia, Corea del Suro y Brasil (Ubaldo Higuera, 2018a).

Potencial de las Energías Renovables en México. Los principales instrumentos de México para la ubicación de recursos potenciales para generar energía eléctrica a través de energías renovables son el INVEL y el AZE, ambos previamente descritos en el contexto normativo. La capacidad instalada aumentó a una tma de 4.5%, siendo la eólica y la solar las que presentaron mayor crecimiento con tca promedio de 47.6% y 43.2% respectivamente (Ubaldo Higuera, 2018a). Parte del crecimiento de la energía solar se debe a las tres Subastas de Largo Plazo.

Figura 10. Capacidad instalada de generación eléctrica de energías renovables (MW) en México

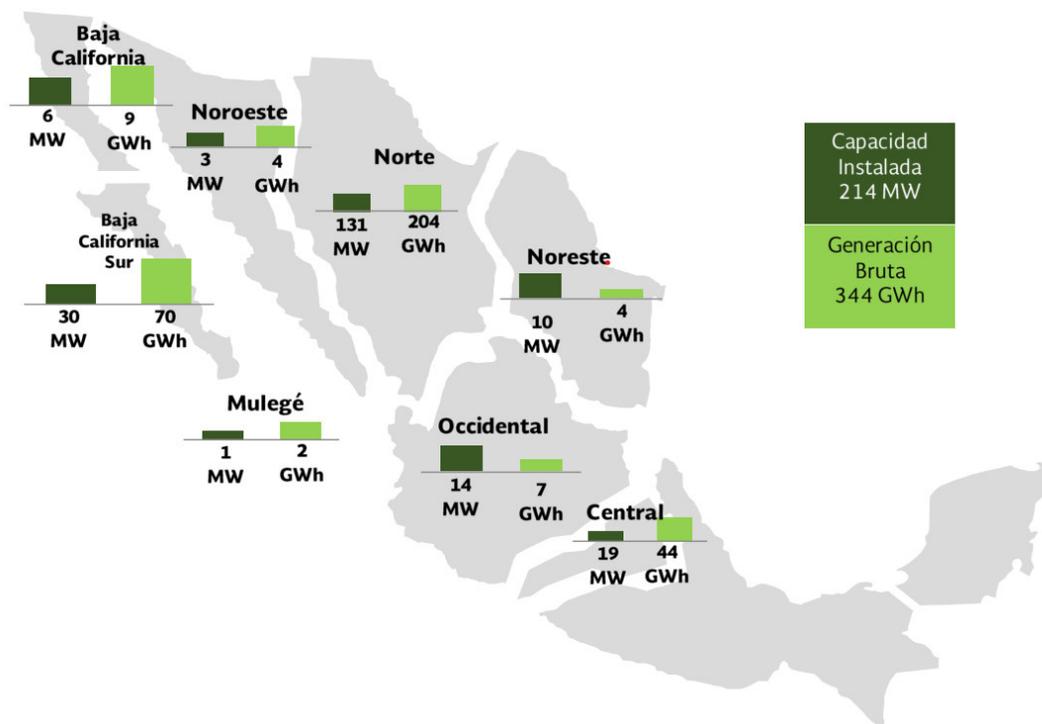


Fuente: SENER (2018)

⁸ Se establece en el PND 2019-2024 la nueva política energética que impulsará el desarrollo sostenible a través de la producción de energía con fuentes renovables, incrementando su producción en la matriz energética y disminuyendo la participación de los combustibles fósiles (Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2021-2035, 2021a). Esto se lograría al reducir los costos de inversión, operación y mantenimiento, por medio de tecnologías como mejores sistemas de almacenamiento. Se tiene previsto que entren en operación 131 proyectos del 2021 al 2026 instruidos por la SENER y CFE, así como 91 instruidos a CFE Distribución (Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2021-2035, 2021b).

Regiones de Control del SEN y Generación Bruta de Energía Solar. Para un mejor control en el SEN, este se organiza en siete regiones interconectadas, las cuales conforman el Sistema Interconectado Nacional (SIN) y los sistemas aislados de Baja California, Baja California Sur y Mulegé. Al cierre de 2017 se registraron 23 plantas de generación solar sin considerar los sistemas de generación distribuida. La mayor concentración de capacidad instalada se dio en la región Norte debido al alto potencial de recurso disponible (Ubaldo Higuera, 2018a).

Figura 11. Capacidad instalada y generación bruta de centrales solares por región de control, 2017 (MW, GWh)



Fuente: SENER (2018)

En relación con el potencial de la energía solar fotovoltaica, se cuentan con estudios técnicos y económicos⁹ que muestran un potencial disponible de 11,661 MW.

- Indicadores para el periodo prospectivo 2018-2032:

⁹ Inventario Nacional de Energías Renovables (SENER) <https://dgel.energia.gob.mx/inere/>

- Población: Se espera un crecimiento a una TMCA de 0-8%, para registrar 139 millones de personas al final del periodo.
- Economía Nacional: Se estima que aumente a una TMCA de 3.2%
- Consumo bruto de energía: Se prevé un incremento del 3.1%
- Evolución esperada de la capacidad instalada y generación bruta con energías renovables
 - Capacidad de generación con tecnologías de fuentes renovables: Se anticipa que se adicionen 30,241 MW.
 - Capacidad a instalar: Se espera mayor nivel en el 2019 como resultado de las tres primeras subastas eléctricas a largo plazo.
 - Capacidad a instalar con energías renovables: las energías eólica y solar fotovoltaica concentrarán el mayor porcentaje.
 - Capacidad a retirar: 61 MW de 7 unidades geotérmicas y una eólica.
 - Capacidad instalada de generación eléctrica con energías renovables: Se espera un crecimiento a una TMCA de 6.1% (49, 158 MW).
 - Nueva capacidad con energía solar fotovoltaica y termo solar: Adición de 66 nuevas centrales de generación. Y la generación crecerá a un ritmo de 13.5% anual (Ubaldo Higuera, 2018a).

Inversiones en Plantas de Generación Fotovoltaica en México

En los diversos instrumentos de consulta de energéticos del país, existe información estadística para conocer el comportamiento de generación, demanda y consumo para conocer si realmente se están cumpliendo las metas descritas en los programas e instrumentos. Como se ha descrito anteriormente es importante conocer estos datos para orientar las zonas con potenciales para proyectos de generación de energía renovable y existen diversos instrumentos a consultar. Por ejemplo, para conocer datos de la evolución de la capacidad instalada (MW) de la CFE y del resto de los permisionarios en un período de 2017-2021 y por tipo de tecnología, se consultó el PRODESEN.

Figura 12. Evolución de la capacidad instalada (MW) de la CFE y del resto de los permisionarios en un período de 2017-2021 y por tipo de tecnología

| ANEXO 3.3. EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA (MW) DE LA CFE Y DEL RESTO DE LOS PERMISIONARIOS 2017 – 2021 ^{1/} | | | | | |
|--|---------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------------------|
| Tecnología | 2017 ^{2/} | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 ^{3/} |
| Hidroeléctrica | 12,612 | 12,612 | 12,612 | 12,612 | 12,614 |
| Geotermoeléctrica | 899 | 899 | 899 | 951 | 976 |
| Eoloeléctrica | 3,898 | 4,866 | 6,050 | 6,504 | 7,691 |
| Fotovoltaica | 171 | 1,878 | 3,646 | 5,149 | 7,026 |
| Bioenergía ^{4/} | 374 | 375 | 375 | 378 | 408 |
| Suma limpia renovable | 17,954 | 20,629 | 23,582 | 25,594 | 28,714 |
| Nucleoeléctrica | 1,608 | 1,608 | 1,608 | 1,608 | 1,608 |
| Cogeneración Eficiente ^{5/} | 1,322 | 1,709 | 1,710 | 2,305 | 2,309 |
| Suma limpia no renovable | 2,930 | 3,317 | 3,318 | 3,913 | 3,917 |
| Capacidad Total Energía Limpia | 20,883 | 23,946 | 26,900 | 29,506 | 32,632 |
| Porcentaje | 30.69 | 32.82 | 34.29 | 35.50 | 36.47 |
| Ciclo combinado | 25,340 | 27,393 | 30,402 | 31,948 | 35,060 |
| Térmica convencional ^{6/} | 12,665 | 12,315 | 11,831 | 11,809 | 11,809 |
| Turbogás ^{7/} | 2,960 | 2,960 | 2,960 | 3,545 | 3,781 |
| Combustión interna | 739 | 880 | 891 | 850 | 734 |
| Carboeléctrica | 5,463 | 5,463 | 5,463 | 5,463 | 5,463 |
| TOTAL | 68,050 | 72,958 | 78,447 | 83,121 | 89,479 |

Fuente: SENER (2021)

Algunos casos en donde la implementación de este tipo de energía se dio de manera exitosa son, por ejemplo, el que desarrolló *Dhamma Energy*, al cual se le autorizó la construcción de 3 centrales de paneles fotovoltaicos en el centro del país y en el bajío, con una potencia total en conjunto de 554MWp¹⁰. Otros proyectos de dicha empresa y que se encuentran operando están ubicados en San Luis Potosí, Guanajuato, Sonora y Aguascalientes (s.a., 2019b).

Otra es la del Banco Internacional de Desarrollo (BID *Invest*), el Instituto de Crédito Oficial (ICO) y el Banco de Tokio- Institución de Banca Múltiple Filial (MUFG) al grupo X-Elio, por 39,4 millones de dólares para la planta solar fotovoltaica Xoxocotla en Ayala,

¹⁰ MWp: Presión de trabajo máxima, es la presión máxima a la cual puede operar una válvula Schlumberger Limited (2021)

Morelos, con una capacidad 85MWp. Se prevé que esta planta permitirá el ahorro de 1,6 millones de toneladas de CO₂ en los siguientes 20 años, además de diversificar la matriz energética del país y aumentar la capacidad de energía renovable instalada. Los demás proyectos de esta empresa se ubican en Guanajuato, Ciudad Juárez, Chihuahua y Sonora con un total de 509 MWp, así como 375 millones de dólares de inversión y 223 millones de dólares de financiación (Monforte, 2020).

Costos y Beneficios de la Energía Solar Fotovoltaica en México

La Asociación Mexicana de Energía Solar (ASOLMEX) junto con la *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ), realizaron un análisis de costo-beneficio¹¹ de la generación solar distribuida en México. Para este análisis se consideraron como integrantes de la cadena de valor al generador, transportista y distribuidor, suministrador y usuario final. Se realizó un análisis de los costos y beneficios para cada integrante, tomando en cuenta valores cuantitativos y cualitativos (Reyes *et al.*, 2018).

Existen costos y beneficios para cada uno de los participantes, ya sea el generador, el transportista, el distribuidor, el suministrador, el usuario final y la sociedad en general. En relación con el usuario final¹² los costos cuantificables serían los de inversión y operación del sistema en su tiempo de vida, ya que inicialmente los costos son mayores a los beneficios al sumarse el total de la inversión en el año que se instala, posteriormente solo

¹¹ Costo-beneficio neto total: En la cuestión del beneficio neto agregado resultó un valor de 200 millones de pesos y 47% de crecimiento compuesto anual. En las variables cuantitativas, se describen los costos en inversión y operación de un sistema fotovoltaico, así como la reducción de ingresos de las empresas de Transmisión y Distribución (T&D). De la misma manera, se obtendrían beneficios de ahorros al usuario final, disminución de pérdidas en el sistema, reducción de precios marginales de energía en el mercado, aportación al PIB por nuevas inversiones.

En cuanto a las variables cualitativas, el análisis de costos involucraría: estrés de la red en lugares poco interconectados por grandes penetraciones, extensión del plazo de recuperación de activos fijos de T&D y poco desarrollo en materia de reciclado de componentes; por el lado de los beneficios, esto implicaría: plusvalía en viviendas y comercios, mayor recaudación fiscal, provisión de electricidad en caso de desastres naturales y la reducción de subsidios en tarifas de consumo básico (Reyes *et al.*, 2018).

¹² El usuario final es definido como la "Persona física o moral que adquiere, para su propio consumo o para el consumo dentro de sus instalaciones, el Suministro Eléctrico en sus Centros de Carga, como Participante del Mercado o a través de un Suministrador" (Reyes *et al.*, 2018, p. 57).

se consideran los costos de operación. Sin embargo, es posible que, en la medida en que existan más instalaciones, la rentabilidad anual también se acumula.

En cuanto beneficios económicos para el país, entre los años 2018-2024, se estima una aportación al PIB de 150 miles de millones de pesos en inversión, así como la creación directa e indirecta de 77 mil empleos. En el aspecto ambiental, se registraron beneficios entre el 2018 y 2024 la reducción de emisiones de GEI en un estimado de 27 millones de toneladas de CO₂ junto con un ahorro de 27 miles de millones (MM) de litros de agua (Reyes *et al.*, 2018).

Situación Socioeconómica en la Zona de Estudio

La implementación de este tipo de proyectos y su ubicación son prueba de que, en México la zona bajo tiene un alto grado de viabilidad para la producción de energía eléctrica fotovoltaica. La ciudad de Celaya cuenta con una ubicación geográfica favorable, ya que es el punto de conexión de mercados y cruce de rutas comerciales hacia el norte y occidente del país. Esto beneficia el ámbito económico de la ciudad, fortalecida por la industria manufacturera de electrodomésticos y automotriz. Sin embargo, un punto relevante es el de la delincuencia, ya que en las últimas dos décadas, la cuestión de seguridad se ha visto altamente agravada en el municipio, principalmente por la presencia de grupos armados de narcotráfico; sumado a que, por falta de oportunidades, salarios bajos, educación deficiente, conformismo, etc., parte de la población considera a la delincuencia un negocio redituable (Mora, 2017).

Tan solo la empresa ferroviaria FERROMEX desde el 2015 implementó operativos de seguridad en el municipio para salvaguardar los fletes. Al verse mermado el robo al tren, los agresores redirigen estas prácticas a nuevos objetivos. Según los datos en Mora (2017), hasta el año 2013 el daño al patrimonio de la ciudad no era común por los robos al tren, después del 2014, el municipio subió 34 posiciones por robo con violencia a la población con respecto al año anterior, resultando en cifras más altas que Guadalajara o la Ciudad de

México. Estos delitos, sumado a la cuestión de violencia por la lucha armada entre cárteles de narcotráfico, así como extorsiones y cobro de piso a los negocios locales, ha provocado su cierre e incluso el desplazamiento de población a otros municipios.

Esto sería relevante a considerar ya que, al verse afectada la economía de la población por la delincuencia, habría que proteger la inversión de plantas de paneles fotovoltaicos. También se debe considerar que una adecuada iluminación urbana junto con el control visual y espacial que los vecinos le proporcionen a las calles mitiga la inseguridad que pudiera propiciarse. Este requerimiento de iluminación puede producirse a través de la misma energía generada por estos paneles fotovoltaicos. En cuanto al crecimiento económico, el ayuntamiento de Celaya tiene la meta de “promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos” (H. Ayuntamiento de Celaya, 2019, p. 191). Lo cual involucraría acciones conjuntas para que todas las personas en edad de trabajar tengan oportunidades laborales dignas, sin dañar el medio ambiente.

Con la información anterior se afirma que la posibilidad de implementación de energía renovable solar por recursos naturales es viable, ya que Celaya cuenta con la radiación solar adecuada para una generación continua de electricidad a través de este medio. También se confirma la existencia de programas y estrategias derivadas de las leyes que tienen la finalidad de mejorar el aspecto ecológico del país, a través de la disminución del consumo de energía eléctrica, pero sobre todo con objetivos de eficiencia energética, ya que las acciones de mayor impacto han sido el uso de equipos y sistemas de mayores niveles de eficiencia energética, así como mejores prácticas y hábitos en el uso de la energía. Sin embargo, aún faltan desarrollar estrategias claves y puntuales para la adaptación de las distintas fuentes de energías renovables para la generación de electricidad, sobre todo en el sector residencial.

Se concluye también que los instrumentos de prospectivas y supuestos del escenario de planeación tienen un papel importante para determinar el comportamiento de las energías renovables en el futuro, así como identificar las el cumplimiento de una serie de

variables como el establecimiento de los proyectos en zonas estratégicas, consideración de los pronósticos de crecimiento de la economía, la tendencia poblacional, el consumo eléctrico y los indicadores de las necesidades que tendrá el país.

A su vez, se ratifica el interés de la inversión privada para implementar estos sistemas en el país, sin embargo, todos estos se dirigen a la instalación de parques de generación solar, es decir, en grandes extensiones de terreno para que sea redituable, este tipo de inversiones aún no es común para la implementación en viviendas. Es trascendente entonces analizar la importancia de la elección de esta fuente de energía renovable, entender la relevancia de su fuente de origen y compararla con todas las otras existentes.

Capítulo 2: Fuentes de Energía y Sostenibilidad Arquitectónica

La energía se presenta de distintas maneras, por ejemplo, en forma de calor, en la caída de un objeto por fuerza gravitacional, en energía orgánica por la fuerza del hombre y animales o por procesos mecánicos o químicos (Camacho, 2007). Los procesos anteriores desprenden materiales llamados recursos energéticos, los cuales son transformados y aprovechados por el ser humano para la realización de sus actividades.

Fuentes de Energía: Renovables y No Renovables

Concepto de Fuentes de Energía

La Dirección General de Planeación e Información Energéticas (DGPIE) define a las fuentes de energía como “aquéllas que producen energía útil directamente o por medio de una transformación, estas se clasifican en dos tipos: primarias y secundarias” (DGPIE, 2019, p. 105).

Clasificación de las Fuentes de Energías

Las fuentes de energía, a partir de su fuente de obtención se clasifican en primarias y secundarias. La energía primaria se compone de aquellos productos energéticos que se extraen directamente de los recursos naturales y su energía se utiliza como insumo para obtener productos secundarios, o consumirla de manera directa. Para el concepto de energía secundaria “se agrupan a los derivados de las fuentes primarias, los cuales se obtienen en los centros de transformación¹³ (DGPIE, 2019, p. 108).

Energías Primarias No Renovables por su Origen: Clasificación

Combustibles Fósiles

Los combustibles fósiles son el resultado de la descomposición de plantas y animales que quedaron sedimentados y enterrados en el fondo de las fallas geológicas de la tierra formando depósitos, los cuales se transformaron en hidrocarburos fósiles gracias a una reacción química por el aumento de presión debido al calor, dando como resultado el petróleo y el gas natural. Este mismo proceso ocurrió en la tierra, produciendo carbón. Para entender el tiempo que le tomó a la naturaleza formar estos depósitos y lo rápido que toma consumirlos, datos muestran que para obtener los combustibles fósiles que se consumen en un año (2010) a nivel mundial, a la tierra le tomó un proceso de 5 millones de años generarlos (incubatepictures, 2012).

13 Centros de Transformación: “Centros donde se procesa energía primaria para obtener productos secundarios que poseen características específicas para ser consumidos” (DGPIE, 2019, p. 112). Hay 4 tipos:

- a) Coquizadoras: plantas donde se obtiene coque de carbón.
- b) Refinerías y despuntadoras: plantas donde se separa el petróleo en sus diferentes componentes.
- c) Plantas de gas y fraccionadoras: plantas que separan los componentes del gas natural y de los condensados para obtener productos no energéticos.
- d) Centrales eléctricas: plantas integradas por unidades de generación, equipos auxiliares, subestaciones y equipos de transmisión. Se clasifican en cinco tipos, según las fuentes de energía: termoeléctricas, hidroeléctricas, geotermoeléctricas, eoloeléctricas. (DGPIE, 2019)

Carbón Mineral. El carbón es un elemento sólido color negro que contiene carbono y otros componentes como hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre y otros; es utilizado como combustible y se clasifica en dos tipos:

- Coquizable: Transformable en coque de carbón por el bajo contenido de cenizas.
- No coquizable: No transformable por alto contenido de finos y cenizas, además de ser flamable (DGPIE, 2019).

Petróleo. El petróleo es un fluido viscoso y aceitoso color café oscuro, se procesa en refinerías como materia prima y para su fraccionamiento en derivados. Por su densidad, el producido se clasifica en: extrapesado, pesado, mediano, ligero y superligero. Por el mercado de exportación los tipos son altamira, maya, istmo y olmeca.

Tabla 3. Tipos de petróleo por mercado de exportación

| Tipo de petróleo por mercado de exportación | Clasificación por densidad | Densidad (° API) | Contenido de azufre (%) |
|---|----------------------------|------------------|-------------------------|
| Altamira | Pesado | 16.5 | 5.5 |
| Maya | Pesado | 22 | 3.3 |
| Istmo | Ligero | 33.6 | 1.3 |
| Olmeca | Superligero | 39.9 | 0.8 |

Fuente: Elaboración propia con base en (DGPIE, 2019, p. 106)

Condensados. Líquido compuesto de pentanos y otros líquidos más pesados que se separan y recuperan en gasoductos, ya que se condensan durante la transportación del gas natural (DGPIE, 2019). Estos se procesan en refinerías y plantas de gas, y se clasifican según su contenido de azufre en:

- Amargos: Condensados con los gases ácidos de los yacimientos.
- Dulces: Condensados tratados en plantas para la eliminación de gases ácidos.

Gas Natural. Mezcla de parafínicos ligeros constituido por metano, etano y propano, así como elementos inorgánicos como nitrógeno, CO₂ y ácido sulfhídrico. Puede encontrarse junto con el petróleo o en pozos independientes y se trata en plantas que lo convierten en gas seco, gas licuado de petróleo (gas LP), nafta y etano (DGPIE, 2019).

Energía Nuclear

Nucleoenergía. El proceso de purificación y enriquecimiento del uranio tiene como resultado la energía nuclear. El material fisiónable de este mineral se utiliza como combustible en reactores nucleares para producir energía calorífica, que a su vez se transforma en mecánica y finalmente en eléctrica (DGPIE, 2019).

Energías Primarias Renovables por su Origen: Clasificación

Energías a partir de Desechos

Biomasa. Materia renovable de origen vegetal y animal cuya energía está almacenada por sustancias orgánicas y su transformación da lugar a residuos orgánicos. (Roldán, 2013). Los tipos de residuos que se pueden utilizar para la biomasa se pueden clasificar en 5 grupos, mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 4. Tipos de residuos para biomasa

| Residuo | Procedencia | Principales Residuos |
|--------------|-------------------------|--|
| Forestales | Naturaleza | Troncos, ramas, cortezas, virutas, serrín, restos de madera, hojarascas, raíces, restos de procesos de limpieza. |
| Agrícolas | Explotaciones agrícolas | Paja de cereales, leña, viñedos, olivos, tallos de cultivos, caña de maíz, restos leñosos de vegetales. |
| Ganaderos | Explotaciones ganaderas | Deyecciones de animales estabulados. |
| Industriales | Industrias | Industrias de conservas vegetales, producción de aceites, vinos y frutos secos. |
| Urbanos | Actividad humana | Viviendas, hoteles, hospitales, restaurantes, bares, cafeterías, etc. ¹⁴ . |

Fuente: Elaboración propia con base en Roldán, (2013)

¹⁴ Es necesario reducir las cargas contaminantes de las aguas residuales procedentes de la actividad humana, ya que la parte sólida contiene un porcentaje considerable de biomasa residual. (Roldán, 2013).

La biomasa que se considera en México, en el Balance Nacional de Energía (BNE) del 2018 es:

- Bagazo de Caña: Fibra obtenida de la caña después de extraer el jugo y se utiliza como combustible para generar electricidad en los ingenios azucareros.
- Leña: Recursos forestales como troncos, ramas, arbustos y residuos sólidos de destilación que se utilizan en forma de energía en el sector residencial, para calefacción y cocción de alimentos (DGPIE, 2019).

Existen también combustibles obtenidos de la biomasa que, al quemarse producen energía, estos son llamados biocombustibles. Su objetivo principal es el de sustituir a los carburantes fósiles y reducir gases contaminantes y de efecto invernadero (Roldán, 2013). A los combustibles cuya energía se utiliza para mover motores se les llama carburantes, lo cual consiste en la mezcla de un combustible con aire para generar una mezcla explosiva (Álvarez, s.a., p. 24). Existen muchos tipos de biocarburantes, sin embargo, los tres más importantes son el bioetanol, el biodiesel y el biogás.

- Bioetanol: el etanol es un alcohol etílico deshidratado que se produce a partir de la fermentación de productos de biomasa ricos en azúcares, amiláceos y lignocelulósicos. Los principales cultivos son caña de azúcar, remolacha, sorgo, trigo, cebada, paja de cereales y residuos vegetales.
- Biodiesel: es una mezcla de ésteres metílicos que se obtienen a partir de aceites vegetales como colza, girasol, palma, coco o grasas animales.
- Biogás: compuesto gaseoso de metano y dióxido de carbono producido por la digestión anaeróbica de biomasa húmeda. La procedencia de la materia es: gases de relleno sanitario; de lodos de alcantarillados; estiércol animal; desechos de animales de mataderos, cervecerías e industrias agroalimentarias (DGPIE, 2019) y (Roldán, 2013).

Energías Renovables Verdes

Hidráulica. La energía potencial de una caudal hidráulico se le conoce como hidráulica, ya que es obtenida a partir de la fuerza del agua (DGPIE, 2019).

Mareomotriz. Es la marea de grandes masas de agua y se produce normalmente en las desembocaduras de ríos donde hay constante movimiento (Roldán, 2013).

Geotérmica. La energía geotérmica es el calor acumulado bajo la superficie terrestre y que se libera en la superficie en forma de vapor (DGPIE, 2019).

Eólica. Es la energía que se obtiene por la fuerza del viento mediante un conjunto turbina-generator (DGPIE, 2019).

Solar. La energía solar se produce por la radiación del sol y se obtiene mediante calentadores solares o módulos fotovoltaicos. “No se incluye la energía solar pasiva para calefacción e iluminación directas” (DGPIE, 2019, p. 107).

Energías Secundarias: Clasificación

Mencionado anteriormente, las energías secundarias son derivadas de las primarias y son convertidas en un centro de transformación; se dividen en los siguientes tipos:

Tipos

Coque de carbón: Combustible sólido compuesto de carbono y se obtiene en hornos de recuperación mediante la destilación del carbón siderúrgico¹⁵. Se clasifica según su tamaño en: metalúrgico, nuez y fino (DGPIE, 2019).

Coque de petróleo: Combustible sólido y poroso compuesto con 92% de carbono y 8% de ceniza aproximadamente, residuo en la refinación del petróleo. Este se conoce como coque verde o sin calcinar y se utiliza como energético; el calcinado se obtiene al

¹⁵ “El coque es el producto de la pirólisis del carbón en ausencia de aire y es usado como combustible y reductor en distintas industrias, principalmente en los altos hornos (coque siderúrgico)”. Dirección General del Desarrollo Minero (DGM, 2014, p. 18)

introducirlo en un horno cilíndrico refractario a 1,300°C, sus características son mayor resistencia, alta densidad, baja porosidad y se utiliza como materia prima (DGPIE, 2019).

Gas licuado de petróleo (gas LP): Combustible compuesto de gas butano, iso-butano y propanos, producto de la destilación de petróleo y tratamiento de líquidos del gas natural. Su uso se da mayormente en el sector residencial, comercial y transporte (DGPIE, 2019).

Gasolinas y naftas: Combustible líquido y liviano que se obtiene de la destilación del petróleo y tratamiento del gas natural. Para este rango, se dividen en 4:

Tabla 5. Tipos de gasolina, definiciones y aplicaciones

| Tipo | ¿Qué es? | ¿Dónde se usa? |
|----------------------|--|--|
| Gasolina de aviación | Mezcla de naftas con octanaje elevado. alta volatilidad y estabilidad; bajo punto de congelamiento | Aviones con motores de pistón |
| Gasolina automotriz | Mezcla de naftas relativamente volátiles | Motores de combustión interna de tipo automotriz. |
| Gasolina natural | Producto del procesamiento del gas natural. | Materia prima en industria petroquímica o mezcla directa con naftas. |
| Naftas | Producto del procesamiento del petróleo y del gas natural. | Materia prima en industria petroquímica, solvente en pinturas y barnices, limpiador en la industria. |

Fuente: Elaboración propia con base en (DGPIE, 2019)

Querosenos: Combustible líquido compuesto por la fracción de petróleo destilado entre 150 y 300°C, clasificados en turbosina para turbinas en el transporte aéreo y otros combustibles de uso doméstico como cocción de alimentos, alumbrado, refrigeración, motores, solvente asfáltico e insecticidas (DGPIE, 2019).

Diésel: Combustible líquido obtenido de la destilación fraccionada del petróleo entre los 200 y 380°C. Se usa principalmente en motores de combustión interna, de uso automotriz o industrial (DGPIE, 2019).

Combustóleo: Combustible producto residual de la refinación del petróleo, el cual, abarca todos los productos pesados y se utiliza en plantas de generación eléctrica, motores para navegación y calderas. Se clasifica en ligero, intermedio y pesado (DGPIE, 2019).

Gasóleo: Aceite usado como combustible en motores diésel y en la industria química.

Productos no energéticos o materia prima: Elementos con contenido energético, pero no son utilizados como materia prima, algunos son los asfaltos, lubricantes, grasas, parafinas, etano, propano-propileno, butano-butileno y azufre. (DGPIE, 2019).

Gas seco: Mezcla gaseosa de hidrocarburos, compuesta por metano y etano, subproducto del gas natural incluyendo gas residual y gas seco de refinerías. Se usa como materia prima en la industria petroquímica y como combustible (DGPIE, 2019).

Etano: Hidrocarburo gaseoso que se fracciona del gas natural (DGPIE, 2019).

Electricidad: “Es la energía transmitida por electrones en movimiento ... incluye la energía eléctrica generada por el Sistema Eléctrico Nacional (SEN¹⁶), los Productores Independientes de Energía (PIE¹⁷) y los autogeneradores” (DGPIE, 2019, p. 109).

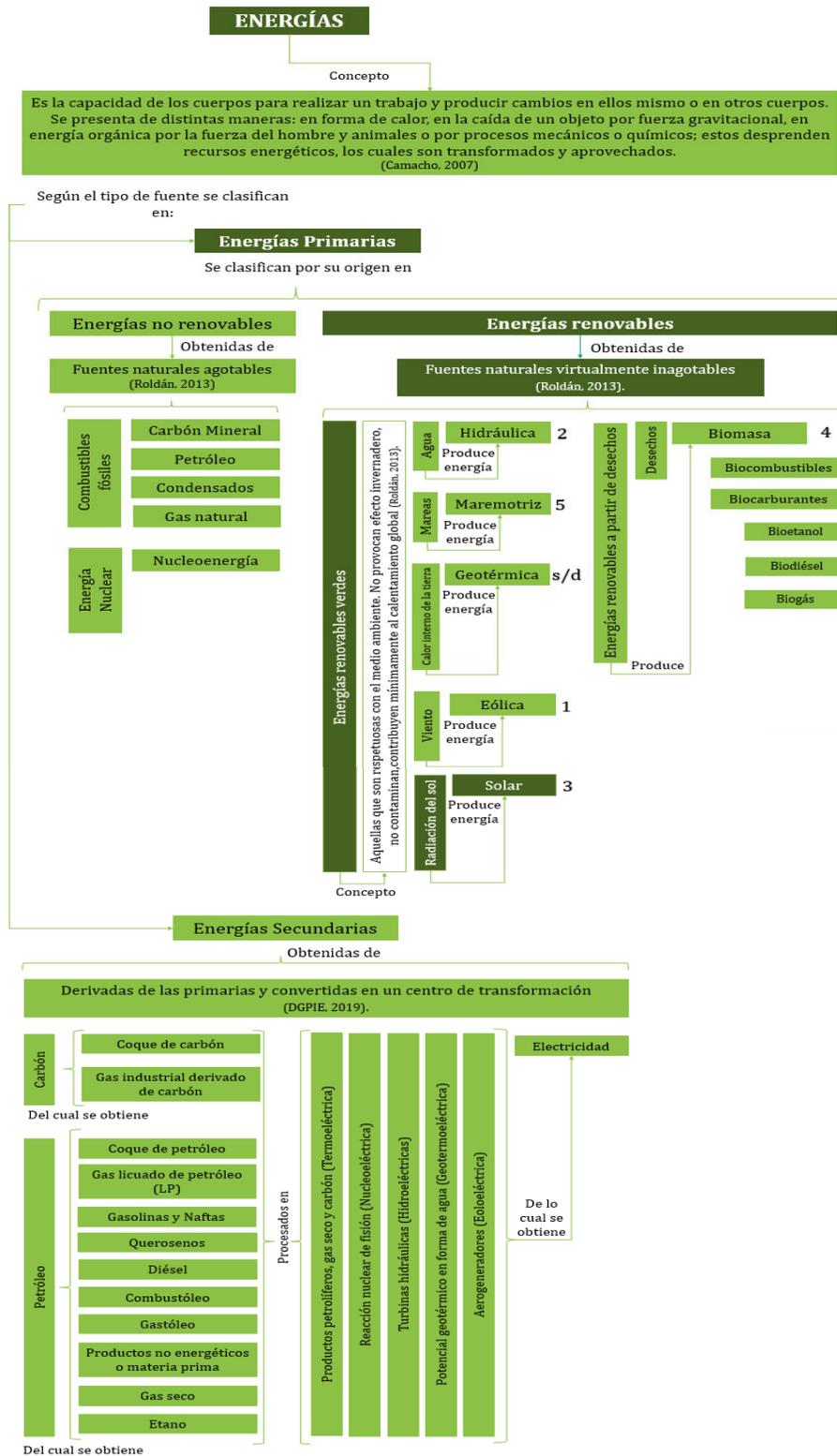
Gases industriales derivados de carbón: Existen dos tipos, el gas de coque, subproducto de coque y siderúrgica (carbonización y gasificación de combustible); y el gas de alto horno, usado en procesos siderúrgicos (DGPIE, 2019).

En la siguiente figura se muestra la síntesis de la clasificación de las energías por fuente de energía, ordenadas de mayor a menor uso y por tipo de energía que producen.

¹⁶ SEN: “instalaciones destinadas a la generación, transmisión, distribución y venta de energía eléctrica para el suministro eléctrico en toda la República, estén o no interconectadas, así como los equipos e instalaciones del Centro Nacional de Control de Energía (CENACE)” (DGPIE, 2019, p. 110).

¹⁹ PIE: “titulares de un permiso para generar energía eléctrica destinada exclusivamente para su venta a CFE. Los autogeneradores son titulares de un permiso de autoabastecimiento, cogeneración, pequeña producción exportación, importación y usos propios continuos”. (DGPIE, 2019, p. 110)

Figura 13. Tipos de gasolina, definiciones y aplicaciones



Fuente: Elaboración propia

Sustentabilidad en la Construcción

La sustentabilidad es un tema relevante en las políticas gubernamentales internacionales y en cambios de dinámicas socioculturales. En cuestiones de edificación sustentable se han implementado diferentes iniciativas relacionadas con la sustentabilidad en la construcción en todo el mundo, una de ellas es “Arquitectura 2030”, lanzada por el arquitecto *Edward Mazria* en Estados Unidos, la cual es una institución sin fines de lucro, establecida en el 2002. Tiene como objetivo la transformación de este sector, ya que se considera que los edificios son elementos clave para solucionar parte del cambio climático y la crisis energética, a través de la implementación de diseño y tecnologías adecuadas para mejorar su eficiencia energética, así como la obtención y producción de energía de fuentes renovables.

Según *Architecture 2030* (2018) para el 2050 seguirán existiendo dos tercios de los edificios actuales, por lo que su adaptación a un funcionamiento sustentable es importante, además de cambiar la reglamentación y procedimientos para los nuevos. Para lograr estos objetivos la institución se apoya de diferentes programas, iniciativas y colaboraciones una de ellas es la *ZERO Tool*¹⁸. Este proyecto es un ejemplo de iniciativa privada de edificación sustentable, sin embargo, existen también diferentes certificaciones para este género de edificio, algunos de ellos son:

- Reino Unido: *Code for Sustainable Homes* y el *British Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM)
- Canadá: *EnerGuide for Houses*

¹⁸ La *Zero Tool* sirve para establecer el funcionamiento energético actual de un edificio, compararlo con la de edificios análogos y establecer metas y objetivos de reducción de consumo energético. Existe una guía para evaluar un edificio en caso de que la herramienta no se encuentre disponible en algún país, además de la guía del llenado de datos para la evaluación del edificio, la cual se divide en las siguientes secciones: 1. Sobre el edificio, 2. Detalles del uso del edificio, 3. Objetivo de reducción de energía, 4. Energía total comprada anual (opcional), 5. Energía total generada anual (opcional) y 6. Resultados (*Architecture 2030*, 2021).

- Australia: *House Energy Rating / Green Star*
- Estados Unidos: *LEED Green Building / LEED for Homes / Modelo Energy Code (MEC) / International Energy Conservation Code (IECC) / Energy Star*
- Alemania: *German Sustainable Building Certification / Passivhaus Institute*
- India: *IGBC Rating System & LEED India™ Green Building Rating Systems*
- Japón: *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency (CASBEE)*
- Nueva Zelanda: *Green Star NZ*
- Sudafrica: *Green Star SA*
- España: Código Técnico de Edificación (CTE)
- Chile: Certificado de desempeño energético de la vivienda
- México-Estados Unidos: Sistema de indicadores para Desarrollos Habitacionales Sustentables / Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza.

Estos se clasifican de acuerdo a su metodología de medición, para el primer grupo se hace una escala de niveles de eficiencia energética en función de los niveles de consumo. Para el segundo grupo se otorga un puntaje a los edificios de acuerdo al cumplimiento de ciertos elementos con una lista de verificación. De las anteriores, algunas de las enfocadas en vivienda son el BREEAM, el *Green Star* y el *Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) Green Building*.

- Reino Unido: *Building Research Establishment's Environment Method (BREEAM)*

Esta metodología sirve para evaluar la eficiencia energética de edificios a través de la acumulación de puntos por el diseño, construcción y operación del edificio. Aplica para nuevas viviendas y existentes, es de obligatoriedad voluntaria, se ha aplicado en países como Holanda, Noruega, Suecia y España y se evalúa: energía (emisiones, pérdida de calor de la envolvente, iluminación, eficiencia de aparatos electrónicos, entre otros); transporte; contaminación; materiales; agua; uso de suelo y ecología; salud y medio ambiente; así como la administración del conjunto (Secretaría de Economía, 2017).

▫ Canadá: *EnerGuide for Houses*

Este programa es aplicable para vivienda nueva o existente, de obligatoriedad voluntaria para evaluar el desempeño potencial de control de las emisiones de GEI en este país. El sistema califica y certifica la eficiencia energética de vehículos, productos y edificios, evaluando las características de la envolvente, materiales constructivos y la eficiencia de los electrodomésticos (Secretaría de Economía, 2017).

▫ Australia: *Green Star*

Este sistema de certificación voluntario evalúa el diseño y proceso constructivo de edificios en este país, y se certifican oficinas, escuelas, hospitales, plantas industriales y viviendas nuevas. Se evalúan elementos del entorno urbano, de protección del medio ambiente, gestión, calidad ambiental interior, energía, transporte, agua, materiales, uso del suelo y ecología, emisiones e innovación (Secretaría de Economía, 2017).

▫ Estados Unidos: *LEED for Homes*

El sistema de calificación LEED depende del tipo de construcción y para este caso se describe la certificación referente a viviendas nuevas del sector popular, en las cuales se evalúa la eficiencia energética y la de su entorno, así como el consumo y ahorro de agua. Se reconoce también la innovación de tecnologías y diseños para reducir el impacto ambiental y los elementos que se evalúan son: ubicación, sustentabilidad del terreno, consumo de agua y energía, materiales de construcción, nivel de confort, así como la conciencia y educación ecológica (Secretaría de Economía, 2017).

Algunos de los requisitos para acceder a LEED, es que los proyectos deben tener una capacidad de ahorro entre el 30 y 70% del consumo de energía, hasta 50% en ahorro de agua y del 50 al 90% en reutilización de recursos para reducir mínimo un 35% las emisiones de CO₂. Esta certificación se encuentra ya presente en México, tan solo hasta el

2013 ya existían 35 edificios certificados, 150 proyectos, y 166 inmuebles en proceso de evaluación, ya que también pueden certificarse edificios existentes (Dueñas, 2013). Algunos de estos edificios son el Centro Nacional de Negocios de Chihuahua en 2006 y la Torre HSBC en 2008, y otros proyectos se encuentran en los estados de EDOMEX, Nuevo León, Jalisco, Baja California, Chihuahua, Querétaro.

Otra iniciativa que promueve la construcción sustentable es el *Solar Decathlon*, concurso llevado a cabo en Estados Unidos desde el 2002 por el Departamento de energía de Estados Unidos, en el cual participan estudiantes y profesores, utilizando técnicas arquitectónicas, ingeniería e innovación para lograr una operación de energía cero y niveles mínimos en la huella de carbono de una vivienda. Sin embargo, este proyecto es para el diseño y construcción de nuevas viviendas, no para adaptar las existentes.

En el ámbito nacional, México pertenece a la *International Energy Agency* (IEA) desde el 2018 y fue el primer miembro en América Latina (IEA, 2021). Su política de uso final de energía cubre diversos sectores y ha permitido que, en el 2018, se redujera en un 5% su uso adicional. Existe también en el país¹⁹ una asociación sin fines de lucro, surgida en el año 2011 como la unión de organismos internacionales, empresas y organizaciones para trabajar en el mejoramiento de la sustentabilidad en el país: SUMe Sustentabilidad para México A.C.²⁰ Este ofrece cursos de capacitación para implementar prácticas sostenibles

¹⁹ En México existe el Consejo Mexicano de Edificación Sustentable (CMES), creado en el 2005 por empresas y organizaciones para promover la construcción sustentable en el país, el uso eficiente de energías limpias y el empleo de materiales constructivos de recursos renovables, reciclables y no tóxicos. Uno de los principales objetivos es el que posicionar un concepto útil de la construcción sustentable y la difusión de mejores prácticas con programas de promoción del desarrollo sustentable; a través de congresos, conferencias, cursos, diplomados y exposiciones de productos y sistemas de ahorro energético, de agua, gas, así como cuidado del ambiente y la salud de las personas. (Acevedo, 2015)

²⁰ También está presente el *Green Business Certification Inc.* (GBCI), el cual es una organización que proporciona la certificación en programas de sostenibilidad como *Leadership in Energy & Environmental Design* (LEED), *The Global Business Certification Standard for Gender Equality* (EDGE), *The Global ESG*

en la industria de la construcción, asesorados por el consejo oficial del *World Green Building Council* (WGBC) en asociación con el *U.S Green Building Council* (USGBC). Las propuestas y programas del estado y el municipio se pueden consultar en el capítulo 1, en la sección del marco normativo.

Desarrollo Sostenible

En la sección anterior se mencionan algunas iniciativas, certificaciones y programas que tratan sobre edificación sustentable, no obstante, es necesario que se haga la aclaración en cuestión de términos, ya que suele haber confusión entre las definiciones de los conceptos sustentable y sostenible. Esta labor no ha sido sencilla debido a que se han otorgado significados desde diversos enfoques, además de ser utilizados simplemente como moda en discursos políticos, económicos e ideológicos, o en propaganda de empresas que usan estos términos de manera inconsistente, provocando la pérdida de su significado.

En el trabajo realizado por López *et al.*, 2005 sobre la definición conceptual de desarrollo sustentable y sostenible, se menciona que la discusión sobre las diferencias entre estos términos comenzó en los años 70's y se partió del concepto de desarrollo humano, su relación con aspectos de crecimiento económico y el incremento de uso desmedido de recursos naturales. La primera reunión fue la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano (UNEP), en Estocolmo, en el año 1972. Después se dio la Estrategia Mundial para la Conservación por la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN) en 1980, la cual tuvo como enfoque la sección "Hacia el desarrollo Sustentable", en la que se identificaron: causas de destrucción del hábitat y pobreza, inequidad social, presión demográfica y terminología comercial.

Benchmark for Real Assets (GRESB), *Parksmart*, *SITES*, *TRUE* y *WELL* SUMe (2019)
ESG: *Environmental, social and corporate governance*

El resultado de ésta fue la convocatoria hacia “una nueva Estrategia Internacional de Desarrollo con objetivos para reajustar las inequidades, aplicando una economía más dinámica y estable a nivel mundial, estimulando el crecimiento económico y oponiéndose a los peores impactos de pobreza” (López *et al.*, 2005, p. 3). Ésta precisaba la sustentabilidad dentro del ámbito ecológico, como la preservación de la diversidad genética, uso sostenible de recursos y no interferencia en los procesos ecológicos; sin embargo, el desarrollo económico tuvo poco énfasis.

En 1983, la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo fue establecida por la ONU. La señora Gro Brundtland, primera ministra de Noruega, lideró esta comisión surge la Comisión Brundtland, la cual publicó en 1987 el documento ‘Informe Brundtland’ o ‘Nuestro Futuro Común’, como resultado de estudios, debates y audiencias con opiniones de científicos, políticos y ecologistas en cinco continentes. Este documento político funge como antecedente del cambio de dinámicas que debía realizar el ser humano para evitar tiempos de grandes padecimientos, así como una fuerte degradación ecológica.

Concepto.

El concepto de desarrollo sostenible tomó relevancia después de 1987, el cual se define como “... “Aquel desarrollo que satisface las necesidades presentes sin comprometer las opciones de las necesidades futuras”, es decir, no agotar, ni desperdiciar los recursos naturales, y tampoco lesionar el medio ambiente, ni a los seres humanos” (López *et al.*, 2005, p. 3). Este no intenta prohibir el uso de recursos, si no que se les dé uno coherente y racional, de modo que las necesidades tanto sociales como medioambientales sean compatibles con el progreso económico; además de ser considerada la primera aproximación sobre la exigencia del cambio en el modo de ver los modelos tradicionales de desarrollo. En la figura 13 se muestra una línea del tiempo con los progresos en el concepto de desarrollo sostenible durante los años de 1970 a 1987.

Figura 14. Línea de tiempo de la evolución del concepto de sostenibilidad



Fuente: Elaboración propia con base en López *et al.*, 2005.

Se concluye entonces que el desarrollo económico y el social deben estar basados en la sostenibilidad, por lo que la creación de políticas de desarrollo sostenible basados en los siguientes puntos fueron clave:

- Satisfacción de las necesidades básicas humanas: alimentación, vestido, vivienda y salud.
- Limitación necesaria del desarrollo tecnológico y social impuesto por el sistema de organización actual, así como la sobreexplotación de recursos y el impacto ambiental de desechos.

Ya se mencionó que desarrollo sostenible y sustentable se confunden por el uso que se les da reiterativamente en discursos actuales y que en algunos casos se utilizan como sinónimos (López *et al.*, 2005). En un principio estos errores sucedieron por cuestiones de traducción, ya que del Informe de Brundtland se traduce como desarrollo sustentable en vez de sostenible, lo que propició un empleo distinto dependiendo de la región en donde era utilizado. En América Latina era común que se empleara el término de desarrollo sustentable, mientras que en España las traducciones se referían al desarrollo sostenible.

Un ejemplo de esto es la definición que proporciona el Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e Informática (INEGI, 1995) en Camacho, 2007, el cual define al desarrollo sustentable como aquel que enriquece "la calidad de vida humana sin rebasar la capacidad de carga de los ecosistemas (...) para lograr esto, se impone desatar un proceso que requiere un progreso simultáneo global en diversas dimensiones que interactúan: económica, humana, ambiental y tecnológica" (p. 250); ejemplo de definición tomada como sinónimo de la traducción del Informe de Brundtland.

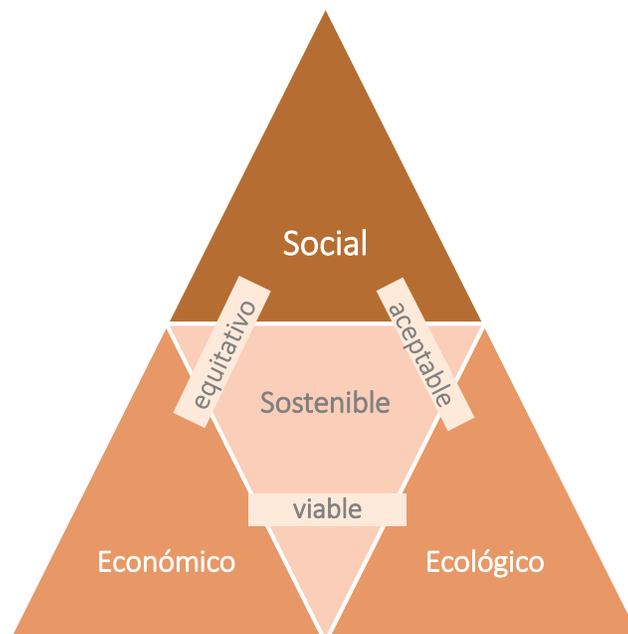
Para entender las diferencias entre uno y otro, se revisaron las definiciones independientes de las palabras sustentabilidad y sostenibilidad. Mientras que el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (DRAE) en López *et al.*, (2005) menciona que sustentar "es mantener firme una cosa, además de otras acepciones como la de dar sustento"(p. 4); Camacho, 2007 define a este concepto como lo "que se puede sustentar o defender con razones" (p. 701). En López *et al.*, se define la sostenibilidad como "la acción de sostener, detener algo, sujetarse, sostener una cosa para que no se caiga" (p. 4); lo cual coincide con lo que dice Camacho, (2007): "sostener, mantener" (p. 699).

Al anteponer la palabra desarrollo en estos términos cambia su significado individual. En el caso de desarrollo sustentable, se planteó un doble discurso por los países desarrollados que lo utilizaron como estrategia de bienestar, al suponer que fortaleciendo la economía aumentaría la creación de empleos, reduciría costos, disminuiría la contaminación con tecnologías, se crearían leyes y normativas, y que, con esto,

incrementaría a su vez la calidad de vida (López *et al.*, 2005). Sin embargo, esta manera de ver el desarrollo ha provocado que su ideología se enfoque más hacia un desarrollo económico capitalista que hacia uno integral, en donde también se incorporen factores ambientales, culturales, equitativos, etc.

Caso contrario sucede con el desarrollo sostenible, en el cual, se incorporan 3 categorías de elementos para ser considerado sostenible: sociales, económicos y ecológicos. Entonces, además de preservar y renovar los recursos naturales, mantener los procesos medioambientales y la diversidad biológica, también debe elevarse la calidad de vida de los habitantes a través de factores como la distribución responsable de los recursos, equidad de género, de raza y de credo. Este proceso implica una transformación en la responsabilidad y compromisos sociales, así como un cambio de actitud en cuestiones de educación, cultura, ética y sobre todo: de consciencia (López *et al.*, 2005). En el trabajo de Góngora y Maruri (2019), se rescata un esquema de Salcedo *et al.*, (2010) que ejemplifica la relación de estos tres elementos para un desarrollo sostenible.

Figura 15. Relación de elementos sociales, económicos y ecológicos en la sostenibilidad



Fuente: Elaboración propia con base en Salcedo *et al.*, 2010 en Góngora y Maruri, 2019.

Incluso las Naciones Unidas proponen 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, los cuales incluyen los componentes sociales, económicos y ecológicos. Están proyectados por cumplirse en el 2030 y se enlistan a continuación en la siguiente figura:

Figura 16. Objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas.

1. FIN DE LA POBREZA
2. HAMBRE CERO
3. SALUD Y BIENESTAR
4. EDUCACIÓN DE CALIDAD
5. IGUALDAD DE GÉNERO
6. AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO
7. ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE
8. TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO
9. INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA
10. REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES
11. CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES
12. PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES
13. ACCIÓN POR EL CLIMA
14. VIDA SUBMARINA
15. VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES
16. PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS
17. ALIANZAS PARA LOGRAR OBJETIVOS

Fuente: Elaboración propia con base en Naciones Unidas, 2021.

Las diferencias entre los términos de desarrollo sustentable y sostenible que en los párrafos anteriores se redactaron, se pueden ver sintetizadas en la siguiente tabla.

Tabla 6. Tabla síntesis de diferencias entre desarrollo sustentable y sostenible

| Desarrollo sustentable | Desarrollo sostenible |
|---|---|
| <p>Sustentable:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mantener firme una cosa, dar sustento. (López <i>et al.</i>, 2005). ▪ Que se puede sustentar o defender con razones. (Camacho, 2007). | <p>Sostenible:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La acción de sostener, detener algo, sujetarse. (López <i>et al.</i>, 2005). ▪ Sostener, mantener. (Camacho, 2007). |
| <p>Estrategia de bienestar donde se supone que fortaleciendo la economía aumenta la creación de empleos, reduce costos, disminuye la contaminación con tecnologías, se crean leyes y normativas y que, con esto, incrementa la calidad de vida (López <i>et al.</i>, 2005). Esta forma de desarrollo ha provocado un enfoque económico capitalista.</p> | <p>Se incorporan 3 categorías de elementos para ser considerado sostenible: sociales, económicos y ecológicos. Además de preservar y renovar los recursos naturales, mantener los procesos medioambientales y la diversidad biológica, también se eleva la calidad de vida de los habitantes (López <i>et al.</i>, 2005).</p> |

Fuente: Elaboración propia con base en López *et al.* (2005) y Camacho (2007).

Se puede concluir que la confusión en el empleo de estos términos ha llevado no solamente a problemas de interpretación y claridad teórica, si no que ha provocado que esta falta de comprensión de los retos mundiales lleve a niveles de deterioro humano y ambiental de manera acelerada. Desde hace 50 años se comenzó a hablar de estos conceptos y la necesidad de un cambio; no obstante, se siguió con un modelo económico lineal que buscaba aumentar la calidad de vida a través de la explotación de los recursos, la cual aumenta proporcionalmente a medida en que lo hace la economía.

Urbanismo Sustentable

En la sección anterior se expresa la relevancia del planeamiento con base en un desarrollo sostenible, no obstante, muchos autores de urbanismo se siguen refiriendo a este como sustentable, ya sea por una comprensión diferente de los conceptos o porque en sus planteamientos no se incluyen los elementos necesarios para considerarse sostenible. En la obra de Jirón *et al.* (2004), se menciona que la ciudad es el punto donde se refleja la prioridad que se le ha dado al ámbito económico antes que a otros. El cambio

hacia ciudades sustentables se ha promovido a partir de diversos eventos que se dieron a inicios de los años 90's, como la Cumbre de la Tierra²¹ y la Cumbre de la Ciudad²². Es decir, el interés por desarrollar el tema de ciudades sustentables surge casi 5 años después de que se comienza a hablar del desarrollo sostenible.

Gracias a estos documentos, en la actualidad se rescatan los siguientes puntos como principales problemas dentro de las ciudades, cuya resolución urgente no solamente depende de las autoridades, si no de la comunidad desde sus distintos enfoques de acción: tratamiento de aguas grises y negras; separación y tratamiento de residuos sólidos; consumo energético; transporte; calidad del aire; deterioro en el espacio público; segregación urbana; seguridad; acceso a la vivienda; e inequidad y pobreza. Se menciona también que los procesos de desarrollo urbano dependen de su contexto socioeconómico demográfico-cultural, lo cual afecta las condiciones medioambientales, provocando desigualdad en la calidad de vida de los habitantes. Si se comparan estos aspectos con los necesarios para lograr sostenibilidad, se puede advertir que se trata de la construcción de un urbanismo sostenible, aunque los autores utilicen el término sustentable.

Concepto. El concepto de urbanismo sustentable según Hernández:

... una manera actual de ver a la actividad de la planeación urbana de las ciudades, desde el enfoque sustentable y reciente, conforme a las nuevas necesidades y requerimientos de la ciudad, en donde se tratan de integrar las actividades que ahí se realizan, por ejemplo: aminorando el uso de vehículos y acercando a la comunidad en sus distintas actividades, así como agilizando y optimizando la función de la infraestructura y los servicios urbanos y del uso del suelo (p. 300).

²¹ Río de Janeiro, 1992: Se establece la Agenda Local 213.

²² Estambul, 1996: Se aprueba la Agenda del Hábitat.

Principios Básicos. Este autor describe en su obra los Principios Básicos del Urbanismo Sustentable, mismos que se encuentran en la Carta del Nuevo Urbanismo (CNU), emitida por el Congreso para el Nuevo Urbanismo²³ en 1977. Estos son la peatonalización de las ciudades, conectividad urbana, diversidad en uso del suelo, diversidad en materia de vivienda, calidad en arquitectura y diseño urbano, estructura tradicional de barrios y colonias, incremento en la densidad urbana, transporte inteligente, sustentabilidad urbana-arquitectónica y calidad de vida (Hernández, 2008); y son aplicables en diferentes escalas: un edificio, barrio, bloque urbano, ciudad, región o país, cuyas descripciones se sintetiza en la siguiente tabla.

Tabla 7. Descripciones de los principios básicos del urbanismo sustentable

| Principio Básico | Descripción |
|--|---|
| Peatonalización de las ciudades | Preferencia a peatones en el diseño de espacios urbanos. |
| Conectividad urbana | Respeto al peatón, comunicación eficiente, reducción de contaminación por disminución de tráfico a través de la conexión de puntos en la zona o ciudad. |
| Diversidad en uso de suelo | Variedad de culturas, comercios, espacios habitacionales y manifestaciones artísticas, a través de la diversidad en los espacios públicos, usos de suelo y tipología del edificio. |
| Diversidad en materia de vivienda | Diversidad ya sea por cuestiones de costo, forma de construcción, características tipológicas, estilos arquitectónicos o por la integración en bloques que forman barrios y colonias. |
| Claridad en arquitectura y diseño urbano | Brindar identidad a través de la calidad en edificios y conjuntos urbanos, manifestada en belleza, confort y funcionalidad. |
| Estructura tradicional de barrios y colonias | Funcionalidad de espacios urbanos a través del acomodo de la vía pública, equipamiento, servicios y vialidades del centro a la periferia de la ciudad, considerando trayectos a pie. |
| Incremento en la densidad urbana | Expansión de la mancha urbana y sus elementos, como infraestructura, equipamiento y zonas habitacionales. Debe considerarse el acceso en moto, bici o a pie para disminuir el uso de vehículos contaminantes. |

²³ Peter Katz es el arquitecto fundador del Congreso para el Nuevo Urbanismo en 1993, este había “visualizado las carencias que se presentan en la creación de comunidades, y que afectan al desarrollo sustentable en materia de integración de ciudades y comunidades” (Hernández, 2008, p.300).

| | |
|---------------------------------------|---|
| Transporte inteligente | Promover la utilización del transporte público a través de tecnología y conectividad. Fomentar el uso de medios de transporte no motorizados como el caminar o la bicicleta, así como la optimización en modelos de control, gestión, planificación y seguridad de transporte. Entre los más populares se encuentran el tren ligero, metro, autobús, motocicleta, bicicleta y el automóvil. |
| Sustentabilidad urbana-arquitectónica | Manejo adecuado de recursos económicos y gestión de agua, suelo, aire, energías y desechos. Esto se da a nivel municipal, regional, estatal y federal, en busca del beneficio social. Implementación de nuevas tecnologías, diseño ecológico de edificios y espacios urbanos. |
| Calidad de vida | El objetivo de estos principios es el de incrementar la calidad de vida de la población. |

Fuente: Elaboración propia con base en Hernández, 2008.

Poco se ha mencionado sobre los beneficios de la implementación de los principios en el urbanismo sustentable, identificables en las diferentes escalas, por ejemplo, para la población esto significaría un incremento en la calidad de vida al disminuir el tráfico y la contaminación; reducción de factores de estrés; mejora en los lugares de trabajo y recreación; así como mayor conectividad y vinculación. Para dueños de negocios y desarrolladores sería el incremento de ventas al peatonalizar las ciudades, ahorro en el transporte, disminución del costo de renta, mayores oportunidades turísticas, y plusvalía en los terrenos, ahorro por economizar el tiempo y en estacionamientos y la reducción del desgaste en la infraestructura urbana por la disminución en el uso de vehículos.

Otros de los beneficios aplican para los H. Ayuntamientos es que existiría mayor estabilidad en el pago de impuestos, menor gasto per cápita por infraestructura, reducción de tráfico, ahorro en seguridad pública, crecimiento urbano seguro y reducción de gastos por impacto ambiental (Hernández, 2008). En la actualidad, existen algunos obstáculos para lograr la transición hacia el urbanismo sustentable en México (Hernández, 2008) debido a factores como el elevado costo de adoptar la racionalidad ambiental; el rezago tecnológico y científico sobre todo en el ámbito de energías renovables; separación de residuos y tratamiento de aguas; modificaciones en leyes y normatividad; restauración de

intereses políticos y sociales en usos de suelo; correcciones en lo construido y urbanizado. De hecho, no existen ejemplos²⁴ en el país de este urbanismo, solo propuestas parciales en algunos centros históricos de ciudades como Guanajuato, Morelia, Querétaro y San Luis Potosí.

En relación con este tema, se concluye que la finalidad del urbanismo sustentable es aumentar la calidad de vida de la gente, a través de la disminución de factores de impacto ambiental y con el incremento de la comodidad y funcionalidad en las ciudades. Para lograr estos objetivos, las modificaciones en el ámbito normativo, tecnológico, social y cultural son necesarias. Con lo que dice Hernández sobre los requerimientos para lograr este urbanismo, se entiende que los elementos que conforman la sostenibilidad son necesarios, por lo que alcanzar y mantener este desarrollo depende de esto|.

Arquitectura Sustentable

Retomando el lapso histórico en el que surgen los primeros conceptos de sostenibilidad, después de los años 80's surgen nuevas tendencias de urbanismo y arquitectura en los países desarrollados; mismas que se conocen como: arquitectura bioclimática, pasiva, de bajo consumo energético, ecológica o *green building*, los cuales tienen como finalidad buscar el uso potencial de energías renovables junto con un empleo responsable de los recursos naturales. Cuando se aborda el tema de arquitectura sustentable, es normal que se enfoque en los problemas de carácter térmico, aunque con la información anterior, se sabe que para lograrla se requiere más que factores físico-ambientales.

²⁴ Algunos urbanistas internacionales que han realizado proyectos de este nuevo urbanismo son: Peter Kantz, Christopher Alexander, Peter Calthorpe, Andrés Duany, Diane Dorney, Leon Krier y Michael E. Arth. Casi todos se encuentran en Estados Unidos, aunque también en distintos países de Europa como Alemania, Suiza, Francia, Inglaterra, Holanda, Dinamarca, Suecia y Noruega; de Asia como Japón, China, Corea del Sur, Singapur y países en otros continentes como Australia y Sudáfrica, se están gestionando este tipo de propuestas (Hernández, 2008).

Concepto. En la definición que proporciona San Juan, (2013) sobre arquitectura sustentable se refiere a esta como

... aquella que considera el impacto ambiental de todos los procesos implicados en la realización y vida útil de un edificio o sector urbano, desde los materiales de fabricación; las técnicas de construcción; la ubicación del edificio y su impacto en el entorno; el consumo energético de la misma y su impacto ambiental a mártir [sic] de sus emisiones contaminantes; en el reciclado de los materiales cuando haya cumplido su función y se derribe. También se deben incluir las tecnologías y técnicas constructivas, materiales y procesos en relación al contexto material y social de pertenencia (p. 15).

Esta definición hace referencia a las áreas de diseño, gestión, construcción y desecho de los edificios de manera que se reduzca su impacto ambiental. Otra interpretación es la de Hernández (2008), en la que menciona que la arquitectura sustentable

...es en donde se aplican los criterios de *desarrollo sustentable*, se manejan los recursos naturales, económicos y humanos, de tal forma que se reduzca el impacto ambiental, los gastos energéticos, el consumo de agua y que se logre, por consecuencia, un mejoramiento del confort al interior del edificio, respetando el entorno inmediato ... y que para lograrlo se utilice una herramienta llamada *diseño ecológicamente responsable* en arquitectura, que es el proceso de creación de la arquitectura que utiliza e incorpora al *proceso de diseño* el control y manejo de los elementos y *criterios sustentables básicos*²⁵ (p. 299).

²⁵ Los criterios sustentables básicos incluyen acciones como control y manejo del sitio, energía, agua, confort interior, materiales y desechos en la construcción (Hernández, 2008, p. 307).

Características. El diseño ecológico responsable es aplicable tanto en arquitectura como en urbanismo, y entre los objetivos principales se encuentran la reducción de gasto en los recursos; disminución de factores contaminantes de aire, suelo y agua; aumento en el confort interno y externo de la edificación a través de métodos pasivos; ahorros económicos durante la construcción y reducción de desechos durante todo el ciclo de vida del edificio; así como el mejoramiento en las tecnologías implementadas (Hernández, 2008). Las fases para llevarla a cabo son: Prediseño, Anteproyecto, Diseño, Documentos y estudios para la construcción y Construcción, es decir, su metodología no es muy diferente al proceso de diseño de edificios convencionales, si no que durante esas etapas se contemplan soluciones integrales con otras características para lograr los objetivos.

Componentes. En el caso del análisis que realiza Rosales *et al.* (2016) en su obra, aunque el término utilizado es el de arquitectura sustentable, los elementos que la comprenden son considerados suficientes para llamarse “sostenible”; los cuales se constituyen por aspectos socio-naturales y técnico-tecnológicos.

- Sociedad-naturaleza:

Ya que los edificios no son solamente elementos formales, si no obras tangibles y legibles que se entienden como el espacio de relación entre la naturaleza y el hombre, proyectistas y desarrolladores deben direccionar sus ideas y esfuerzos a incorporar prácticas de uso eficiente de recursos, así como la responsabilidad de formar legados teóricos y prácticos donde se fomente la aplicación de los principios de la sostenibilidad con la ayuda de profesionistas de otras disciplinas, es decir, un esfuerzo integral y multidisciplinar (Rosales *et al.*, 2016).

- Técnica-tecnológica (económica):

Para que los pensamientos e ideologías de estos participantes sean aplicables, no deben quedar solamente en aportaciones teóricas, si no que se deben de llevar a la práctica con el apoyo de técnicas y tecnologías para que se formalicen. Ejemplos del manejo racional de recursos en la construcción son: sistemas y mecanismos de ahorro energético; reuso o

reciclaje de materiales; tratamiento y reúso de aguas; adaptación al terreno y medio físico natural para aprovechar los vientos y la luz natural; y la incorporación de elementos naturales (Rosales *et al.*, 2016). Así mismo, la viabilidad económica es relevante, ya que los sistemas y materiales dependen de las condiciones de la región y el territorio.

Tipos de Arquitectura Sustentable. Existen distintos términos referentes a la manera de aplicar la sustentabilidad a la arquitectura, por ejemplo, el Diseño ambientalmente consciente (DAC), la Arquitectura ecológica y el Diseño sustentable actual (San Juan, 2013). Sin embargo, en el presente estudio se mencionan únicamente los conceptos de Arquitectura bioclimática y la Domótica, así como una serie de ecotecias aplicables en vivienda.

Arquitectura Bioclimática. El concepto de arquitectura bioclimática o ambiental surge en los años 80's, aunque sus principios se pueden observar en ejemplos de arquitectura vernácula desde muchos años antes. Se puede entender como aquella en la que se toman en cuenta las condiciones climáticas y los recursos naturales disponibles para disminuir el impacto ambiental, consumo de energía y mejorar las condiciones de confort del usuario (San Juan, 2013). Otra definición es la que proporciona Barquilla, (2006), el cual menciona que la arquitectura bioclimática es aquella que “Mediante la adecuación del diseño, geometría, orientación y medidas tomadas durante le ejecución de la edificación logra insertarse en el entorno sin repercusiones negativas a la naturaleza en una relación de simbiosis” (p. 2).

Domótica en la Arquitectura. Este concepto lo define detalladamente Sarasúa, (2011) en su artículo sobre domótica y su relevancia en la arquitectura sostenible, en el cual menciona que

... es un término relativamente nuevo (algunos autores afirman que aparece por primera vez en los diccionarios franceses en el año 1998, *DOMOTIQUE*) que viene de *domo* (latín: casa) y de *informatique* (francés: informática). En cualquier caso, podemos definir la domótica como aquella rama de la ingeniería que procura la

automatización de las funciones que realizan los diferentes componentes de una instalación (iluminación, climatización, seguridad, etc...) y su integración en un único sistema que permita un funcionamiento coordinado y optimizado de todas ellas (Sarasúa, 2011, p. 269).

Actualmente, según el ámbito de aplicación, se puede clasificar en:

- Domótica: utilizado para viviendas o edificios pequeños del sector terciario.
- Inmótica: destinado al sector terciario.
- Urbótica: usado para la escala de ciudad.

Las áreas de aplicación de la domótica se agrupan por funciones y estrato social que afecta, clasificándose de la siguiente manera:

- Climatización y consumo energético
- Seguridad
- Comunicación y gestión remota
- Confort
- Mantenimiento
- Sectores sociales de aplicación

Sobre la climatización y consumo energético, la domótica permite la programación de encendido y apagado de ventanas, pergolados, toldos o persianas dependiendo del clima y las características ambientales del lugar, así como sensores para aparatos de iluminación y climatización. Además de los ahorros energéticos, estos sistemas evitan los accidentes por cargas conectadas considerables, como un calentador o una plancha (Sarasúa, 2011). Según la misma autora, estudios muestran resultados de domótica por la empresa KNX, un 17.5% de reducción en costos de reconfiguración, ahorro energético de hasta un 50% en edificios y un incremento del 5% en la productividad del personal. Dependiendo el uso,

los ahorros se clasifican en control de persianas e iluminación, ventilación y control global, estos se encuentran descritos en la siguiente tabla:

Tabla 8. Porcentajes de ahorro energético en edificios basados en KNX

| Ahorros energéticos en viviendas y otros edificios | |
|--|-----|
| Control de persianas | 40% |
| Control de iluminación | 60% |
| Control de ventilación | 60% |
| Climatización | 20% |
| Control global | 50% |

Fuente: Elaboración propia con base en Sarasúa (2011)

Los edificios que se proyectan y construyen de manera que sean considerados “inteligentes” tienen un incremento en su valor. Según Sarasúa, (2011), estos tienen un sobre costo de 20 a 100 dólares por m², o se puede considerar del 2 al 15%, así como un aumento en el costo global de construcción del 5 al 10% y un ahorro en mantenimiento del 1.5% (Sarasúa, 2011).

Se puede decir entonces que a la consideración del medio físico natural para el diseño arquitectónico desencadena también en tipologías dependiendo de las regiones, su zona climática y sus características, como la topografía (Barquilla, 2006). Como se menciona anteriormente en el presente estudio, en las ciudades, por ejemplo, se pueden crear microclimas ya que las temperaturas son más altas por las superficies de los edificios y áreas pavimentadas que reflejan la radiación. Sin embargo, se puede ahorrar bastante energía con diseños que utilicen los recursos naturales y de esta manera, los edificios se iluminan y climatizan pasivamente. Se sabe que, por las actividades y necesidades actuales, difícilmente un edificio se diseña considerando únicamente sistemas pasivos, pero con la combinación de un diseño bioclimático junto con la aplicación de domótica, los ahorros energéticos serían considerablemente mayores que en edificios convencionales.

- Colecta de datos: Resultados

Parte de el cuestionamiento que dio origen a este trabajo, es la viabilidad sociocultural para la implementación de energías renovables en la zona de estudio de la ciudad de Celaya, Guanajuato. Para conocer esta información, se realizó una encuesta de manera virtual, con la que se pretendía obtener el porcentaje de usuarios que estarían de acuerdo en adaptar sus viviendas. Participaron habitantes de las colonias: La Misión, Residencial la Capilla, Calesa, Calesa 2da sección, Esmeralda, Gran Hacienda y Los Naranjos Ira sección. De los 17 usuarios participantes, el 88% respondió que el uso del inmueble es únicamente habitacional y el 12% mixto. En cuanto a tipo de vivienda, el 82% manifestó habitar en vivienda sencilla, mientras que el 18% en vivienda dúplex. En el 94% de los casos, las viviendas fueron construcciones en serie y en el 6% fueron por encargo.

Respecto al número de habitantes, el 41% señaló que viven de uno a dos, también el 41% manifestó de tres a cuatro habitantes y el 18% declaró más de 4 habitantes en la vivienda. Antes de indagar en si estuviesen dispuestos a adaptarla, se preguntó acerca del conocimiento sobre las posibles energías que podrían implementarse en su vivienda. El 66% respondió que sí estaba al tanto, de los cuales el 1% sabía de la existencia energía eólica, solar, hidráulica, nuclear, biomasa; y el resto manifestó que los paneles y calentadores solares eran las opciones de adaptación. El 34% respondió que desconocía las posibilidades. En cuanto a calentadores solares, el 82% respondió que estarían totalmente de acuerdo en implementarlos y el 18% estarían de acuerdo.

Figura 17. Gráfico de aceptación sociocultural para implementar calentadores solares en la vivienda



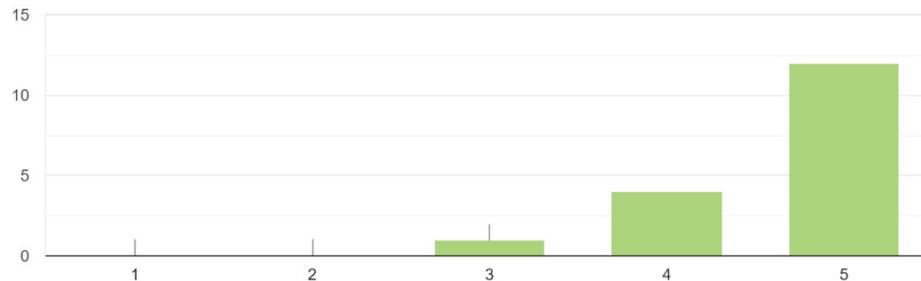
Fuente: Elaboración propia

En lo referente a paneles solares, el 71% respondió que estarían totalmente de acuerdo en implementarlos, el 23% estarían de acuerdo y el 6% están neutrales.

Figura 18. Gráfico de aceptación sociocultural para implementar paneles solares en la vivienda

¿Qué tanto estaría de acuerdo en implementar paneles solares en su vivienda?

17 respuestas



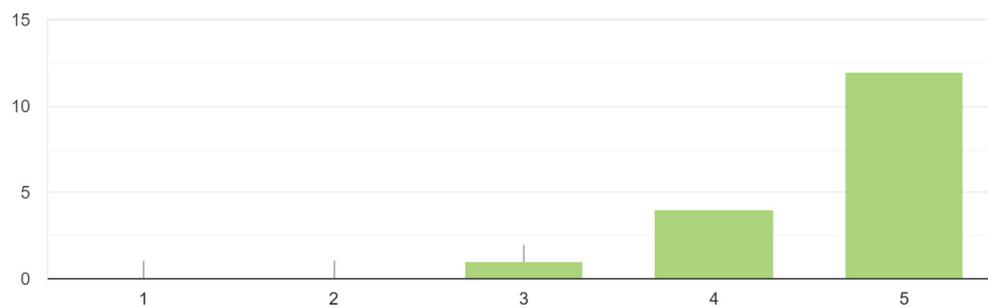
Fuente: Elaboración propia

Las respuestas antes la adaptación a cualquier otro tipo de energía renovable fueron iguales a las de paneles solares, el 71% respondió que estarían totalmente de acuerdo en implementarlos, el 23% estarían de acuerdo y el 6% están neutrales.

Figura 19. Gráfico de aceptación sociocultural para implementar cualquier otro tipo de energía en la vivienda

¿Qué tanto estaría de acuerdo en implementar otro tipo de generador de energía renovable en su vivienda?

17 respuestas



Fuente: Elaboración propia

Por último, se les preguntó a los usuarios si al momento de la encuesta ya se contaba con algún tipo de energía renovable en sus viviendas, a lo que el 41% respondió que sí; de los cuales, el 100% de las respuestas fue el calentador solar.

En cuestión de sustentabilidad en la construcción, a través de la encuesta realizada, se pudo conocer si se tomaron en cuenta los factores para una arquitectura sustentable. Sin embargo, al ser la mayoría de las viviendas construidas en serie, esta información fue obtenida únicamente a criterio del usuario. El 70% respondió que no se había tomado en cuenta ningún factor natural para mejorar las condiciones térmicas o lumínicas de la vivienda, el 24% contestó que se había tomado en cuenta el sol, y el 6% manifestó que se consideraron los vientos dominantes.

También se cuestionó sobre el conocimiento de la domótica y si estuviesen dispuestos a implementarla en sus viviendas. A la primera pregunta, el 65% de los encuestados manifestó desconocer lo que es la domótica, y el 35% respondió que sí. Después de un pequeño párrafo explicando el concepto y el porcentaje de ahorros energéticos al implementarla, el 53% estaría totalmente de acuerdo, el 30% de acuerdo y el 17% ni en acuerdo ni en desacuerdo.

Ecotecnias y Ecotecnologías para la Línea de Apoyo. En el documento de Criterios para una vivienda adecuada de la Secretaría de Gobernación se incluye un anexo de ecotecnias que podrían considerarse para su implementación en la vivienda, siempre que se adapte a las necesidades particulares de los usuarios y se resuelvan carencias sociales.

- De eficiencia térmica

Material energéticamente eficiente en techos y muros: Material para disminuir las pérdidas de calor en climas templados y fríos, así como reducir las ganancias de calor en climas cálidos. Por lo general, se coloca en la zona con mayor exposición a la radiación solar, a excepción en edificios con orientación norte. Un ejemplo en zonas urbanas serían: placas o paneles, plafones con fibra de vidrio o lana mineral agregados; y la normatividad de referencia es: NOM-018-ENER; NMX-C-460-ONNCCE (Secretaría de Gobernación, 2019).

Figura 21. Referencia de material energéticamente eficiente en techos



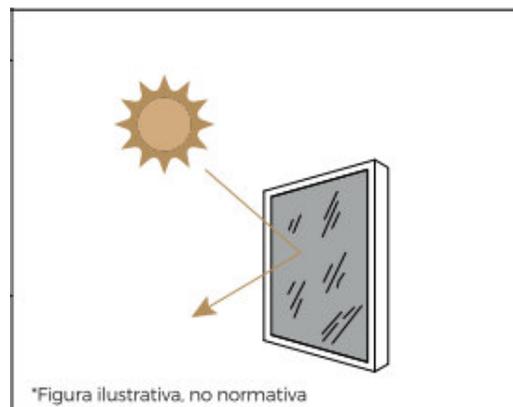
Figura 20. Referencia de material energéticamente eficiente en techos



Fuente: SEGOB, 2019.

Acristalamiento con control solar: Evita el sobrecalentamiento del interior de la vivienda por radiación solar directa a través de las ventanas. Para esta enotecnia no existe normatividad aplicable (Secretaría de Gobernación, 2019).

Figura 22. Imagen de referencia de acristalamiento con control solar



Fuente: SEGOB, 2019.

Acabados reflectivos en techos y muros: La pintura reflectiva evita que la superficie absorba la radiación solar directa. Por lo regular, se coloca en azoteas, que es el área de la fachada de la vivienda con mayor exposición a la radiación solar; y la normatividad de referencia es la NMX-U-125-SCFI-2016 (Secretaría de Gobernación, 2019).

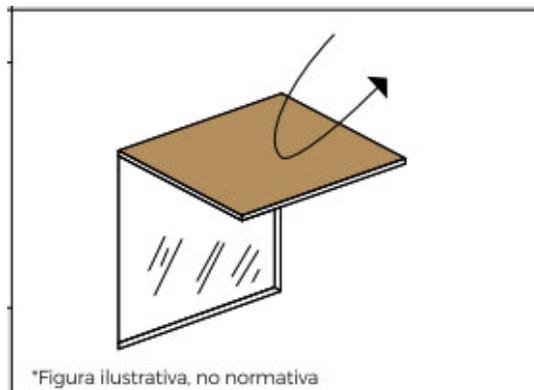
Figura 23. Imagen de referencia de acabados reflectivos en techos y muros



Fuente: SEGOB, 2019.

Dispositivos de control solar: Son dispositivos de sombreado de ventanas, cuyo fin es disminuir la ganancia de calor al interior. Deben ser opacos, de materiales durables y resistentes a la Intemperie para que funcionen durante la vida útil de la vivienda. La normatividad aplicable es la NOM-020-ENER-2011 (Secretaría de Gobernación, 2019).

Figura 24. Imagen de referencia de dispositivos de control solar



Fuente: SEGOB, 2019.

- De eficiencia energética

Lámparas fluorescentes compactas (LFC): Si se colocan en toda la vivienda, garantizan el ahorro de energía con un mayor tiempo de vida útil, mejoran las condiciones de luz y

propician el confort lumínico. La normatividad de referencia es la NOM-017-ENER/SCFI (Secretaría de Gobernación, 2019).

Figura 25. Imagen de referencia de lámparas fluorescentes compactas



Fuente: SEGOB, 2019.

Lámparas LED: Estos dispositivos emiten poco calor, ahorran energía eléctrica, son de larga duración e iluminan con mayor brillo y nitidez los espacios. Se puede revisar la NOM-030-ENER-2016 para mayores detalles (Secretaría de Gobernación, 2019).

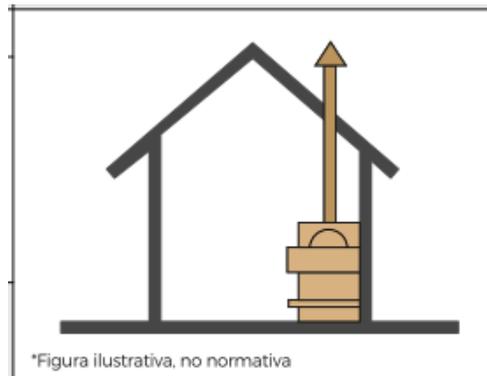
Figura 26. Imagen de referencia de lámparas LED



Fuente: SEGOB, 2019.

Estufa ecológica: Permiten un uso racional de la leña, disminuyen la contaminación del aire y mejoran la salud de los habitantes de la vivienda. Alternativa para comunidades sin red de gas natural o donde no hay posibilidades de contar con cilindros de gas LP. No hay normatividad aplicable para esta enotecnia (Secretaría de Gobernación, 2019).

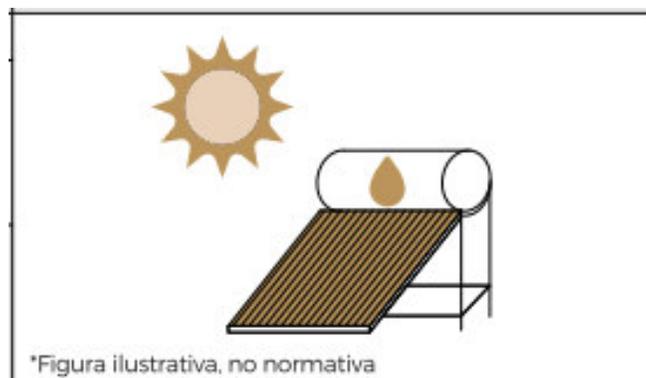
Figura 27. Imagen de referencia estufa ecológica



Fuente: SEGOB, 2019.

Calentador solar de agua: Sistema de calentamiento de agua mediante la radiación solar, reduce el uso de sistemas mediante combustibles fósiles y fomenta el mercado de tecnologías renovables. Las normas a revisar son: NOM-027-ENER/SCFI-2018; NMX-ES-001-NORMEX-2005; NMX-ES-003-NORMEX-200 (Secretaría de Gobernación, 2019).

Figura 28. Imagen de referencia de calentador solar de agua

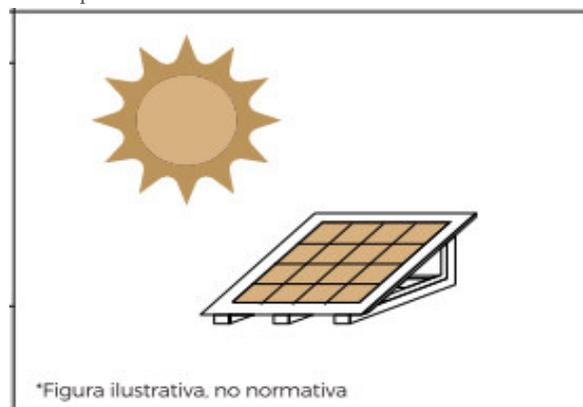


Fuente: SEGOB, 2019.

Panel solar: Sistema para producir y almacenar energía eléctrica a partir de la solar. Recomendable en lugares donde el acceso a la energía eléctrica es de difícil acceso y hay altos índices de radiación solar durante gran parte del año. Es aplicable en cualquier zona climática, siempre y cuando se cumplan las condiciones de radiación (Secretaría de Gobernación, 2019).

Otras consideraciones serían que, por su costo, solo podrá implementarse en la modalidad de vivienda en conjunto, se deben tomar en cuenta las necesidades de electricidad de la vivienda, la seguridad estructural y la disponibilidad de superficie en techo con la orientación requerida o estructura alterna. La inclinación ideal equivale a la latitud geográfica del lugar respecto a la horizontal del terreno; en techos planos, la inclinación se logra con una estructura. La normatividad de referencia es la NMX-J-643/I-ANCE-2011²⁶ (Secretaría de Gobernación, 2019).

Figura 29. Imagen de referencia de panel solar



Fuente: SEGOB, 2019.

Cerrando esta sección, es importante destacar que, en el tema de las energías, el ser humano lleva mucho tiempo desarrollando tecnología para vivir con base en fuentes no renovables, y aunque los programas señalen objetivos de aumento en el porcentaje de la energía generada a través de fuentes renovables y limpias, no es posible todavía descartar la obtenida a través del petróleo y del carbón por la creciente demanda anual de la energía. Además de la cuestión de que sigue siendo tecnología que lleva pocos años de desarrollo

²⁶ Esta norma tiene como objetivo definir los requisitos básicos para la medición de las características corriente-tensión de dispositivos fotovoltaicos, así como los procedimientos para las distintas técnicas de medición que se utilizan, y presentar metodologías para reducir la incertidumbre de dicha medición. Tiene concordancia con normas internacionales como la Norma Internacional IEC 60904-1-*Photovoltaic devices-Part 1: Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics*, Ed. 2.0 (2006-09). (SEGOB, 2019).

a comparación de las otras y todavía no es viable su adaptación en la modalidad individual, si no en conjunto.

Debido a que, además de los recursos naturales potenciales de la zona, es necesario considerar las necesidades de electricidad de la vivienda para un análisis adecuado de la implementación de este sistema, mismas que dependen del uso y la manera en que los usuarios habitan su espacio.

Capítulo 3: Habitabilidad y Tipología Arquitectónica

Para el tema de habitabilidad arquitectónica se tomaron en cuenta las aportaciones de Mejía y García (2017) y de Jirón *et. al* (2004). En el primero se mencionan las condiciones de habitabilidad que la Organización de las Naciones Unidas (ONU) considera como básicas, las cuales se relacionan con parámetros de higiene, salubridad y cobijo. Ahora bien, estas condiciones se pueden apreciar en la escala arquitectónica, siendo la vivienda el eje central y al mismo tiempo el elemento conector a otras escalas, como la urbana a través de la accesibilidad a servicios, equipamiento, espacios productivos y fuentes de empleo. En el segundo se desarrolla la guía de bienestar habitacional²⁷ tomando algunos factores que influyen en ella, los cuales se explican y aplican en este trabajo a continuación.

Concepto

El concepto de habitabilidad es descrito por Jirón *et al.*, (2004) como

²⁷ En Jirón *et al.*, (2004) se define al bienestar habitacional como la percepción y valorización que le otorgan los participantes a los elementos de un hábitat residencial, por sus diversas propiedades, sus interacciones mutuas y con el contexto; a través de la implementación de jerarquías por orden fisiológico, psicosocial, cultural, económico y político.

... la relación y adecuación entre el hombre y su entorno y se refiere a cómo cada una de las escalas territoriales es evaluada según su capacidad de satisfacer las necesidades humanas ... se relaciona con el cumplimiento de estándares mínimos, ya que la habitabilidad es la “cualidad de habitable, y en particular la que, con arreglo a determinadas normas legales, tiene un local o una vivienda (p. 14).

Escalas de Habitabilidad

Como se menciona al inicio de este capítulo, en el trabajo se analizan dos escalas territoriales de habitabilidad, la arquitectónica y la urbana. La primera se refiere a la cuestión de la vivienda, la cual es definida como “la unidad física entendida como casa que además está integrada por el terreno, la infraestructura de urbanización y de servicios, y que cuando es construida en altura incluye los pasillos que permiten su acceso” (Jirón *et al.*, 2004, p. 13). Le sigue el entorno inmediato, definido como el espacio divisorio entre lo público y lo privado, luego el conjunto habitacional, posteriormente el barrio y finalmente el contexto urbano.

Estas escalas no son definidas por el aspecto físico, sino también por el contexto territorial, político, tecnológico y formativo. El sistema habitacional es determinado por la relación que exista entre estas escalas y sus habitantes. Para este estudio, se dividieron las escalas en dos tipos, la arquitectónica y la urbana, ambas con factores en común y otros específicos, y se recolectó información únicamente de la escala arquitectónica.

Factores de la Habitabilidad

Los factores analizados para conocer dicho nivel de bienestar habitacional son el físico espacial, térmico, lumínico, acústico, psicosocial y el de seguridad y mantención, con enfoque en los primeros 3 por relacionarse con el tema de estudio.

Tabla 9. Factores a analizar para determinar el grado de bienestar habitacional

| FACTOR | DESCRIPCIÓN |
|------------------------|--|
| FÍSICO - ESPACIAL | Condiciones relacionadas con la estructura física mediante variables de dimensionamiento, distribución y uso . |
| TÉRMICO | Situación térmica determinada por la temperatura , humedad, la velocidad y renovación del aire, las características térmicas de la envolvente, diseño y forma de la vivienda , orientación, ubicación de ventanas y muros, tamaño, condiciones climáticas y tipos de uso. |
| LUMÍNICO | Estado lumínico evaluado mediante iluminación natural, es decir, la radiación solar exterior , captación de elementos traslúcidos por su orientación, ubicación, tamaño y calidad; forma del recinto respecto a los puntos de captación de luz y por características de reflexión, absorción y transmisión de paramentos interiores. |
| ACÚSTICO | Determinantes acústicas por aislación, amortiguación o propagación de ruido , tipo de fuentes, ya sea externas o internas, forma de transmisión, así como el diseño, tamaño, forma y materiales de los elementos de la envolvente. |
| PSICOSOCIAL | Se refiere al comportamiento de individuos y grupos con base en sus características culturales, sociales y económicas a través de condiciones de seguridad, privacidad e identidad. |
| SEGURIDAD Y MANTENCIÓN | Capacidad de administración de los espacios , así como su durabilidad . Esto con base en las características socioeconómicas y del medio físico del emplazamiento, a partir de aspectos de seguridad estructural, contra incendios, accidentes e intrusiones. |

Fuente: Elaboración propia con base en Jirón *et al.*, 2004.

Físico Espacial: Dimensionamiento, Distribución y Uso.

Arquitectónica. Su análisis se da mediante las variables de Diseño de Vivienda y la relación de su Programa con el Entorno.

- Diseño de la Vivienda. Evaluación de diseño: si es funcional, concreto y eficiente; si se genera rigidez o reducción de superficie por circulaciones cruzadas y la existencia de modificaciones (Jirón *et al.*, 2004).
 - Colecta de datos: Resultados

Para obtener la información sobre este punto se preguntó en la encuesta si existían modificaciones en la vivienda que afectaran la circulación del aire dentro de la vivienda; a lo que el 75% respondió que no y el 25% respondió que sí. Las modificaciones que se

hicieron en todos los casos, fue de techado de patios y cocheras; en algunos casos también ampliaciones y en otros cubierta únicamente. El 25% de los usuarios consideran que estas modificaciones mejoraron la circulación del aire en la vivienda.

- Relación del programa de la vivienda con el entorno. Existen recintos públicos y privados en donde se observaron cerramientos transparentes o rejas; mientras que en los que se encontraban recintos privados y de servicios, la característica de los cerramientos es que fueran opacos o ciegos (Jirón *et al.*, 2004).

- Colecta de datos: Resultados

Otra de las preguntas incluidas en la encuesta fue sobre el tipo de acceso de las viviendas, a lo que se obtuvo que en el 47% de las viviendas es a través de portones o cerramientos cerrados, en el 41% es a través de rejas o cerramientos transparentes, y en el 12% restante es a través de ninguno, es decir, totalmente abierto.

Urbana. Dimensionamiento, distribución y uso del espacio público.

Apropiaciones y ampliaciones irregulares. Se dan en espacios sin usos ni dominio específico, sin orden, segregando el espacio y generando puntos de inseguridad y deterioro (Jirón *et al.*, 2004).

Equipamiento. Los equipamientos son predominantemente de recreación y deporte, constituidos por juegos infantiles, canchas deportivas y sedes sociales; cuyo uso y conservación dependen de su localización respecto al conjunto, ya que los que se encuentran centrados en el conjunto tendrán mayor uso y vigilancia, caso contrario a los ubicados en las afueras del conjunto. De la misma manera, los espacios de reserva, ya sea de donación o de futuro crecimiento sin habilitar, se tornan en espacios inseguros e insalubres (Jirón *et al.*, 2004).

Trama Urbana. Los conjuntos habitacionales normalmente se guían por la trama urbana existente, formándose bloques apartados de la ciudad y de colonias vecinas. Estas áreas se conectan normalmente a través de una línea principal de transporte, aunque esto no quiere decir que la accesibilidad sea garantizada, ya que esto depende de las posibilidades de movilidad, densidad de habitantes y tiempos de traslado (Jirón *et al.*, 2004).

Diseño de entornos inmediatos. El nivel de control y actividades de los espacios depende de las relaciones ancho-alto de los edificios. A su vez, la presencia de pasillos, escaleras, balcones y accesos, y su debida iluminación tanto natural como artificial, aportan seguridad. A los elementos que marcan transiciones entre espacios por el tipo de uso o nivel de privacidad se les conoce como límites secundarios, los cuales tienen un impacto también en los elementos de control y mantenimiento de los espacios. La distribución de los conjuntos basados en tipologías lineales promueve la circulación, mientras que las concéntricas evocan a permanecer. Al coexistir funciones, sobre todo con presencia vehicular, se dificultan las actividades vecinales y alrededor de la vivienda (Jirón *et al.*, 2004).

Diseño de Conjuntos. En cuanto al diseño de los conjuntos, intervienen factores como: número de viviendas y la falta de áreas verdes desde la concepción del proyecto. Debido a la constante agrupación formal de las viviendas por cumplir con cierto número de viviendas, sin considerar la densidad de ocupación, se dificulta la formación de comunidades. Así como la falta de resolución de los espacios sobrantes en el perímetro, generando áreas deterioradas y descuidadas (Jirón *et al.*, 2004). Por otro lado, muchas veces las áreas verdes no se consideran en el diseño original y se dejan solamente como el espacio de donación, mismo que es utilizado muchas veces para implementación del equipamiento, el cual, tiene un alto grado de descuido cuando se encuentra en las periferias del conjunto

Dominios Territoriales. Para esta variable se toma en cuenta la ocupación de espacios privados, semiprivados, semipúblicos y públicos (Jirón *et al.*, 2004). Dependiendo de la

superficie que ocupen, se conforma la relación que los habitantes ejerzan sobre ellos, se generan niveles de dominio espacial y apropiación.

Necesidad del Espacio. Cada habitante o familia, dependiendo de su configuración, número de integrantes y tipos de actividades, requiere de ciertas necesidades espaciales. Algunas actividades son consideradas básicas, como lavar, guardar, tender, etc. y algunas veces, se refleja la necesidad de ampliación de los habitantes, muchas veces limitada por altura o tipología de lotes (Jirón *et al.*, 2004).

Térmico. Temperatura por la forma y diseño de la vivienda, así como de las condiciones climáticas del lugar.

Arquitectónica.

- Clima del lugar de emplazamiento de la vivienda. Se encontró que una de las razones por las que se da una baja habitabilidad térmica es que no se considera el clima al diseñar y elegir los materiales de la envolvente, además de los ya mencionados microclimas, porque aunque las zonas se encuentren próximas geográficamente, algunas pueden presentar sobrecalentamientos, temperaturas mínimas e incluso confortables (Jirón *et al.*, 2004).

- Colecta de datos: Resultados

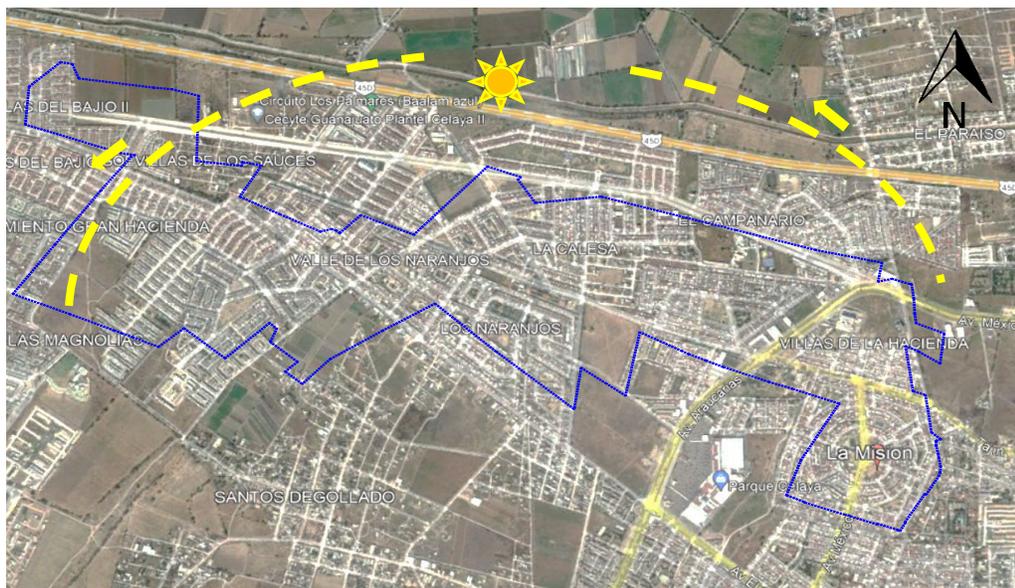
La obtención de información de este apartado se hizo de manera indirecta y quedó plasmada en fichas de observación que pueden consultarse en la sección de anexos. En cuanto al clima del municipio de Celaya, por su ubicación geográfica y altitud, presenta tres diferentes climas; el semiseco templado en el noreste de la ciudad; semiseco semicálido en las áreas central y norte; y el templado subhúmedo, en las centro y sur. Con una temperatura media anual que ha aumentado de 0.6 a 0.8°C en los meses más calurosos en los últimos diez años, también se ha incrementado hasta un 10% el uso de agua y de energía eléctrica. (H. Ayuntamiento de Celaya, 2019)

- Orientación y control de asoleamiento y radiación. Cuando las viviendas se construyen en serie con un diseño prototipo, normalmente la orientación no es considerada para optimizar la captación solar, siendo únicamente las viviendas orientadas al norte las que alcanzan cierto grado de confortabilidad térmica. En la mayoría de las fachadas no se considera el diseño para el manejo de la radiación solar, es entonces que los habitantes aplican alternativas como cortinas, persianas, balcones, o aleros, mismos que no resuelven el problema de origen. Así mismo, las superficies más asoleadas en azoteas y fachadas son desaprovechadas para captación de energía.

- Colecta de datos: Resultados

Como se describe en el contexto medioambiental, México cuenta con un gran potencial respecto a la radiación solar para el aprovechamiento de energías renovables. El municipio de Celaya recibe una irradiación directa normal de 6.7 a 7.4 KWh/m² (*The World Bank en Solargis, 2021*).

Figura 30. Trayectoria del sol en la zona de estudio durante el verano



Fuente: Elaboración propia

Referente a los datos obtenidos de manera directa en la encuesta, se preguntó a los usuarios si se habían implementado soluciones parciales para mejorar la temperatura al

interior de la vivienda, a lo que el 47% respondió que se hizo uso de cortinas o persianas, en el 6% balcones, en el 6% aleros y en el 41% no se utilizó ninguna.

- Características térmicas de la envolvente. En esta variable se desarrolla parte del tema posterior de este capítulo: las tipologías; ya que las viviendas pueden presentar sistemas constructivos a base de muros de carga de tabique junto con elementos estructurales de concreto armado, otros pueden ser de piedra o adobe e incluso otros pueden llegar a implementar acero. El uso de estas tipologías constructivas depende principalmente de las costumbres y materiales disponibles en la región, las cuales, no necesariamente presentan solución de aislación térmica adicional (Jirón *et al.*, 2004).

Otro punto en esta variable son las características termo físicas de los materiales empleados, ya que esto se reflejan en el consumo energético por las pérdidas o ganancias térmicas. Algunos materiales empleados para la construcción de vivienda en México son el tabique rojo, concreto, morteros de cemento, barro, yeso, madera, mármol, aluminio, vidrio e incluso acero. De estos se tendrían que tomar en cuenta variables como su conductividad térmica, el calor específico, la difusividad y efusividad térmica.

- Temperatura al interior de la vivienda. Como se menciona anteriormente, el clima, la orientación y las características térmicas de la envolvente son factores importantes que influyen en la temperatura interior en las viviendas. En el caso de la zona de estudio, esta información se analizó únicamente de lo perceptible por los usuarios a través de la encuesta, a lo cual, las respuestas coincidieron en que la temperatura en la vivienda es más tolerable en invierno que en verano.

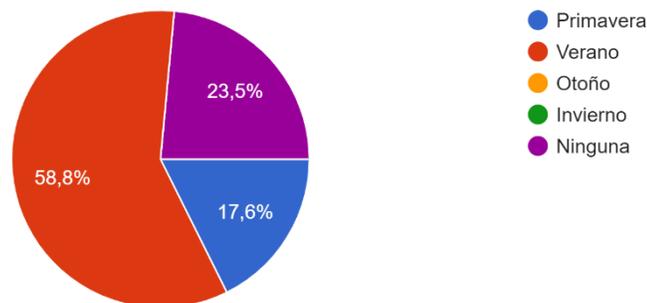
- **Colecta de datos: Resultados**

Para conocer la percepción sobre la temperatura en la vivienda durante las diferentes épocas del año, se incluyeron las siguientes preguntas en la encuesta. El 59% de los usuarios respondió que percibe incómoda la temperatura en el verano, el 18% en primavera y el 23% en ninguna época.

Figura 31. Percepción de la temperatura en el interior de la vivienda

Durante alguna de las diferentes épocas del año, ¿percibe incómoda la temperatura en la vivienda?

17 respuestas

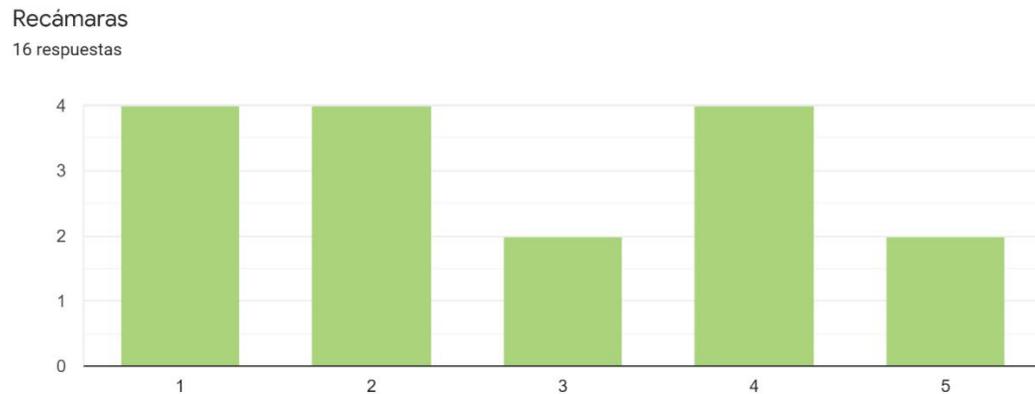


Fuente: Elaboración propia

Se indagó también si esta percepción se daba en algún espacio específico de la vivienda.

- Baños: las respuestas fueron equilibradas, de un grado neutral a agradable.
- Cocina: las respuestas predominantes fueron neutral y agradable, sin embargo, también hubo usuarios que perciben incómoda la temperatura en este espacio.
- Áreas de usos múltiples (sala de tv o de tareas): la mayoría de las respuestas para este espacio fueron confortable y cómodo, sin embargo, también se manifestaron respuestas en menor porcentaje de inconfortable, incómodo y neutral.
- Estancia o comedor: las respuestas nuevamente fueron en su mayoría de confortabilidad y comodidad, sin embargo, hubo leves manifestaciones también de incomodidad y una postura neutral.
- Recámaras: en este espacio fue donde mayormente se presentó un grado negativo de percepción de la temperatura, ya que el 25% manifestó inconfortabilidad, otro 25% incomodidad, un 12.5% se mostró neutral, un 25% comodidad y un 12.5% confortabilidad.

Figura 32. Percepción de la temperatura: Recámaras



Fuente: Elaboración propia

▪ Ventilación

La ventilación directa en los espacios es relevante, sobre todo de recámaras, baños y cocinas, los cuales en ocasiones se ventilan sin corrientes cruzadas o de manera indirecta, es decir, por medio de otro recinto. Este tipo de ventilación no es suficiente (Jirón *et al.*, 2004), ya que el exceso de vapor y el aire viciado no son expulsados debidamente al exterior, si no que permanecen dentro de la vivienda.

▪ Colecta de datos: Resultados

Esta sección de la recolección de información fue la más extensa, ya que se obtuvo información tanto de la ventilación natural como artificial por espacios dentro de la vivienda. Las respuestas de existencia de ventilación natural fueron predominantemente positivas, como se muestra en el siguiente listado.

- Baños: el 88%
- Cocina: el 100%
- Área de usos múltiples: el 88%
- Estancia-comedor: el 82%
- Recámaras: el 100%

En cuanto a ventilación artificial, las respuestas fueron, en su mayoría, negativas, como puede verse en el siguiente listado:

- Baños: el 94%
- Cocina: el 88%
- Área de usos múltiples: el 100%
- Estancia-comedor: el 59%
- Recámaras: el 41%

En cuanto a tipos de sistemas de ventilación artificial utilizados, el 73% hace uso de ventilador, el 13% utiliza aire acondicionado y el 14% manifestó no usar ninguno. Esta información, sumada al apartado anterior sobre percepción térmica en los espacios, muestra que la mayoría de los usuarios percibe inconfortable la habitabilidad de las recámaras en sus viviendas.

▪ Humedad

Los problemas de humedad se dan principalmente en viviendas de tipo 'bloque' Jirón *et al.*, (2004) y existen tres fuentes principales:

- Filtraciones por lluvias: por mal diseño o especificación, juntas en frío o falla en los materiales.
- Filtraciones por cañerías y ductos: por falta de detalles y supervisión de obra.
- Por condensación: debido al alto grado de generación de vapor dentro de la vivienda por actividades como cocinar, ducharse, lavar, secar, planchar y el uso de calefactores sin ventilación.

Aunque estos problemas se generen mayormente en viviendas tipo bloque, también pueden darse en viviendas unifamiliares de uno o dos niveles si el diseño o el proceso constructivo fueron deficientes.

- **Colecta de datos: Resultados**

Con respecto a la existencia de algún tipo de humedad en las viviendas, se obtuvieron los siguientes datos:

- Debido a filtraciones por el suelo: el 87% de las respuestas fueron negativas y el 13% afirmativas, de las cuales, el 67% se encuentran en el área de recámaras y el 33% en baños.
- Debido a filtraciones por muros o techo (tubería): el 67% de los casos manifestó no tener y el 33% sí. En los casos afirmativos, el 40% se da en las recámaras, otro 40% en los baños y el 20% restante en la cocina.
- Por falta de extracción al realizar ciertas actividades (acumulación de humo o vapor): el 64% de los usuarios dijeron no tener esa situación, mientras que el 36% manifestó tenerla en la cocina.

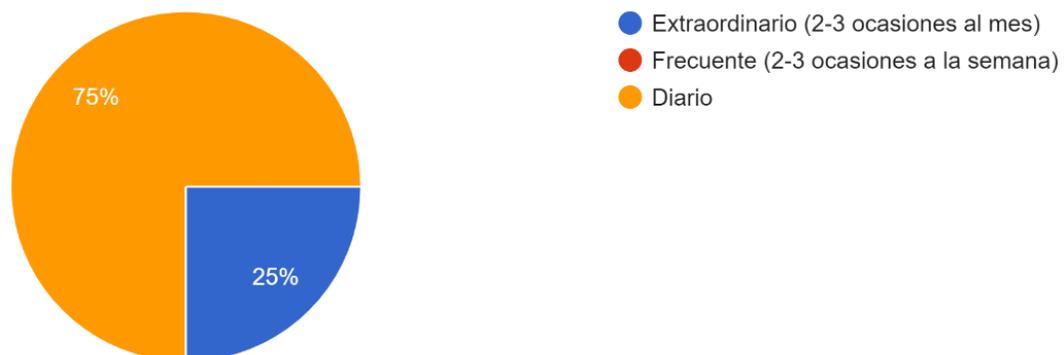
- **Climatización artificial**

Aire acondicionado. El acondicionamiento de aire es el proceso de tratamiento del aire de un espacio cerrado para alcanzar una atmósfera agradable en el que se puede incrementar o reducir la temperatura y el nivel de humedad del aire, así como renovación o filtración del aire.

- **Colecta de datos: Resultados**

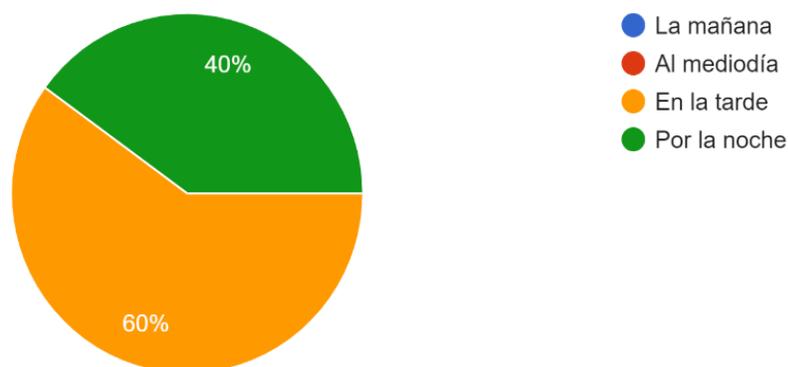
El 13% de los usuarios encuestados manifestó utilizar el aire acondicionado como sistema de ventilación artificial, los cuales coincidieron en que el uso se da en el verano, entre marzo y septiembre. En cuanto a la frecuencia de utilización el 75% manifestó un uso diario y el 25% un uso extraordinario, es decir, de 2 a 3 ocasiones al mes. Respecto a horarios el 60% dijo utilizarlo por la tarde y el 40% por las noches; y referente a la cantidad de horas, el 60% declaró usarlo más de 4 horas, el 20% de una a tres horas y el otro 20% menos de una hora.

Figura 33. Frecuencia del uso de aire acondicionado



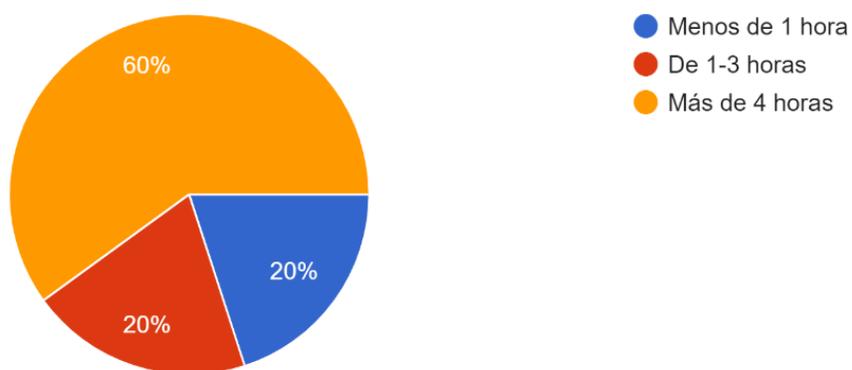
Fuente: Elaboración propia

Figura 34. Horarios de uso de aire acondicionado



Fuente: Elaboración propia

Figura 35. Percepción de la temperatura en el interior de la vivienda



Fuente: Elaboración propia

Calefacción. El uso de calefacción con queroseno como combustible y estufas a combustión abierta, es decir quemando leña, genera dentro de la vivienda un alto grado de polución; además de los riesgos por el almacenamiento de este tipo de combustibles.

- Colecta de datos: Resultados

Con base en los resultados que se han visto en los apartados anteriores, se puede decir que los usuarios de la zona de estudio, por las características climáticas del lugar de emplazamiento, tienen la particularidad de utilizar sistemas de climatización artificial para enfriar los espacios, no para calentarlos. Esto se confirma con las respuestas referentes a la pregunta sobre utilización de sistemas de calefacción, ya que el 100% de los usuarios manifestó una respuesta negativa.

- Habitabilidad térmica

Con base en la información anterior, se puede decir entonces que la habitabilidad térmica de las viviendas es afectada por las distintas variables mencionadas. Cada una de ellas está determinada tanto por condiciones de comportamiento de los elementos de diseño como de las características del lugar de emplazamiento y los usos dentro de las viviendas. El cómo se desarrollen estas variables es determinante en la manera en que los usuarios habitan su espacio, ya que esto define en los casos posibles, el uso de herramientas de climatización activas para tratar de mitigar los picos extremos de confortabilidad térmica²⁸, incrementando el gasto de energía sin que el problema se resuelva por completo ni de raíz.

La confortabilidad térmica no puede ser medible de la misma manera para todos los casos, ya que depende de diversos factores. Sin embargo, se puede decir que estos factores

²⁸ Fernández, (1994) define el concepto como “el conjunto de condiciones en las que los mecanismos de autorregulación son mínimos o como la zona delimitada por unos umbrales térmicos en la que el mayor número de personas manifiesten sentirse bien” (p. 109); o como “aquellas condiciones de la mente, que expresan satisfacción del ambiente térmico”.

al afectar la confortabilidad térmica, depende a su vez el grado de habitabilidad térmica en los edificios. Debido a que la confortabilidad se mide dependiendo de otros factores, se establecen tres categorías de rangos de confort térmico (García *et al.*, 2011).

- Adaptación psicológica: percepción térmica modificada por experiencias y expectativas térmicas de las condiciones en espacios con sistemas activos de acondicionamiento ambiental.
 - Adaptación del comportamiento: tipo, características, adición o disminución de la vestimenta; actividad del cuerpo, cambios de postura; movimientos de los objetos de alrededor, apertura o cierre de ventanas; cambios de temperatura por ventiladores, termostatos, redirección o bloqueo del viento, persianas, etc.
 - Adaptación fisiológica: adaptación en el metabolismo a los ambientes térmicos de calor o frío mediante respuestas como vasodilatación, vasoconstricción, escalofríos o sudoración.
- Colecta de datos: Resultados

La información respecto a la adaptación tanto psicológica, del comportamiento y fisiológica de los usuarios para mantener una temperatura corporal agradable fue:

- Por movimientos de los objetos de alrededor, apertura o cierre de ventanas: el 88% fueron respuestas negativas y 12% afirmativas.
- Por tipo, características, adición o disminución de la vestimenta; actividad del cuerpo, cambios de postura: el 35% de las respuestas fueron negativa y el 65% afirmativas.
- Adaptación fisiológica en el metabolismo: el 53% de las respuestas fue negativa y el 47% afirmativas.

Urbana.

Orientación y control de asoleamiento y radiación. Consideración de una óptima orientación de los recintos para el aprovechamiento de iluminación y ventilación natural, así como las sombras proyectadas por elementos como árboles u otros edificios.

Características térmicas de la envolvente. Características de los materiales implementados, tomando en cuenta su aislación, transmisión y reflexión, sobre todo en elementos como pisos, muros y fachadas, ya que estos afectan espacios tanto interiores como exteriores.

Clima del lugar de emplazamiento. Al diseñar la construcción o rehabilitación de espacios urbanos es necesario considerar el medio físico natural, primordialmente el clima, esto define criterios de diseño, procesos constructivos y materiales.

Ventilación. La debida implementación de ventilaciones cruzadas, así como la correcta solución de vanos favorecen la continuidad de las corrientes de aire y su renovación provoca sensaciones térmicas favorables aún con calor.

Temperatura exterior. Aunque todas las variables anteriores fueran debidamente implementadas y controladas, la temperatura percibida por cada usuario será diferente, ya que depende de las adaptaciones mencionadas de comportamiento, fisiológicos y psicológicas.

Lumínico. Iluminación por radiación solar exterior.

Arquitectónica.

- Iluminación natural

Se considera adecuada cuando todos los espacios son directamente iluminados a través de ventanas o celosías (Jirón *et al.*, 2004).

- Iluminación artificial

Al tener el ser humano actividades cuyo horario se extienden más allá de los alcances de la luz natural, es necesaria la implementación de artefactos de iluminación artificial, ya sea a través de focos incandescentes, fluorescentes o LED.

- Confort lumínico

Los niveles adecuados de iluminación en los espacios dependerán entonces de las dos variables anteriores, ya que es preferente que la iluminación principal de los recintos sea natural y directa, y que la artificial se utilice como un apoyo cuando no la hay naturalmente; no obstante, sus niveles deben ser también óptimos. Actualmente, existen programas que calculan la iluminación necesaria en los recintos dependiendo del lugar de emplazamiento, orientación, tipo de actividad, características de los materiales, tipo de actividad, tipo de iluminación, etc.

- Colecta de datos: Resultados

Esta sección de la colecta de datos también se dividió en dos, en la percepción de los usuarios respecto a la iluminación natural y artificial de los espacios, los cuales se enlistan a continuación.

Percepción de iluminación **natural** en los espacios:

- Baños: el 59% se conservó neutral, el 35% señaló confortabilidad y el 6% incomfortabilidad.
- Cocina: el 35% se mantuvo neutral y el 65% manifestó sentirlo confortable.
- Área de usos múltiples: el 41% se mostró neutral, el 47% declaró confortabilidad y el 12% incomfortabilidad.
- Estancia-comedor: el 59% se conservó neutral, el 29% señaló confortabilidad y el 12% incomfortabilidad.
- Recámaras: 29% se sostuvo neutral, el 65% expresó sentirlo confortable y el 6% se mostró incomfortable.

Percepción de iluminación **artificial** en los espacios, considerando cantidad de focos e intensidad:

- Baños: el 18% se conservó neutral, el 76% señaló confortabilidad y el 6% incomfortabilidad.
- Cocina: el 24% se mantuvo neutral, el 64% manifestó sentirlo confortable y el 12% incomfortable.
- Área de usos múltiples: el 30% se mostró neutral y el 70% declaró confortabilidad.
- Estancia-comedor: el 24% se conservó neutral, el 70% señaló confortabilidad y el 6% incomfortabilidad.
- Recámaras: 12% se sostuvo neutral, el 82% expresó sentirlo confortable y el 6% se mostró incomfortable.

Urbana. Como se describe previamente, para que los espacios sean seguros también deben ser considerados habitables. Esto se logra a partir del diseño, ya que esto influye en la manera que se usen los espacios por el control visual que se pueda ejercer sobre ellos. Ambas cuestiones son favorecidas cuando las condiciones de iluminación también lo son, primordialmente de manera natural y con el apoyo de fuentes artificiales.

Acústico. Determinantes por aislación, amortiguación o propagación del ruido.

Arquitectónica.

- Comportamiento acústico. Esta variable se refiere al comportamiento acústico que presenta una vivienda dependiendo del nivel de ruido tanto exterior como interior, las características de aislación de la envolvente, la distribución de espacios y continuidades estructurales e instalaciones (Jirón *et al.*, 2004).
- Fuentes exteriores de ruido. Las viviendas pueden ser afectadas por ruidos externos como música, pláticas e incluso gritos, por la circulación en pasillos, escaleras y el tráfico de vehículos.

- Fuentes interiores de ruido. Espacios interiores separados por materiales sin la capacidad de proveer privacidad acústica, ductos de alcantarillado y descargas sanitarias sin solución acústica y por presencia de ruido mecánico en el uso normal de la vivienda (Jirón *et al.*, 2004).

Urbana.

Fuentes de ruido. Las fuentes de ruido a escala urbana son variables, aunque las principales son provocadas por el tráfico de autos, camiones o trenes o por trabajos en edificios aledaños. Otra fuente de ruido sería el generado por el uso del espacio, por ejemplo, si es un espacio destinado al turismo o si es una zona de recreación nocturna. Existen también fuentes que sean confortables acústicamente, ruidos como el movimiento del agua y la naturaleza en general.

Contaminación acústica. A las fuentes de ruido que se consideran una distracción o que se salen del rango de confortabilidad acústica se les conoce como contaminación acústica. Estas afectan directamente el rendimiento o la concentración en la realización de actividades.

Psicosocial: Comportamiento de Individuos y Grupos con base en sus Características.

Arquitectónica.

- Privacidad. La privacidad se puede percibir tanto por propagación de ruido como por intromisión visual (Jirón *et al.*, 2004), por lo que nuevamente es relevante considerar factores de diseño como distanciamiento entre fachadas, distribución de vanos; espacios de control intermedios, espacios exteriores cubiertos y vegetación.
- Percepción sobre la vivienda. Variable relacionados con las condiciones de emplazamiento y organización espacial del conjunto (Jirón *et al.*, 2004).

Para concluir este apartado, se retoma el texto de Jirón *et al.*, (2004) en el que se dice que la habitabilidad arquitectónica puede ser considerada sustentable, siempre y cuando

se consideren las necesidades y expectativas de los habitantes, sus interacciones sociales, las posibilidades de convivencia, y que los procesos sean viables económicamente. De la misma manera, se contemplarían aspectos medioambientales tanto naturales, como contruidos para el aprovechamiento y protección de su potencial, lo cual implicaría también que se contemplen procesos políticos de mayor participación ciudadana. Ya que la vivienda sustentable, que para fines de esta investigación por sus características se entiende como sostenible, se concibe como el espacio físico resguardo de una familia y forma parte del sistema de interconexión de las escalas territoriales.

Esto se complementa con lo que se menciona en Mejía y García, (2017) donde se plantea la importancia de estudios en el tema de habitabilidad, en cuestiones de uso, apropiación y transformación de espacios a través de las actividades cotidianas y la adaptación de las necesidades con las características físico espaciales de los lugares.

Urbana.

Percepción sobre el conjunto. La percepción sobre la seguridad depende del nivel socioeconómico y tamaño de los conjuntos por número de viviendas, así como las edades de los habitantes y las configuraciones familiares. Esta percepción es muy importante ya que de esta depende el sentido de apropiación que desarrollen los habitantes, por lo tanto, a esto obedece el cuidado que brinden al conjunto (Jirón *et al.*, 2004).

Seguridad en entornos inmediatos. La seguridad se relaciona con temas que se mencionan en el apartado de factores físico-espaciales e iluminación, ya que la seguridad depende del control visual y espacial que se tenga de los espacios. Esto se logra con niveles de iluminación adecuados, sobre todo en las noches, así como el fomento de actividades que traen seguridad y vitabilidad, o que rehabilitan los espacios deteriorados como el juego, estacionamiento, almacenamiento, jardinería, comercio, deporte o trabajo (Jirón *et al.*, 2004).

Identidad. Los habitantes desarrollan este sentido con base en la manera en que viven su espacio, primero a escala de vivienda, después calle y luego barrio o colonia. Esto puede lograrse por actividades cotidianas o por las particulares que ahí se desarrollen. En la escala vivienda, según Jirón *et al.*, (2004), muchos habitantes tuvieron la necesidad de identificar sus viviendas de las que eran iguales, a través de elementos como: tamaño y diseño de puertas y ventanas, elementos de ornato en fachada, vegetación y rejas.

Presencia de rejas. Este punto se relaciona con los dos anteriores, primero por la necesidad de sentir seguridad en la vivienda los habitantes implementan rejas en puertas y ventanas, esto se da sobre todo en viviendas en primer piso; el otro punto sería que, es un elemento de ornato que proporciona identidad (Jirón *et al.*, 2004, p. 35).

Seguridad y Mantenición: administración de los espacios y su durabilidad:

Existe la posibilidad de brindar seguridad a los conjuntos por los mismos habitantes a través de las actividades de apropiación ya mencionadas, la cual es la óptima. La otra posibilidad sería implementar servicios de vigilancia externa, cuando los conjuntos son fraccionamientos de régimen en condominio. Esto hace que se formen comitativas vecinales para su administración, además de acordar temas de seguridad y accesos también pueden resolverse temas de limpieza, servicios y equipamiento.

Tipología Arquitectónica

El estudio de la tipología se define como el “instrumento que permite llevar a cabo una reducción de la diversidad y complejidad de los fenómenos reales para incorporarlos de forma coherente a un sistema general” (Guerrero y Rodríguez, 1998, p. 55). Este sistema no incluye casos puntuales, sino más bien generales, ya que se busca que sean probables y relevantes objetivamente. En este sentido, la tipología permite la identificación y simplificación de los rasgos destacados de los casos para la elaboración de mapas temáticos y gráficas específicas.

La tipología arquitectónica se define como “el estudio de los edificios y espacios abiertos a partir de sus similitudes, para la solución de problemas de diseño” (Guerrero y Rodríguez, 1998, p. 55). Se han realizado diversos trabajos teóricos en distintos países con base en las diferentes características y su evolución, ya que los tipos arquitectónicos no son estáticos, si no dinámicos, delimitados y puntualizados. Por ejemplo, Guerrero y Rodríguez, (1998) presentan en su trabajo que en la tipología, tienen igual relevancia tanto los elementos del análisis como sus principios de ordenación y relación.

Se puede hacer un análisis tipológico con base en las distintas características a través del tiempo, un ejemplo de esto es el análisis que hace Vitruvio entre el 80 a.C. y el 5 a.C., en el que plantea que los atributos que debe contener un edificio para ser considerado arquitectura es que tenga orden, simetría, distribución y que además debe de ser firme, útil y bella. Otro ejemplo es del estudio que hace Gregotti (1972), en el que clasifica a las tipologías en lingüísticas, tecnológicas y funcionales. Y es casi a finales del siglo XX que Durand (1986) propone una categorización tipológica a partir de la satisfacción de necesidades como salud y confort, y que al mismo tiempo hubiera regularidad, simplicidad y simetría por la cuestión económica. En la siguiente tabla se sintetizan estos ejemplos.

Tabla 10. Atributos de diferentes clasificaciones tipológicas

| Clasificación tipológica | Atributos |
|---------------------------|--|
| Vitrubio (80 a.C.-5 a.C.) | Orden (Taxis), Distribución (Diátesis), Eurytμία, Simetría Adecuación, Economía (Oikonomía) Toda obra debía ser firme, útil y bella |
| Gregotti (1972) | Tipología lingüística (reglas morfológicas autónomas) Tipología tecnológica, Tipología de agregación de las funciones, Tipología de relaciones de uso hacia el exterior |
| Argán (1974) | Configuraciones completas de edificios Grandes elementos constructivos, Elementos decorativos |
| Durand (1986) | Satisfacción de necesidades de: Conveniencia (solides, salubridad y confort) Economía (simetría, regularidad y simplicidad) |

Fuente: Elaboración propia con base en Guerrero y Rodríguez, (1998)

Con base en las fechas de las aportaciones de estos autores, se puede advertir que la propuesta de Durand en 1986, cuyo objetivo es el énfasis en los aspectos de confort y satisfacción de necesidades, coincide temporalmente con el surgimiento del concepto sostenibilidad en los años 80's y que deriva en el desarrollo sustentable, objeto de estudio del presente trabajo.

Así como las características para clasificar tipologías arquitectónicas fueron cambiando a través del tiempo, los atributos de los edificios aumentaron con los avances tecnológicos, por lo que fue necesario acotar o reducir estos rasgos en sectores para su clasificación; y además de la organización por características, los edificios se separaron dependiendo su género. Para el caso de estudio, el género de edificio de interés es la vivienda, cuyo estudio tipológico es muy extenso y con diferentes enfoques, por lo que la intención de este apartado no es proporcionar un análisis detallado de los estudios de tipos de vivienda, si no el de brindar un panorama general de la tipología de vivienda que se va a analizar.

La edificación de vivienda depende de diversos factores, uno de ellos son las políticas de gobiernos tanto federales como locales, así como las fuerzas del mercado. Algunas de las principales características para clasificar a las viviendas son: superficie, número de cuartos y precio final en el mercado; forma en que se produce, ubicación, equipamiento y servicios, entre otros (CONAVI, 2017).

Tipología de Vivienda a partir de sus Características

Se sabe entonces que algunas posturas para clasificar la tipología arquitectónica de la vivienda se basan en su superficie, nivel socioeconómico, forma en que se produce o su solución espacial. Guerrero y Rodríguez, (1998) aportan una clasificación tipológica con base en 5 aspectos: funcionales, formales, constructivos, semióticos y de emplazamiento, es decir, con base en sus características.

La idea de estudiar únicamente las características de variables en ámbitos formales o funcionales resulta inviable, ya que nunca se manifiestan de manera aislada. Cada uno de los componentes presenta distintas condiciones en sus características tales como color, dimensión, textura o peso; no obstante, este proceso de tipificación “permite agruparlas dentro de un sistema que las haga corresponder con relaciones equivalentes a un conjunto abstracto” (Guerrero y Rodríguez, 1998, p. 58). Para construir una tipología, estos autores convienen en que se debe de tener una visión panorámica de los elementos a considerar, y que las variables en los tipos se abstraen con base en este, junto con la experiencia perceptual de quien lo analiza; esto se relaciona con 5 puntos:

1. Grado de generalidad (número de casos que puede abarcar).
2. Nivel de simplificación o complejidad de los atributos.
3. Forma en que las relaciones internas se efectúan entre ellas y con el conjunto.
4. Abstracción temporal (hechos recurrentes o secuencia de eventos singulares).
5. Grado de abstracción espacial (amplitud del área que abarca).

A continuación, se desarrollan los aspectos determinados por Guerrero y Rodríguez (1998) para clasificar la tipología arquitectónica de vivienda por sus características, sin embargo, se hace un mayor énfasis en la exposición de los tres primeros aspectos: los formales, constructivos y de emplazamiento, ya que los últimos dos, los funcionales y semióticos, no se consideran relevantes para el estudio.

Formales. Al comparar los distintos estudios de tipología racionalista, estos autores concluyen que al análisis volumétrico junto con el de la forma de la planta arquitectónica se le ha dado bastante relevancia, a esto se le llamó estructura formal²⁹.

²⁹ Es “una interpretación de los rasgos comunes de diversos edificios, confrontados con la finalidad de identificar las leyes compositivas que rigen su lógica distributiva” Guerrero y Rodríguez (1998, p. 59).

Planta Arquitectónica. Se considera la forma en que se configuran los edificios³⁰ y la ubicación de áreas abiertas dentro de las plantas. No obstante, en el programa arquitectónico de vivienda de la CONAVI, (2017), se divide en espacios habitables y auxiliares. En los primeros se desarrollan actividades de reunión y descanso tales como dormir, comer, y estar (CONAVI, 2017), y estos deben contar con requerimientos mínimos de superficie, así como de ventilación e iluminación natural.

Los espacios auxiliares, se definen como el “lugar de la vivienda donde se desarrollan actividades de trabajo, higiene y circulación tales como cocinar, asearse, lavar, planchar, almacenar y desplazarse” (CONAVI, 2017, p. 101). Estos se dividen también en básicos y adicionales, los básicos contienen a la cocina, baños, cuarto de lavado, pasillos, escaleras y patios; los adicionales incluyen un vestíbulo, vestidor, cochera, pórtico y patios interiores.

Tabla 11. Requerimientos mínimos de superficie de los espacios en las viviendas

| Tipo de Espacio | Espacio | Área (m ²) | Lado (m) | Altura (m) ³¹ |
|----------------------------|-------------------------|------------------------|----------|--------------------------|
| HABITABLE | Estancia | 7.29 | 2.70 | 2.5 |
| | Comedor | 4.41 | 2.10 | |
| | Recámara | 7.29 | 2.70 | |
| | Alcoba | 3.60 | 2.00 | |
| AUXILIAR | Cocina | 3.30 | 1.5 | 2.5 |
| | Baño | 2.73 | 1.3 | |
| | ½ Baño rectangular | 1.69 | 1.3 | |
| | ½ Baño alargado | 1.44 | 0.8 | |
| | Cuarto de lavado | 2.56 | 1.6 | |
| | Patio | 1.96 | 1.4 | |
| | Patio-Cuarto de lavado | 2.66 | 1.4 | |
| SUPERPUESTOS ³² | Estancia-comedor | 12.00 | 2.70 | 2.5 |
| | Estancia-comedor-cocina | 14.60 | 2.70 | |

Fuente: Elaboración propia con base en CONAVI, 2017.

³⁰ Planta lineal, central, en cruz, reticulares, basilicales, claustros, etc. (Guerrero y Rodríguez, 1998).

³¹ La altura se define por el clima de la región, en el caso de Celaya, se encuentra en una zona seca y semiseca, por lo que la altura recomendada en esta zona se uniformiza a 2.50 m. (CONAVI, 2017, p. 106).

³² Espacios de uso común, delimitado y definido por las actividades que se llevan a cabo (CONAVI, 2017).

Volumetría y Fachadas. Existen distintas posturas para la interpretación de la volumetría dentro de las características tipológicas formales, una es la que plantean Guerrero y Rodríguez, 1998, la cual se describe como la interacción entre elementos como columnas, muros, dinteles, etc., a través de relaciones formales morfológicas en sucesión, penetración, superposición, yuxtaposición, inversión, combinación, separación, axialidad, articulación, encadenamiento, entre otros. En el Código de Edificación de Vivienda (CEV), (2017), se señalan ciertas características a considerar para la volumetría, en cuestiones de privacidad, colindancias y elementos de la fachada. Las especificaciones pueden ser por la distancia de perfiles sobre las fachadas, dependiendo sus alturas, distancia de balcones y voladizos.

La relevancia de un análisis volumétrico se debe a las consecuencias directas que hay sobre las áreas de ventilación e iluminación de la vivienda. Ambas deben obtenerse de manera natural a través de ventanas, puertas, celosías u otras aberturas, hacia patios, espacios exteriores o a la vía pública, y deben tener acceso directo o un mecanismo de fácil control. Al área de iluminación se le conoce como la superficie vidriada en el elemento, ya sea ventana, puerta u otro, por el cual se dota de iluminación natural. En espacios habitables, estas no deben ser menores al 15% del área del piso; en espacios auxiliares, a excepción de baños, pasillos y escaleras, no menores del 10%. Se entiende área de ventilación como la apertura destinada a la ventilación natural³³ del espacio, y esta no deber ser menor al 5% del área de piso.

Considerando esos porcentajes de superficie y las medidas de área mínima en los espacios, las áreas mínimas de iluminación y ventilación en los espacios se calcularon y se pueden ver en la siguiente tabla.

³³ No es necesaria la apertura de ventanas si existe un sistema de ventilación mecánico aprobado, el cual debe producir 0.35 cambios de aire/hora en el espacio. Si es un sistema para la vivienda completa debe ser capaz de suministrar 0.4 m³ de aire de ventilación exterior/min/habitante.

Tabla 12. Áreas mínimas de iluminación y ventilación en espacios habitables, auxiliares y superpuestos mínimos.

| Tipo de Espacio | Espacio | Área mínima del espacio (m ²) | Área mínima de iluminación (m ²) | Área mínima de ventilación (m ²) |
|-----------------|-------------------------|---|--|--|
| HABITABLE | Estancia | 7.29 | 1.09 | 0.055 |
| | Comedor | 4.41 | 0.66 | 0.033 |
| | Recámara | 7.29 | 1.09 | 0.055 |
| | Alcoba | 3.60 | 0.54 | 0.027 |
| AUXILIAR | Cocina | 3.30 | 0.33 | 0.017 |
| | Baño | 2.73 | 0.27 | 0.014 |
| | ½ Baño rectangular | 1.69 | 0.17 | 0.008 |
| | ½ Baño alargado | 1.44 | 0.14 | 0.007 |
| | Cuarto de lavado | 2.56 | 0.26 | 0.013 |
| | Patio | 1.96 | 0.20 | 0.010 |
| | Patio-Cuarto de lavado | 2.66 | 0.27 | 0.013 |
| SUPER PUESTOS | Estancia-comedor | 12.00 | 1.80 | 0.090 |
| | Estancia-comedor-cocina | 14.60 | 2.19 | 0.110 |

Fuente: Elaboración propia con base en CONAVI, 2017

“La vivencia de los espacios es un producto subjetivo” (Guerrero y Rodríguez, 1998, p. 61). Aunque anteriormente se enlistan algunos parámetros para clasificar tipología por sus características formales, es importantes mencionar que la manera en que cada persona construye el espacio está en función de su vivencia e interpretación, relacionada con factores naturales, culturales y psicológicos. Estas experiencias individuales y colectivas influyen tanto en la lectura racional como a nivel subconsciente.

Constructivos. Un sistema constructivo, se define como “el conjunto de materiales y técnicas de edificación que, siguiendo determinadas pautas o principios de ordenación, se utilizan para confinar un espacio” (Guerrero y Rodríguez, 1998, p. 62). Se puede decir que los tipos por procedimientos constructivos y los materiales utilizados se puede clasificar por las características temporales y espaciales de donde se aplican, y pueden ser repetidas por otros constructores. Por ello, se carece de variedad de soluciones en este campo y existen coincidencias a través del tiempo en distintos contextos geográficos.

Técnicas o Procedimientos Constructivos. La finalidad de la selección de elementos constructivos específicos es el mantenimiento de las propiedades de resistencia estática, térmica, acústica; características de los acabados, funcionamiento de las instalaciones, etc. (Guerrero y Rodríguez, 1998). En la clasificación tipológica de Barona y Sánchez, 2005 se recuperan los sistemas mayormente aplicados en vivienda de interés social; en cuanto a cimentación es la mampostería de piedra braza zapata corrida, zapatas aisladas y losa de cimentación. Los materiales más usados para muros estructurales son el tabique recocido y el bloque de cemento con mortero y aplanado. El concreto armado es utilizado para los refuerzos verticales y horizontales como castillos y dalas. Para las losas, se utiliza comúnmente vigueta y bovedilla y losa maciza.

Materiales específicos. En el tema del uso de materiales se identifican cambios de uso considerables con la aparición de otros nuevos por diversos factores como la falta de disponibilidad de los originales, la carencia de conocimiento en su técnica, rechazo por parte de los usuarios, por intervención arquitectónica o la experimentación de nuevas alternativas (Guerrero y Rodríguez, 1998). Sin embargo, existen materiales comunes que Barona y Sánchez, (2005) identificaron en su clasificación tipológica como el tabique, bloque de cemento, morteros, concreto armado, prefabricados, piedra braza o cantera.

Posibilidades tecnológicas. Las posibilidades tecnológicas han llevado a cambios tanto en los procedimientos constructivos como en la creación de nuevos materiales. Algunos ejemplos de la actualidad son la madera transparente, la hidro cerámica, concreto autorregenerativo, tabiques absorbentes de contaminación, cemento generador de luz o vidrios generadores de energía (Gerardi, 2022).

De Emplazamiento. Una peculiaridad del medio construido respecto a otros productos de diseño es que a este lo caracteriza su ubicación, ya que tienen una relación muy estrecha con su entorno.

Como en el tema de habitabilidad, las condiciones de emplazamiento del lugar también influyen de manera directa en la ordenación tipológica de los edificios, como por ejemplo,

la pendiente en cubiertas, elección de materiales o criterios estructurales, tamaño de vanos y ubicación, entre otros (Guerrero y Rodríguez, 1998). Otra cuestión que singulariza tipos en el entorno urbano son las características que se deben cumplir por reglamentaciones en ciertas zonas urbanas, como por ejemplo los centros históricos o determinados fraccionamientos, las cuales no son estáticas durante las distintas fases de las ciudades (Guerrero y Rodríguez, 1998). En términos tipológicos se deben considerar los siguientes para el diseño de edificios:

Elección de Materiales. Como se describe en el apartado de características constructivas en la habitabilidad, la elección de materiales está relacionado con el tipo de clima, el terreno, la posibilidad de recursos de la región, la tecnología, entre otros.

Disposición. La disposición de los edificios influye en la forma en que se establecen en el lote, puede ser de manera aislada, en pares o en hilera, lo cual afecta directamente en la forma en que se ilumina y ventila el edificio. Existen otros factores condicionados, como por ejemplo en el ámbito normativo, existen limitaciones según la pendiente del terreno o de la densidad a la que deben estar sujetos los edificios (CONAVI, 2017).

Tamaño y Ubicación de Vanos y Ventanas. Debe existir una separación adecuada entre edificios para proporcionar una óptima iluminación y ventilación. Según la CONAVI, 2017, esta debe ser no menor de $\frac{1}{3}$ de la altura mayor del edificio, además de considerar también las dimensiones de patios interiores.

Criterio Estructural. Para el criterio estructural deben considerarse nuevamente elementos relacionados con el lugar de emplazamiento, como por ejemplo la resistencia del suelo, dirección de vientos dominantes, si es zona sísmica o propensa a inundaciones, incendios o deslaves, el tipo de clima y región, etc.; así como las afectaciones por el paso de líneas de alta tensión, agua potable, alcantarillado, drenes, gasoductos, oleoductos, vialidades proyectadas.

Techos. Pendientes: De la misma manera, el diseño de azoteas depende de las características físicas naturales del lugar, ya que se debe considerar la precipitación pluvial, factores de carga como nieve, granizo y hasta viento. En México los techos normalmente son planos, considerando relleno en azoteas para dar pendiente de un 2%, aunque en zonas lluviosas es común ver techos a dos aguas. Cargas muertas o vivas: Las cargas vivas o muertas que pueden considerarse en las azoteas pueden ser por el paso de la gente y mobiliario si se adapta un roof garden, si los tendederos y mascotas se encuentran en este espacio o si existen instalaciones adicionales.

Funcionales. Los tipos arquitectónicos funcionales fueron los más promovidos durante los siglos XVIII y XIX, en los que se clasificaban por la actividad que se llevaba a cabo. A partir de 1960 inició el rechazo a las concepciones predominantemente funcionalistas en las que se suponía que los objetos y espacios debían de tener la forma necesaria para su ejecución y se acepta que en estos se pueden llevar a cabo diferentes actividades (Guerrero y Rodríguez, 1998), además de que las funciones en el espacio sufren constantes cambios con el paso del tiempo. Existen funciones sociales, psicológicas, ecológicas, simbólicas, referenciales, entre otras, por lo que un edificio puede ser utilizado para un fin diferente al que fue construido.

Semióticos. En este tema existen opiniones opuestas, ya sea porque a algunos autores les parece impensable descartar el enfoque lingüístico para entender el origen y desarrollo de los hechos urbanos y otros no encuentren conexión alguna entre la arquitectura y la semiótica (Guerrero y Rodríguez, 1998). Los que están a favor argumentan que todas las formas transmiten siempre significados, el diseñador o artista lo comunica y el público lo interpreta. Por el contrario, se discrepa en que el principal objetivo de la arquitectura es la funcionalidad y que los mensajes emitidos son efectos casuales. Un punto intermedio sería el de reconocer a la arquitectura como parte del sistema semiótico de comunicación en el que los mensajes se interpretan con base en las distintas vivencias y que la aplicación de instrumentos lingüísticos aporta también al análisis tipológico.

Tipología de Vivienda por la Forma en que se Produce

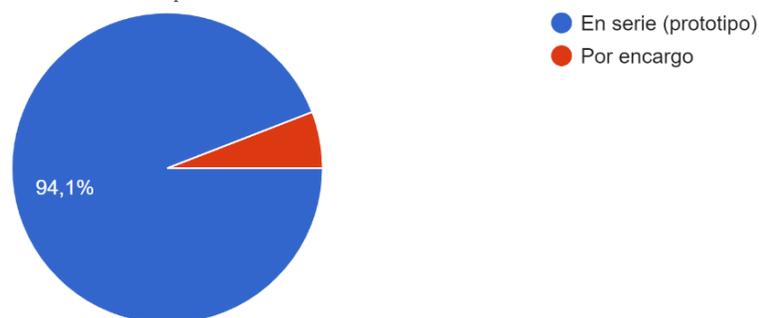
Por la forma de construir vivienda, existen 2 alternativas, una de ellas es la formal, ya sea mediante financiamiento o por encargo a desarrolladores privados, y el otro es por autoconstrucción, la cual consiste en el “diseño y construcción de la vivienda bajo el control directo del propietario ... la cual puede desarrollarse mediante contratación de terceros o por medio de procesos de autoconstrucción” (CONAVI, 2017, p. 61). Dentro de la vivienda formal existe la denominada vivienda en serie, la cual surge debido a que la producción industrial se dio también en el ámbito de la construcción; se replantearon los materiales y forma de construcción, se implementaron componentes prefabricados, y se aplicaron también los principios de organización funcionalista (Capel, 2002). En el caso de México la demanda de vivienda se cubre por medio de la vivienda formal e informal.

Vivienda Formal. La vivienda formal se presenta en distintos sectores económicos, por lo que existen diferentes maneras en su obtención: el que hace la vivienda por encargo, el que adquiere un financiamiento bancario y el que lo hace a través de organismos facilitadores de crédito. Los terrenos son de 8.00 x 20.00 metros en promedio, se construyen de materiales duraderos, con mano de obra especializada y servicios como electricidad, agua, drenaje, pavimentación y banquetas (García *et al.*, 2011).

- **Colecta de datos: Resultados**

El total de los usuarios encuestados habitan en viviendas formales, de los cuales el 94.1% la adquirió por desarrollo en serie y el 5.0% por encargo.

Figura 36. Resultados de la forma de producción de la vivienda en la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia

Vivienda Informal o Autoproducida. Las viviendas autoproducidas son las que sus propietarios diseñan o conciben la vivienda, consiguen financiamiento, compran los materiales y contratan mano de obra para algunas fases de construcción. Estas se construyen en terrenos promedio de 10.00 x 25.00 metros, con los espacios básicos para las actividades de comer, dormir y estar. Los dueños son predominantemente subempleados comerciales o realizan trabajo doméstico, con un ingreso promedio de dos veces el salario mínimo³⁴. La edificación de estas viviendas se da generalmente por etapas a largo plazo conforme se cuenta con recursos, primero se utilizan materiales efímeros o de desecho, para después sustituirse por durables (García *et al.*, 2011).

Tipología de Vivienda por Número de Viviendas en Lote

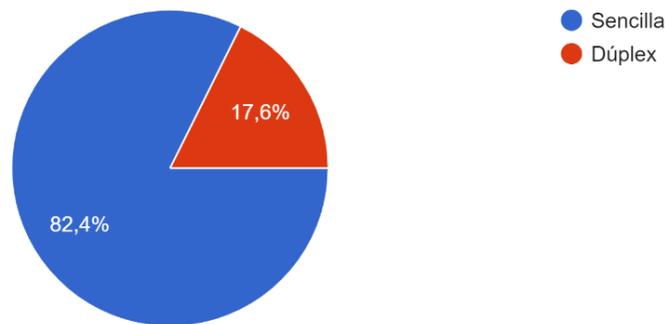
Vivienda Unifamiliar. La vivienda unifamiliar se define como “la situada en parcela independiente, en edificio aislado “... y con acceso exclusivo e independiente desde la vía pública o desde un espacio libre de uso público” (Mauduit, 2018, p. 1). Esto es, que solamente una familia está alojada en la edificación por predio y cumple con la calidad estandarizada de higiene y confort, aunque fue criticada por el costo de los servicios, su carácter extensivo y los problemas de desplazamiento que conllevó (Capel, 2002). Su solución formal normalmente se propone en una planta; o en planta baja y planta alta.

Vivienda Plurifamiliar. Se le define como “la situada en un edificio constituido por viviendas agrupadas con accesos y elementos comunes, resolviendo en régimen de propiedad horizontal o comunidad de propietarios el mantenimiento y utilización de los elementos y servicios comunes y las reglas de vecindad” (Mauduit, 2018, p. 1), y surgen debido a la necesidad de cumplir con las condiciones adecuadas de higiene y privacidad con el aumento de densidad. Estas viviendas alojan a más de 2 familias por predio; y pueden ser de un nivel o varios, sin embargo. Se consideran viviendas dúplex las de un nivel o dos, y a partir del 4to nivel se denominan departamentos (Capel, 2002).

- Colecta de datos: Resultados

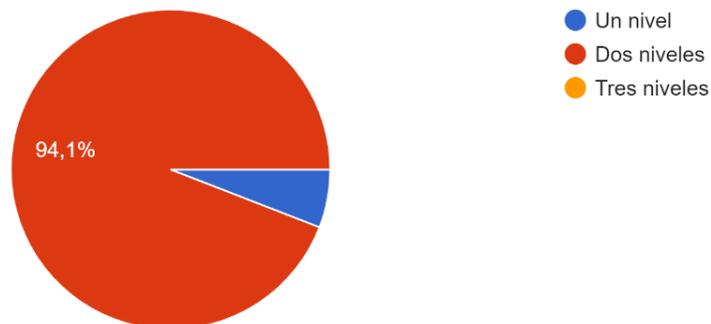
En la zona de estudio, el 82.4% de los usuarios habita en vivienda sencilla y el 17.6% en dúplex. Y el 94.1% de las viviendas son de dos niveles y el restante de una sola planta.

Figura 37. Resultados del tipo de vivienda en la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia

Figura 38. Resultados del número de niveles de la vivienda en la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia

Tipología de Vivienda por Superficie y Precio

Este tipo de vivienda tiene como base el costo de su producción, tanto en suministro de materiales como mano de obra, pago por licencias y permisos, la fuente del financiamiento y su forma de edificación. Esta tipología clasifica a las viviendas en las interés social, que puede ser económica, popular o tradicional; vivienda media, residencial y residencial plus (CONAVI, 2017). El tipo de vivienda que se analiza en el estudio son las que se encuentran catalogadas como de interés social, siendo la económica, popular y la tradicional.

³⁴ 172.87 pesos mexicanos diarios (Secretaría de Trabajo y Previsión Social, 2022).

Vivienda Económica. La característica de esta vivienda es que sus elementos son los mínimos para cumplir con las condiciones de iluminación, ventilación, soleamiento y número de habitaciones (Capel, 2002), así como dimensiones mínimas de superficie, cuyo caso es de 40 m² construidos promedio, para cumplir con los bajos requisitos económicos, medidos en Costos de Salario Mínimo Mensual (SMM), y los mínimos necesarios para el confort. Estas normalmente no cuentan con cajón para estacionamiento (CE), tienen 1 baño, cocina y área de usos múltiples (CONAVI, 2017).

Vivienda Popular. La vivienda popular tiene una superficie construida promedio (SCP) de 50 m², cuenta con 1 cajón de estacionamiento y su partido arquitectónico incluye: 1 baño, cocina, estancia-comedor y de 1-2 recámaras (CONAVI, 2017).

Vivienda Tradicional. La SCP de la vivienda tradicional es de 71 m², tiene 1 cajón de estacionamiento y su partido arquitectónico se compone de 1 y ½ baños, cocina, estancia-comedor y de 2-3 recámaras (CONAVI, 2017).

Vivienda Media. La vivienda media ya no entra de la categoría denominada de interés social, tiene una de SCP de 102 m², de 1-2 cajones de estacionamiento y cuenta con 2 baños, cocina, sala, comedor, de 2-3 recámaras y cuarto de servicio (CONAVI, 2017).

Vivienda Residencial. En la vivienda residencial se considera una SCP de 156 m², de 2 a 3 cajones de estacionamiento, de 3 a 4 baños, cocina, sala, comedor, de 3-4 recámaras, cuarto de servicio y sala familiar (CONAVI, 2017).

Vivienda Residencial Plus. La SCP de la vivienda residencial plus es de más de 188 m², tiene más de 3 cajones de estacionamiento y su programa arquitectónico incluye: de 3-5 baños, cocina, sala, comedor, de 3 a más recámaras, 1 o 2 cuartos de servicio, sala familiar, gimnasio, salón de juegos y jardín (CONAVI, 2017).

Tabla 13. Características de tipos de vivienda por superficie y precio.

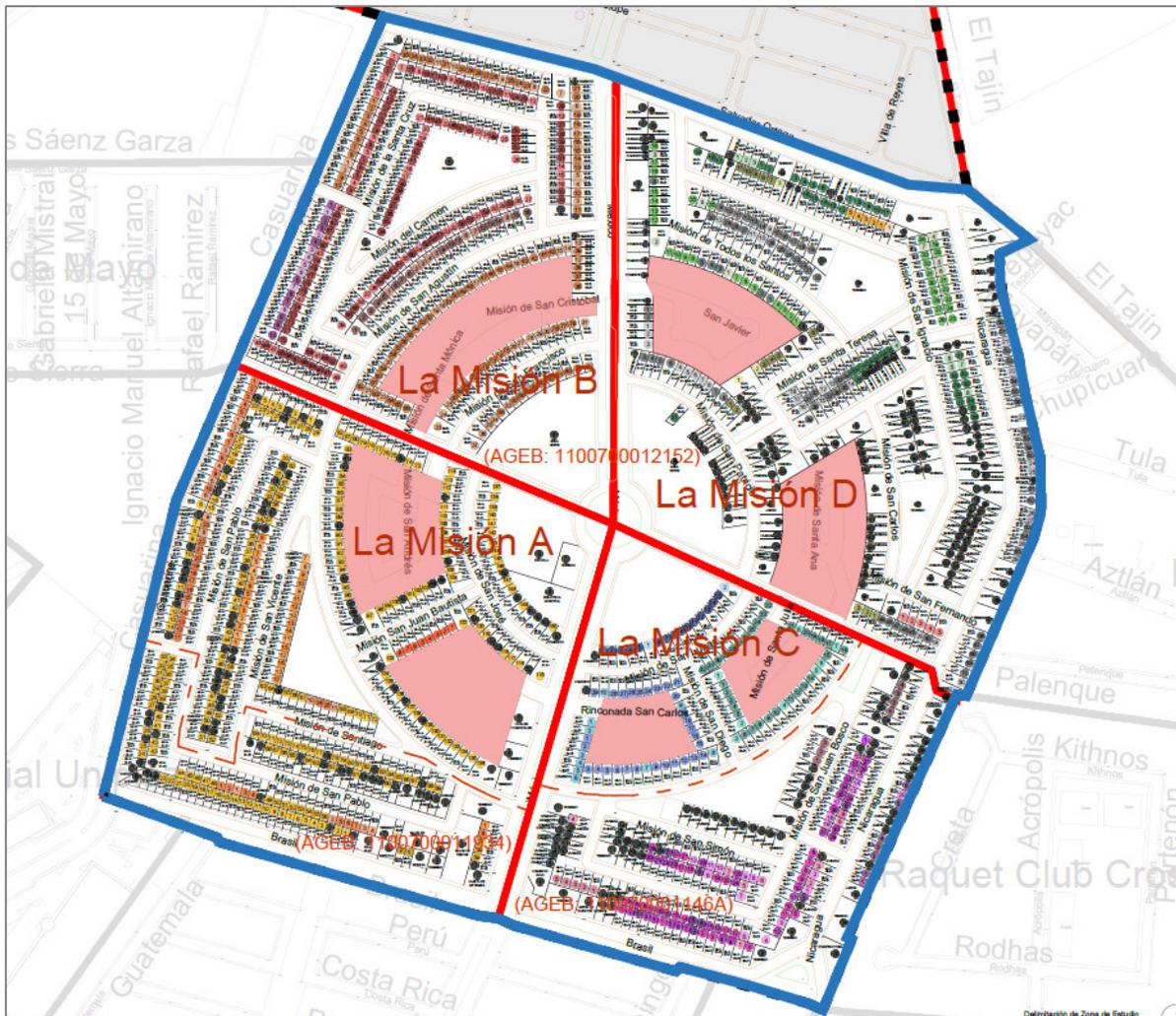
| Tipo de vivienda | | SCP | SMM | CE | Espacios |
|-------------------------|------------------|---------------------------|------------------|----------|---|
| De interés social | Económica | 40 m ² | Hasta 118 | 0 | 1 Baño, cocina, área de usos múltiples |
| | Popular | 50 m ² | De 118.1 - 200 | 1 | 1 Baño, cocina, estancia-comedor, de 1-2 recámaras |
| | Tradicional | 71 m ² | De 200.1 - 350 | 1 | 1 y ½ Baños, cocina, estancia-comedor, de 2-3 recámaras |
| De interés medio y alto | Media | 102 m ² | De 350.1 - 750 | De 1-2 | 2 Baños, cocina, sala, comedor, de 2-3 recámaras, cuarto de servicio |
| | Residencial | 156 m ² | De 750.1 - 1,500 | De 2-3 | De 3-4 Baño, cocina, sala, comedor, de 3-4 recámaras, cuarto de servicio, sala familiar |
| | Residencial Plus | Más de 188 m ² | Mayor a 1,500 | Más de 3 | De 3-5 Baños, cocina, sala, comedor, de 3 a más recámaras, de 1 a 2 cuartos de servicio, sala familiar, gimnasio, salón de juegos, jardín |

Fuente: Elaboración propia con base en CONAVI, (2017)

- **Colecta de datos: Resultados**

Fraccionamiento muestra tipo abierto: La Misión. En este fraccionamiento se cuantificaron 1,302 viviendas y 29 prototipos de vivienda. Muchas de ellas tienen modificaciones, principalmente en fachada por techado de cocheras. Este fraccionamiento se divide en 4 secciones: A, B, C y D; y participan 3 Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEBS) Urbanas. Primero está el 1100700012152, que es el área más extensa del fraccionamiento y en el cual se encuentran las secciones B, D y parte de A y C; después el 1100700011934, parte restante de la sección A; y 110070001146A, donde se encuentra el resto de la sección C, como se puede ver en la figura 39.

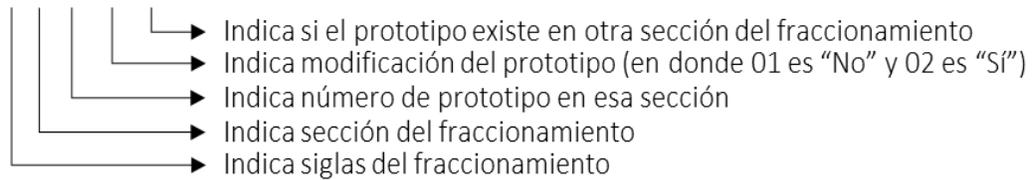
Figura 39. Fraccionamiento muestra tipo abierto: La Misión, Celaya, Gto.



Fuente: Elaboración propia

Los prototipos se clasificaron en viviendas de origen, que son los aprobados y construidos al inicio del desarrollo y los que conforman la mayor parte de las viviendas; atípicos, son de 3 hasta 15 viviendas seriadas que fueron construidas por un desarrollador particular y que tienen características muy diferentes a las de origen; repetidos son los que se construyeron en más de una sección del fraccionamiento; y por último, viviendas sin prototipo son las que no fueron parte de la producción en serie. La simbología de los prototipos se lee de la siguiente manera:

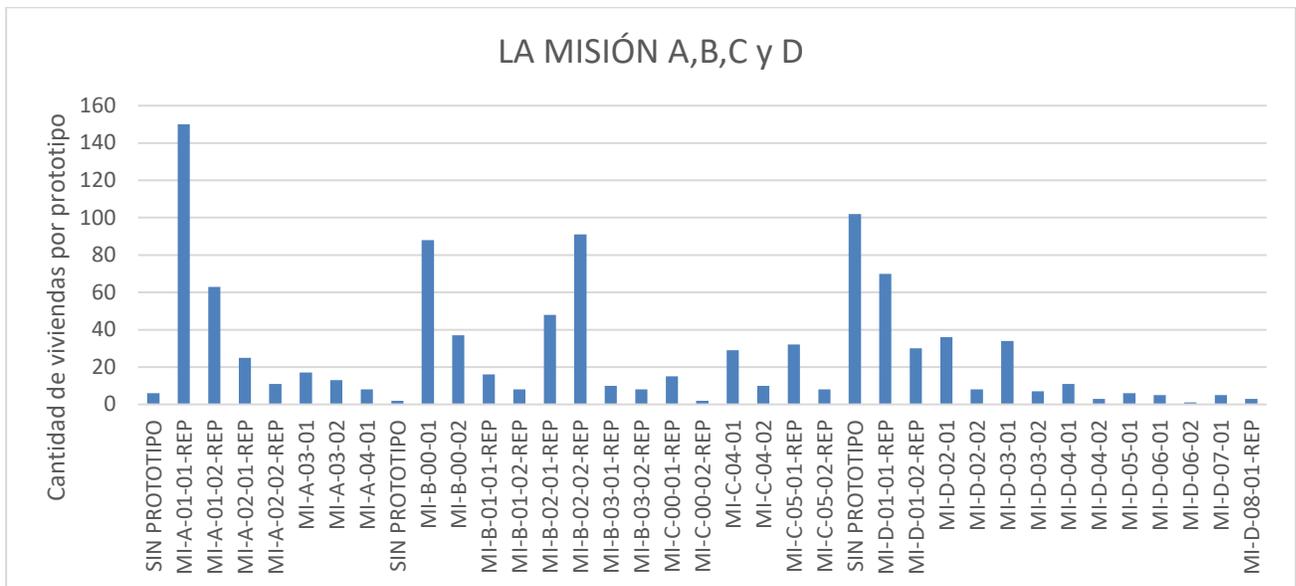
PROTOTIPO MI-A-01-01-REP



En la figura 40 se puede observar gráficamente la escala de participación de cada prototipo de vivienda en todo el fraccionamiento.

- AGEB 1100700012152: La Misión A, B, C y D

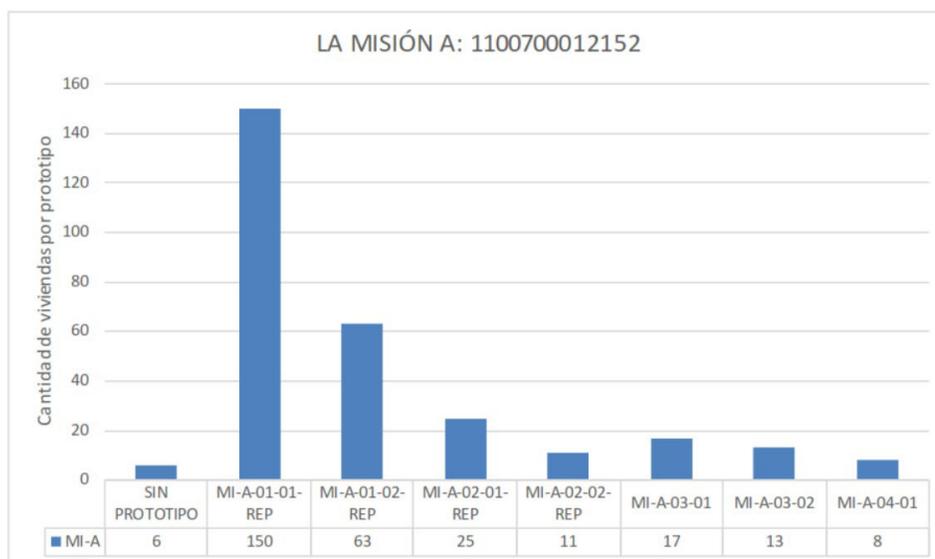
Figura 40. Participación de prototipos en fraccionamiento muestra tipo abierto: La Misión.



Fuente: Elaboración propia

En la sección A de este AGEB, se encontraron 4 prototipos, en los que 3 de ellos contaban con alguna modificación. El prototipo predominante fue el MI-A-01-01-REP, con 51% de participación y su versión con modificaciones el 21%. Los otros 3 prototipos tuvieron una participación entre el 3% y 9%, y las viviendas sin prototipo significaron el 2%.

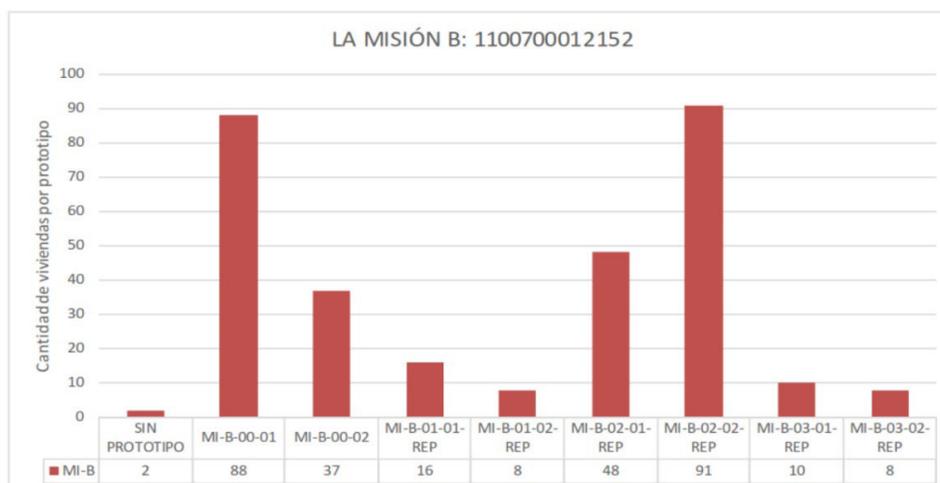
Figura 41. Cantidad de viviendas por prototipo: La Misión A (1100700012152)



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la sección B, se encontraron 4 prototipos más su respectiva variante con modificaciones. El prototipo predominante fue el MI-B-02-02-REP, con 29% de participación y su versión sin modificaciones el 16%. El prototipo MI-B-00-01 tuvo el segundo lugar de participación con el 28%, el resto se comportó entre 3 y 12% y las viviendas sin prototipo sumaron el 1%.

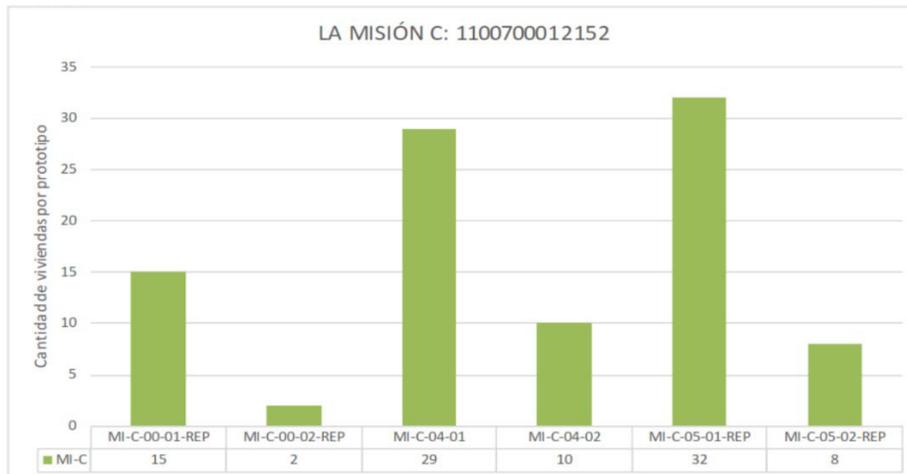
Figura 42. Cantidad de viviendas por prototipo: La Misión B (1100700012152)



Fuente: Elaboración propia

Respecto a la sección C, se encontraron 3 prototipos con su variante. El prototipo con mayor participación fue el MI-C-05-01-REP, con 33% y su versión con modificaciones el 8%. Después, con el 30%, el prototipo MI-C-04-01 y el 11% su versión 02. El prototipo MI-C-00-01-REP representó el 16% y su versión modificada el 2%.

Figura 43. Cantidad de viviendas por prototipo: La Misión C (1100700012152)



Fuente: Elaboración propia

Referente a la sección D, se encontraron 8 prototipos, 5 variantes y viviendas sin prototipo. Este último tuvo predominancia con el 32%, después el MI-D-01-01-REP con el 22% y el resto mostró porcentajes entre el 0 y 11% de participación.

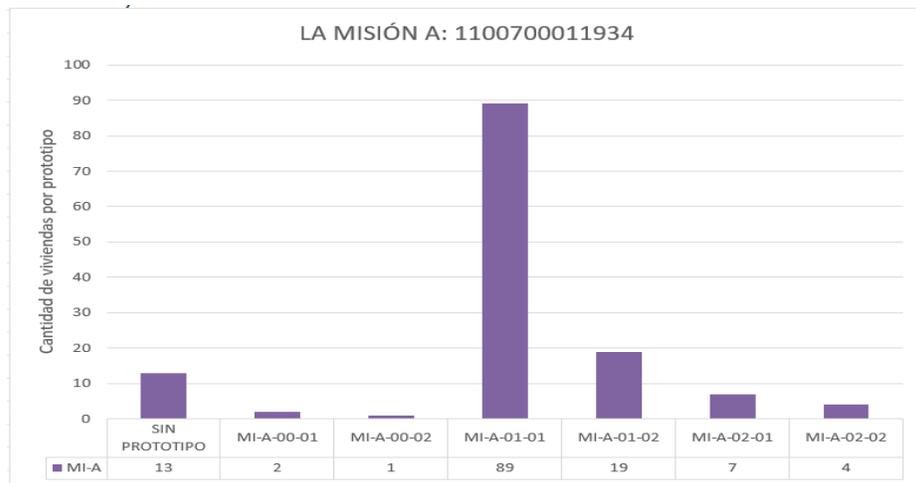
Figura 44. Cantidad de viviendas por prototipo: La Misión D (1100700012152)



Fuente: Elaboración propia

- AGEB 1100700011934 (La Misión A): En esta sección se encontraron 3 prototipos con sus variantes con modificación y viviendas sin prototipo. El predominante fue el MI-A-01-01, con 66% de participación y su versión con modificaciones el 14%; los otros tuvieron una participación entre el 1% y 5% y sin prototipo el 10%.

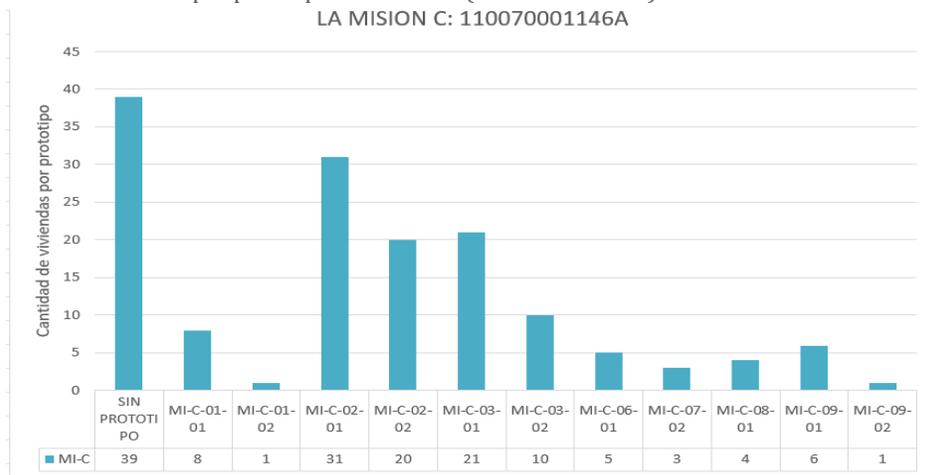
Figura 45. Cantidad de viviendas por prototipo: La Misión A (1100700011934)



Fuente: Elaboración propia

- AGEB 110070001146A (La Misión C): En este AGEB existen 7 prototipos, 5 variantes con modificación y viviendas sin prototipo. Las últimas tuvieron un porcentaje de participación del 26%, después el MI-C-02-01 con el 21% y su variante con el 13%, y los otros se comportaron entre el 1 y 7 y hasta 14%.

Figura 46. Cantidad de viviendas por prototipo: La Misión C (110070001146A)



Fuente: Elaboración propia

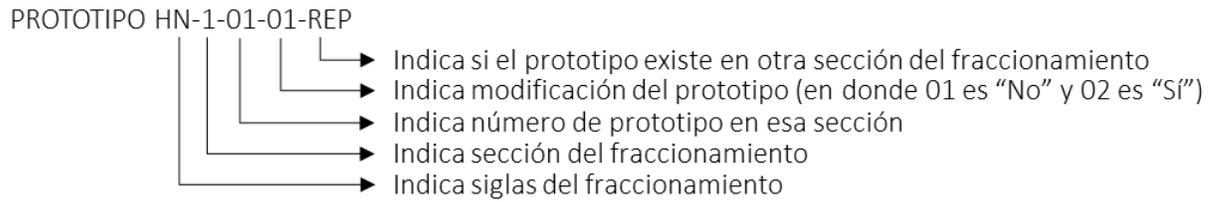
Fraccionamiento muestra tipo régimen en condominio: Haciendas Natura. En este fraccionamiento se cuantificaron 1,463 viviendas y 9 prototipos de vivienda. Las modificaciones que se encontraron en la mayoría de ellas fueron igualmente por techado de cochera o patios. En este fraccionamiento participan 7 AGEBS urbanas, por lo que, para facilitar la colecta de datos, en este estudio se tomaron las divisiones de los AGEBS como secciones del fraccionamiento, numerados del 1-7.

Figura 47. Fraccionamiento muestra tipo régimen en condominio: Haciendas Natura, Celaya, Gto.



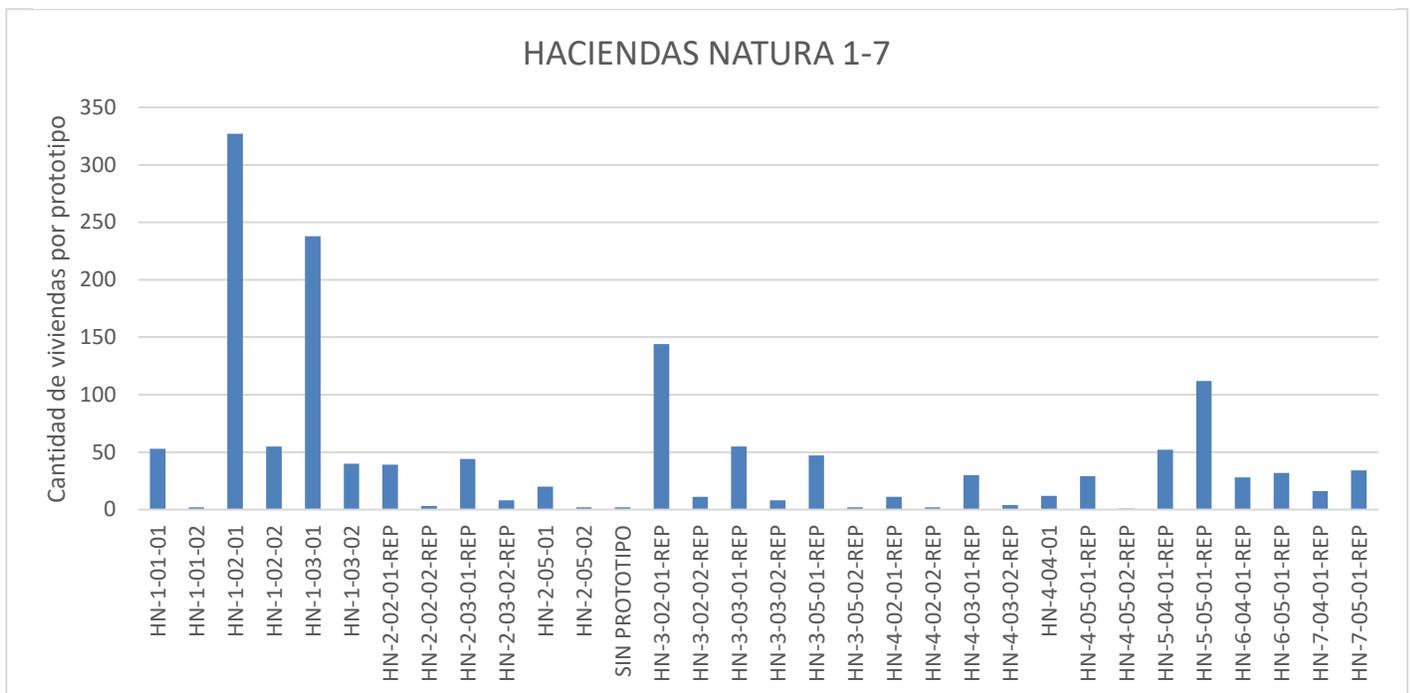
Fuente: Elaboración propia

Los prototipos se clasificaron de la misma manera que en la muestra de fraccionamiento abierto, en viviendas prototipo de origen y su variante si existía alguna modificación, así como un porcentaje mínimo de viviendas sin prototipo; y no se encontraron prototipos atípicos. La simbología se lee de la siguiente manera:



En la figura 49 se puede observar gráficamente la escala de participación de cada prototipo de vivienda en todo el fraccionamiento.

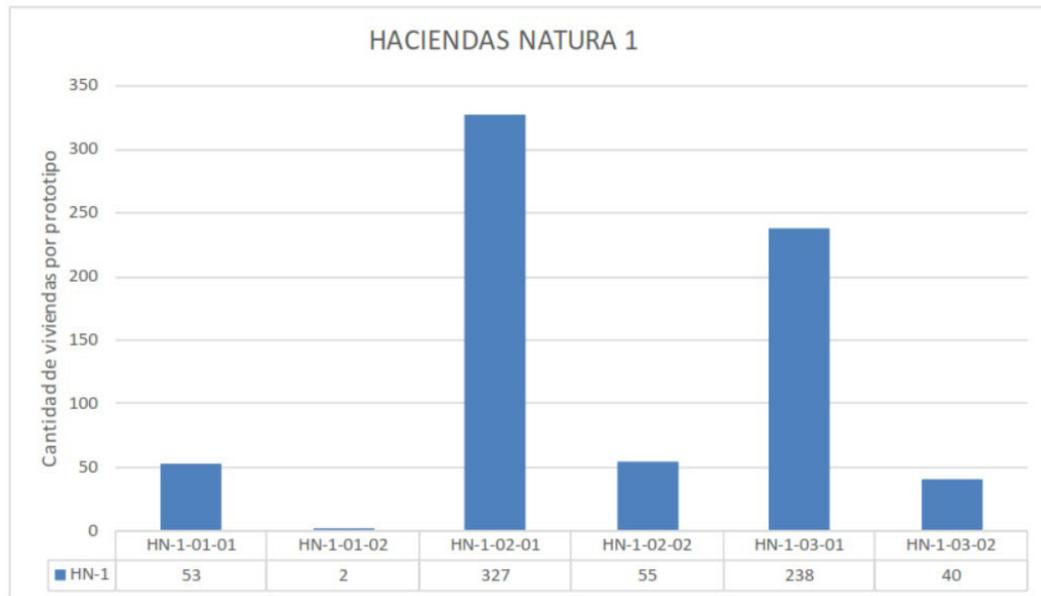
Figura 48. Participación de prototipos en fraccionamiento muestra tipo régimen en condominio: Haciendas Natura.



Fuente: Elaboración propia

- AGEB 1100700012947: Haciendas Natura 1. En esta sección existen 3 prototipos de vivienda con su variante de modificación. El prototipo que más se repite es el HN-1-02-01 con un 46% de participación y su versión con modificaciones el 8%. El prototipo HN-1-03-01 alcanzó un 33% y su variante el 6%. El HN-1-01-01 tuvo menor participación con el 7% y su variante un 0%.

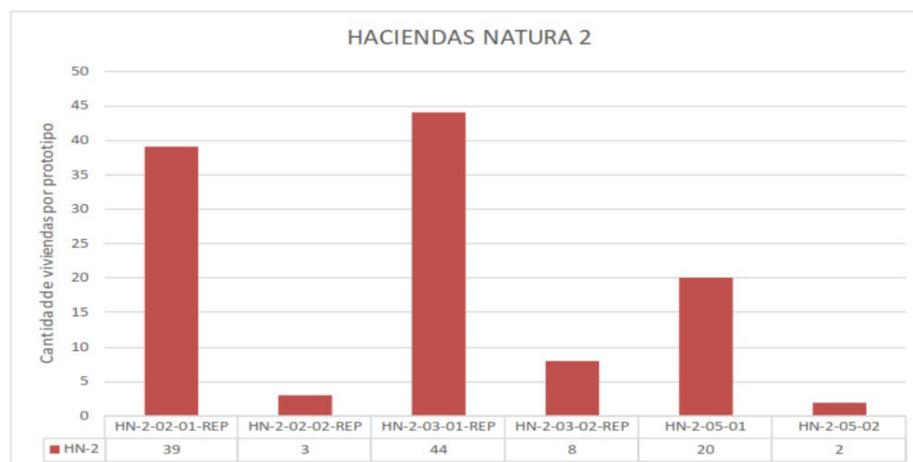
Figura 49. Cantidad de viviendas por prototipo: Haciendas Natura 1 (1100700012947)



Fuente: Elaboración propia

- AGEB 1100700013254: Haciendas Natura 2. En esta sección participan también 3 prototipos de vivienda con su respectiva variante de modificación. La vivienda que más se repite es la del prototipo HN-2-03-01 con un 38% y su versión con modificaciones el 7%. El prototipo HN-2-02-01 llegó a un 34% y su variante el 2%. El HN-2-05-01 tuvo una participación de 17% y su variante un 2%.

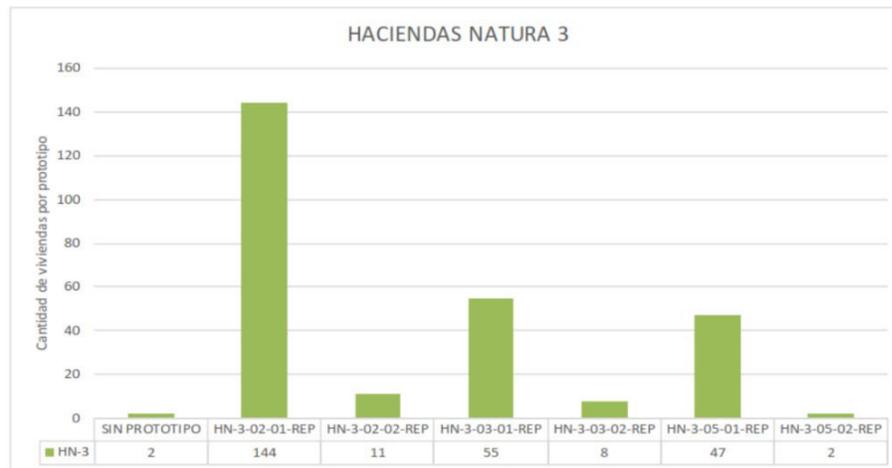
Figura 50. Cantidad de viviendas por prototipo: Haciendas Natura 2 (1100700013254)



Fuente: Elaboración propia

- AGEB 110070001331A: Haciendas Natura 3. En esta parte la vivienda más repetida es el prototipo HN-3-02-01 con un 54% y su versión con modificaciones el 4%. El prototipo HN-3-03-01 alcanzó un 20% y su variante el 3%. El HN-3-05-01 tuvo una participación de 17% y su variante un 1%, al igual que las viviendas sin prototipo.

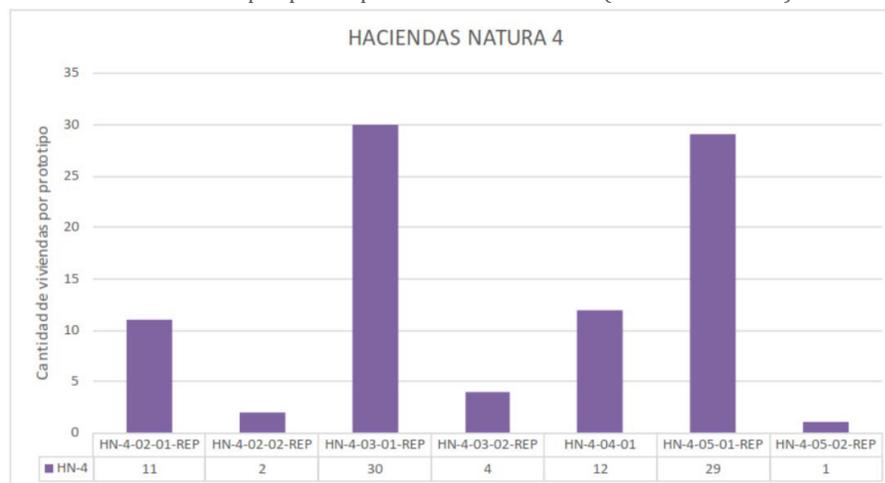
Figura 51. Cantidad de viviendas por prototipo: Haciendas Natura 3 (110070001331A)



Fuente: Elaboración propia

- AGEB 1100700013409: Haciendas Natura 4. Respecto a la sección 4, existen 4 prototipos de vivienda, de los cuales en 3 se manifiesta la variante con modificaciones. El prototipo con mayor porcentaje es el HN-4-03-01-REP con un 34%, seguido del HN-4-05-01-REP CON UN 33%; el resto de los prototipos se comportaron entre un 1% y 13%.

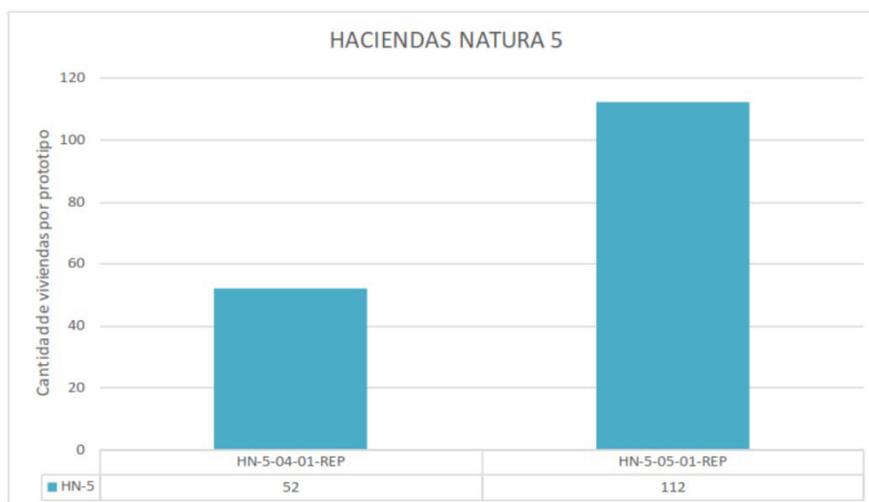
Figura 52. Cantidad de viviendas por prototipo: Haciendas Natura 4 (1100700013409)



Fuente: Elaboración propia

- AGEB 1100700012434: Haciendas Natura 5. En la sección 5 de este fraccionamiento se encontraron únicamente dos prototipos, el HN-5-04-01 y el HN-5-05-01, los cuales tuvieron un porcentaje de 32% y 68% respectivamente.

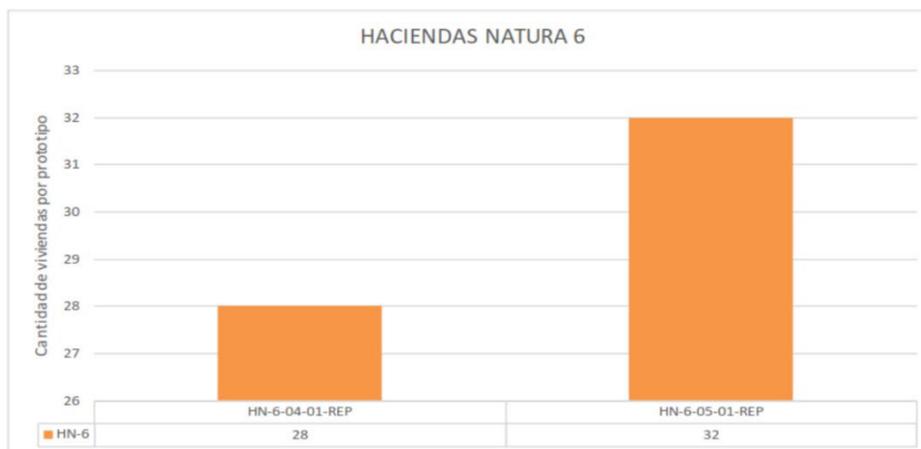
Figura 53. Cantidad de viviendas por prototipo: Haciendas Natura 5 (1100700012434)



Fuente: Elaboración propia

- AGEB 1100700013324: Haciendas Natura 6. En lo referente a la sección 6 existen solamente dos prototipos, los mismos que en el AGEB anterior, el HN-6-04-01-REP y el HN-6-05-01-REP, los cuales tuvieron un porcentaje de participación de 47% y 53% respectivamente.

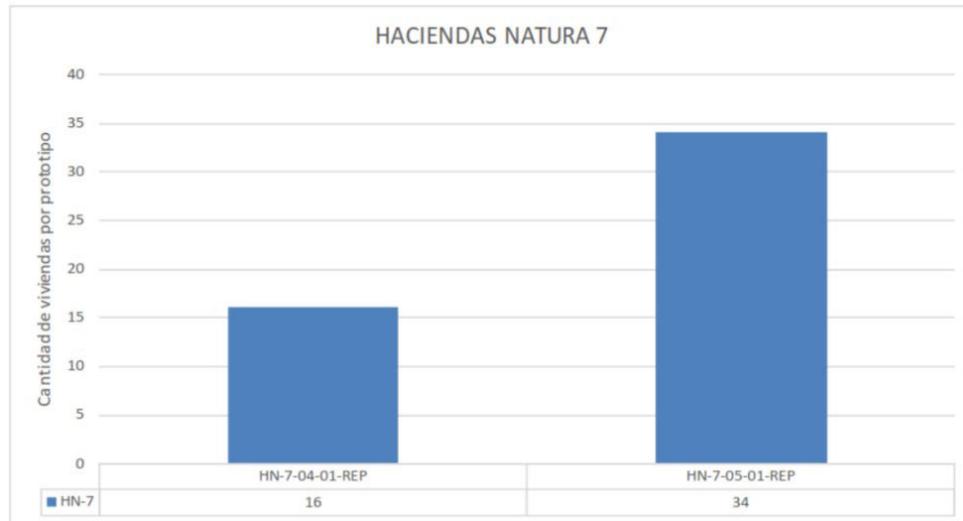
Figura 54. Cantidad de viviendas por prototipo: Haciendas Natura 6 (1100700013324)



Fuente: Elaboración propia

- AGEB 1100700013428: Haciendas Natura 7. En la última sección del fraccionamiento existen los dos prototipos que se han repetido en los dos AGEBS anteriores, el HN-7-04-01-REP y el HN-7-05-01-REP, los cuales tuvieron un porcentaje de participación de 32% y 68% respectivamente.

Figura 55. Cantidad de viviendas por prototipo: Haciendas Natura 7 (1100700013428)



Fuente: Elaboración propia

Los dos temas que conformaron este capítulo, la habitabilidad y la tipología arquitectónica, son los más extensos tanto en información teórica como colecta de datos. Gracias a esta sección se puede afirmar que parte de la habitabilidad la conforma una iluminación natural y artificial adecuada, ya que esto influye en aspectos de confortabilidad y seguridad, variable relevante para la zona de estudio. En el capítulo dos se concluye que la implementación de paneles fotovoltaicos es viable a nivel conjunto por los costos de inversión, pero no se había hablado de la posibilidad de implementación con fines de autogeneración, por ejemplo, en luminarias de vialidades o casetas de vigilancia.

Como se menciona anteriormente, además de la radiación solar de la zona y las necesidades eléctricas de la vivienda, es necesario tomar en cuenta las características tipológicas para asegurar la seguridad estructural y la superficie disponible para la instalación del sistema, ya que en algunos casos será necesario considerar estructuras

alternas para lograr la orientación e inclinación requerida. Para este punto es importante resaltar que las modificaciones que realizaron los usuarios, al ser en su mayoría techado de cocheras y patios, indirectamente favorecerían a este punto de la tipología para la implementación de los paneles fotovoltaicos en viviendas unifamiliares.

Es importante resaltar también que, en las últimas décadas, al convertirse la vivienda en un producto de desarrollo capitalista con un enfoque únicamente como ganancia de negocio, se han dejado a un lado consideraciones de optimización de elementos naturales a través de sistemas pasivos de regulación térmica, es decir, bioclimática. Esta falta de atención ha provocado que las condiciones de habitabilidad en las viviendas sean afectadas y que, a su vez, hayan contribuido al aumento de utilización de sistemas activos contaminantes además de un fuerte consumo energético para lograr temperaturas confortables en la realización de actividades en los espacios.

Respecto a la parte técnica de un sistema de paneles fotovoltaicos, sería importante también conocer sus características, saber las diferentes opciones de modelos, sus características o sus componentes para tener un criterio sobre los que serían los más adecuados de implementar en este caso de estudio.

Capítulo 4: Adaptabilidad Espacial y Energética de Paneles Fotovoltaicos para Viviendas

Energía Solar Fotovoltaica

El sol es una estrella que emite luz y calor, los cuales son base para la vida en la tierra. La luz que llega a la superficie de esta se llaman fotones y pueden convertirse en energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos. Existen distintos tipos de instalaciones, dependiendo de su uso y de las características del medio donde serán instaladas.

Aisladas

No tienen conexión a la red eléctrica, son viables en lugares remotos o alejados de los suministros eléctricos y tiene más de 10 áreas de uso, como la electrificación en zonas rurales, en el ámbito agropecuario, en procesos de desalinización, telecomunicaciones remotas, señalización y alarma, en vivienda, siendo las de interés para este estudio, alumbrado autónomo y en el marco militar y aeronáutico.

Tabla 14. Aplicaciones de instalaciones fotovoltaicas aisladas

| Aplicaciones de instalaciones fotovoltaicas aisladas | |
|--|--|
| Alumbrado autónomo | Iluminación de túneles o carreteras, Invernaderos, Granjas y establos, Parajes alejados, Viviendas, Casetas. |
| Aplicaciones domésticas | Iluminación, Alimentación de electrodomésticos, Bombeo y agua. |

Fuente: Elaboración propia con base en (Roldán, 2013, p. 109).

Conectadas a Redes de Baja Tensión

Cuando la energía generada por particulares es excedente y lo venden a la red general de baja tensión para su distribución comercial. Algunas de sus aplicaciones son las centrales termoeléctricas, por equipos de medida de niveles de contaminación o en pequeños generadores (Roldán, 2013).

Híbridas

Este sistema enlaza el aislado con el conectado, si la energía requerida se satisface, el excedente se almacena en baterías y en caso contrario, de no ser suficiente, se toma la faltante de la red de suministro (s.a., 2019a). Este tipo de instalación es viable para cumplir con los objetivos del trabajo de investigación, ya que las viviendas en la zona de estudio se encuentran conectadas a la red eléctrica, y en caso de generar energía excedente, se podría regresar a la red y obtener ganancias.

Paneles Fotovoltaicos

La luz solar llega en cantidades variables debido a las diferentes longitudes de onda de los fotones, estos se convierten en electricidad a través un proceso llamado efecto fotovoltaico, mediante el cual, las células que se encuentran en los paneles reaccionan a la luz visible, los rayos infrarrojos, ultravioleta, luz visible roja, verde y láser, dependiendo de su tecnología (Roldán, 2013).

Células Fotovoltaicas.

Las células fotovoltaicas o fotoeléctricas son pequeños generadores eléctricos formados por capas finas de material semiconductor, normalmente silicio. Proveen una tensión de 0,5 V y una ligera corriente eléctrica (Roldán, 2013).

Paneles Fotovoltaicos.

Los paneles fotovoltaicos se componen de un conjunto de células de silicio, y son los elementos que transforman la luz del sol en energía eléctrica (Roldán, 2013). Hay distintos tipos dependiendo su eficiencia³⁵, precio y sus características. Tienen una vida útil de 30 años en promedio, bien cuidado puede durar hasta 35 años (Roldán, 2013). Dentro de los más comunes, se encuentra el panel monocristalino, policristalino y el amorfo, cuyas características se sintetizan en la figura 57. Aunque existen también los módulos de película delgada³⁶ y los módulos de arseniuro de galio³⁷. Por último, se menciona otro tipo de panel, el cual tiene una doble función, la de generar electricidad y la de recuperación de calor para calentamiento de agua, por lo que se le denominan instalaciones híbridas por su función, a diferencia de las híbridas por su uso y tipo de instalación (Roldán, 2013).

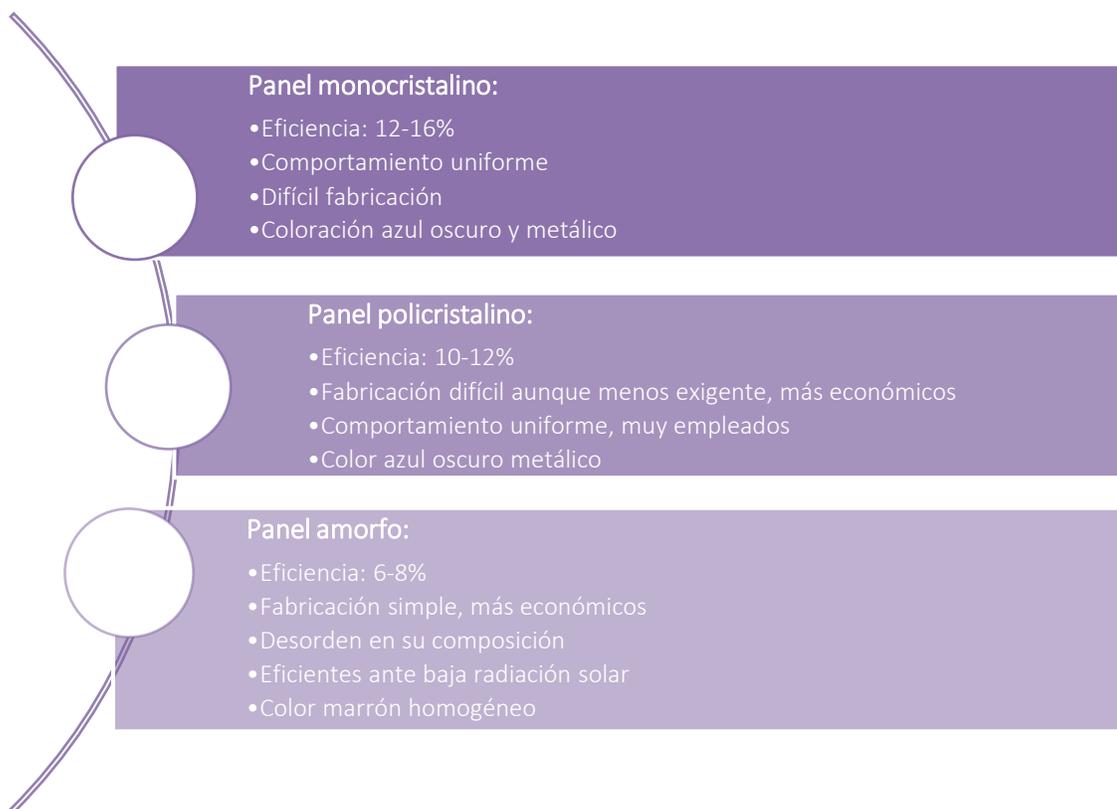
Componentes del Módulo Fotovoltaico. Los elementos que componen un módulo fotovoltaico son el marco metálico, las células de silicio, el material encapsulante, recubrimiento anterior y posterior y sus conexiones eléctricas (Roldán, 2013).

³⁵ La eficiencia energética de los paneles es proporcional a la cantidad de energía que transforma. La eficiencia promedio es entre un 16% y un 17%, aunque hay paneles con valores superiores al 19% hasta un 23% y estos se consideran de alta eficiencia (Du Pont, 2022).

³⁶ Eficiencia: 5%, fabricación sencilla, poco material activo.

³⁷ (Ga-As) Eficiencia: 28%, fabricación con costo elevado, material muy eficiente Roldán (2013)

Figura 56. Características de los paneles fotovoltaicos más comunes



Fuente: Elaboración propia con base en Roldán (2013)

Conexión de los Paneles Fotovoltaicos. Existen distintas maneras de conectar los paneles, dependiendo de la demanda energética, la tensión o de la corriente eléctrica, las conexiones pueden ser por funcionamiento individual, en serie, paralelo y conexión mixta.

Tabla 15. Tipos de conexiones entre paneles fotovoltaicos

| Tipo de conexión | Características |
|---------------------------------|--|
| Funcionamiento individual | Tensión y corriente correspondientes a las nominales del panel |
| Conexión en serie | La tensión (U) de suministro aumenta |
| Conexión en paralelo | La intensidad (I) de suministro aumenta |
| Conexión mixta (serie paralelo) | Aumentar la tensión (U) y la intensidad (I) de suministro |

Fuente: Elaboración propia con base en Roldán (2013)

Componentes de las Instalaciones Fotovoltaicas. Además de los módulos, las instalaciones fotovoltaicas incluyen también un regulador de corriente, un acumulador eléctrico de la energía generada, un inversor, transformadores, contadores energéticos, aparatos de protección y aparamenta general (Roldán, 2013).

Circuitos Básicos de Generación Fotovoltaica. Las instalaciones fotovoltaicas se conectan a manera de circuitos, por lo que se requiere que los paneles se orienten hacia el sur y con el ángulo adecuado de inclinación; agrupar el área de instalación, evitar caídas de tensión, corroborar los aparatos conectados y considerar un conductor de protección cuando la tensión supere los 48V (Roldán, 2013). Los circuitos pueden ser de generación fotovoltaica básica, de generación fotovoltaica y de alimentación directa.

Circuitos de Generación Fotovoltaica conectadas a la Red. Los elementos de las instalaciones que permiten regresar a la red eléctrica el excedente de energía generada son los paneles, el inversor de corriente y el transformador de tensión. Los circuitos para este caso son de generación fotovoltaica, uno de instalación de suministro para el particular y para la red general y otro únicamente para la red (Roldán, 2013).

Mantenimiento de Instalaciones Fotovoltaicas. Los procedimientos de mantenimiento son necesarios para alcanzar su vida útil promedio de 30 años (Roldán, 2013). Esto incluye procesos de limpieza regular cada 6 meses o una vez al año; control del estado de soportes y anclajes; supervisión del estado de las puestas a tierra en estructuras y soportes metálicos; revisión del aislamiento de las cajas de conexiones; examinar el estado de los conductores exteriores; verificar que no existan fugas en la zona de baterías y cuidarlas según las instrucciones del fabricante.

Proveedores de Paneles Fotovoltaicos. Existen diversas marcas que producen paneles solares con distintas características. Destacan *LG* con modelos de la línea *NeON* y *MONO*; *SunPower* con sus productos *Maxeon* y *Performance*; *SERAPHIM* con sus productos series *S2*, *S3*, *S4* y *Smart Solutions*; y *QCELLS* con sus modelos series *Q*. *PEAK DUO*.

Tabla 16. Marcas, modelos y características de paneles solares

| Marca y Producto | Modelo | Características | | | | | |
|-----------------------|--------------------------|-----------------------|----------------------|---|------------|-------------------------|---------|
| | | Tipo de célula | Número de células | Capacidad máxima | Eficiencia | Dimensiones (LxLxH)(mm) | Peso |
| LG-NeON R | LG NeON R 60Cell | Monocristalina tipo N | 60 células (6x10) | 365 W | 21.1% | 1,700 x 1,016 x 40 | 18.5 kg |
| | | | | 360 W | 20.8% | | |
| Garantía lineal: | | | | Primeros 5 años: 95% / después del quinto año: 0.4% de degradación anual / a los 25 años: 87% | | | |
| LG-NeON 2 | LG NeON 2 60Cell | Monocristalina tipo N | 60 células (6x10) | 335 W | 19.6% | 1,686 x 1,016 x 40 | 18 kg |
| | | | | 330 W | 19.3% | | |
| | | | | 325 W | 19.0% | | |
| LG-NeON 2 | LG NeON 2 72Cell | Monocristalina tipo N | 72 células (6x12) | 400 W | 19.3 % | 2,024 x 1,024 x 40 | 21.7 kg |
| | | | | 395 W | 19.1% | | |
| | | | | 390 W | 18.8% | | |
| Garantía lineal: | | | | Primer año: 98% / después del primer año: 0.55% de degradación anual / a los 25 años: 84.8% | | | |
| LG-NeON 2BiFacial | LG NeON 2BiFacial 60Cell | Monocristalina tipo N | 60 células (6x10) | 315 W | 17.8 % | 1,730 x 1,024 x 40 | 19.6 kg |
| | | | | 310 W | 17.5% | | |
| | | | | Garantía lineal: | | | |
| LG-NeON 2BiFacial | LG NeON 2BiFacial 72Cell | Monocristalina tipo N | 72 células (6x12) | 385 W | 18.3 % | 2,064 x 1,024 x 40 | 22.1 kg |
| | | | | 380 W | 18.0% | | |
| | | | | 375 W | 17.7% | | |
| Garantía lineal: | | | | Primer año: 98% / después del primer año: 0.55% de degradación anual / a los 25 años: 84.8% | | | |
| LG-MONO X Plus | LG MONO X plus 60Cell | Monocristalina tipo P | 60 células (6x10) | 300 W | 17.5 % | 1,686 x 1,016 x 40 | 18 kg |
| | | | | 295 W | 17.2% | | |
| Garantía lineal: | | | | Primer año: 98% / después del primer año: 0.55% de degradación anual / a los 25 años: 84.8% | | | |
| QCELLS-Q. PEAK DUO G7 | Q. PEAK DUO G7 325-335 | Monocristalina | 120 células (6 x 20) | 335 W | 19.9% | 1685 x 1000 mm x 32 mm | 18.7 kg |
| SERAPHI M-SIV | SIV SERIES | Monocristalina (PERC) | 144 células (48x96) | 540 W | 21.1% | 2256 x 1133 x 33 | 32 kg |
| | | | | 535 W | 20.9% | | |
| | | | | 530 W | 20.7% | | |
| | | | | 525 W | 20.5 % | | |

Fuente: Elaboración propia con base en LG (2017), QCELLS (2020) y Seraphim (2021)

Estructuras para Instalación de Paneles Fotovoltaicos. Existen diferentes tipos de estructuras para instalación de paneles solares en México dependiendo de las necesidades del terreno y del sistema; sin embargo, todas se clasifican en tres grupos:

- Estructuras fijas no ajustables: fabricadas de tal modo que la posición sea la misma durante toda la vida útil del sistema.
- Estructuras fijas ajustables: cuentan con un mecanismo manual que permite variar su inclinación dependiendo de la estación del año.
- Estructuras móviles o seguidores solares: estas estructuras de uno o dos ejes utilizan tecnología para posicionar el panel fotovoltaico en la posición más óptima por medio de sensores o mediciones y programación GPS (s.a., 2019a).

Adaptabilidad Energética en Celaya

Gracias a la síntesis de la información necesaria para comprender el funcionamiento de los paneles solares y las distintas características de cada uno con base en las necesidades que se van a satisfacer, se determina que, para el caso de la zona de estudio, el sistema más adecuado por uso y tipo de instalación sería la híbrida, ya que las viviendas se encuentran conectadas a la red eléctrica y, debido a que las baterías para almacenar energía eléctrica fotovoltaica siguen teniendo un costo muy elevado. La energía excedente generada podría regresarse a la red y los usuarios lograrían obtener ganancias adicionales.

El tipo de célula reflejado en la tabla de características de los paneles fue la monocristalina, por lo que sería la recomendada para instalar. Considerando una eficiencia promedio, es decir entre el 17 y 21% y una capacidad de instalación de 1.1 kW, el panel elegido sería de una capacidad promedio entre 195W y 335W, requiriendo un área de instalación de 5-7 metros cuadrados. Los sistemas deben estar orientados al Ecuador, por ello, para su instalación deben colocarse hacia el sur geográfico, con un ángulo de 19°, verificando siempre la latitud. También se resalta el hecho de que, para lograr la vida útil de la instalación de 30 años, es importante darles el mantenimiento adecuado, por lo que sería necesario el compromiso de los usuarios o la implementación de un programa estatal o municipal de limpieza periódica.

Conclusiones

A partir del análisis precedente basado en el contexto medioambiental, normativo y económico del país y de la región, las distintas fuentes de energía por su origen, la sostenibilidad en temas de desarrollo y construcción, la habitabilidad enfocada en aspectos térmicos y lumínicos, las características tipológicas de las viviendas edificadas en las últimas décadas al igual que los requerimientos técnicos de los paneles más comunes en el mercado; se obtuvieron las conclusiones al cuestionamiento sobre la adaptabilidad en la implementación de energía renovable fotovoltaica en viviendas de la ciudad de Celaya de 1980 al 2010 a partir de aspectos socioculturales, normativos y tipológicos.

De acuerdo con los objetivos planteados, respecto al de identificar las diferentes maneras en que la normatividad federal, estatal y municipal fomenta la implementación de energías renovables y de qué manera lo hace, se encontraron 38 programas, planes, estrategias, herramientas, certificados y fondos derivados de las leyes con objetivos energéticos. De los cuales solamente 8 están enfocados en la implementación de energía renovable fotovoltaica. Estas herramientas son el Atlas de Zonas con Alto Potencial de Energías Renovables, el Inventario Nacional de las Energías Limpias a través del Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, Mapas de Rutas Tecnológicas de Sistemas Fotovoltaicos, Certificados de Energías Renovables y Eficiencia Energética, las Subastas Eléctricas a largo y mediano plazo y el Proyecto Integral de Sustentabilidad Comunitaria.

El resto tiene objetivos de eficiencia energética en productos y sistemas, así como talleres y cursos de conciencia para los usuarios finales sobre el ahorro energético. Estas acciones son relevantes, ya que cumplen con la parte de los compromisos internacionales de disminuir las emisiones de GEI en cierto período de tiempo. Sin embargo, en las estrategias relacionadas a la energía renovable fotovoltaicas, no están puntualizadas las acciones, plazos, agentes participantes o las metas de instalación de paneles en el sector residencial, además de que las normas son de ámbito voluntario, más no obligatorio.

Con base en el cumplimiento del objetivo de precisar los requerimientos técnicos y normativos para implementar la energía renovable solar en casa-habitación de la ciudad de Celaya, Guanajuato el desarrollo del estudio permitió especificar que, considerando el potencial solar de la zona; el consumo eléctrico en la vivienda dependiendo del uso de aparatos electrodomésticos, piscinas, hidroneumáticos, la eficiencia energética en sus luminarias y equipos; al igual que el área disponible para su instalación, es necesario un panel tipo monocristalino, de conexión híbrida, modelos con 60 o 72 células fotovoltaicas.

Tomando en cuenta para este caso una demanda de potencia de 1.1 kW, se consideran módulos de una capacidad baja de 195.85 W/m², con una eficiencia media de 17%, la cual se define con relación al costo y la superficie disponible, se requieren un área libre de obstáculos como pretilas, antenas, tinacos, aires acondicionados y sombreados de 5.6 m². También se requiere una estructura orientada al sur si los techos no cuentan con la inclinación necesaria de 19°; así como el debido mantenimiento una vez instalado. La normatividad consultable sería solamente la NMX-J-643/I-ANCE-2011, para conocer los requisitos básicos de las técnicas de medición de las características corriente-tensión de estos dispositivos.

Respecto al objetivo de determinar las características tipológicas de la casa-habitación de nivel socioeconómico bajo que permitirían una adaptación de la energía renovable fotovoltaica, se identificó que las viviendas en Celaya se diseñan y construyen en lotes cada vez más reducidos. En el fraccionamiento de régimen en condominio se encontraron lotes de tan solo 4.5x10.5m, dando un área de azotea alrededor de 30-40 m², es decir, la mínima, según la CONAVI. Considerando los 5.6 m² de superficie necesarios para los módulos que formarían el panel y con un factor del 30% para área de circulación y mantenimiento alrededor de la instalación, se requiere un área de 7.30 m² aproximadamente, así como el ranurado de la losa para una bajada de instalaciones de ¾" de manguera o poliflex.

A partir de estos hallazgos se determinó que las características tipológicas formales cubren el requerimiento de cantidad de superficie necesaria para cubrir la demanda energética de las viviendas, aun siendo una de las muestras un fraccionamiento de régimen en condominio, en muchas viviendas prototipo se hicieron modificaciones de techado de cocheras y patios, esto

es favorable, pues aumenta la superficie aprovechable para el sistema. Sin embargo, el requisito que no se cubre es el de un techo inclinado 19° y orientado al sur, lo que provoca la adecuación a través de la instalación de estructuras que rompen con las características tipológicas de los fraccionamientos y que en algunos casos generan cierto rechazo por parte de los diseñadores o los mismos habitantes.

Una vez atendidos los objetivos del estudio se resolvió el problema de investigación que se centró en responder ¿Qué aspectos socioculturales, normativos y tipológicos permitirían la adaptación de energía renovable fotovoltaica en la casa-habitación prevaleciente en la ciudad de Celaya, Guanajuato de 1980 al 2010?, se resolvió de manera tal que, aunque existen condiciones para promover su implementación debido a que hay recurso solar suficiente y disposición de la gente en este nuevo paradigma, sin embargo el costo de adquirir paneles solares en el mercado es elevado. Estos pueden implementarse en fraccionamientos de régimen en condominio de manera colectiva, a través de cuotas extraordinarias para la inversión inicial y solventar su mantenimiento por medio de cuotas ordinarias y de la planeación en los espacios libres como áreas de donación, instalación de parques de generación fotovoltaica como parte de la infraestructura del régimen.

Algunas limitaciones durante la investigación se dieron por la precariedad de referencias respecto a la clasificación tipológica de la vivienda. Así como el hecho de no contar con información reciente respecto al sector eléctrico del país debido a que documentos como, por ejemplo, las Prospectivas del Sector Eléctrico y de las Energías Renovables no han sido actualizados desde el 2018. En el tema de colecta de datos se encontraron también restricciones debido a la cuarentena por el SARS-CoV-2, además de la inseguridad que se vive en la ciudad, toda la información se obtuvo de manera indirecta. Al ser solamente un participante en la colecta y procesamiento de información los tiempos previstos en el cronograma para este apartado se extendieron más del doble.

En este proceso también se encontraron elementos para el desarrollo de futuras investigaciones, como bases de corridas financieras para verificar los periodos de amortización, ahorros financieros y energéticos para viviendas con características tipológicas

y energéticas similares; la aplicación de la arquitectura bioclimática y la domótica no solamente en edificios nuevos si no la implementación en existentes; el cuestionamiento sobre cómo se va a reducir el costo de inversión en paneles fotovoltaicos para convertirse en un sistema de energía renovable con un nivel de implementación tan alto como los colectores solares de agua en viviendas de nivel socioeconómico medio y bajo en fraccionamientos abiertos; así como el problema del reciclaje del material de todos los paneles cuya vida útil terminará en próximos años para evitar a su vez la utilización de nuevos recursos no renovables para su fabricación.

Los resultados obtenidos en esta investigación pueden emplearse de tal manera que sirven para dar cuenta que, en cuestión de la normatividad, hace falta desarrollar normas de carácter obligatorio en temas de edificación sustentable, desde la escala tanto arquitectónica como urbana, integrando principios de arquitectura bioclimática y domótica. Adicionalmente es necesario implementar certificaciones en México para la adaptación de edificios sostenibles puesto que cada vez son menos los recursos para construir nuevos.

Es fundamental que en las dependencias se revise la manera de diseñar y proponer fraccionamientos ya que por la forma en que se orientan las viviendas y al ser prototipos, no se toman en cuenta los aspectos naturales ocasionando un mayor consumo de la energía eléctrica necesaria para hacer más confortables los espacios a través de medios mecánicos. Sería pertinente tomar en consideración en el diseño de los fraccionamientos un espacio para que puedan ser viables los proyectos de plantas generadoras de uso común. Otro de los puntos clave sería la modificación de normatividad en la manera en que se están construyendo las viviendas, esto con el fin de diseñar integralmente los techos con las características previamente mencionadas para la implementación de paneles fotovoltaicos y que al mismo tiempo armonicen con el resto del conjunto.

Referencias

- Acevedo, G. (2015). *Consejo Mexicano de Edificación Sustentable: Transformando Panoramas*, pp. 1–3.
- Álvarez, J. (s.a.). Biomasa, biocombustibles y biocarburantes. *La Tierra Cuadernos*, 24–26.
- Architecture 2030. (2018). *Existing Buildings: Operational Emissions*. Architecture 2030. <https://architecture2030.org/existing-buildings-operation/>
- Architecture 2030. (2021). *Zero Tool: User Guide*. Architecture 2030. <http://www.zerotool.org/user-guide/#toggle-id-7>
- Barona, E. y Sánchez, F. (2005). Características de la vivienda de interés básica, social y económica urbana en Puebla-México. *E-Gnosis*(3). <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73000313>
- Barquilla, I. (2006). Arquitectura bioclimática y la vivienda en Cuba. *Revista De Arquitectura E Ingeniería*, 0(1), 2–4. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193915926003>
- Becerra, K., Gómez, E., Pérez, G. y Reyes, R. (2011). ¿CÓMO CALCULAR LOS COSTOS MEDIOAMBIENTALES? CASO: EMPRESA GRÁFICA DE CIENFUEGOS. *Visión De Futuro*, 15(2), 1–22.
- Camacho, M. (Ed.). (2007). *Diccionario de Arquitectura y Urbanismo* (2da). Trillas.
- Capel, H. (2002). *La morfología de las ciudades*. Ediciones del Serbal. <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=4626706>
- Caraballo de la Peña, F. (2020). *Marco Normativo*.
- CONAVI. (2017). *Código de Edificación de Vivienda*. Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente 1 (2015).
- Cruz, G. y Durán, M. (2015). EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS HOGARES DE MÉXICO POR NIVEL DE INGRESOS, 2012. *Tiempo Económico*, X(31), 43–56.
- Departamento de energía de Estados Unidos. (2021). *Solar Decathlon*. Departamento de energía de Estados Unidos.
- DGM. (2014). *PERFIL DE MERCADO DEL CARBÓN*. México. Coordinación General de Minería.

- DGPIE. (2019). *Balance Nacional de Energía 2018*. México. Secretaría de Energía.
- Dueñas, A. (2013). REFLEXIONES SOBRE LA ARQUITECTURA SUSTENTABLE EN MÉXICO. *Legado De Arquitectura Y Diseño*(14), 77–91.
- Fernández, F. (1994). Clima y Confortabilidad Humana. Aspectos Metodológicos. *Serie Geográfica*, 4, 109–125.
- García, C., Bojórquez, G. y Ruiz, P. (2011). Sensación térmica percibida en vivienda económica y auto-producida, en periodo cálido, para clima cálido húmedo. *Ambiente Construido*, 11(4), 99–111. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212011000400008>
- Gerardi, J. (2022). *20 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN INNOVADORES*. ProEst. <https://proest.com/es/construccion/consejos/innovative-materials/>
- Gerencia de Hipoteca Verde. (2022). *Hipoteca Verde*.
- Góngora, A. y Maruri, C. (2019). Sustentabilidad o Sostenibilidad: ¿Cuál es el término correcto? *Academia Journals*, 11(7), 359–364.
- González, D. (2015). Las energías renovables al servicio de la humanidad. *Arquitectura Y Urbanismo*, 36(1), 93–98.
- Guerrero, L. y Rodríguez, M. (1998). *Estudios de Tipología Arquitectónica*.
- H. Ayuntamiento de Celaya. (2019). *Plan Municipal de Desarrollo de Celaya 2018-2040*.
- H. Ayuntamiento de Celaya. (2021). *Propuesta Estratégica para la formulación del Programa de Gobierno Celaya 2021-2024*. Celaya.
- Hernández, S. (2008). Introducción al urbanismo sustentable o nuevo urbanismo. *Espacios Públicos*, 11(23), 298–307. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67611217015>
- IEA. (2021). *E4 Country Profile: Energy Efficiency in Mexico – Analysis - IEA: Energy Efficiency in Emerging Economies (E4) programme findings and work*. <https://www.iea.org/articles/e4-country-profile-energy-efficiency-in-mexico>
- incubatepictures. (2012). *There's No Tomorrow: (limits to growth & the future)*. <https://www.youtube.com/watch?v=VOMWzjrRiBg>
- INEGI (2018). Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares. ENCEVI. Diseño conceptual., 1–100.

- Instituto de Ecología del Estado. (2018). *Proyecto ejecutivo del Programa Integral de Sustentabilidad Comunitaria (PISC)*. Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial.
- Izazola, H. (2001). Sustentabilidad y calidad de vida. *CIUDADES: Clima, Ecología Y Planeación Urbana*(51), 2–9.
- Jirón, P., Toro, A., Caquimbo, S., Goldsack, L., Martínez, L., Colonelli, P., Hormozábal, N. y Sarmiento, P. (2004). *Bienestar Habitacional: Guía de Diseño para un Hábitat Residencial Sustentable*. Andros Impresores.
- Lara, B. (2018). *Plan Estatal de Desarrollo Guanajuato 2040: Construyendo el futuro*. Guanajuato. Gobierno del Estado de Guanajuato.
- López, D., López E. y Ancona, I. (2005). Educación Ambiental: Desarrollo sustentable o sostenible: una definición conceptual. *HORIZONTE SANITARIO*, 4(2).
- Marino, A. (2018). *DESCUBRIMIENTO DEL FUEGO | Quién, cuándo y sus consecuencias*. Historiando. La historia mundial frente a ti. <https://www.historiando.org/descubrimiento-del-fuego/>
- Mauduit, J. (2018). *NOTA ACLARATORIA EN RELACIÓN CON LAS DIFERENCIAS ENTRE LAS CATEGORÍAS DE VIVIENDA UNIFAMILIAR Y PLURIFAMILIAR Y SU INCIDENCIA EN LAS OBRAS DE ADECUACIÓN DE LOCALES A VIVIENDAS*.
- Mejía, N. y García, C. (2017). Reflexiones sobre la habitabilidad del centro histórico de Guanajuato en el siglo XXI. *Ide@s Concyteg, Arquitectura y ciudad. El patrimonio cultural de Guanajuato*(167), 21–32.
- Monforte, J. (2020). *X-Elio cierra la financiación para construcción y mantenimiento de una planta fotovoltaica de 85MW en México*. Energetica-latam. <http://www.energetica-latam.com/noticias/x-elio-cierra-la-financiacion-para-la-construccion-y-mantenimiento-de-una-planta-foto-0sSyL>
- Mora, S. (2017). Criminología Geográfica. La vulnerabilidad del patrimonio en la ciudad de Celaya. *Archivos De Criminología, Seguridad Privada Y Criminalística*(19), 39–44.
- Naciones Unidas. (2015). *Población*. Naciones Unidas. <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html>
- Naciones Unidas. (2021, 10 de junio). *OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

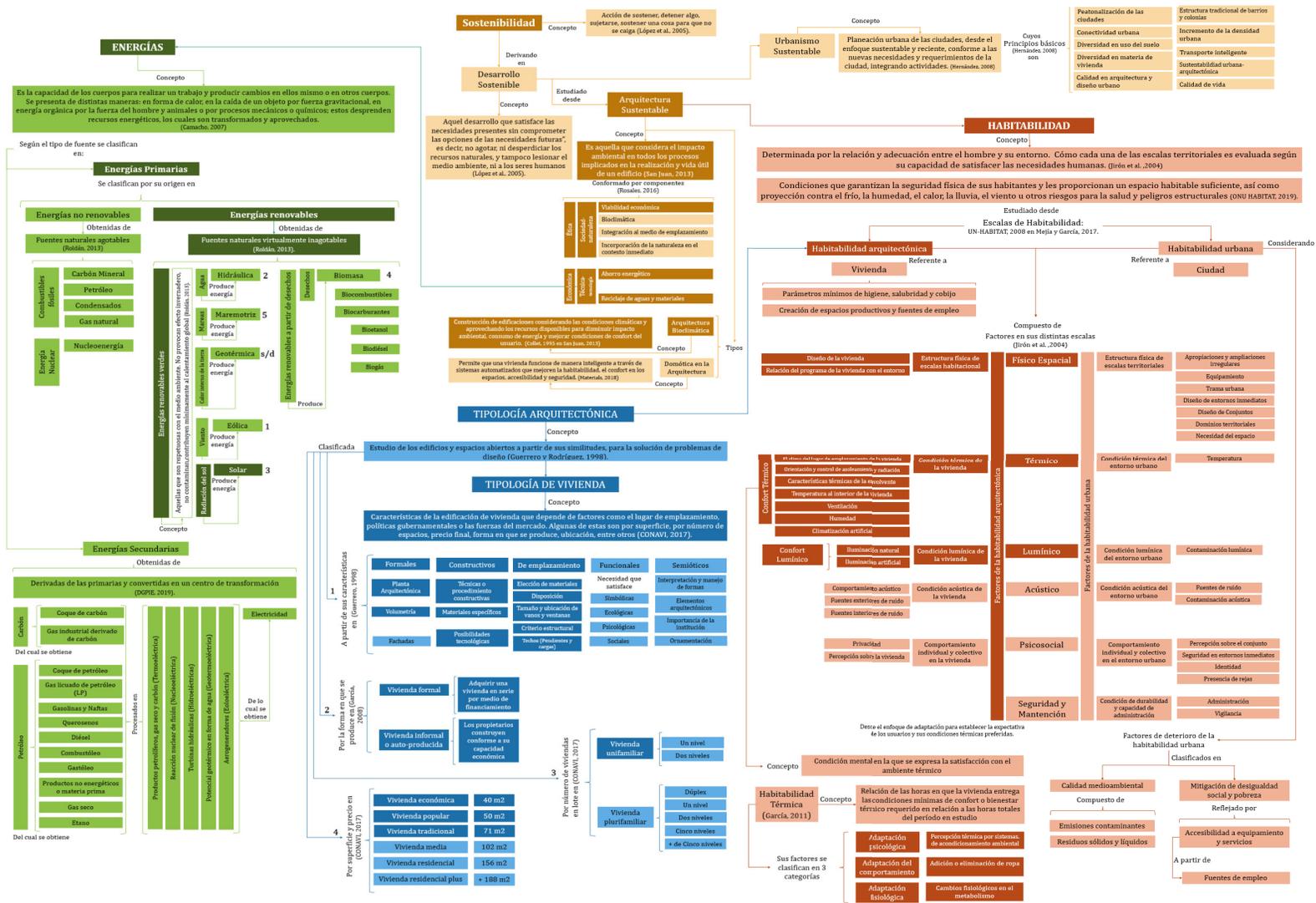
- Patiño, G. (2018). *Expansión urbana y movilidad sostenible en la ciudad de Celaya, Guanajuato de 1990 al 2015.: [Tesis de licenciatura no publicada]*. Universidad de Guanajuato.
- Reyes, E [Eduardo], Chávez, G. y Reyes, E [Esmeralda]. (2018). *Análisis costo-beneficio de la generación solar distribuida en México: Iniciativa de generación solar distribuida realizada para la asociación mexicana de energía solar*. Ciudad de México. Asociación Mexicana de Energía Solar, A.C. (ASOLMEX); Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).
- Roldán, J. (2013). *Energías renovables. Lo que hay que saber*. <https://play.google.com/books/reader?id=yKh2AgAAQBAJ&hl=es&pg=GBS.PA62>
- Rosales, M., Rincón, F. y Millán, L. (2016). Relación entre Arquitectura - Ambiente y los principios de la Sustentabilidad. *Multiciencias*, 16(3), 259-266. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90453464004>
- s.a. (2019a). *Instalación de Paneles Solares en Celaya - Cómo funcionan*. TECNOLIGENTE. <http://www.tecnoligente.com/instalacion-de-paneles-solares-en-celaya-para-dejar-de-pagar-luz/>
- s.a. (2019b). *México contará con 554 MW nuevos de fotovoltaica*. Energetica-latam.
- San Juan, G. (2013). *Diseño bioclimático como aporte al proyecto arquitectónico (1a)*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). <https://doi.org/10.35537/10915/45124>
- Sarasúa, J. (2011). Domótica. Un factor importante para la arquitectura sostenible. *Módulo*, 1(10), 267-277. <https://revistascientificas.cuc.edu.co/moduloarquitecturacuc/article/view/141>
- Schlumberger Limited. (2021). *presión de trabajo máxima (MWP) | Oilfield Glossary*. <https://www.glossary.oilfield.slb.com/es/terms/m/maximum-working-pressure-mwp>
- Secretaría de Economía. (2017). *Incremento de factibilidad comercial mediante el mejoramiento de nuestros productos a través de capacitación técnica 2: 07-0175*.
- Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2014-2018 1 (2014).
- Secretaría de Energía. (FEBRERO 2014). *Estrategia Nacional de Energía: 2014-2018*. México. Secretaría de Energía.
- Secretaría de Gobernación. (2018). *Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2015*.

- Secretaría de Gobernación (2019). Criterios técnicos para una vivienda adecuada.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2020). *Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020-2024*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Secretaría del Medio Ambiente. (2008). *Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables*. México.
- Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2021-2035, CAPÍTULO 5 79 (2021a).
- Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2021-2035, CAPÍTULO 6 97 (2021b).
- Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2021-2035, CAPÍTULO 1, 2 y 3 1 (2021).
- Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2021-2035, CAPÍTULO 4 33 (2021).
- SES Latam. (2019). *¿Qué significa kWp? ¿Qué significa kWh?* Sustainable Energy Sources. <https://www.seslatam.com/preguntas/que-significa-kwp-que-significa-kwh/>
- SUMe. (2019). *SUMe Sustentabilidad para México A.C.* SUMe Sustentabilidad para México A.C. <https://sume.org.mx/>
- Tetreault, D. (2004). UNA TAXONOMÍA DE MODELOS DE DESARROLLO SUSTENTABLE. *Espiral Estudios Sobre Estado Y Sociedad*, 10(29), 45–77. <https://doi.org/10.32870/ees.v10i29.1271>
- Ubaldo Higuera, A. d. l. A. (2018a). *Prospectiva de Energías Renovables: 2018-2032*. México. Secretaría de Energía.
- Ubaldo Higuera, A. d. l. A. (2018b). *Prospectiva del Sector Eléctrico: 2018-2032*. México. Secretaría de Energía.
- The World Bank en Solargis. (2021). *Mapas de recursos solares y datos GIS para más de 180 países / Solargis*. <https://solargis.com/es/maps-and-gis-data/download/mexico>

Anexos

Anexo I. Esquema Teórico

Figura 57. Esquema teórico de los ejes conceptuales de investigación

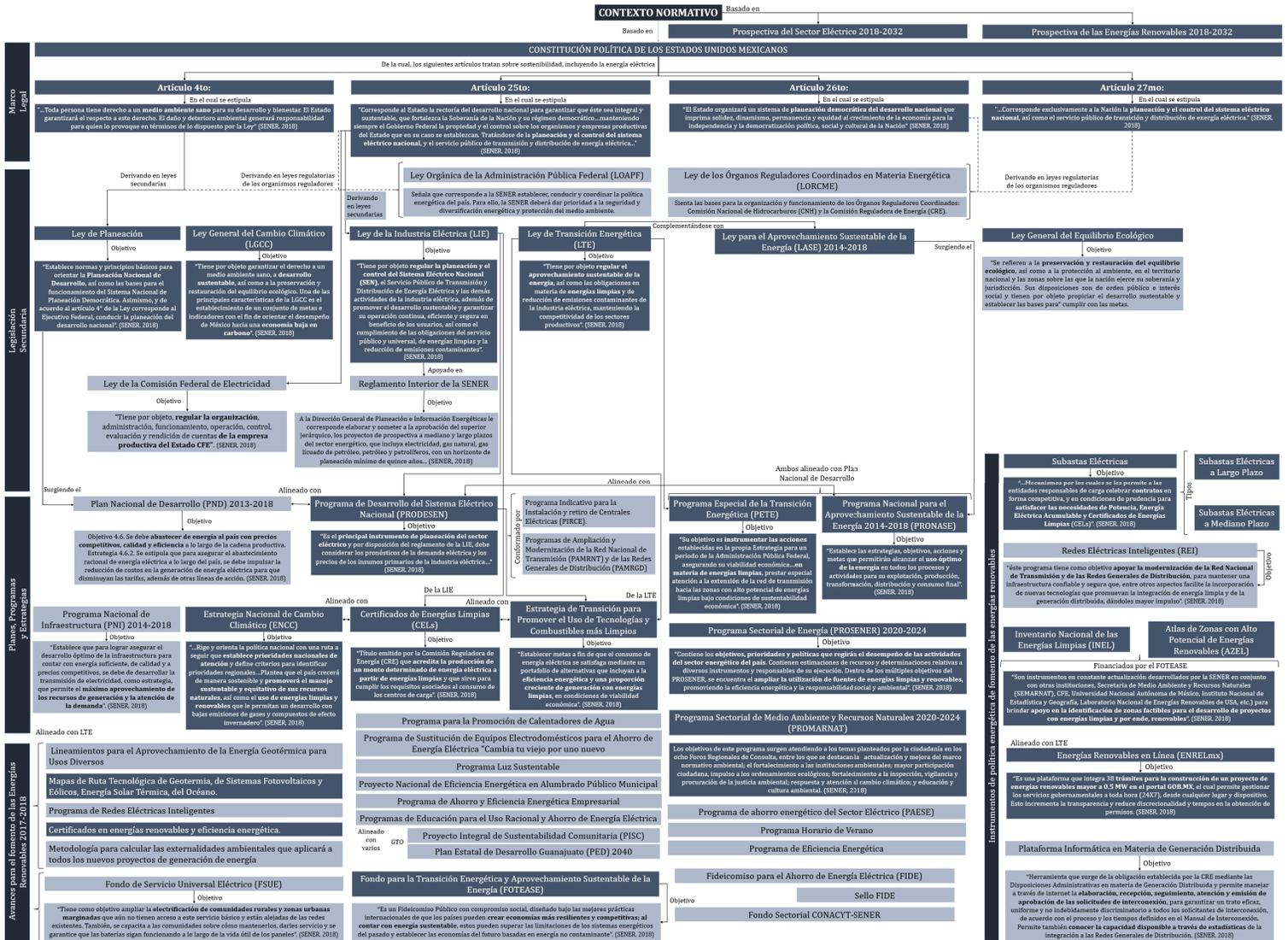


Fuente: elaboración propia

Aspectos socioculturales, normativos y tipológicos que permiten la adaptación de energía renovable fotovoltaica en la casa-habitación en la ciudad de Celaya, Guanajuato de 1980 al 2010

ANEXO I.I. Esquema normativo

Figura 58. Esquema teórico del marco normativo



Fuente: elaboración propia

Aspectos socioculturales, normativos y tipológicos que permiten la adaptación de energía renovable fotovoltaica en la casa-habitación en la ciudad de Celaya, Guanajuato de 1980 al 2010

Anexo II. Marco Operativo

Figura 59. Marco Operativo: Tipología

| ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN (METODOLOGÍA) | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|--------------------------------|--|--|---|--|---|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------------------|------------------------|-------------------|
| MARCO OPERATIVO | | | | | ESTRATEGIA DE VERIFICACIÓN | | | | | | | | | |
| Concepto Operacional | Variable | Dimensión | Subdimensión | Indicador | Tipo de observación | Técnica | Fuentes de Información | Instrumento | Procesamiento de Datos | | | | | |
| A.1 | Tipología de vivienda | Por sus características | A.1.1 Formal | a) Planta Arquitectónica | a.1. Espacios Habitables | Directa | Levantamiento de campo | Residentes | Ficha de observación 1 | Tablas y gráficas | | | | |
| | | | | | a.2. Espacios Auxiliares | | | | | | | | | |
| | | | | | a.3. Espacios Superpuestos | | | | | | | | | |
| | | | | b) Volumetría y Fachadas | b.1. Elementos en perfil de fachada | | | | | | | | | |
| | | | | | b.2. Áreas de ventilación a través de aberturas | | | | | | | | | |
| | | | | | A.1.2 Constructivo | | | | | | a) Materiales específicos | a.1. Material en muros, pisos y losas | | |
| | | | b) Técnicas y procedimientos constructivos | b.1. Sistemas constructivos implementados en cimentación, estructura y superestructura | | | | | | | | | | |
| | | | | c.1. Nuevos procedimientos y materiales implementados | | | | | | | | | | |
| | | | c) Posibilidades tecnológicas | d.1. Material en muros, pisos y losas | | b) Disposición | b.1. Tipo de lote (unifamiliar, dúplex o triplex) | | | | | | | |
| | | | | | | | c.1. Uno, dos y hasta tres niveles | | | | | | | |
| | | | | | | d) Vanos y ventanas | d.1. Tamaño y ubicación | | | | | | | |
| | | | A.1.3 De emplazamiento | e) Criterio estructural | e.1. Consideraciones con respecto al lugar de emplazamiento | f.1. Pendiente | f.2. Cargas en azotea | Indirecta | Análisis de contenido | Cartografía digital | Ficha de observación 1 | Tablas y gráficas | | |
| Directa | Levantamiento de campo | Residentes | | | | | | Ficha de observación 1 | Tablas y gráficas | | | | | |
| Directa | Encuesta | Residentes | | | | | | Cuestionario 1 | Tablas y gráficas | | | | | |
| A.2 | Tipología de vivienda | Por la forma en que se produce | | A.2.1 Formal | a) Por medio de financiamiento | a.1. Residencial por encargo | Directa | Encuesta | Residentes | Cuestionario 1 | Tablas y gráficas | | | |
| | | | | | | a.2. Residencial media producida por promotores inmobiliarios y adquirida con crédito bancario | | | | | | | | |
| A.2.2 Informal | b) Autoconstruida | b.1. Autoconstrucción | | A.3.1. Vivienda Unifamiliar | a) Un nivel | a.1. Vivienda de soloamente una planta | Directa | Levantamiento de campo | Residentes | Ficha de observación 1 | Tablas y gráficas | | | |
| | | | b) Dos niveles | | | b.1. Vivienda con planta baja y planta alta | | | | | | | | |
| A.3.2. Vivienda Plurifamiliar | a) Dúplex | a.1. Vivienda doble en un lote | b) Triplex | b.1. Vivienda triple en un lote | A.4.1. Vivienda Económica | a) Económico | a.1. 40 m ² | b) Popular | b.1. 50 m ² | Directa | Levantamiento de campo | Residentes | Ficha de observación 1 | Tablas y gráficas |
| | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia

Figura 60. Marco Operativo: Sustentabilidad

| ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN (METODOLOGÍA) | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------------------|----------------------|----------------------------------|---|--|---------|------------------------|-------------|------------------------|-------------------|------------------------------------|
| MARCO OPERATIVO | | | | | ESTRATEGIA DE VERIFICACIÓN | | | | | | |
| Concepto Operacional | Variable | Dimensión | Subdimensión | Indicador | Tipo de observación | Técnica | Fuentes de Información | Instrumento | Procesamiento de Datos | | |
| C.1 | Sostenibilidad | Factor sociocultural | C.1.1. Arquitectura Bioclimática | a) Factores de optimización de cond. térmicas y lumínicas | a.1. Naturales: Sol, vientos dominantes, lluvia o vegetación | Directa | Encuesta | Residentes | Cuestionario | Tablas y gráficas | |
| | | | | | C.1.2. Domótica en la Arquitectura | | | | | | a) Conocimiento |
| | | | C.1.3. Energías Renovables | a) General | a.1. Existencia o en planteamiento | | | | | | |
| | | | | | b) Paneles fotovoltaicos | | | | | | b.1. Existencia o en planteamiento |
| | | | | | | | | | | | c) Calentadores solares |
| d) Otro | d.1. Existencia o en planteamiento | | | | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia

Aspectos socioculturales, normativos y tipológicos que permiten la adaptación de energía renovable fotovoltaica en la casa-habitación en la ciudad de Celaya, Guanajuato de 1980 al 2010

Figura 61. Marco Operativo: Habitabilidad

| ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN (METODOLOGÍA) | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|-------------------------|--------------------------------------|---|--|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|------------------------|-------------------|
| MARCO OPERATIVO | | | | | ESTRATEGIA DE VERIFICACIÓN | | | | | | |
| Concepto Operacional | Variable | Dimensión | Subdimensión | Indicador | Tipo de observación | Técnica | Fuentes de Información | Instrumento | Procesamiento de Datos | | |
| B.1 | Habitabilidad arquitectónica | Estructura física de la escala habitacional | B.1.1 Físico-Espacial | a) Diseño de la vivienda | a.1. Circulaciones cruzadas (corrientes de aire) | Directa | Levantamiento de campo | Residentes | Ficha de observación 1 | Tablas y gráficas | |
| | | | | | a.2. Espacios con modificaciones | | | | | | |
| | | | | b) Relación con el entorno | b.1. Rejas o cerramientos transparentes | | | | | | |
| | | | | | b.2. Cerramientos opacos o ciegos | | | | | | |
| B.2 | Habitabilidad arquitectónica | Condición térmica de la vivienda | B.2.1 Térmico | a) Clima del lugar | a.1. Temperaturas máximas y mínimas en invierno y verano. | Indirecta | Análisis de contenido | Presidencia municipal de Celaya | Plan municipal de desarrollo 2040 | Tablas y gráficas | |
| | | | | | b.1. Orientación norte, sur, este u oeste | | | Cartografía digital | Ficha de observación 1 | | |
| | | | | | b) Orientación y control de asoleamiento y radiación | b.2. Elementos en fachada como soluciones parciales | Directa | Levantamiento de campo | Residentes | Ficha de observación 1 | Tablas y gráficas |
| | | | | | b.3. Superficies aprovechables de captación de energía | | | | | | |
| | | | | | c) Características térmicas de la envolvente | c.1. Aislación térmica en techos, muros o pisos. | Directa | Encuesta | Residentes | Cuestionario 1 | Tablas y gráficas |
| | | | | | d) Temperatura al interior de la vivienda | d.1. Sensación de bienestar térmico en diferentes épocas del año | | | | | |
| | | | | | | d.2. Sensación de bienestar térmico en los distintos espacios | | | | | |
| | | | | | | d.3. Factores de adaptación psicológica | | | | | |
| | | | | | | d.4. Factores de adaptación del comportamiento | | | | | |
| | | | | | | d.5. Factores de adaptación fisiológicos | | | | | |
| | e) Ventilación | e.1. Ventilación natural de espacios, énfasis en cocina y baños. | | | | | | | | | |
| | | e.2. Ventilación artificial de espacios, énfasis en cocina y baños. | | | | | | | | | |
| | f) Humedad | f.1. Filtración por lluvia o desde la cimentación, de cañería o ductos de agua y condensación por actividades cotidianas sin extracción. | | | | | | | | | |
| | g) Climatización artificial | g.1. Uso de sistema de aire acondicionado | | | | | | | | | |
| | | g.2. Uso de sistema de calefacción | | | | | | | | | |
| B.3 | Habitabilidad arquitectónica | Condiciones lumínicas de la vivienda | B.3.1 Lumínico | a) Niveles de iluminación natural | a.1. Niveles deficientes a eficientes | Directa | Encuesta | Residentes | Cuestionario 1 | Tablas y gráficas | |
| | | | | b) Niveles de iluminación artificial | b.1. Niveles deficientes a eficientes | | | | | | |
| | | | | c) Cantidad de focos | c.1. Número de focos por espacio/actividad | Directa | Levantamiento de campo | Residentes | Ficha de observación | Tablas y gráficas | |
| B.4 | Habitabilidad arquitectónica | Electrodomésticos en el hogar | B.4.1 Electrodomésticos | a) Cocina | a.1. Estufas (Existencia y # de equipos) | Indirecta | Información estadística | INEGI | ENCEVI 2018 | Tablas y gráficas | |
| | | | | | a.2. Licuadoras (Existencia y #de equipos) | | | | | | |
| | | | | | a.3. Refrigeradores (Existencia y #de equipos) | | | | | | |
| | | | | | a.4. Horno de microondas (Existencia y #de equipos) | | | | | | |
| | | | | | a.5. Tostadores (Existencia y #de equipos) | | | | | | |
| | | | | b) Aseo | b.1. Planchas (Existencia y #de equipos) | | | | | | |
| | | | | | b.2. Lavadoras (Existencia y #de equipos) | | | | | | |
| | | | | | b.3. Aspiradoras (Existencia y #de equipos) | | | | | | |
| | | | | c) Trabajo/Escuela | c.1. Computadoras (Existencia y #de equipos) | | | | | | |
| | | | | | c.2. Impresoras (Existencia y #de equipos) | | | | | | |
| | | | | | d.1. Ventiladores (Existencia y #de equipos) | | | | | | |
| | | | | | d.2. Televisores (Existencia y #de equipos) | | | | | | |
| | | | | | d.3. Dvds (Existencia y #de equipos) | | | | | | |
| | | | | | d.4. Estéreos en el hogar (Existencia y #de equipos) | | | | | | |
| | | | | d) Entretenimiento | d.5. Consolas de videojuegos (Existencia y #de equipos) | | | | | | |
| | | | | | d.6. Radios (Existencia y #de equipos) | | | | | | |
| | d.7. Radiograbadoras (Existencia y #de equipos) | | | | | | | | | | |
| | d.8. Videocasetas (Existencia y #de equipos) | | | | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia

Aspectos socioculturales, normativos y tipológicos que permiten la adaptación de energía renovable fotovoltaica en la casa-habitación en la ciudad de Celaya, Guanajuato de 1980 al 2010

Fichas de Observación Indirecta

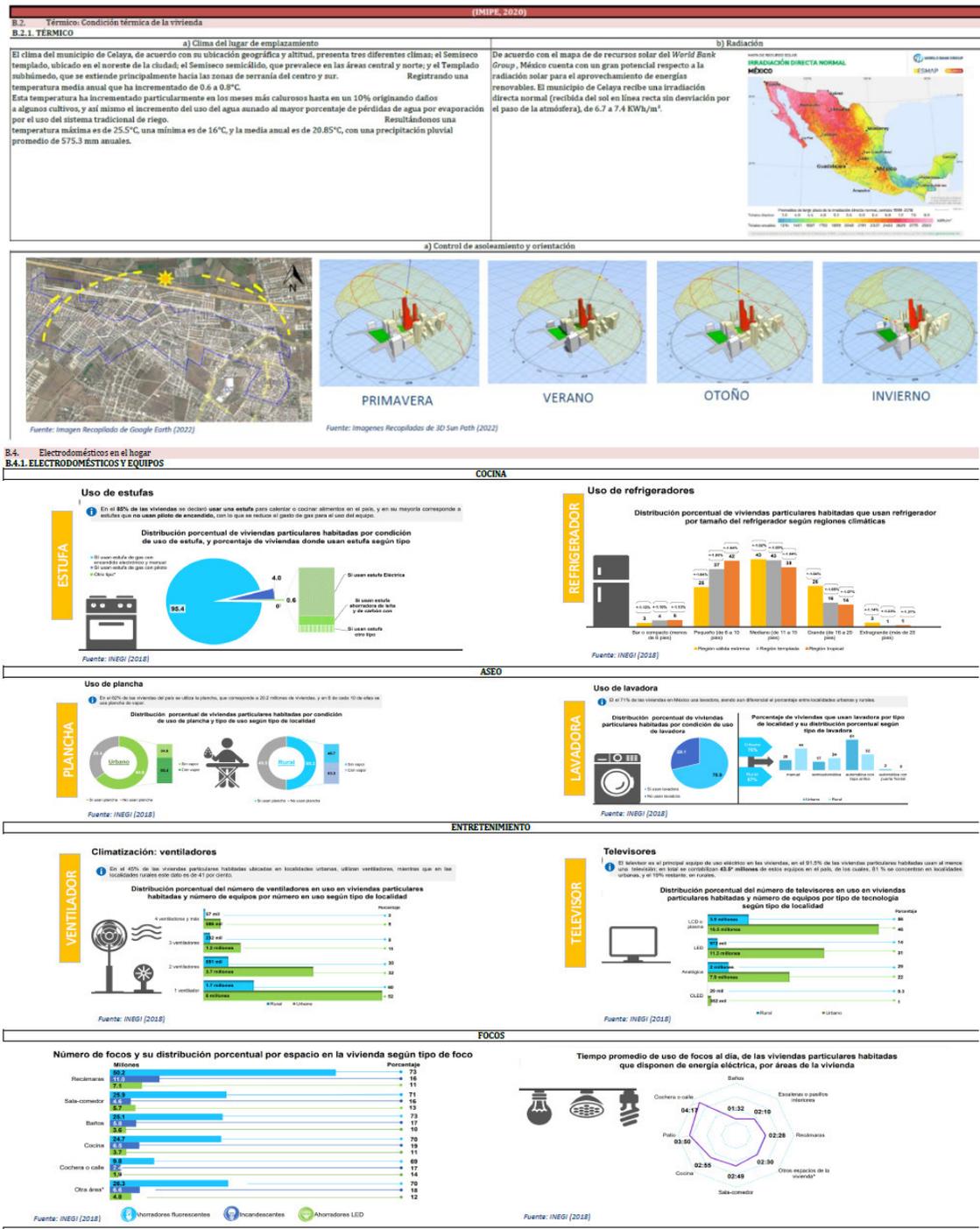
Figura 62. Ficha de observación indirecta de la zona de estudio

| FICHA DE OBSERVACIÓN INDIRECTA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|-------------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|-------------------|--|---------------------|-------------------|--|----------------|---------------------|--|----------------------|--------------|--|---------------|--------------|--|------------------|-----------|---|------------------------|--------------------|--|----------------|--------------------|--|-----------------|---------------------|--|
| DATOS DEL EMPLAZAMIENTO, FACTORES NATURALES Y POBLACIONALES, ELECTRODOMÉSTICOS Y EQUIPOS EN CELAYA, GUANAJUATO EN EL 2022 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fecha: | Ubicación: Celaya, Guanajuato (Zona Nor-poniente) | Aplicador: | Claudia M. Medina Muñoz | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A.1. Por sus características A.1.3. DE EMPLAZAMIENTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE CLIMA SEMISECO SEMICÁLIDO ZONA SISMICA NO TIPO DE SUELO FEOZEM NOTAS | | CRITERIO ESTRUCTURAL VIENTOS DOMINANTES La dirección promedio del viento en Celaya es variada durante los diferentes meses del año. Los vientos más fuertes provienen del Este con diferentes velocidades. Registrándose los meses de Marzo, Julio y Diciembre con los de más velocidad.  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RESTRICCIONES POR INFRAESTRUCTURA Y VIALIDADES | | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>SI</th> <th>NO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Líneas de alta tensión</td> <td>●</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Agua potable</td> <td>●</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Alcantarillado</td> <td>●</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Drenes</td> <td>●</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gasoductos</td> <td>●</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Oleoductos</td> <td></td> <td>●</td> </tr> <tr> <td>Vialidades Proyectadas</td> <td>●</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | | | SI | NO | Líneas de alta tensión | ● | | Agua potable | ● | | Alcantarillado | ● | | Drenes | ● | | Gasoductos | ● | | Oleoductos | | ● | Vialidades Proyectadas | ● | | | | | | | |
| | SI | NO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Líneas de alta tensión | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Agua potable | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Alcantarillado | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Drenes | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gasoductos | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Oleoductos | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vialidades Proyectadas | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FACTORES NATURALES INUNDACIONES Las inundaciones en el municipio de Celaya se muestran principalmente en temporadas de lluvias y de ciclones tropicales por precipitaciones intensas aunado a la carencia de mantenimiento de los cauces del Río Laja, de los canales y arroyos de cruces en las regiones rurales y de los drenes y red Hidrosanitarias (círcamos, limas principales), además de la necesidad de desfogar presas aguas arriba una vez que sus niveles llegan a extremos peligrosos. Regularmente todos los años existe inundaciones en el sector central del municipio gradas a la falta de drenaje eficiente por lo cual el peligro de inundación es alto, aunque estas son inundaciones de baja gravedad. La nula pendiente con que cuenta el municipio en el sector suroriente es otra de las causas en estos peligros de inundaciones. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | ZONAS VULNERABLES DE INUNDACIONES <table border="1"> <tbody> <tr> <td>-Col. Las Delicias</td> <td>-Calle Plan de Ayutla</td> <td>Calle Marian Abasolo</td> </tr> <tr> <td>-Col. Jardines</td> <td>-Col. Insurgentes</td> <td></td> </tr> <tr> <td>-Col. San Francisco</td> <td>-Col. Tresguerras</td> <td></td> </tr> <tr> <td>-Col. Alameda</td> <td>-Col. Santa Bárbara</td> <td></td> </tr> <tr> <td>-Col. Villas del Rom</td> <td>-Col. Alamos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>-Col. Juanico</td> <td>-Zona Centro</td> <td></td> </tr> <tr> <td>-Col. Santa Rita</td> <td>-Naranjos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>-Av. Insurgentes</td> <td>-Av. Leandro Valle</td> <td></td> </tr> <tr> <td>-Calle Obregon</td> <td>-Bivd. A.L. Mateos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>-Calle Albino G</td> <td>-Calle Paseo de Gto</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | | -Col. Las Delicias | -Calle Plan de Ayutla | Calle Marian Abasolo | -Col. Jardines | -Col. Insurgentes | | -Col. San Francisco | -Col. Tresguerras | | -Col. Alameda | -Col. Santa Bárbara | | -Col. Villas del Rom | -Col. Alamos | | -Col. Juanico | -Zona Centro | | -Col. Santa Rita | -Naranjos | | -Av. Insurgentes | -Av. Leandro Valle | | -Calle Obregon | -Bivd. A.L. Mateos | | -Calle Albino G | -Calle Paseo de Gto | |
| -Col. Las Delicias | -Calle Plan de Ayutla | Calle Marian Abasolo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -Col. Jardines | -Col. Insurgentes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -Col. San Francisco | -Col. Tresguerras | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -Col. Alameda | -Col. Santa Bárbara | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -Col. Villas del Rom | -Col. Alamos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -Col. Juanico | -Zona Centro | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -Col. Santa Rita | -Naranjos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -Av. Insurgentes | -Av. Leandro Valle | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -Calle Obregon | -Bivd. A.L. Mateos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -Calle Albino G | -Calle Paseo de Gto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SISMOS La mayoría de los municipios del estado de Guanajuato se encuentran sostenidas en un suelo aluvial propensos a amplificación de onda sísmica. La zona El Bajío, se localizan el Cinturón Volcánico Mexicano o Eje Neovolcánico, el cual se caracteriza por los sísmos poco susceptibles y por ocurrencia de sísmos de otros sitios tales como del centro de México y de la costa del Pacífico. Celaya se muestra en una región con sismicidad de menor frecuencia. Los sísmos registrados son de 0.14 definidos como microsismos los cuales no son perceptibles. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FALLAS GEOLOGICAS En la actualidad existen 23 fallas en el municipio que causan inestabilidad de las laderas principalmente del Cerro Pelón y del Cerro del Jocoque. Entre las tres de mayor dimensión podemos encontrar: -La primera con orientación noreste-suroeste, que se extiende desde San Juan de la Vega, cruza por el noroeste del área urbana de Celaya y llega hasta el centro del área urbana de Cortázar. -La segunda en extensión, se localiza en el surte del área urbana de Celaya hasta la cima del volcán La Garza. -La tercera, paralela a la primera, se ubica al norte de esta y se extiende, en dirección noreste-suroeste, al sur del municipio de Santa Cruz de Juventino Rosas. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DESPLAVES Los deslizamientos o desplaves son movimientos de una masa de materiales térrcos pendiente debajo, sobre una o algunas superficies con falladelimitada por la masa estable o remanente de una ladera. En el municipio de Celaya las regiones más sensibles a dichos deslizamientos son las ubicadas en las laderas de los macizos montañosos de las Áreas Naturales Protegidas (Cerro Pelón, Cerrodel Jocoque, Cerrode la Gavia y El Cullacán, Cerrode los Divisaderos, Cerrode los Huesos, Cerrode San Bartolomé) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| INCENDIOS Del año 2018 se tienen registrados de 3 incendios forestales, de los cuales uno fue ubicado en la comunidad de San Lorenzo cerca del área del fraccionamiento colonias del sur con un área afectada de 64.84 hectáreas. El segundo se tiene registrado al sur de la comunidad de San Lorenzo en la cima de los cerros mesa el sastre y las minillas colindantes con Apaseo el Grande, con un área de 699.7 hectáreas. Y el último está ubicado en el área de los pocitos con un área de 6.63 hectáreas. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FACTORES POBLACIONALES DENSIDAD El municipio de Celaya presenta: Población total de 521.169 habitantes (INEGI.2020). Territorio municipal de 553.1 km Densidad de población de 942.3 hab/km Según el censo poblacional del 2020 (INEGI. 2020), la población total municipal es de 521. 169 hab., de los cuales: Zona Urbana: 378.143 (72.56%) habitantes en zona urbana Localidades con más de 2.500 habitantes:71.975 habitantes (13.81%) Localidades rurales (menores a 2.500 habitantes):71.051 habitantes (13.63%) El porcentaje que concentra la cabecera municipal y las comunidades que rebasan los 10.000 habitantes corresponde al 79.7% Las comunidades rurales menores a 10.000 habitantes es el 20.43% restante. (IMPE. 2020) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia

Aspectos socioculturales, normativos y tipológicos que permiten la adaptación de energía renovable fotovoltaica en la casa-habitación en la ciudad de Celaya, Guanajuato de 1980 al 2010

Figura 63. Ficha de observación de radiación solar y electrodomésticos en los hogares



Catálogo de Prototipos

Figura 64. Catálogo de prototipos

| FRACCONAMIENTOS | | | LOTES | | PROTOTIPOS DE LOTE Y DE VIVIENDA POR COLONIAS | | | | VIVIENDAS | | |
|-----------------|----------------------|------|-------|----------------------|---|-----------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------------------|--|
| Nº. | NOMBRE | ACES | Tipos | Dimensiones (metros) | Cropos | Prostipos | Origen / Origen Modif / Adgen | Cropos de Planta de Azotes | Cropos de Fachada Frontal | Fotografías / Capturas de Pantalla | |
| 1100700012152 | La Nieta A, B, C y D | | 1 | 6x16 | | | MO-A-01-01-REP | Origen | | | |
| | | | | | | | MO-A-01-02-REP | Origen-Modif. | | | |
| | | | | | | | MO-A-02-01-REP | Origen | | | |
| | | | | | | | MO-A-02-02-REP | Modif. | | | |
| | | | | | | | MO-A-03-01 | Origen | | | |
| | | | | | | | MO-A-03-02 | Modif. | | | |
| | | | | | | | MO-A-04-01 | Origen | | | |
| | | | | | | | MO-B-00-01 | Origen | | | |
| | | | | | | | MO-B-00-02 | Modif. | | | |
| | | | | | | | MO-B-01-01-REP | Origen | | | |
| | | | | | | | MO-B-01-02 | Modif. | | | |
| | | | | | | | MO-B-02-01-REP | Origen | | | |
| MO-B-02-02 | Modif. | | | | | | | | | | |

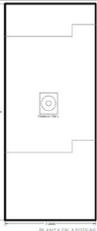
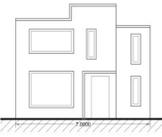
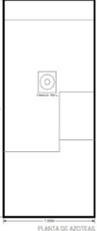
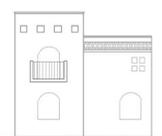
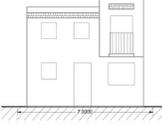
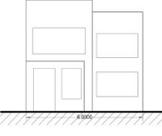
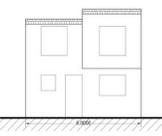
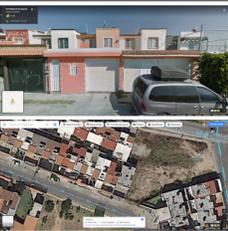
Aspectos socioculturales, normativos y tipológicos que permiten la adaptación de energía renovable fotovoltaica en la casa-habitación en la ciudad de Celaya, Guanajuato de 1980 al 2010

| | | | | | | | | | |
|---|-----------|---------------|---|------|--|----------------|----------------|--|--|
| 1 | La Misión | 1100700012132 | 1 | 6x16 | | MD-B-03-01-REP | Origen | | |
| | | | 1 | 6x16 | | MD-B-03-02 | Modif. | | |
| | | | 1 | 6x16 | | MD-C-00-01-REP | Origen | | |
| | | | 1 | 6x16 | | MD-C-04-01 | Origen | | |
| | | | 1 | 6x16 | | MD-C-04-02 | Modif. | | |
| | | | 1 | 6x16 | | MD-C-05-01-REP | Origen | | |
| | | | 1 | 6x16 | | MD-C-05-02 | Modif. | | |
| | | | 1 | 6x16 | | MD-D-01-01-REP | Origen | | |
| | | | 1 | 6x16 | | MD-D-01-02-REP | Modif. | | |
| | | | 2 | 7x16 | | MD-D-02-01 | Origen | | |
| | | | 2 | 7x16 | | MD-D-02-02 | Modif. | | |
| | | | 1 | 6x16 | | MD-D-03-01 | Origen | | |
| | | | 1 | 6x16 | | MD-D-03-02 | Modif. | | |
| | | | 1 | 6x16 | | MD-D-04-01 | Altopiso [x13] | | |
| | | | 1 | 6x16 | | MD-D-04-02 | Modif. | | |

Aspectos socioculturales, normativos y tipológicos que permiten la adaptación de energía renovable fotovoltaica en la casa-habitación en la ciudad de Celaya, Guanajuato de 1980 al 2010

| | | | | | | | | | |
|---------------|-----|-------------|--|--------------------|----------------|--|--|--|--|
| | 2 | 7x16 | | MS-D-07-01 | Altiplano (x5) | | | | |
| | 1 | 6x16 | | MS-D-08-01- 22P | Origen | | | | |
| La Misión A | | | | | | | | | |
| | 1 | 6x16 | | MS-A-00-01 | Origen | | | | |
| | 2 | 6x16 | | MS-A-00-02 | Origen-Modif. | | | | |
| 1100700011934 | 1 | 6x16 | | MS-A-01-01 | Origen | | | | |
| | 1 | 6x16 | | MS-A-01-02 | Origen-Modif. | | | | |
| | 1 | 6x16 | | MS-A-02-01 | Origen | | | | |
| | 1 | 6x16 | | MS-A-02-02 | Origen-Modif. | | | | |
| La Misión C | | | | | | | | | |
| | 1 | 6x16 | | MS-C-01-01 | Origen | | | | |
| | 1 | 6x16 | | MS-C-01-02 | Origen-Modif. | | | | |
| | 1y2 | 6x16 y 7x16 | | MS-C-02-01 | Origen | | | | |
| | 1 | 6x16 | | MS-C-02-02 | Origen-Modif. | | | | |
| | 1y2 | 6x16 y 7x16 | | MS-C-03-01 | Origen | | | | |
| | 1 | 6x16 | | MS-C-03-02 | Origen-Modif. | | | | |

Aspectos socioculturales, normativos y tipológicos que permiten la adaptación de energía renovable fotovoltaica en la casa-habitación en la ciudad de Celaya, Guanajuato de 1980 al 2010

| | | | | | | | |
|---------------|---|------|------------|----------------|---|--|---|
| 1100700011464 | 2 | 7x16 | MI-C-06-01 | Atipico (x3) |  |  |  |
| | 2 | 7x16 | MI-C-07-01 | Atipico (x3) |  |  |  |
| | 2 | 7x16 | MI-C-08-01 | Atipico (x3) |  |  |  |
| | 2 | 7x16 | MI-C-09-01 | Atipico (x5) |  |  |  |
| 1100700012152 | 1 | 6x16 | MI-C-09-02 | Atipico-Modif. | | | |
| | 1 | 6x16 | MI-D-04-02 | Modif. | | | |
| | 1 | 6x16 | MI-D-05-01 | Atipico (x6) |  |  |  |
| | 1 | 6x16 | MI-D-05-02 | Modif. | | | |
| | 1 | 6x16 | MI-D-06-01 | Atipico (x6) |  |  |  |
| | 1 | 6x16 | MI-D-06-02 | Modif. | | | |

Aspectos socioculturales, normativos y tipológicos que permiten la adaptación de energía renovable fotovoltaica en la casa-habitación en la ciudad de Celaya, Guanajuato de 1980 al 2010

| Hacienda Natura 1 | | | | | | | | |
|-------------------|-----|-----------------------|--|--------------------|--------------|--|--|--|
| 1100700012947 | 3 | 4.5x15 | | NN-1-01-01 | Origen | | | |
| | 3 | 4.5x15 | | NN-1-01-02 | Origen-Modif | | | |
| | 3y4 | 4.5x15 y 4.5x10.50 | | NN-1-02-01 | Origen | | | |
| | 3y4 | 4.5x15 y 4.5x10.50 | | NN-1-02-02 | Origen-Modif | | | |
| Hacienda Natura 2 | 3y4 | 4.5x15 y 4.5x10.50 | | NN-2-02-01- REP | Origen | | | |
| | 3y4 | 4.5x15 y 4.5x10.50 | | NN-2-02-02- REP | Origen-Modif | | | |
| | 3y4 | 4.5x15 y 4.5x10.50 | | NN-2-03-01- REP | Origen | | | |
| | 3y4 | 4.5x15 y 4.5x10.50 | | NN-2-03-02- REP | Origen-Modif | | | |
| 1100700013254 | 3 | 4.5x15 | | NN-2-05-01 | Origen | | | |
| | 3 | 4.5x15 | | NN-2-05-02 | Origen-Modif | | | |
| Hacienda Natura 3 | 3y4 | 4.5x15 y 4.5x10.50 | | NN-3-02-01- REP | Origen | | | |
| | 3y4 | 4.5x15 y 4.5x10.50 | | NN-3-02-02- REP | Origen-Modif | | | |
| | 3y4 | 4.5x15 y 4.5x10.50 | | NN-3-03-01- REP | Origen | | | |
| | 3y4 | 4.5x15 y 4.5x10.50 | | NN-3-03-02- REP | Origen-Modif | | | |
| | 3 | 4.5x15 | | NN-3-05-01- REP | Origen | | | |
| | 3 | 4.5x15 | | NN-3-05-02- REP | Origen-Modif | | | |
| Hacienda Natura 4 | 3y4 | 4.5x15 y 4.5x10.50 | | NN-4-02-01- REP | Origen | | | |
| | 3y4 | 4.5x15 y 4.5x10.50 | | NN-4-02-02- REP | Origen-Modif | | | |
| | 3y4 | 4.5x15 y 4.5x10.50 | | NN-4-03-01- REP | Origen | | | |
| | 3y4 | 4.5x15 y 4.5x10.50 | | NN-4-03-02- REP | Origen-Modif | | | |
| | 3 | 4.5x15 | | NN-4-04-01- REP | Origen | | | |
| | 3 | 4.5x15 | | NN-4-05-01- REP | Origen | | | |
| Hacienda Natura 5 | 3 | 4.5x15 | | NN-5-04-01- REP | Origen | | | |
| | 3 | 4.5x15 | | NN-5-05-01- REP | Origen | | | |
| Hacienda Natura 6 | 3 | 4.5x15 | | NN-6-04-01- REP | Origen | | | |
| | 3 | 4.5x15 | | NN-6-05-01- REP | Origen | | | |
| Hacienda Natura 7 | 3 | 4.5x15 | | NN-7-04-01- REP | Origen | | | |
| | 3 | 4.5x15 | | NN-7-05-01- REP | Origen | | | |

Fuente: elaboración propia

Aspectos socioculturales, normativos y tipológicos que permiten la adaptación de energía renovable fotovoltaica en la casa-habitación en la ciudad de Celaya, Guanajuato de 1980 al 2010

Tabla de Cuantificación de Prototipos

Figura 65. Tabla síntesis de prototipos de vivienda en la zona de estudio

| MUESTRAS DE FRACCIONAMIENTO ABIERTO Y DE RÉGIMEN EN CONDOMINIO EN CELAYA NOR-PONIENTE | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|-----------------------|-----------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|--------------------|------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------------------|------------------------|---|
| NO. | IMIPE Tipo de Fracc. | NOMBRE | INVENT. NACIONAL DE VIVIENDA 2016 | | | | PROTOTIPOS DE LOTE Y VIVIENDA | | | | | | | | | | Notas (Tipo de modificaciones) |
| | | | AGEB | Total de Viviendas | Viviendas Habitadas | Viviendas con energía eléctrica | Lote prototipo | Cantidad total de viviendas | Cant. de prototipos de vivienda | Vivienda prototipo | De Origen / Modif. / Atípico | Cant. de viviendas por prototipo | Viviendas sin prototipo (%) | Viviendas de Origen (%) | Viviendas de Origen con Modif. (%) | Viviendas atípicas (%) | |
| 1 | 0 | La Misión A, B, C y D | 1100700012152 | 1088 | 869 | 873 | - | 293 | 3 | SIN PROTOTIPO | - | 6 | 2% | | | | En casi todos los prototipos, las modificaciones fueron de techar patios o cocheras, lo cual quiere decir que para el caso de estudio, el área aprovechable para implementación de paneles solares aumenta. Fueron pocos los casos de modificaciones de construcción de un tercer nivel, lo cual, disminuye el área utilizable para |
| | | | | | | | 1 | | | MI-A-01-01-REP | Origen | 150 | | 51% | | | |
| | | | | | | | 1 | | | MI-A-01-02-REP | Modif. | 63 | | 22% | | | |
| | | | | | | | 1 | | | MI-A-02-01-REP | Origen | 25 | | 9% | | | |
| | | | | | | | 1 | | | MI-A-02-02-REP | Modif. | 11 | | 4% | | | |
| | | | | | | | 1 | | | MI-A-03-01 | Origen | 17 | | 6% | | 4% | |
| | | | | | | | 1 | | | MI-A-03-02 | Modif. | 13 | | 3% | | | |
| | | | | | | | 1 | | | MI-A-04-01 | Origen | 8 | | | | | |
| | | | | | | | - | | | SIN PROTOTIPO | - | 2 | 1% | | | | |
| | | | | | | | 1 | | | MI-B-00-01 | Origen | 88 | | 29% | | | |
| | | | | | | | 1 | | | MI-B-00-02 | Modif. | 37 | | 12% | | | |
| | | | | | | | 1 | | | MI-B-01-01-REP | Origen | 16 | | 5% | | | |
| | | | | | | | 1 | | | MI-B-01-02-REP | Modif. | 8 | | 3% | | | |
| | | | | | | | 1 | | | MI-B-02-01-REP | Origen | 48 | | 16% | | | |
| | | | | | | | 1 | | | MI-B-02-02-REP | Modif. | 91 | | 30% | | | |
| | | | | | | | 1 | | | MI-B-03-01-REP | Origen | 10 | | 3% | | | |
| | | | | | | | 1 | | | MI-B-03-02-REP | Modif. | 8 | | 3% | | | |
| | | | | | | | 1 | | | MI-C-00-01-REP | Origen | 15 | | 16% | | | |
| | | | | | | | 1 | | | MI-C-00-02-REP | Modif. | 2 | | 2% | | | |
| | | | | | | | 1 | | | MI-C-04-01 | Origen | 29 | | 30% | | | |
| | | | | | | | 1 | | | MI-C-04-02 | Modif. | 10 | | 10% | | | |
| | | | | | | | 1 | | | MI-C-05-01-REP | Origen | 32 | | 33% | | | |
| | | | | | | | 1 | | | MI-C-05-02-REP | Modif. | 8 | | 8% | | | |
| | | | | | | | - | | | SIN PROTOTIPO | - | 102 | 32% | | | | |
| | | | | | | | 1 | | | MI-D-01-01-REP | Origen | 70 | | 22% | | | |
| | | | | | | | 1 | | | MI-D-01-02-REP | Modif. | 30 | | 9% | | | |
| | | | | | | | 2 | | | MI-D-02-01 | Origen | 36 | | 11% | | | |
| | | 2 | MI-D-02-02 | Modif. | 8 | | 2% | | | | | | | | | | |
| | | 1 | MI-D-03-01 | Origen | 34 | | 11% | | | | | | | | | | |
| | | 1 | MI-D-03-02 | Modif. | 7 | | 2% | | | | | | | | | | |
| | | 1 | MI-D-04-01 | Atípico | 11 | | | | 3% | | | | | | | | |
| | | 1 | MI-D-04-02 | Modif. | 3 | | 1% | | | | | | | | | | |
| | | 1 | MI-D-05-01 | Atípico | 6 | | | | 2% | | | | | | | | |
| | | 1 | MI-D-06-02 | Modif. | 1 | | | | 0% | | | | | | | | |
| | | 2 | MI-D-07-01 | Atípico | 5 | | | | 2% | | | | | | | | |
| | | 1 | MI-D-08-01-REP | Origen | 3 | | | | | | | | | | | | |
| | | - | SIN PROTOTIPO | - | 13 | 10% | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | MI-A-00-01 | Origen | 2 | | 1% | | | | | | | | | | |
| | | 1 | MI-A-00-02 | Modif. | 1 | | 1% | | | | | | | | | | |
| | | 1 | MI-A-01-01 | Origen | 89 | | 66% | | | | | | | | | | |
| | | 1 | MI-A-01-02 | Modif. | 19 | | 14% | | | | | | | | | | |
| | | 1 | MI-A-02-01 | Origen | 7 | | 5% | | | | | | | | | | |
| | | 1 | MI-A-02-02 | Modif. | 4 | | 3% | | | | | | | | | | |
| | | - | SIN PROTOTIPO | - | 39 | 26% | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | MI-C-01-01 | Origen | 8 | | 5% | | | | | | | | | | |
| 3 | MI-C-01-02 | Modif. | 1 | | 1% | | | | | | | | | | | | |
| 1 y 2 | MI-C-02-01 | Origen | 31 | | 21% | | | | | | | | | | | | |
| 1 | MI-C-02-02 | Modif. | 20 | | 13% | | | | | | | | | | | | |
| 1 y 2 | MI-C-03-01 | Origen | 21 | | 14% | | | | | | | | | | | | |
| 1 | MI-C-03-02 | Modif. | 10 | | 7% | | | | | | | | | | | | |
| 2 | MI-C-06-01 | Atípico | 5 | | | | 3% | | | | | | | | | | |
| 2 | MI-C-07-02 | Atípico | 3 | | | | 2% | | | | | | | | | | |
| 2 | MI-C-08-01 | Atípico | 4 | | | | 3% | | | | | | | | | | |
| 2 | MI-C-09-01 | Atípico | 6 | | | | 4% | | | | | | | | | | |
| 1 | MI-C-09-01 | Atípico | 1 | | | | 1% | | | | | | | | | | |
| 3 | HN-1-01-01 | Origen | 53 | | 7% | | | | | | | | | | | | |
| 3 | HN-1-01-02 | Modif. | 2 | | 0% | | | | | | | | | | | | |
| 3 y 4 | HN-1-02-01 | Origen | 327 | | 46% | | | | | | | | | | | | |
| 3 y 4 | HN-1-02-02 | Modif. | 55 | | 8% | | | | | | | | | | | | |
| 3 y 4 | HN-1-03-01 | Origen | 238 | | 33% | | | | | | | | | | | | |
| 3 y 4 | HN-1-03-02 | Modif. | 40 | | 6% | | | | | | | | | | | | |
| 3 y 4 | HN-2-02-01-REP | Origen | 39 | | 34% | | | | | | | | | | | | |
| 3 y 4 | HN-2-02-02-REP | Modif. | 3 | | 3% | | | | | | | | | | | | |
| 3 y 4 | HN-2-03-01-REP | Origen | 44 | | 38% | | | | | | | | | | | | |
| 3 y 4 | HN-2-03-02-REP | Modif. | 8 | | 7% | | | | | | | | | | | | |
| 3 | HN-2-05-01 | Origen | 20 | | 17% | | | | | | | | | | | | |
| 3 | HN-2-05-02 | Modif. | 2 | | 2% | | | | | | | | | | | | |
| - | SIN PROTOTIPO | - | 2 | 1% | | | | | | | | | | | | | |
| 3 y 4 | HN-3-02-01-REP | Origen | 144 | | 54% | | | | | | | | | | | | |
| 3 y 4 | HN-3-02-02-REP | Modif. | 11 | | 4% | | | | | | | | | | | | |
| 3 y 4 | HN-3-03-01-REP | Origen | 55 | | 20% | | | | | | | | | | | | |
| 3 y 4 | HN-3-03-02-REP | Modif. | 8 | | 3% | | | | | | | | | | | | |
| 3 | HN-3-05-01-REP | Origen | 47 | | 17% | | | | | | | | | | | | |
| 3 | HN-3-05-02-REP | Modif. | 2 | | 1% | | | | | | | | | | | | |
| 3 y 4 | HN-4-02-01-REP | Origen | 11 | | 12% | | | | | | | | | | | | |
| 3 y 4 | HN-4-02-02-REP | Modif. | 2 | | 2% | | | | | | | | | | | | |
| 3 y 4 | HN-4-03-01-REP | Origen | 30 | | 34% | | | | | | | | | | | | |
| 3 y 4 | HN-4-03-02-REP | Modif. | 4 | | 4% | | | | | | | | | | | | |
| 3 | HN-4-04-01 | Origen | 12 | | 13% | | | | | | | | | | | | |
| 3 | HN-4-05-01-REP | Origen | 29 | | 33% | | | | | | | | | | | | |
| 3 | HN-4-05-02-REP | Modif. | 1 | | 1% | | | | | | | | | | | | |
| 3 | HN-5-04-01-REP | Origen | 52 | | 32% | | | | | | | | | | | | |
| 3 | HN-5-05-01-REP | Origen | 112 | | 68% | | | | | | | | | | | | |
| 3 | HN-6-04-01-REP | Origen | 28 | | 47% | | | | | | | | | | | | |
| 3 | HN-6-05-01-REP | Origen | 32 | | 53% | | | | | | | | | | | | |
| 3 | HN-7-04-01-REP | Origen | 16 | | 32% | | | | | | | | | | | | |
| 3 | HN-7-05-01-REP | Origen | 34 | | 68% | | | | | | | | | | | | |
| TOTALES | | | | | | | 2282 | 1772 | 1187 | 4 | 2765 | 38 | 2765 | | | | |

Fuente: elaboración propia

Aspectos socioculturales, normativos y tipológicos que permiten la adaptación de energía renovable fotovoltaica en la casa-habitación en la ciudad de Celaya, Guanajuato de 1980 al 2010

Fichas de Observación

Figura 66. Ficha de observación: La Misión A

| DATOS DE LOS USUARIOS | | Tipo de vivienda: | | No. de habitantes: | | Notas: | |
|--|--|---|--|---|--|--|--|
| Uso: <input checked="" type="radio"/> Habitacional | | B) Mixto (habitacional y comercial) | | <input checked="" type="radio"/> Simple | | B) Duplex | |
| | | | | <input checked="" type="radio"/> Uno o Dos | | <input checked="" type="radio"/> Tres o Cuatro | |
| | | | | | | <input type="radio"/> Más de 4 | |
| CROQUIS DE UBICACIÓN | | | | CROQUIS DE PROTOTIPO | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| TIPOLÓGICA DE VIVIENDA | | | | | | | |
| INSTRUCCIONES: Identifique y seleccione el correspondiente | | | | | | | |
| A.1. For sus características | | | | | | | |
| A.1.1. FORMALES | | | | | | | |
| b.2. Áreas mínimas de ventilación e iluminación a través de aberturas (ventanas, puertas, celosías, otras) | | | | b) Volumetría y Fachadas | | Notas: | |
| Prototipo | | Vano: 24.43% | | Real | | | |
| | | Macizo: 75.57% | | S.SB | | | |
| | | Ventanas, Balcones, Canceles, Puertas | | 1.91 | | | |
| | | Fachada | | 30.67 | | | |
| A.1.2. CONSTRUCTIVOS | | | | | | | |
| a) Materiales específicos y b) Técnicas, procedimientos constructivos | | | | c) Posibilidades tecnológicas | | | |
| ab.1. Cimentación | | ab.3. Estructura | | ab.4. Losas | | Entrepiso Azteca | |
| <input checked="" type="radio"/> Mampostería <input type="radio"/> Zapata aislada <input type="radio"/> Zapata corrida <input type="radio"/> Losa de cimentación <input type="radio"/> Otro <input type="checkbox"/> ¿Cuál? | | <input type="radio"/> Tierra <input checked="" type="radio"/> Cemento o firme <input type="radio"/> Madera, mosaico u otro <input type="radio"/> Otro <input type="checkbox"/> ¿Cuál? | | <input type="radio"/> Lámmina metálica <input type="radio"/> Tírbique <input type="radio"/> Block de cemento <input type="radio"/> Mortero <input type="radio"/> Concreto armado <input type="radio"/> Prefabricado <input type="radio"/> Piedra o cantera <input type="radio"/> Otro <input type="checkbox"/> ¿Cuál? | | <input checked="" type="radio"/> Material de desecho <input type="radio"/> Lámina de cartón <input type="radio"/> Lámina metálica <input type="radio"/> Lámina de subtecho <input type="radio"/> Lámina de fibrocemento <input type="radio"/> Palma o paja <input type="radio"/> Madera o tejamanil <input type="radio"/> Terrado con viguería <input type="radio"/> Teja <input type="radio"/> Losa maciza <input type="radio"/> Vigüeta y bovedilla <input type="radio"/> Otro <input type="checkbox"/> ¿Cuál? | |
| INSTRUCCIONES: Lea las opciones, identifique y seleccione el correspondiente | | | | | | | |
| c.1. ¿se implementaron en la vivienda nuevos materiales o técnicas constructivas? | | | | | | | |
| A.1.3. DE EMPLAZAMIENTO | | | | f) Techos | | | |
| f.1. Tipo de losa y pendiente: | | 1) Losa plana | | 2) Losa inclinada | | Notas: | |
| | | <input type="radio"/> >2% <input checked="" type="radio"/> 2% | | <input type="radio"/> a) 5-10% <input type="radio"/> b) 10-15% <input type="radio"/> c) 15-25% | | | |
| f.2. Cargas en azotea | | <input checked="" type="radio"/> Tinaco <input type="radio"/> Tendedero <input type="radio"/> Área de lavado <input type="radio"/> Área de juegos | | <input type="radio"/> Equipos de ejercicio <input type="radio"/> Roof garden <input type="radio"/> Animales domésticos <input type="radio"/> Otro <input type="checkbox"/> ¿Cuál? | | | |
| A.4. For superficie y precio | | | | | | | |
| A.4.1. VIVIENDA ECONOMICA | | | | | | | |
| 1) Superficie construida aproximada | | a) 40-49 m2 | | b) Popular | | Notas: | |
| | | | | <input type="radio"/> Partido arquitectónico <input type="radio"/> Cajón de estacionamiento <input type="radio"/> Baño completo <input type="radio"/> Cocina <input type="radio"/> Área de usos múltiples <input type="radio"/> Estancia-comedor <input type="radio"/> Recámaras | | | |
| 1) Superficie construida aproximada | | a) 50-70 m2 | | c) Tradicional | | Notas: | |
| | | | | <input type="radio"/> Partido arquitectónico <input type="radio"/> Cajón de estacionamiento <input type="radio"/> Baños <input type="radio"/> Cocina <input type="radio"/> Estancia-comedor <input type="radio"/> Recámaras | | | |
| 1) Superficie construida aproximada | | a) 71-101 m2 | | Media | | Notas: | |
| | | | | <input type="radio"/> Partido arquitectónico <input type="radio"/> Cajón de estacionamiento <input type="radio"/> Baños <input type="radio"/> Cocina <input type="radio"/> Estancia-comedor <input type="radio"/> Recámaras <input type="radio"/> Cuarto de servicio | | | |
| 1) Superficie construida aproximada | | a) 102-155 m2 | | | | Notas: | |

Fuente: elaboración propia

Aspectos socioculturales, normativos y tipológicos que permiten la adaptación de energía renovable fotovoltaica en la casa-habitación en la ciudad de Celaya, Guanajuato de 1980 al 2010

Figura 67. Ficha de observación: La Misión B

| DATOS DE LOS USUARIOS | | | Tipos de viviendas: | | | No. de habitantes: | | | Notas: | | |
|--|---------------------------|-------------------------------------|---|-----------|-----------|--------------------------|------------------|-------------|-------------|--|--|
| Uso: | A) Habitacional | B) Mixto (habitacional y comercial) | 2) Encilla | B) Dúplex | | 1) Uno o Dos | 3) Tres o Cuatro | C) Más de 4 | | | |
| CROQUIS DE UBICACIÓN | | | CROQUIS DE PROTOTIPO | | | FACHADA | | | FOTOGRAFÍAS | | |
| | | | | | | | | | | | |
| INSTRUCCIONES: Identifique y seleccione el correspondiente | | | TIPOLOGÍA DE VIVIENDA | | | | | | | | |
| A.1. Por sus características | | | | | | | | | | | |
| A.1.1. FORMALES | | | | | | | | | | | |
| b.2. Áreas mínimas de ventilación e iluminación a través de aberturas (ventanas, puertas, celosías, otras) | | | Área (m2) | | | Notas: | | | | | |
| Prototipo | Vano: 19.48% | Ventanas, Balcones, Cancelas. | | Real | | | | | | | |
| | | Puertas | | 3.98 | | | | | | | |
| | | Fachada | | 1.91 | | | | | | | |
| Mazizo: 80.52% | | | | 24.36 | | | | | | | |
| A.1.2. CONSTRUCTIVOS | | | | | | | | | | | |
| a) Materiales específicos y b) Técnicas, procedimientos constructivos | | | | | | | | | | | |
| a.b.1. Cementación | a) Mampostería | a) Lámina metálica | 1) 2) | | Entrepiso | | | | | | |
| | b) Zapata aislada | b) Tabique | 2) 2) | | Azotes | | | | | | |
| c) Zapata corrida | c) Zapata corrida | c) Bloq. de cemento | | | | | | | | | |
| | d) Losa de cimentación | d) Mortero | | | | | | | | | |
| e) Otro ¿Cuál? | e) Otro ¿Cuál? | e) Concreto armado | | | | | | | | | |
| | | f) Prefabricado | | | | | | | | | |
| a.b.2. Pisos | a) Tierra | f) Piedra o cantera | | | | | | | | | |
| | b) Cemento o firme | g) Otro ¿Cuál? | | | | | | | | | |
| c) Madera, mosaico u otro | c) Madera, mosaico u otro | h) Cad./Trab./Cast./Column | | | | | | | | | |
| | d) Otro ¿Cuál? | i) Cad./Trab./Cast./Column | | | | | | | | | |
| a.b.3. Estructura | a) Tierra | j) Concreto armado | | | | | | | | | |
| | b) Cemento o firme | k) Prefabricados | | | | | | | | | |
| c) Madera, mosaico u otro | c) Madera, mosaico u otro | l) Otro | | | | | | | | | |
| | d) Otro ¿Cuál? | m) Otro ¿Cuál? | | | | | | | | | |
| a.b.4. Losas | a) Tierra | n) Prefabricados | | | | | | | | | |
| | b) Cemento o firme | o) Concreto armado | | | | | | | | | |
| c) Madera, mosaico u otro | c) Madera, mosaico u otro | p) Prefabricados | | | | | | | | | |
| | d) Otro ¿Cuál? | q) Otro | | | | | | | | | |
| c) Posibilidades tecnológicas | | | | | | | | | | | |
| INSTRUCCIONES: Lea las opciones, identifique y seleccione el correspondiente | | | | | | | | | | | |
| c.1. ¿Se implementaron en la vivienda nuevos materiales o técnicas constructivas? | | | | | | | | | | | |
| a) Sí | | | ¿Cuál? | | | | | | | | |
| b) No | | | | | | | | | | | |
| A.1.3. DE EMPLEAMIENTO | | | | | | | | | | | |
| f) Techos | | | CROQUIS DE APOYO PARA CONOCER SUPERFICIES APROVECHABLES PARA CAPTACIÓN DE ENERGÍA | | | | | | | | |
| f.1. Tipo de losa y pendientes: | | | 1) Losa plana | | | 2) Losa inclinada | | | Notas: | | |
| | | | a) >2% | | | a) 5-10% | | | | | |
| | | | b) 2% | | | b) 10-15% | | | | | |
| | | | | | | c) 15-25% | | | | | |
| f.2. Cargas en azotea | | | a) Típicos | | | e) Equipos de ejercicio | | | | | |
| | | | b) Tenderero | | | f) Roof garden | | | | | |
| | | | c) Área de lavado | | | g) Animales domésticos | | | | | |
| | | | d) Área de juegos | | | h) Otro | | | | | |
| | | | i) Otro ¿Cuál? | | | | | | | | |
| A.4. Por superficie y precio | | | | | | | | | | | |
| A.4.1. VIVIENDA ECONOMICA | | | | | | | | | | | |
| a) Económico | | | | | | | | | | | |
| 1) Superficie construida aproximada | | | 2) Partido arquitectónico | | | | | | | | |
| a) 40-49 m2 | | | a) 0 | | | Cajón de estacionamiento | | | | | |
| | | | b) 1 | | | Baño completo | | | | | |
| Notas: | | | c) 1 | | | Cocina | | | | | |
| | | | d) 1 | | | Área de usos múltiples | | | | | |
| | | | e) 1 | | | Estancia-comedor | | | | | |
| | | | f) 1 | | | Recámaras | | | | | |
| | | | g) 1 | | | | | | | | |
| | | | h) 1 | | | | | | | | |
| | | | i) 1 | | | | | | | | |
| | | | j) 1 | | | | | | | | |
| | | | k) 1 | | | | | | | | |
| | | | l) 1 | | | | | | | | |
| | | | m) 1 | | | | | | | | |
| | | | n) 1 | | | | | | | | |
| | | | o) 1 | | | | | | | | |
| | | | p) 1 | | | | | | | | |
| | | | q) 1 | | | | | | | | |
| | | | r) 1 | | | | | | | | |
| | | | s) 1 | | | | | | | | |
| | | | t) 1 | | | | | | | | |
| | | | u) 1 | | | | | | | | |
| | | | v) 1 | | | | | | | | |
| | | | w) 1 | | | | | | | | |
| | | | x) 1 | | | | | | | | |
| | | | y) 1 | | | | | | | | |
| | | | z) 1 | | | | | | | | |
| | | | aa) 1 | | | | | | | | |
| | | | ab) 1 | | | | | | | | |
| | | | ac) 1 | | | | | | | | |
| | | | ad) 1 | | | | | | | | |
| | | | ae) 1 | | | | | | | | |
| | | | af) 1 | | | | | | | | |
| | | | ag) 1 | | | | | | | | |
| | | | ah) 1 | | | | | | | | |
| | | | ai) 1 | | | | | | | | |
| | | | aj) 1 | | | | | | | | |
| | | | ak) 1 | | | | | | | | |
| | | | al) 1 | | | | | | | | |
| | | | am) 1 | | | | | | | | |
| | | | an) 1 | | | | | | | | |
| | | | ao) 1 | | | | | | | | |
| | | | ap) 1 | | | | | | | | |
| | | | aq) 1 | | | | | | | | |
| | | | ar) 1 | | | | | | | | |
| | | | as) 1 | | | | | | | | |
| | | | at) 1 | | | | | | | | |
| | | | au) 1 | | | | | | | | |
| | | | av) 1 | | | | | | | | |
| | | | aw) 1 | | | | | | | | |
| | | | ax) 1 | | | | | | | | |
| | | | ay) 1 | | | | | | | | |
| | | | az) 1 | | | | | | | | |
| | | | ba) 1 | | | | | | | | |
| | | | bb) 1 | | | | | | | | |
| | | | bc) 1 | | | | | | | | |
| | | | bd) 1 | | | | | | | | |
| | | | be) 1 | | | | | | | | |
| | | | bf) 1 | | | | | | | | |
| | | | bg) 1 | | | | | | | | |
| | | | bh) 1 | | | | | | | | |
| | | | bi) 1 | | | | | | | | |
| | | | bj) 1 | | | | | | | | |
| | | | bk) 1 | | | | | | | | |
| | | | bl) 1 | | | | | | | | |
| | | | bm) 1 | | | | | | | | |
| | | | bn) 1 | | | | | | | | |
| | | | bo) 1 | | | | | | | | |
| | | | bp) 1 | | | | | | | | |
| | | | bq) 1 | | | | | | | | |
| | | | br) 1 | | | | | | | | |
| | | | bs) 1 | | | | | | | | |
| | | | bt) 1 | | | | | | | | |
| | | | bu) 1 | | | | | | | | |
| | | | bv) 1 | | | | | | | | |
| | | | bw) 1 | | | | | | | | |
| | | | bx) 1 | | | | | | | | |
| | | | by) 1 | | | | | | | | |
| | | | bz) 1 | | | | | | | | |
| | | | ca) 1 | | | | | | | | |
| | | | cb) 1 | | | | | | | | |
| | | | cc) 1 | | | | | | | | |
| | | | cd) 1 | | | | | | | | |
| | | | ce) 1 | | | | | | | | |
| | | | cf) 1 | | | | | | | | |
| | | | cg) 1 | | | | | | | | |
| | | | ch) 1 | | | | | | | | |
| | | | ci) 1 | | | | | | | | |
| | | | cj) 1 | | | | | | | | |
| | | | ck) 1 | | | | | | | | |
| | | | cl) 1 | | | | | | | | |
| | | | cm) 1 | | | | | | | | |
| | | | cn) 1 | | | | | | | | |
| | | | co) 1 | | | | | | | | |
| | | | cp) 1 | | | | | | | | |
| | | | cq) 1 | | | | | | | | |
| | | | cr) 1 | | | | | | | | |
| | | | cs) 1 | | | | | | | | |
| | | | ct) 1 | | | | | | | | |
| | | | cu) 1 | | | | | | | | |
| | | | cv) 1 | | | | | | | | |
| | | | cw) 1 | | | | | | | | |
| | | | cx) 1 | | | | | | | | |
| | | | cy) 1 | | | | | | | | |
| | | | cz) 1 | | | | | | | | |
| | | | ca) 1 | | | | | | | | |
| | | | cb) 1 | | | | | | | | |
| | | | cc) 1 | | | | | | | | |
| | | | cd) 1 | | | | | | | | |
| | | | ce) 1 | | | | | | | | |
| | | | cf) 1 | | | | | | | | |
| | | | cg) 1 | | | | | | | | |
| | | | ch) 1 | | | | | | | | |
| | | | ci) 1 | | | | | | | | |
| | | | cj) 1 | | | | | | | | |
| | | | ck) 1 | | | | | | | | |
| | | | cl) 1 | | | | | | | | |
| | | | cm) 1 | | | | | | | | |
| | | | cn) 1 | | | | | | | | |
| | | | co) 1 | | | | | | | | |
| | | | cp) 1 | | | | | | | | |
| | | | cq) 1 | | | | | | | | |
| | | | cr) 1 | | | | | | | | |
| | | | cs) 1 | | | | | | | | |
| | | | ct) 1 | | | | | | | | |
| | | | cu) 1 | | | | | | | | |
| | | | cv) 1 | | | | | | | | |
| | | | cw) 1 | | | | | | | | |
| | | | cx) 1 | | | | | | | | |
| | | | cy) 1 | | | | | | | | |
| | | | cz) 1 | | | | | | | | |
| | | | ca) 1 | | | | | | | | |
| | | | cb) 1 | | | | | | | | |
| | | | cc) 1 | | | | | | | | |
| | | | cd) 1 | | | | | | | | |
| | | | ce) 1 | | | | | | | | |
| | | | cf) 1 | | | | | | | | |
| | | | cg) 1 | | | | | | | | |
| | | | ch) 1 | | | | | | | | |
| | | | ci) 1 | | | | | | | | |
| | | | cj) 1 | | | | | | | | |
| | | | ck) 1 | | | | | | | | |
| | | | cl) 1 | | | | | | | | |
| | | | cm) 1 | | | | | | | | |
| | | | cn) 1 | | | | | | | | |
| | | | co) 1 | | | | | | | | |
| | | | cp) 1 | | | | | | | | |
| | | | cq) 1 | | | | | | | | |
| | | | cr) 1 | | | | | | | | |
| | | | cs) 1 | | | | | | | | |
| | | | ct) 1 | | | | | | | | |
| | | | cu) 1 | | | | | | | | |
| | | | cv) 1 | | | | | | | | |
| | | | cw) 1 | | | | | | | | |
| | | | cx) 1 | | | | | | | | |
| | | | cy) 1 | | | | | | | | |
| | | | cz) 1 | | | | | | | | |
| | | | ca) 1 | | | | | | | | |
| | | | cb) 1 | | | | | | | | |
| | | | cc) 1 | | | | | | | | |
| | | | cd) 1 | | | | | | | | |
| | | | ce) 1 | | | | | | | | |
| | | | cf) 1 | | | | | | | | |
| | | | cg) 1 | | | | | | | | |
| | | | ch) 1 | | | | | | | | |
| | | | ci) 1 | | | | | | | | |
| | | | cj) 1 | | | | | | | | |
| | | | ck) 1 | | | | | | | | |
| | | | cl) 1 | | | | | | | | |
| | | | cm) 1 | | | | | | | | |
| | | | cn) 1 | | | | | | | | |
| | | | co) 1 | | | | | | | | |
| | | | cp) 1 | | | | | | | | |
| | | | cq) 1 | | | | | | | | |
| | | | cr) 1 | | | | | | | | |
| | | | cs) 1 | | | | | | | | |
| | | | ct) 1 | | | | | | | | |
| | | | cu) 1 | | | | | | | | |
| | | | cv) 1 | | | | | | | | |
| | | | cw) 1 | | | | | | | | |
| | | | cx) 1 | | | | | | | | |
| | | | cy) 1 | | | | | | | | |
| | | | cz) 1 | | | | | | | | |
| | | | ca) 1 | | | | | | | | |
| | | | cb) 1 | | | | | | | | |
| | | | cc) 1 | | | | | | | | |
| | | | cd) 1 | | | | | | | | |
| | | | ce) 1 | | | | | | | | |
| | | | cf) 1 | | | | | | | | |
| | | | cg) 1 | | | | | | | | |
| | | | ch) 1 | | | | | | | | |
| | | | ci) 1 | | | | | | | | |
| | | | cj) 1 | | | | | | | | |
| | | | ck) 1 | | | | | | | | |
| | | | cl) 1 | | | | | | | | |
| | | | cm) 1 | | | | | | | | |
| | | | cn) 1 | | | | | | | | |
| | | | co) 1 | | | | | | | | |
| | | | cp) 1 | | | | | | | | |
| | | | cq) 1 | | | | | | | | |
| | | | cr) 1 | | | | | | | | |
| | | | cs) 1 | | | | | | | | |
| | | | ct) 1 | | | | | | | | |
| | | | cu) 1 | | | | | | | | |
| | | | cv) 1 | | | | | | | | |
| | | | cw) 1 | | | | | | | | |
| | | | cx) 1 | | | | | | | | |
| | | | cy) 1 | | | | | | | | |
| | | | cz) 1 | | | | | | | | |
| | | | ca) 1 | | | | | | | | |
| | | | cb) 1 | | | | | | | | |
| | | | cc) 1 | | | | | | | | |
| | | | cd) 1 | | | | | | | | |
| | | | ce) 1 | | | | | | | | |
| | | | cf) 1 | | | | | | | | |
| | | | cg) 1 | | | | | | | | |
| | | | ch) 1 | | | | | | | | |
| | | | ci) 1 | | | | | | | | |
| | | | cj) 1 | | | | | | | | |
| | | | ck) 1 | | | | | | | | |
| | | | cl) 1 | | | | | | | | |
| | | | cm) 1 | | | | | | | | |
| | | | cn) 1 | | | | | | | | |
| | | | co) 1 | | | | | | | | |
| | | | cp) 1 | | | | | | | | |
| | | | cq) 1 | | | | | | | | |
| | | | cr) 1 | | | | | | | | |
| | | | cs) 1 | | | | | | | | |
| | | | ct) 1 | | | | | | | | |
| | | | cu) 1 | | | | | | | | |
| | | | cv) 1 | | | | | | | | |
| | | | cw) 1 | | | | | | | | |
| | | | cx) 1 | | | | | | | | |
| | | | cy) 1 | | | | | | | | |
| | | | cz) 1 | | | | | | | | |
| | | | ca) 1 | | | | | | | | |
| | | | cb) 1 | | | | | | | | |
| | | | cc) 1 | | | | | | | | |
| | | | cd) 1 | | | | | | | | |
| | | | ce) 1 | | | | | | | | |
| | | | cf) 1 | | | | | | | | |
| | | | cg) 1 | | | | | | | | |
| | | | ch) 1 | | | | | | | | |
| | | | ci) 1 | | | | | | | | |
| | | | cj) 1 | | | | | | | | |
| | | | ck) 1 | | | | | | | | |
| | | | cl) 1 | | | | | | | | |
| | | | cm) 1 | | | | | | | | |
| | | | cn) 1 | | | | | | | | |
| | | | co) 1 | | | | | | | | |
| | | | cp) 1 | | | | | | | | |
| | | | cq) 1 | | | | | | | | |
| | | | cr) 1 | | | | | | | | |
| | | | cs) 1 | | | | | | | | |
| | | | ct) 1 | | | | | | | | |
| | | | cu) 1 | | | | | | | | |
| | | | cv) 1 | | | | | | | | |
| | | | cw) 1 | | | | | | | | |
| | | | cx) 1 | | | | | | | | |
| | | | cy) 1 | | | | | | | | |
| | | | cz) 1 | | | | | | | | |
| | | | ca) 1 | | | | | | | | |
| | | | cb) 1 | | | | | | | | |
| | | | cc) 1 | | | | | | | | |
| | | | cd) 1 | | | | | | | | |
| | | | ce) 1 | | | | | | | | |
| | | | cf) 1 | | | | | | | | |

Aspectos socioculturales, normativos y tipológicos que permiten la adaptación de energía renovable fotovoltaica en la casa-habitación en la ciudad de Celaya, Guanajuato de 1980 al 2010

Figura 68. Ficha de observación: La Misión C

| DATOS DE LOS USUARIOS | | Tipo de vivienda: | | No. de habitantes: | | Notas: | |
|--|-------------|---|---------------------------------------|---|-------|---|--------|
| Uso: A) Habitacional B) Mixto (habitacional y comercial) | | A) Sencilla B) Dúplex | | A) Uno o Dos B) Tres o Cuatro C) Más de 4 | | | |
| CROQUIS DE UBICACIÓN | | | | CROQUIS DE PROTOTIPO | | | |
| | | | | | | | |
| TIPOLOGÍA DE VIVIENDA | | | | | | | |
| INSTRUCCIONES: Identifique y seleccione el correspondiente | | | | | | | |
| A.1. Por sus características | | | | | | | |
| A.1.1. FORMALES | | | | | | | |
| | | | | b) Volumetría y Fachadas | | | |
| b.2. Áreas mínimas de ventilación e iluminación a través de aberturas (ventanas, puertas, celosías, otras) | | | | Área (m ²) | | | |
| | | | | Real | | | |
| Prototipo | Vano: 9% | | Ventanas, Balcones, Canceles, Puertas | | 1.5 | | Notas: |
| | Macizo: 91% | | Fachada | | 17.15 | | |
| | | | | | | | |
| A.1.2. CONSTRUCTIVOS | | | | | | | |
| | | | | a) Materiales específicos y b) Técnicas, procedimientos constructivos | | | |
| a.b.1. Cimentación | | a) Mampostería b) Zapata aislada c) Zapata corrida d) Losa de cimentación e) Otro ¿Cuál? | | Muros | | a) Látex b) Tabique c) Block de cemento d) Mortero e) Concreto armado f) Prefabricado g) Piedra o cantera h) Otro ¿Cuál? | |
| a.b.2. Pisos | | a) Tierra b) Cemento o firme c) Madera, mosaico u otro d) Otro ¿Cuál? | | a.b.3. Estructura | | a) Cad./Trab./Cast./Column b) Cad./Trab./Cast./Column c) Concreto armado d) Prefabricados e) Otro ¿Cuál? | |
| | | | | Elem. Estructurales | | a) h.4. Losas b) Material de desecho c) Lámina de cartón d) Lámina metálica e) Lámina de asbesto f) Lámina de fibrocemento g) Palma o paja h) Madera o tejamanil i) Terrazo con vigueta j) Teja k) Losa maciza l) Vigueta y bovedilla m) Otro ¿Cuál? | |
| INSTRUCCIONES: Lea las opciones, identifique y seleccione el correspondiente | | | | | | | |
| c.1. ¿Se implementaron en la vivienda nuevos materiales o técnicas constructivas? | | | | | | | |
| | | | | a) Sí | | b) No | |
| A.1.3. DE EMPLAZAMIENTO | | | | | | | |
| | | | | f) Techos | | | |
| f.1. Tipo de losa y pendiente: | | | | | | | |
| 1) Losa plana | | 2) Losa inclinada | | | | | |
| a) >2% | | a) 5-10% | | | | | |
| b) 2% | | b) 10-15% | | | | | |
| c) 2% | | c) 15-25% | | | | | |
| f.2. Cargas en azotea | | | | | | | |
| a) Tinaco | | e) Equipos de ejercicio | | | | | |
| b) Tendedero | | f) Roof garden | | | | | |
| c) Área de lavado | | g) Animales domésticos | | | | | |
| d) Área de juegos | | h) Otro | | | | | |
| | | ¿Cuál? | | | | | |
| | | | | CROQUIS DE APOYO PARA CONOCER SUPERFICIES APROVECHABLES PARA CAPTACIÓN DE ENERGÍA | | | |
| | | | | Notas: | | Notas: | |
| | | | | Notas: | | Notas: | |
| A.4. Por superficie y precio | | | | | | | |
| A.4.1. VIVIENDA ECONÓMICA | | | | | | | |
| 1) Superficie construida aproximada | | | | a) Económico | | | |
| a) 40-49 m ² | | | | 2) Partido arquitectónico | | | |
| | | | | a) 0 | | Cajón de estacionamiento | |
| | | | | b) 1 | | Baño completo | |
| | | | | c) 1 | | Cocina | |
| | | | | d) 1 | | Área de usos múltiples | |
| | | | | e) 1 | | Estancia-comedor | |
| | | | | f) 1 | | Recámaras | |
| | | | | b) Popular | | | |
| 1) Superficie construida aproximada | | | | 2) Partido arquitectónico | | | |
| a) 50-70 m ² | | | | a) 1 | | | |
| | | | | b) 1 | | | |
| | | | | c) 1 | | | |
| | | | | d) 1 | | | |
| | | | | e) 01 - 02 | | | |
| | | | | f) Recámaras | | | |
| | | | | c) Tradicional | | | |
| 1) Superficie construida aproximada | | | | 2) Partido arquitectónico | | | |
| a) 71-101 m ² | | | | a) 1 | | | |
| | | | | b) 1 y 1/2 | | | |
| | | | | c) 1 | | | |
| | | | | d) 1 | | | |
| | | | | e) 02 - 03 | | | |
| | | | | f) Recámaras | | | |
| | | | | c) Media | | | |
| 1) Superficie construida aproximada | | | | 2) Partido arquitectónico | | | |
| a) 102-155 m ² | | | | a) 01 - 02 | | | |
| | | | | b) 2 y 1/2 | | | |
| | | | | c) 1 | | | |
| | | | | d) 1 | | | |
| | | | | e) 02 - 03 | | | |
| | | | | f) Recámaras | | | |
| | | | | g) Cuarto de servicio | | | |

Fuente: elaboración propia

Aspectos socioculturales, normativos y tipológicos que permiten la adaptación de energía renovable fotovoltaica en la casa-habitación en la ciudad de Celaya, Guanajuato de 1980 al 2010

Figura 69. Ficha de observación: La Misión D

| DATOS DE LOS USUARIOS | | Tipo de vivienda: | | No. de habitantes: | | Notas: |
|---|---|--|--|---|---|--------|
| Uso: A) Habitacional B) Mixto (habitacional y comercial) | | A) Escuela B) Dúplex | | A) Uno o Dos B) Tres o Cuatro C) Más de 4 | | |
| CROQUIS DE UBICACIÓN | | | | CROQUIS DE PROTOTIPO | | |
|  | | | |  | | |
| TIPOLOGÍA DE VIVIENDA | | | | | | |
| INSTRUCCIONES: Identifique y seleccione el correspondiente | | | | | | |
| A.1. Por sus características | | | | | | |
| A.1.1. FORMALES | | | | | | |
| | | b) Volumetría y Fachadas | | | Notas: | |
| Prototipo | Vano: 28.67% | Ventanas, Balcones, Canceles. | Área (m ²) | | | |
| | Macizo: 71.33% | Puertas | Real | | | |
| | | Fachada | 30 | | | |
| A.1.2. CONSTRUCTIVOS | | | | | | |
| | | a) Materiales específicos y b) Técnicas, procedimientos constructivos | | | Notas: | |
| a.b.1. Cimentación | a) Mampostería b) Zapata aislada c) Zapata corrida d) Losa de cimentación e) Otro ¿Cuál? | Muros | a) Lámina metálica b) Tabique c) Block de cemento d) Mortero e) Concreto armado f) Prefabricado g) Piedra o cantera h) Otro ¿Cuál? | Entrepiso Azotea | | |
| a.b.2. Pisos | a) Tierra b) Cemento o firme c) Madera, mosaico u otro d) Otro ¿Cuál? | a.b.3. Estructura | a) Cad./Trab./Cast/Column b) Cad./Trab./Cast/Column c) Concreto armado d) Prefabricados e) Otro ¿Cuál? | a) Material de desecho b) Lámina de cartón c) Lámina metálica d) Lámina de asbesto e) Lámina de fibrocemento f) Palma o peja g) Madera o tejamanil h) Terrazo con viguería i) Teja j) Losa maciza k) Vigüeta y bovedilla l) Otro ¿Cuál? | | |
| INSTRUCCIONES: Lea las opciones, identifique y seleccione el correspondiente | | | | | | |
| | | c) Posibilidades tecnológicas | | | Notas: | |
| | | c.1. ¿Se implementaron en la vivienda nuevos materiales o técnicas constructivas? | | | a) Sí b) No ¿Cuáles? | |
| A.1.3. DE EMPLAZAMIENTO | | | | | | |
| | | f) Techos | | | CROQUIS DE APOYO PARA CONOCER SUPERFICIES APROVECHABLES PARA CAPTACIÓN DE ENERGÍA | |
| f.1. Tipo de losa y pendiente: | | | | | Notas: | |
| 1) Losa plana | | 2) Losa inclinada | | | Notas: | |
| a) >2% | | a) 5-10% | | | Notas: | |
| b) 2% | | b) 10-15% | | | Notas: | |
| c) 15-25% | | c) 15-25% | | | Notas: | |
| f.2. Cargas en azotea | | e) Equipos de ejercicio f) Roof garden g) Animales domésticos | | | Notas: | |
| a) Tinaco | | | | | Notas: | |
| b) Tenderero | | | | | Notas: | |
| c) Área de lavado | | | | | Notas: | |
| A.4 Por superficie y precio | | | | | | |
| A.4.1. VIVIENDA ECONÓMICA | | | | | | |
| 1) Superficie construida aproximada | | a) Económico | | | Notas: | |
| a) 40-49 m ² | | 2) Partido arquitectónico | | | Notas: | |
| Notas: | | a) 0 Cajón de estacionamiento b) 1 Baño completo c) 1 Cocina d) 1 Área de usos múltiples e) 1 Estancia-comedor f) 1 Recámaras | | | Notas: | |
| 1) Superficie construida aproximada | | b) Popular | | | Notas: | |
| a) 50-70 m ² | | 2) Partido arquitectónico | | | Notas: | |
| Notas: | | a) 1 Cajón de estacionamiento b) 1 Baño completo c) 1 Cocina d) 1 Estancia-comedor e) 01-02 Recámaras | | | Notas: | |
| 1) Superficie construida aproximada | | c) Tradicional | | | Notas: | |
| a) 71-101 m ² | | 2) Partido arquitectónico | | | Notas: | |
| Notas: | | a) 1 Cajón de estacionamiento b) 1 y 1/2 Baños c) 1 Cocina d) 1 Estancia-comedor e) 02-03 Recámaras | | | Notas: | |
| 1) Superficie construida aproximada | | Media | | | Notas: | |
| a) 102-155 m ² | | 2) Partido arquitectónico | | | Notas: | |
| Notas: | | a) 01-02 Cajón de estacionamiento b) 2 y 1/2 Baños c) 1 Cocina d) 1 Estancia-comedor e) 02-03 Recámaras f) 1 Cuarto de servicio | | | Notas: | |

Fuente: elaboración propia

Aspectos socioculturales, normativos y tipológicos que permiten la adaptación de energía renovable fotovoltaica en la casa-habitación en la ciudad de Celaya, Guanajuato de 1980 al 2010

Figura 70. Ficha de observación: Haciendas Natura 1 (Prototipo 02)

| | | |
|---|--|---------------------------------|
| DATOS DE LOS USUARIOS Uso: <input checked="" type="radio"/> Habitacional <input type="radio"/> B) Mixto (habitacional y comercial) Tipo de vivienda: <input checked="" type="radio"/> sencilla <input type="radio"/> B) Duplex No. de habitantes: <input checked="" type="radio"/> Uno o Dos <input type="radio"/> B) Tres o Cuatro <input type="radio"/> C) Más de 4 | | Notas: |
| CROQUIS DE UBICACIÓN | | CROQUIS DE PROTOTIPO |

TIPOLOGÍA DE VIVIENDA

INSTRUCCIONES: Identifique y seleccione el correspondiente
 A.1. Por sus características
 A.1.1. FORMALES

| b) Volumetría y Fachadas | | Notas: |
|--------------------------|----------------|---------------------------------------|
| Prototipo | Vano: 12.44% | Área (m ²) Resil: 0.87 |
| | Macizo: 87.56% | Puertas: 0.95 Fachada: 12.82 |

A.1.2. CONSTRUCTIVOS

| a) Materiales específicos y b) Técnicas, procedimientos constructivos | | c) Posibilidades tecnológicas | |
|---|---------------------------|-------------------------------|---|
| ab.1. Cimentación | a) Mampostería | a) Láminas metálicas | <input checked="" type="radio"/> 1) Entrepiso |
| | b) Zapata aislada | b) Tabique | <input checked="" type="radio"/> 2) Azotes |
| ab.2. Pisos | c) Zapata corrida | c) Block de cemento | a) Material de desecho |
| | d) Losa de cimentación | d) Mortero | b) Lámina de cartón |
| ab.3. Estructura | e) Otro | e) Concreto armado | c) Lámina metálica |
| | f) ¿Cuál? | f) Prefabricado | d) Lámina de asbesto |
| ab.4. Losas | a) Tierra | g) Piedra o cantera | e) Lámina de fibrocemento |
| | b) Cemento o firme | h) Otro | f) Palma o paja |
| Elem. Estructurales | c) Madera, mosaico u otro | i) Cad./Trab./Cast./Column | g) Madera o tejamanil |
| | d) ¿Cuál? | j) Cad./Trab./Cast./Column | h) Terrado con viguería |
| | | k) Concreto armado | i) Teja |
| | | l) Prefabricados | <input checked="" type="radio"/> 1) Losa maciza |
| | | m) Otro | <input checked="" type="radio"/> 2) Vigüeta y bovedilla |
| | | n) ¿Cuál? | j) Otro |
| | | | k) ¿Cuál? |

INSTRUCCIONES: Lea las opciones, identifique y seleccione el correspondiente

| | | | |
|---|--|-----------------------------|----------|
| c.1. ¿Se implementaron en la vivienda nuevos materiales o técnicas constructivas? | a) <input checked="" type="radio"/> Sí | b) <input type="radio"/> No | ¿Cuáles? |
|---|--|-----------------------------|----------|

A.1.3. DE EMPLAZAMIENTO

| f) Techos | | CROQUIS DE APOYO PARA CONOCER SUPERFICIES APROVECHABLES PARA CAPTACIÓN DE ENERGÍA | |
|--------------------------------|-------------------|---|--------|
| f.1. Tipo de losa y pendiente: | | Notas: | Notas: |
| 1) Losa plana | 2) Losa inclinada | | |
| a) >2% | a) 5-10% | | |
| b) 2% | b) 10-15% | | |
| | c) 15-25% | | |

A.4.1. VIVIENDA ECONÓMICA

| a) Económico | | b) Popular | | c) Tradicional | | c) Media | |
|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| 1) Superficie construida aproximada | 2) Partido arquitectónico | 1) Superficie construida aproximada | 2) Partido arquitectónico | 1) Superficie construida aproximada | 2) Partido arquitectónico | 1) Superficie construida aproximada | 2) Partido arquitectónico |
| a) 40-49 m ² | a) 0 | a) 50-70 m ² | a) 1 | a) 71-101 m ² | a) 1 | a) 102-155 m ² | a) 01-02 |
| Notas: | b) 1 | Notas: | b) 1 | Notas: | b) 1 | Notas: | b) 2 y 1/2 |
| | c) 1 | | c) 1 | | c) 1 | | c) 1 |
| | d) 1 | | d) 1 | | d) 1 | | d) 1 |
| | e) 1 | | e) 01-02 | | e) 02-03 | | e) 02-03 |
| | f) 1 | | f) 1 | | f) 1 | | f) 1 |

Fuente: elaboración propia

Aspectos socioculturales, normativos y tipológicos que permiten la adaptación de energía renovable fotovoltaica en la casa-habitación en la ciudad de Celaya, Guanajuato de 1980 al 2010

Figura 71. Ficha de observación: Haciendas Natura 1 (Prototipo 03)

| | | | | | | | | | |
|--|--|---|--|---------------------------------|---|--|--|--|--|
| DATOS DE LOS USUARIOS | | Tipo de vivienda: | | No. de habitantes: | | Género: | | Notas: | |
| Uso: A) Habitacional | | B) Mixto (habitacional y comercial) | | A) Sencilla B) Duplex | | A) Uno o Dos B) Tres o Cuatro C) Más de 4 | | Edad: | |
| CROQUIS DE UBICACIÓN | | | | | CROQUIS DE PROTOTIPO | | | | |
| | | | | | | | | | |
| TIPOLOGÍA DE VIVIENDA | | | | | | | | | |
| INSTRUCCIONES: Identifique y seleccione el correspondiente | | | | | | | | | |
| A.1. Por sus características | | | | | | | | | |
| A.1.1. FORMALES | | | | | | | | | |
| b.2. Áreas mínimas de ventilación e iluminación a través de aberturas (ventanas, puertas, celosías, otras) | | | | b) Volumetría y Fachadas | | | | Notas: | |
| Prototipo | | Vano: 20.58% | | Vestibulos, Balcones, Canceles. | | Área (m2) | | | |
| | | Macizo: 79.42% | | Puertas | | Real | | | |
| | | | | Fachada | | 18.76 | | | |
| A.1.2. CONSTRUCTIVOS | | | | | | | | | |
| a) Materiales específicos y b) Técnicas, procedimientos constructivos | | | | | | | | | |
| a.b.1. Cementación | | a) Mampostería b) Zapata aislada c) Zapata corrida d) Losa de cimentación e) Otro ¿Cuál? | | Muros | | a) Lámina metálica b) Tabique c) Block de cemento d) Mortero e) Concreto armado f) Prefabricado g) Piedra o cantera h) Otro ¿Cuál? | | a) Entrepiso b) Azotea | |
| a.b.2. Pisos | | a) Tierra b) Cemento o firme c) Madera, mosaico u otro d) Otro ¿Cuál? | | a.b.3. Estructura | | a) Cad /Trab/ Cast/Column b) Cad /Trab/ Cast/Column c) Concreto armado d) Prefabricados e) Otro ¿Cuál? | | a.b.4. Losas | |
| | | | | Elem. Estructurales | | | | a) Material de desecho b) Lámina de cartón c) Lámina metálica d) Lámina de asbesto e) Lámina de fibrocemento f) Palma o paja g) Madera o tejamanil h) Terrado con viguería i) Teja j) Losa maciza k) Viguetas y bovedilla l) Otro ¿Cuál? | |
| INSTRUCCIONES: Lea las opciones, identifique y seleccione el correspondiente | | | | | | | | | |
| c.1. ¿Se implementaron en la vivienda nuevos materiales o técnicas constructivas? | | | | | | | | | |
| A.1.3. DE EMPLAZAMIENTO | | | | | | | | | |
| f) Techos | | | | | CROQUIS DE APOYO PARA CONOCER SUPERFICIES APROVECHABLES PARA CAPTACIÓN DE ENERGÍA | | | | |
| f.1. Tipo de losa y pendiente: | | | | | Notas: | | | | |
| 1) Losa plana | | | | | Notas: | | | | |
| a) >2% | | | | | Notas: | | | | |
| b) 2% | | | | | Notas: | | | | |
| 2) Losa inclinada | | | | | Notas: | | | | |
| a) 5-10% | | | | | Notas: | | | | |
| b) 10-15% | | | | | Notas: | | | | |
| c) 15-25% | | | | | Notas: | | | | |
| f.2. Cargas en azotea | | | | | Notas: | | | | |
| a) Tinaco | | | | | Notas: | | | | |
| b) Tenderero | | | | | Notas: | | | | |
| c) Área de lavado | | | | | Notas: | | | | |
| d) Área de juegos | | | | | Notas: | | | | |
| e) Equipos de ejercicio | | | | | Notas: | | | | |
| f) Roof garden | | | | | Notas: | | | | |
| g) Animales domésticos | | | | | Notas: | | | | |
| h) Otro | | | | | Notas: | | | | |
| i) Calentador Solar | | | | | Notas: | | | | |
| ¿Cuál? | | | | | Notas: | | | | |
| A.4. Por superficie y precio | | | | | | | | | |
| A.4.1. VIVIENDA ECONOMICA | | | | | | | | | |
| a) Económico | | | | | | | | | |
| 1) Superficie construida aproximada | | a) 40-49 m2 | | 2) Partido arquitectónico | | a) 0 | | Cajón de estacionamiento | |
| Notas: | | | | b) 1 | | 1 | | Baño completo | |
| | | | | c) 1 | | 1 | | Cocina | |
| | | | | d) 1 | | 1 | | Área de usos múltiples | |
| | | | | e) 1 | | 1 | | Estancia-comedor | |
| | | | | f) 1 | | 1 | | Recámaras | |
| (b) Popular | | | | | | | | | |
| 1) Superficie construida aproximada | | a) 50-70 m2 | | 2) Partido arquitectónico | | a) 1 | | Cajón de estacionamiento | |
| Notas: | | | | b) 1 | | 1 | | Baño completo | |
| | | | | c) 1 | | 1 | | Cocina | |
| | | | | d) 1 | | 1 | | Estancia-comedor | |
| | | | | e) 01-02 | | 1 | | Recámaras | |
| c) Tradicional | | | | | | | | | |
| 1) Superficie construida aproximada | | a) 71-101 m2 | | 2) Partido arquitectónico | | a) 1 | | Cajón de estacionamiento | |
| Notas: | | | | b) 1 | | 1 y 1/2 | | Baños | |
| | | | | c) 1 | | 1 | | Cocina | |
| | | | | d) 1 | | 1 | | Estancia-comedor | |
| | | | | e) 02-03 | | 1 | | Recámaras | |
| c) Media | | | | | | | | | |
| 1) Superficie construida aproximada | | a) 102-155 m2 | | 2) Partido arquitectónico | | a) 01-02 | | Cajón de estacionamiento | |
| Notas: | | | | b) 2 y 1/2 | | 1 | | Baños | |
| | | | | c) 1 | | 1 | | Cocina | |
| | | | | d) 1 | | 1 | | Estancia-comedor | |
| | | | | e) 02-03 | | 1 | | Recámaras | |
| | | | | f) 1 | | 1 | | Cuarto de servicio | |

Fuente: elaboración propia

Anexo III. Cálculo de Paneles Fotovoltaicos

Las principales razones por las que las personas deciden adaptar paneles fotovoltaicos son por motivos económicos, de status y ecológicos; en ese orden. Y los elementos rectores de diseño o restricciones para el panel solar son: la cantidad de energía que tendría que producir la instalación; el espacio aprovechable y el presupuesto disponible.

Para ejemplificar la instalación necesaria, se hicieron dos ejercicios de cálculo de panel fotovoltaico. El primero se hizo sobre un edificio de oficinas con un recibo de luz mayor a 5 mil novecientos pesos mensuales, resultando una necesidad de potencia de 6.2 KW, redondeándolo a 6.3. Utilizando un simulador, se obtuvo que, considerando una vida útil del proyecto de 25 años, la inversión necesaria sería de 9,450 USD, es decir, alrededor de 185 mil pesos. Para este caso, el periodo de amortización es de 3 y medio a 4 años, es decir, el tiempo que tardaría el usuario en pagar la inversión y empezar a obtener los beneficios económicos.

Figura 72. Cálculo rápido de ejercicio 1: Oficinas

| Caso de estudio número 1 | | | |
|--|---------|---------|---|
| Tarifa, clasificación | | PDBT | |
| Tarifa, mxn/kwh | | 4.70 | |
| | Periodo | Consumo | Comentarios |
| | 1 | 1,455 | |
| | 2 | 1,212 | |
| | 3 | 1,629 | |
| | 4 | 1,666 | |
| | 5 | 2,126 | Pico de consumo en Primavera |
| | 6 | 1,644 | |
| Media, kwh/bimestre | | 1,622 | |
| Desviación std, kwh/bimestre | | 301 | |
| Cobertura solar, % adimensional | | 100% | Criterio de diseño |
| Demanda actual por cubrir, Mwh/año | | 9.73 | Viene del historial |
| Factor de seguridad demanda, % adimensional | | 10% | Estimación propia |
| Radiación promedio en el sitio, hrs/día | | 5.91 | Meteorología |
| Factor de ajuste recurso solar, % adimensional | | 20% | Estimación propia (estacionalidad, paso del tiempo, suciedad) |
| Cálculo de potencia, kw | | 6.2 | Dato de diseño (1) |

Notas:

1. Puede verificarse desempeño en simulador.

Vo.Bo. Ing Miguel Du Pont
Fecha: 08/05/2022

Fuente: Du Pont (2022)

Aspectos socioculturales, normativos y tipológicos que permiten la adaptación de energía renovable fotovoltaica en la casa-habitación en la ciudad de Celaya, Guanajuato de 1980 al 2010

Figura 73. Simulador de ejercicio 1: Oficinas (Parte 1)

Información del proyecto [Ver la base de datos del proyecto](#)

Nombre del Proyecto: CASO DE ESTUDIO NO. 1
 Ubicación del Proyecto: CELAYA

Preparado para: ARQ CLAUDIA MEDINA
 Preparado por: ING MIGUEL DU PONT

Tipo de proyecto: Generación de electricidad

Tecnología: Fotovoltaico
 Tipo de red: Red-Central

Tipo de análisis: Método 1

Poder calorífico de referencia: Poder Calorífico Superior (PCS)

Mostrar parámetros:

Condiciones de referencia del sitio [Seleccionar ubicación de datos meteorológicos](#)

Ubicación de datos meteorológicos: Irapuato

Mostrar datos:

| | Unidad | Ubicación de datos meteorológicos | Ubicación del Proyecto |
|--|--------|-----------------------------------|------------------------|
| Latitud | 'N | 20.7 | 20.5 |
| Longitud | 'E | -101.4 | -100.8 |
| Elevación | m | 1,857 | 1,770 |
| Temperatura de diseño de la calefacción | °C | 7.8 | |
| Temperatura de diseño del aire acondicionado | °C | 26.4 | |
| Amplitud de la temperatura del suelo | °C | 17.4 | |

| Mes | Temperatura del aire °C | Humedad relativa % | Radiación solar diaria - horizontal kWh/m ² /d | Presión atmosférica kPa | Velocidad del Viento m/s | Temperatura del suelo °C | Días-grado de calentamiento °C-d | Días-grado de enfriamiento °C-d |
|--------------|----------------------------|-----------------------|--|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Enero | 13.9 | 53.3% | 4.91 | 81.6 | 3.3 | 15.7 | 126 | 122 |
| Febrero | 15.6 | 46.2% | 5.91 | 81.5 | 3.6 | 18.3 | 67 | 157 |
| Marzo | 18.1 | 36.4% | 6.93 | 81.4 | 4.0 | 21.9 | 0 | 250 |
| Abril | 20.5 | 35.4% | 7.19 | 81.4 | 3.8 | 25.2 | 0 | 316 |
| Mayo | 21.5 | 43.8% | 6.92 | 81.4 | 3.5 | 26.0 | 0 | 356 |
| Junio | 19.5 | 69.2% | 6.27 | 81.4 | 3.1 | 22.2 | 0 | 286 |
| Julio | 18.6 | 73.8% | 6.01 | 81.5 | 3.0 | 20.3 | 0 | 265 |
| Agosto | 18.6 | 72.4% | 5.96 | 81.5 | 2.8 | 20.1 | 0 | 265 |
| Setiembre | 17.8 | 75.5% | 5.49 | 81.4 | 2.7 | 19.2 | 6 | 234 |
| Octubre | 16.5 | 72.2% | 5.37 | 81.5 | 2.9 | 18.0 | 45 | 203 |
| Noviembre | 15.2 | 65.1% | 5.22 | 81.5 | 3.1 | 16.6 | 86 | 155 |
| Diciembre | 14.2 | 58.1% | 4.70 | 81.6 | 3.1 | 15.6 | 119 | 129 |
| Anual | 17.5 | 58.5% | 5.91 | 81.5 | 3.2 | 19.9 | 450 | 2,736 |
| Medido a | m | | | | 10.0 | 0.0 | | |

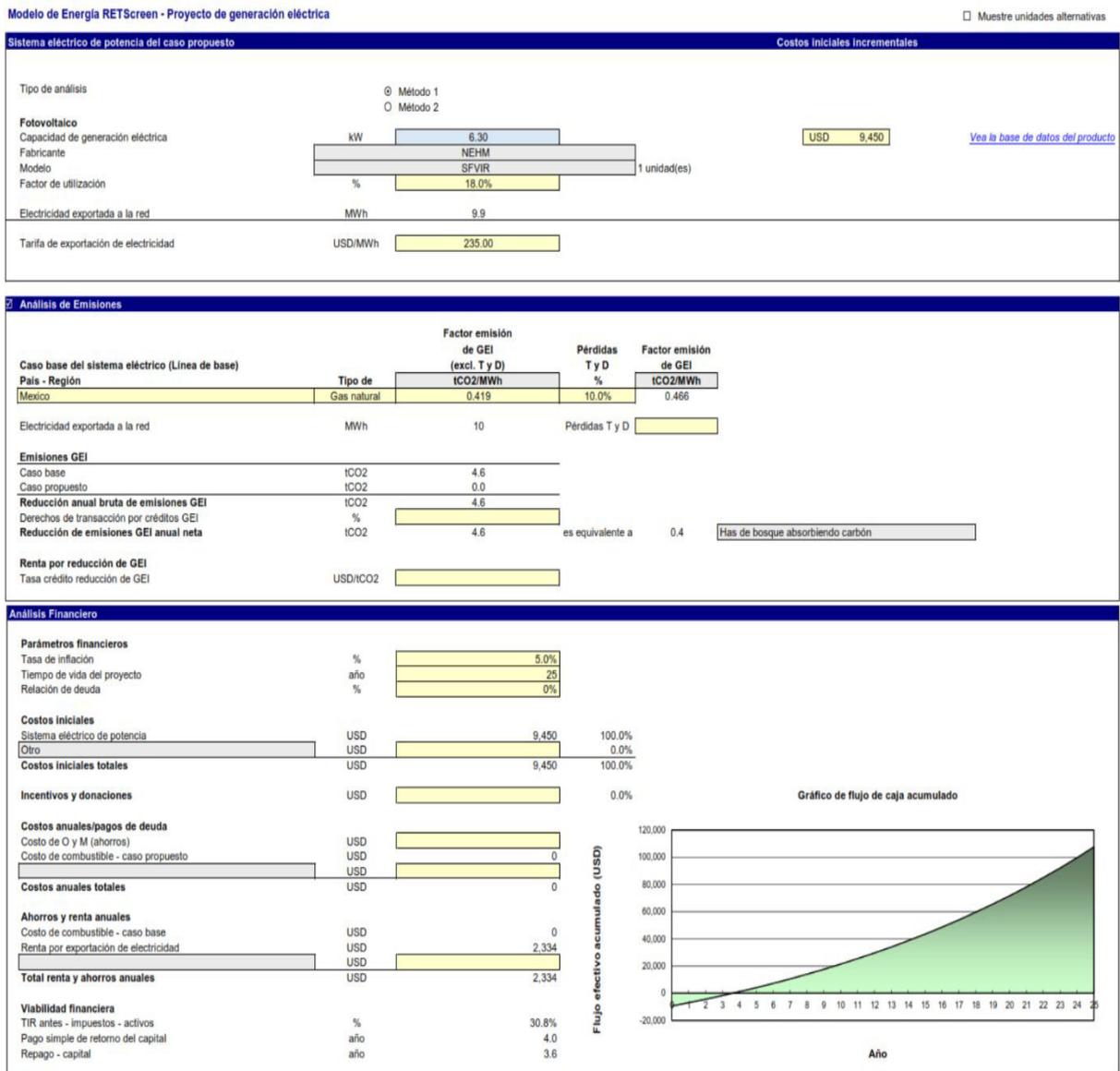
[Complete la hoja del Modelo de Energía](#)

RETScreen4 2013-08-27 © Minister of Natural Resources Canada 1997-2013. NRCan/CanmetENERGY

Fuente: Du Pont (2022)

Aspectos socioculturales, normativos y tipológicos que permiten la adaptación de energía renovable fotovoltaica en la casa-habitación en la ciudad de Celaya, Guanajuato de 1980 al 2010

Figura 74. Simulador de ejercicio 1: Oficinas (Parte 2)



Fuente: Du Pont (2022)

Aspectos socioculturales, normativos y tipológicos que permiten la adaptación de energía renovable fotovoltaica en la casa-habitación en la ciudad de Celaya, Guanajuato de 1980 al 2010

El segundo ejercicio fue con un recibo de una casa-habitación de la zona de estudio, el cual resultó en una capacidad requerida de 1.1 KW, ya que el monto del recibo era de 339 pesos. En este caso, sería necesaria una inversión de 2000 USD, para lograr un ahorro por año de 115 USD y un periodo de amortización de 17 años.

Figura 75. Cálculo rápido de ejercicio 2: Casa-habitación

| Caso de estudio número 2 | | |
|--|---|---|
| Tarifa, clasificación | 1 | |
| Tarifa, mxn/kwh | 1.25 | |
| | Periodo | Consumo |
| | 1 | 269 |
| | 2 | 299 |
| | 3 | 273 |
| | 4 | 285 |
| | 5 | 304 |
| | 6 | 253 |
| | | 281 |
| Media, kwh/bimestre | | 19 |
| Desviación std, kwh/bimestre | | |
| | | |
| Cobertura solar, % adimensional | 100% | Criterio de diseño |
| Demanda actual por cubrir, Mwh/año | 1.68 | Viene del historial |
| Factor de seguridad demanda, % adimensional | 10% | Estimación propia |
| Radiación promedio en el sitio, hrs/día | 5.91 | Meteorología |
| Factor de ajuste recurso solar, % adimensional | 20% | Estimación propia (estacionalidad, paso del tiempo, suciedad) |
| Cálculo de potencia, kw | 1.1 | Dato de diseño (1) |
| | 2000 USD | |
| | AHORRO DE 115 USD/AÑO | |
| | 17 AÑOS (PAY BACK-PERODO DE AMORTIZACIÓN) | |

Vo.Bo. Ing Miguel Du Pont
Fecha: 08/05/2022

Fuente: Du Pont (2022)