

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS
Y
ARTES DE CHIAPAS**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

TESIS

**DISEÑO DE VIVIENDA SUSTENTABLE PARA LA
ZONA CLIMÁTICA CÁLIDO SUBHÚMEDO**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTA:
ANA KAREN ZAVALA DE LA CRUZ
SAMANTA RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ**

**DIRECTOR:
DR. LUIS ALBERTO BALLINAS HERNÁNDEZ**



TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS, 19 DE NOVIEMBRE 2020.

1. DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi familia, por haber sido mi apoyo incondicional a lo largo de toda la carrera universitaria y a lo largo de mi vida.

De igual forma está dedicado a estudiantes que deseen continuar con esta investigación y al público en general que tenga inquietud respecto a este tema.

2. AGRADECIMIENTOS

Primero agradezco a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, un agradecimiento especial a mis padres, por confiar en mí, por cada consejo y palabra de motivación que me ayudaron a no decaer, este logro también es suyo.

A mi hermana y mi cuñado por el apoyo durante toda la carrera y por el espacio que me brindaron en su casa para que pudiera cumplir esta meta académica.

Gracias a mi Director de tesis por haber confiado en mí para la realización de este proyecto; gracias por dedicar cada momento y conocimiento para aclarar cualquier tipo de duda.

Agradezco especialmente a mi padre el Sr. Zeferino Zavala Hernández, quien fue de gran apoyo en la realización de este proyecto, igualmente a mi cuñado, el Arq. Gilberto López Laguna, quienes, al ser personas implicadas en el trabajo de la construcción, me compartieron de sus conocimientos en dicha materia.

Ana Karen Zavala De la cruz

3. INDICE

1.	DEDICATORIA	2
2.	AGRADECIMIENTOS.....	3
4.	LISTA DE TABLAS, GRÁFICOS E ILUSTRACIONES	6
5.	RESUMEN	8
6.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
7.	ANTECEDENTES	11
8.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	14
8.1.	OBJETIVO GENERAL.....	14
8.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
9.	MARCO TEÓRICO.....	15
9.1	METEOROLOGÍA Y TIPOS DE CLIMAS EN MÉXICO.....	15
9.1.1	CLIMA CÁLIDO SUBHÚMEDO	15
9.2	DATOS DE TUXTLA GUTIÉRREZ.....	16
9.3	VIVIENDA DIGNA	16
9.3.1	PERCEPCIÓN SOCIAL DE LA VIVIENDA SUSTENTABLE	17
9.4	REQUISITOS GENERALES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS	19
9.5	VIVIENDAS SUSTENTABLES.....	19
9.5.1	IMPORTANCIA ACTUAL DE LAS VIVIENDAS SUSTENTABLES	20
9.5.2	CARACTERÍSTICAS DE UNA VIVIENDA SUSTENTABLE.....	21
9.5.3	TECNOLOGÍAS Y TÉCNICAS PARA VIVIENDAS SUSTENTABLES	22
9.5.4	EFICIENCIA DE LAS ALTERNATIVAS ECOLÓGICAS	30
9.6	MARCO JURÍDICO APLICABLE A LA CONSTRUCCIÓN.....	32
9.7	CRITERIOS A CONSIDERAR EN EL PROYECTO	35
10.	METODOLOGÍA.....	36
11.	RESULTADOS	39
11.1	ASPECTOS NECESARIOS PARA UNA VIVIENDA SUSTENTABLE.	39
11.2	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS Y COMPORTAMIENTO DEL CLIMA CÁLIDO SUBHÚMEDO EN TUXTLA GUTIÉRREZ.	43
11.3	CONCENTRACIÓN DE ALTERNATIVAS SUSTENTABLES CORRESPONDIENTES A ENERGÍA, AGUA Y RESIDUOS DESCRIBIENDO SU COSTO Y BENEFICIO EN LAS SIGUIENTES TABLAS.	46

11.4 PROPUESTA DE VIVIENDA SUSTENTABLE PARA EL CLIMA CÁLIDO SUBHÚMEDO DE TUXTLA GUTIÉRREZ.....	49
12. DISCUSIÓN.....	53
13. CONCLUSIÓN.....	57
14. BIBLIOGRAFIA.....	58
15. ANEXOS	61
ANEXO 1. SUMINISTRO DE AGUA	61
ANEXO 2. AHORRO EN CONSUMO DE AGUA.....	69
ANEXO 3. TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL	72
ANEXO 4. SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	75
ANEXO 5. AHORRO EN EL CONSUMO ELÉCTRICO.....	79
ANEXO 6. RESIDUOS.....	90

4. LISTA DE TABLAS, GRÁFICOS E ILUSTRACIONES

TABLA 1. CONSUMO DE AGUA MÁXIMO PERMITIDO POR MUEBLE O ACCESORIO, TABLA DEL CEV, 2017.....	42
TABLA 2. INTENSIDAD DEL VIENTO EN TUXTLA GUTIÉRREZ POR MES.	44
TABLA 3. HORAS SOLAR PICO PROMEDIO MENSUAL.	45
TABLA 4. ALTERNATIVAS INVESTIGADAS PARA AGUA, APTAS DE INSTALAR EN UN CLIMA CÁLIDO SUBHÚMEDO.....	47
TABLA 5. ALTERNATIVAS PARA ENERGÍA ELÉCTRICA INVESTIGADAS, APTAS DE INSTALAR EN UN CLIMA CÁLIDO SUBHÚMEDO.	48
TABLA 6. ALTERNATIVAS PARA RESIDUOS SÓLIDOS INVESTIGADAS APTAS DE INSTALAR EN UN CLIMA CÁLIDO SUBHÚMEDO.	49
TABLA 7. DOTACIÓN PROMEDIO DE AGUA POTABLE, RESPECTO AL TIPO DE CLIMA, SEGÚN EL CEV.	62
TABLA 8. COTIZACIÓN DE MATERIALES PARA LA CONDUCCIÓN	66
TABLA 9. INVERSIÓN Y TIEMPO DE RECUPERACIÓN.....	67
TABLA 10. TARIFAS VIGENTES DE SMAPA, 2019.	67
TABLA 11. BALANCE MENSUAL DE AHORRO ECONÓMICO CON UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA.	68
TABLA 12. INVERSIÓN DE REGULADORES DE FLUJO.....	69
TABLA 13. INVERSIÓN DE ARTÍCULOS AHORRADORES.....	69
TABLA 14. INVERSIÓN ARTÍCULOS TRADICIONALES.	70
TABLA 15. COMPARACIÓN DE CONSUMO DE AGUA DE ARTÍCULOS TRADICIONES VS ARTÍCULOS AHORRADORES.....	70
TABLA 16. COMPARACIÓN DE CONSUMO DE AGUA DE ARTÍCULOS AHORRADORES VS LOS REGULADORES DE FLUJO.	71
TABLA 17. COMPARACIÓN DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE AGUA.....	71
TABLA 18. ESTIMADO DE AGUA A TRATAR.	72
TABLA 19. ESTIMADO DE AGUA A TRATAR CON EL USO DE ARTÍCULOS AHORRADORES.....	72
TABLA 20. MEDIDAS PARA BIOJARDINERA.	73
TABLA 21. ESTIMACIÓN ECONÓMICA DE BIOJARDINERA.....	73
TABLA 22. ESTIMACIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO PROMEDIO EN LA CIUDAD DE TUXTLA GUTIÉRREZ.....	75
TABLA 23. DATOS GENERALES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	76
TABLA 24. ESTIMACIÓN DE GENERACIÓN DE ENERGÍA MENSUAL CON EL SISTEMA FOTOVOLTAICO.	77
TABLA 25. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	77
TABLA 26. DATOS DE OROPEZA, 2008 SOBRE EL FACTOR DE AHORRO ENERGÉTICO PARA TUXTLA GTZ.	80
TABLA 27. MEDIDAS MÍNIMAS DE ACUERDO EL CLIMA POR EL CEV.....	81
TABLA 28. ESTIMACIÓN FINAL DE TECHO THERMOBARI.....	85
TABLA 29. ESTIMACIÓN TECHO MULTIPANEL.....	87
TABLA 30. COMPARACIÓN DE LÁMPARAS LED Y LÁMPARAS ECOLÓGICAS.	88

TABLA 31. ESTIMACIÓN A 30 AÑOS DE LA ILUMINACIÓN EN LA VIVIENDA.	88
TABLA 32. COMPARATIVO DE CALENTADORES DE AGUA.....	88
TABLA 33. ESPECIFICACIONES DE EFICIENCIA TÉRMICA PARA CALENTADORES SOLARES DE LA NMX-AA-164-SCFI-2013.	89
TABLA 34. LISTADO DE EMPRESAS PARA DISPOSICIÓN FINAL A LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.	90
GRÁFICA 1. TEMPERATURAS NORMALES DE TUXTLA GUTIÉRREZ.....	43
GRÁFICA 2. PRECIPITACIONES NORMALES DE TUXTLA GUTIÉRREZ.....	43
GRÁFICA 3. HORAS SOLAR PICO MENSUAL DE TUXTLA GUTIÉRREZ.	45
ILUSTRACIÓN 1. GRÁFICAS DE VIENTOS PREDOMINANTES EN TUXTLA GUTIÉRREZ DEL AÑO 2015.	44
ILUSTRACIÓN 2. PLANO DE LA VIVIENDA TRADICIONAL CON SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA.	63
ILUSTRACIÓN 3. ISOYETAS DE LA SCT DEL ESTADO DE CHIAPAS.	64
ILUSTRACIÓN 4. DISEÑO DEL TECHO CON HILADO EN SU PERÍMETRO.	64
ILUSTRACIÓN 5. DISEÑO DE LA CONDUCCIÓN DEL AGUA DE LLUVIA A LOS INTERCEPTORES DE AGUA.	65
ILUSTRACIÓN 6. DISEÑO DE LA CISTERNA CON DOS CÁMARAS Y DOS FLOTADORES.	66
ILUSTRACIÓN 7. DISEÑO DE TRAMPA DE GRASAS.	74
ILUSTRACIÓN 8 .DIAGRAMA DE ISOREQUERIMIENTOS PARA TUXTLA GUTIÉRREZ.	81
ILUSTRACIÓN 9. CRITERIOS DE CADA ALTERNATIVA PARA TECHO.....	82
ILUSTRACIÓN 10. TIPO DE TECHO EVALUADO, IMAGEN DE BARI, 2017.....	83
ILUSTRACIÓN 11. COTIZACIÓN TECHO THERMOBARI.....	84
ILUSTRACIÓN 12. VISTA SUPERIOR TECHO MULTIPANEL.	86
ILUSTRACIÓN 13. VISTA INTERIOR DEL EDIFICIO TECHO MULTIPANEL.	86
ILUSTRACIÓN 14. FISKARS CONTENEDOR PLEGABLE.....	91
ILUSTRACIÓN 15. GAVETAS ESTIBABLES.	91

5. RESUMEN

Sin importar la época, el estrato social o el lugar donde habitemos, una vivienda siempre será una estructura indispensable para el desarrollo del ser humano y tomando en cuenta que la población aumenta considerablemente, la demanda de viviendas también y provoca impactos en el ambiente.

La Comisión Nacional de la Vivienda (CONAVI), en el documento de Criterios e Indicadores para Desarrollos de Habitaciones Sustentables, define a una vivienda sustentable como aquellas edificaciones que respetan el clima, la región, el lugar y la cultura que incluyen a una vivienda efectiva, eficiente y construida con sistemas y tecnologías óptimas para que los habitantes puedan enfrentar las condiciones climáticas del país, que facilitan el acceso de la población a la obtención de la infraestructura propiciando un enriquecimiento de los habitantes por el entorno (Comisión Nacional de la Vivienda, 2008).

De los impactos negativos que hay en la actualidad en el ámbito social, económico y ambiental, que son los tres ejes que deben de estar en equilibrio y definen al desarrollo sustentable, se encuentra la electricidad, que al ser un bien de primera necesidad en los hogares, su demanda ha aumentado a la par del crecimiento socioeconómico y las posibilidades de adquisición de los habitantes (Cruz González & Durán Saldívar, 2015); el agua, que siempre ha sido el recurso principal para determinar los asentamientos humanos (Campillo, 2018), los residuos, que su generación aumenta grandemente en las ciudades, entre otros.

Por ello en este proyecto se hizo esfuerzo para determinar los aspectos que hacen a una vivienda sustentable y así poder diseñar una propuesta de vivienda de forma eficiente a partir de alternativas tecnológicas, considerando las condiciones de la zona climática cálido subhúmedo, que aporte confort a los usuarios al mismo tiempo que logre disminuir los impactos negativos al ambiente surgidos en las viviendas, además de tener una unidad que puede formar un sistema a futuro, siendo un espacio donde las familias se desarrollen en un ambiente de salud, respeto al ambiente, y aprovechamiento de los recursos.

6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los últimos sexenios en México el desarrollo de viviendas a aumentado más del 85 % y esto ha representado impactos en el consumo de energía, falta de agua, generación de residuos sólidos, y emisiones de CO₂, (Nieto, 2009). Poseer una vivienda que cubra las necesidades y gustos ha sido fundamental para la calidad de vida de los individuos, se busca seguridad y confort en la construcción, donde las familias construyen más que solo una estructura un hogar, allí se establecen vínculos emocionales (Herrera, 2007) y valores socioeconómicos, culturales, ambientales y de salud que integran al ser humano. Siendo mucha e importante la demanda de viviendas, con este proyecto se busca impactar positivamente en este medio.

Las construcciones sustentables tienen como enfoque mejorar la forma en que las personas viven y construyen, generalmente no se combina la utilidad con la gestión de los recursos astutamente, por lo que no se puede aprovechar al máximo el desempeño ambiental, económico y social (Lazovska, 2018), tornando así de suma importancia definir en nuestro proyecto, que es una vivienda sustentable, conocer los aspectos que debe tener y asegurar los requisitos necesarios para ser eficazmente sustentable y demostrar que este tipo de construcción es una inversión con la cual se puede obtener ahorros económicos y beneficios ambientales y sociales.

La estructura de las casas convencionales puede generar impactos negativos en el ambiente, pues con frecuencia la arquitectura omite considerar las condiciones climáticas del lugar y las características termofísicas de los materiales de construcción para generar confort térmico en el interior de los espacios, lo que conlleva a problemas en la salud de los habitantes y condiciones de poco confort (García-Haro, *et al.*, 2017). Por ello se propone un diseño buscando el equilibrio entre el confort en los habitantes y el bajo impacto ambiental.

Según la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) realizada en el 2012, el consumo energético en México aumentó entre 1992 y 2008, tomando en cuenta que en el territorio mexicano predominan en un 23% las ciudades de clima cálido subhúmedo, y este impone exigencias de climatización artificial para las viviendas durante todo el año, el consumo y demanda de energía que esto implica también impacta en el gasto económico familiar (Magaña Hernán *et al.*, 2013). Al adoptar alternativas que aprovechen recursos naturales de forma sustentable el impacto positivo que estas generen en muchas viviendas será mayor en todo el país.

Otro impacto a atacar es el agua, que del 14% para abastecimiento público como uso doméstico y comercio, el 40% se pierde debido a fugas en las tuberías (García J, 2018). Y, por otra parte, el 80% de las aguas residuales retornan al ecosistema sin ser tratadas o reutilizadas (UNESCO, 2017) lo cual implica problemas en el ambiente. Por ello en este proyecto se propone el diseño de casas sustentables, que de acuerdo a sus características nos ayudarán reduciendo el impacto con prácticas y equipamiento ecológico, mejorará la calidad de vida de la sociedad buscando un desarrollo y estimulará el ahorro por medio del uso eficiente de agua y energía.

7. ANTECEDENTES

Alrededor del mundo ya se han y se están implementando muchas construcciones sustentables, que permiten el confort, ahorro y reduce los impactos al ambiente.

Una de las alternativas más populares son los techos verdes que se ejemplifican en las casas césped, construidas desde el siglo IX y situadas al norte de Europa son uno de los primeros ejemplos de arquitectura sostenible. Ante la falta de determinados materiales constructivos el hombre empleó piedra y césped, pues las piedras absorbían el calor durante el día y lo liberaban en el interior de la edificación durante la noche, la tierra mantenía la temperatura constante y el césped de alta inercia térmica, además sujetaba la tierra para que no se desmoronase. En conjunto proveían confort térmico al interior (Mompó, 2015).

A 900 kilómetros del sur de Santiago de Chile, Izquierdo Lehmann Arquitectos, diseñaron y edificaron una casa en la que se usó maderas endémicas de la zona que fueron extraídas de forma responsable, posee grandes ventanales que mantienen ventilados todos los espacios de forma natural y tiene un extenso techo verde que con la ayuda de la dirección en la que fue orientada también ayuda a mantener una temperatura agradable dentro de la casa (Arch daily, 2012). En Bogotá, Colombia, Felipe Mesa de PlanB y Giancarlo Mazzanti de Mazzanti Arquitectos, crearon un proyecto en el cual, de la misma forma, incluían la orientación de los interiores para aprovechar la luz solar y la construcción de un techo verde.

Otro ejemplo de techos verdes se encuentra en Puerto Rico, donde una pareja decidió remodelar una antigua casa y el cemento del techo fue reemplazado por pasto, además en toda la casa fueron instalados sistemas de iluminación de bajo consumo y para reducir el impacto ambiental que pudiera producir la casa dentro de su entorno, se buscó reutilizar cada elemento que en ella había (Abilia , 2016).

Reducir el consumo energético, es uno de los principales objetivos en las casas sustentables, buscando el ahorro económico; la sociedad internacional de

arquitectura Snohetta ha creado un claro ejemplo de casa sustentable, gracias a la increíble eficiencia de sus paneles solares, se dice que es capaz de generar casi tres veces la cantidad de electricidad que requiere; también cuenta con un intercambiador de calor eficiente y un sistema de recolección de agua de lluvia; ayudando a atacar otro problema social y ambiental como lo es la escasez y abastecimiento de agua (Life and Style, 2015), donde también Carl Turner Arquitectos ataca la problemática ofreciendo hogares sostenibles en el Reino Unido, uno de ellos es la Slip House que dispone de un depósito de recogida de aguas pluviales, paneles solares, ventilación mecánica, triple acristalamiento y un alto nivel de aislamiento; por todo ello se asegura que la Slip House ahorra una emisión de casi 1,2 toneladas de CO₂ anuales, y además tiene una forma inusual de distribución de los espacios, lo que la hace única y perfecta para compradores con gustos peculiares (Ecoticias, 2016).

En México, también hay proyectos de casas sustentables, en Guadalajara existe un fraccionamiento llamado Los Guayabos, donde se tiene la comodidad de la ciudad pero conviviendo con la naturaleza y respetando el medio ambiente, las casas tienen un diseño especial con ventanas y tragaluces que permiten la iluminación de cada habitación para ahorrar energía eléctrica durante el día; están equipadas con calentadores solares, fosas en lugar de drenaje, que funcionan con bacterias anaeróbicas para reutilizar el agua para riego, y un depósito común en el que cada familia deposita los residuos inorgánicos, mientras los residuos orgánicos son utilizados como composta para el jardín, según lo marca el reglamento interno (El informador, 2011).

También, existen viviendas certificadas como sustentables en tres municipios de Hidalgo, México, en Mineral de la Reforma en 2012, Pachuca de Soto en 2012 y Villa de Tezontepec en 2014 (García, 2016).

En 2006, en ciudades donde prevalece el clima cálido seco, cálido seco extremo y cálido húmedo (Monterrey, Mexicali, Querétaro, Hermosillo, Nuevo Laredo y Acapulco), se desarrolló un proyecto piloto llamado “la vivienda sustentable”

asesorado por David Morillón, se construyeron 5,000 viviendas por parte de la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI), se consideraron criterios bioclimáticos para su diseño con lo que se obtuvo ahorro de energía de hasta 4,807 MWH y se dejó de emitir 3,342.49 Ton de CO₂ al ambiente (Nieto A. , 2018).

En el estado de Chiapas, se implementó una casa que integra seis ecotecnologías para ofrecer una mejor calidad de vida a las familias indígenas. Yalentay y Zinacantán, son los municipios elegidos, sus habitantes ahora tienen acceso a agua potable y han controlado problemas de malnutrición e infecciones, está diseñada para ser habitada por hasta 8 personas y su espacio tiene una extensión de 150 metros cuadrados. Y las ecotecnias utilizadas son: Sistema de captación de agua de lluvia, baño ecológico, bici-bomba, estufa ecológica, fregadero ecológico y sistema de riego (Twenergy, 2012).

Estudiantes de Arquitectura de la Universidad del Valle de México (UVM) Campus Tuxtla, desarrollaron y está en proceso una vivienda sustentable con materiales reciclados para una familia de escasos recursos de la colonia el Jobo, en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Se utilizarán materiales para hacer los muros térmicos como las cajas de tetrapak y el repello con adobe e integrará sistemas energéticos renovables como solar fotovoltaica y estufas ecológicas (Notimex, 2016).

Si bien algunos proyectos ya están implementados y otros están en proceso de construcción, la realidad es que cada vez son más los países que integran la sustentabilidad en sus construcciones para lograr un sistema de confort y bienestar social, así como proteger el medio ambiente y buscar el ahorro económico en los usuarios.

8. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

8.1. Objetivo General.

Proponer un prototipo de vivienda sustentable para el clima cálido subhúmedo en Tuxtla Gutiérrez que cuente con técnicas y tecnologías que minimicen el impacto negativo de las actividades antropogénicas del usuario.

8.2. Objetivos específicos

1. Conocer los aspectos necesarios para ser una vivienda sustentable por medio de programas y documentos oficiales.
2. Conocer las características del clima cálido subhúmedo en Tuxtla Gutiérrez con base a la información del Servicio Meteorológico Nacional.
3. Identificar las alternativas sustentables correspondientes a energía, agua y residuos para la vivienda y determinar las alternativas convenientes de usar según su costo y beneficio.
4. Diseñar el prototipo de vivienda por medio de proceso de diseño integrado.

9. MARCO TEÓRICO

9.1 Meteorología y tipos de climas en México

Es necesario definir las condiciones del tipo de clima en el que se pretende construir para que con base a su comportamiento se pueda utilizar técnicas que beneficien la construcción y hacer uso sustentable de estos factores.

9.1.1 Clima cálido subhúmedo

El clima cálido subhúmedo es el que tiene las mayores temperaturas durante todo el año y se encuentra principalmente en las zonas sureste y suroeste de México. Se encuentra en el 23% del país; en él se registran precipitaciones entre 1000 y 2000 mm anuales y temperaturas que oscilan entre 22°C a 26°C, con regiones en donde eventualmente se superan los 26°C (Magaña, *et al.*, 2013).

Las ciudades contempladas para el documento: “Criterios e Indicadores para los desarrollos habitacionales sustentables en México” en el clima cálido subhúmedo son: Mérida, Yucatán; Colima, Colima; Ciudad Victoria, Tamaulipas; y Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

En este proyecto tomamos en cuenta la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas la cual presenta clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad. Tipo A(w₀) (INEGI, 1997).

De acuerdo a la normal climatológica reportada por la estación 07165 del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) ubicado en Tuxtla Gutiérrez Chiapas, a una altura de 570.0 metros sobre el nivel del mar, en el periodo de 1981 al 2010, se presenta una temperatura máxima, media y mínima anual de 32.0 °C, 25.8 °C y 19.5 °C respectivamente con precipitación anual de 960.9 mm, y evaporación de 1883.7 mm. Presenta un promedio de número de días con lluvia, niebla, granizo y tormentas eléctricas anualmente de 93.6, 4.3, 0.2 y 3.9 respectivamente.

9.2 Datos de Tuxtla Gutiérrez

El municipio de Tuxtla Gutiérrez se encuentra en la Depresión Central a 600 msnm, justo en el extremo Noroeste de Chiapas. Sus coordenadas geográficas son, 16° 45' 0" Norte y 93° 07' 0" Oeste. Presenta un definido relieve montañoso al Sur y al Norte de sus fronteras, y limita con los municipios de San Fernando y Osumacinta hacia el Norte, al este con Chiapa de Corzo, al Sur con Suchiapa y al Oeste con Ocozocoautla y Berriozábal. El clima característico de la región es cálido subhúmedo con lluvias en verano, oscilando alrededor de los 20 a los 28 grados centígrados y recibe una precipitación anual de los 800 a los 1200 milímetros.

Tuxtla Gutiérrez posee una superficie de 340.74 km² y su población alcanza los 596,115 habitantes de acuerdo a la proyección del Consejo Nacional de Población (CONAPO) en 2013. A partir de estos datos se estima una densidad poblacional de 1,749 personas por kilómetro cuadrado. De la población municipal casi su totalidad es urbana (99.3%) y sólo un 0.7% es rural y un 98% tiene acceso a la electricidad según la estimación para viviendas particulares del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en 2010. (SENER & Mundial, 2016).

9.3 Vivienda digna

Considerando a la vivienda como un hogar, es fundamental que las condiciones de ésta sean las adecuadas porque de ellas depende en buena medida el estado de salud físico y psicológico (Blanco, 2007).

En México se tienen establecidos ciertos estándares que debe cumplir una vivienda para ser considerada digna, al respecto el artículo 2 de la Ley de Vivienda publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de junio de 2006, especifica que, "se considerará vivienda digna y decorosa la que cumpla con las disposiciones jurídicas aplicables en materia de asentamientos humanos y construcción, salubridad, cuente con espacios habitables y auxiliares, así como con los servicios básicos y brinde a sus ocupantes seguridad jurídica en cuanto a su propiedad o legítima posesión, y

contemple criterios para la prevención de desastres y la protección física de sus ocupantes ante los elementos naturales potencialmente agresivos”.

Por otro lado, de acuerdo al Código de Edificación de Vivienda, que data el 25 de abril de 2018, se considera una vivienda al espacio físico que presta el servicio para que las personas desarrollen sus necesidades vitales básicas. Estas unidades deben de cumplir con determinados requisitos, entre ellos, estar ocupada por una familia, no tener más de 2.5 habitantes por cuarto habitable, no estar deteriorada, contar con agua entubada en el interior, contar con drenaje y contar con energía eléctrica (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2017).

Adicionalmente debe contar con condiciones de protección, para aislar en suficiente, permanente y regulable los agentes exteriores agresivos, de origen climático, residual, de catástrofes naturales, etc.; condiciones de higiene suficientes para reducir enfermedades patógenas, tales como: ventilación, asoleamiento e iluminación, espacio útil por ocupante que evite el hacinamiento (proximidad obligada, persistente, interferencia entre los ocupantes de un recinto o vivienda), idoneidad en las instalaciones para el almacenamiento de agua potable, disposición y eliminación adecuada de las aguas residuales (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2017).

9.3.1 Percepción social de la vivienda sustentable

Para explicar la percepción social para la vivienda sustentable, Georgina Isunza y Cristian Dávila González en su artículo, Desafíos de los Programas de Vivienda Sustentable en México, nos plantean los inconvenientes que tienen las políticas públicas para promover la sustentabilidad en la sociedad.

Los desafíos distinguidos son: la fragilidad social y financiera de las familias para asimilar el uso de eco tecnologías en sus viviendas e impulsar prácticas más sustentables en el proceso de habitar; el rezago habitacional y las características del entorno urbano; así como el incipiente esfuerzo de eco innovación para

promover un sistema de normas e incentivos orientados a los distintos actores que confluyen en la construcción de la ciudad, bajo la perspectiva de modificar el diseño de la vivienda y las prácticas de consumo de las familias (Isunza & Dávila, 2011).

Estos desafíos se relacionan con problemas sociales y de distintos órdenes de gobierno que tienden a cambiar su perspectiva de progreso debido a la tendencia actual de “pérdida de calidad de vida” motivo por el cual las ciudades se orillan a solo tener el bienestar que dependerá directamente del desarrollo social que exista, motivo que deja un poco de lado la oportunidad de dar prioridad a la vivienda sustentable (Vega & Raúl, 2017).

Sin embargo, un estudio de investigación con enfoque de comparación realizado por Carlos Antonio Paz Pérez, Nora Livia Rivera Herrera y María Teresa Ledezma Elizondo, plantea que la sociedad tiene como percepción que la construcción sustentable supone altos costos y ellos buscan demostrar que es la vivienda tradicional la que durante su etapa de explotación genera alto costo e impacto por el uso de los energéticos.

Dicho estudio, compara las opiniones de los habitantes de un fraccionamiento de viviendas de diseño sustentable denominado ViDA (Vivienda de Diseño Ambiental) con uno tradicional, donde obtienen resultados favorables que muestran un nivel de satisfacción general del fraccionamiento de diseño ambiental del 11% superior al tradicional; en el aspecto de confort generado en el comportamiento térmico en invierno por la vivienda, el fraccionamiento ViDA es superior por un 3% (Paz, Rivera & Ledezma, 2015).

Respecto a lo económico, tomando en cuenta el costo por vivienda, se logró la nivelación de los costos, por medio de un fideicomiso por parte de la CONAVI; abonando al aspecto económico se encuentra la opinión en los costos de mantenimiento de características o dispositivos bioclimáticos donde un 77% opina que el mantenimiento es de costo bajo a muy bajo (Paz, Rivera, & Ledezma, 2015).

9.4 Requisitos generales de construcción de viviendas

Dentro de los requisitos generales para la construcción de viviendas, es la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, del gobierno de la República, a través de la Comisión Nacional de la Vivienda (CONAVI), por medio del documento denominado Código de Edificación de la Vivienda, en el que se establecen parámetros de diversas naturalezas, entre ellas se tiene que estas unidades deben de cumplir con determinados requisitos, entre ellos se enlistan los siguientes: estar ocupada por una familia, no tener más de 2.5 habitantes por cuarto habitable, no estar deteriorada, contar con agua entubada en el interior, contar con drenaje y contar con energía eléctrica (CONAVI, 2017).

Adicionalmente debe contar con condiciones de protección, para aislar los agentes exteriores agresivos, de origen climático, residual, de catástrofes naturales, etc.; condiciones de higiene suficientes para reducir enfermedades patógenas, tales como: ventilación, asoleamiento e iluminación, espacio útil por ocupante que evite el hacinamiento (proximidad obligada, persistente, interferencia entre los ocupantes de un recinto o vivienda), idoneidad en las instalaciones para el almacenamiento de agua potable, disposición y eliminación adecuada de las aguas residuales (CONAVI, 2017).

De manera más amplia debe permitir privacidad externa e interna, comodidad y funcionalidad mediante un diseño idóneo y uso correcto de los materiales de construcción que propicie la expresión cultural de sus ocupantes; localización adecuada y seguridad en la tenencia.

9.5 Viviendas sustentables

Las casas sustentables son definidas por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático como “un modo de concebir el diseño arquitectónico buscando aprovechar los recursos naturales de tal modo que minimicen el impacto ambiental de las construcciones sobre el ambiente natural y sobre los habitantes, realizando eficacia en: el uso de materiales de construcción, del consumo de energía, del espacio

construido manteniendo el confort y la habitabilidad, de acuerdo a las condiciones climáticas del lugar” (Quivén, 2016; tomado de Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2009).

Otro concepto que maneja la CONAVI en el documento de Criterios e indicadores para desarrollos habitaciones sustentables, es el siguiente: son aquellas edificaciones que respetan el clima, la región, el lugar y la cultura que incluyen a una vivienda efectiva, eficiente y construida con sistemas y tecnologías óptimas para que los habitantes puedan enfrentar las condiciones climáticas del país que facilitan el acceso de la población a la obtención de la infraestructura propiciando un enriquecimiento de los habitantes por el entorno (Comisión Nacional de la Vivienda, 2008).

9.5.1 Importancia actual de las viviendas sustentables

De los retos que el medio ambiente tiende a enfrentar, el calentamiento global es uno de los principales, a consecuencia del alto nivel de emisiones de CO₂ que producimos, principalmente a causa del uso y combustión de energéticos como el carbón, el gas, el petróleo y la quema de leña; otro problema es el uso desmedido del agua, y ya que las cifras actuales y las proyecciones indican que el crecimiento de población demanda abastecimiento de hogares en el país, haciendo ocupar un lugar relevante en las acciones y políticas al sector vivienda (Fundación IDEA, 2013).

La necesidad de poseer una vivienda es uno de los principales problemas a resolver en una comunidad, especialmente en la población que menos recursos económicos tiene (Pacheco, Galván, & Martínez, 2010) por ello los proyectos alternativos para la vivienda, basados en minimizar los costos de la construcción así como reducir las emisiones contaminantes, combatir el cambio climático, y avanzar hacia un uso sustentable de energía eléctrica, agua y gas, así como utilizar tecnologías eficientes y fuentes de energía limpia (Fundación IDEA, 2013).

En los últimos años se han desarrollado avances en materia de arquitectura bioclimática, modificando o adaptando los sistemas tradicionales de vivienda lo que ha creado como necesidad el desarrollar edificaciones con menor utilización de energía y que tengan incidencia y aceptación social (Pérez, Herrera, & Elizondo, 2015).

Ante estas problemáticas y demandas de vivienda, el gobierno de México y la industria de la vivienda han emprendido esfuerzos importantes para conseguir un sector residencial más sustentable a través de la promoción de la eficiencia energética y ambiental en las viviendas (Fundación IDEA, 2013).

9.5.2 Características de una vivienda sustentable

En la construcción de una vivienda sustentable se utiliza materiales amigables con el ambiente y económicamente viables, su objetivo es satisfacer las necesidades de la población sin agotar los recursos naturales y disminuir los posibles impactos ambientales (Comisión Nacional Forestal, 2008).

Considerando que la sustentabilidad en sus amplios rubros se conceptualiza como el equilibrio entre lo ecológico, social y económico, el Programa Transversal de la Vivienda Sustentable, distingue ciertos criterios como lo son: el suelo, la energía, el agua, los residuos sólidos y las áreas verdes, las cuales a su vez distinguen recomendaciones cómo: la evaluación del predio, ámbito regional, ámbito urbano, medio físico natural e infraestructura.

Los criterios generales que se consideran son los siguientes:

- Ubicación, densificación del suelo, verticalidad y servicios.
- Uso eficiente de la energía: incluye gas, energía eléctrica, envolvente térmica y sistemas pasivos.
- Uso eficiente del agua: el cual consiste en la disponibilidad del agua, suministro de agua, agua residual, agua pluvial.

- Manejo adecuado de los residuos que se toma en cuenta desde el proceso de construcción, la vivienda, el conjunto habitacional, áreas verdes y servicios post venta (Comisión Nacional de la Vivienda, 2008).

9.5.3 Tecnologías y técnicas para viviendas sustentables

Para una vivienda funcional, confortable y sustentable, es importante usar técnicas de construcción como el uso de materiales locales y diseños apropiados a las condiciones del clima y cultura de la región; también se recomienda construir estructuras pequeñas y sencillas, ya que requieren menor cantidad de material y gasto energético, además de ser más fáciles de construir (Comisión Nacional Forestal, 2008).

En los siguientes rubros, se mencionan algunas alternativas que se utilizan en viviendas para minimizar el impacto antropogénico de los usuarios hacia el ambiente.

9.5.3.1 Residuos sólidos urbanos

Un objetivo de las casas sustentables es generar menos residuos y la que se crea se debe reciclar y transformar; los residuos orgánicos se pueden reciclar con compostas (Cordero, 2016). Generamos elevadas cantidades de residuos que contribuyen a contaminar más, por ello separarlos para transformarlos de nuevo en artículos útiles es un acto de conciencia humana al respetar la naturaleza y contribuir al desarrollo sostenible. Además, existen productos biodegradables que se pueden utilizar como alternativa a otros que contienen componentes químicos nocivos como los productos de limpieza (Blanco, 2007).

El tratamiento o gestión de residuos involucra muchas técnicas que van desde incineración y arrojarlos en vertederos hasta técnicas para reducir el volumen y la toxicidad (Marketing Perú, 2018). Los cuales se explican a continuación:

En la incineración se convierte los desechos en ceniza, humo, gas, vapor de agua y dióxido de carbono. Este método de tratamiento térmico se utiliza generalmente

como medio de recuperación energía para electricidad y calefacción. La incineración tiene muchas ventajas: reduce el volumen de los desechos, disminuye los costos de transporte y acorta las emisiones nocivas de gases del efecto invernadero.

El compostaje se basa en la descomposición aeróbica controlada de materiales orgánicos de desecho por acción de pequeños microorganismos. Otro método de descomposición es la digestión anaeróbica, que lo contrario al compostaje, esta utiliza un ambiente sin oxígeno y bacterias para descomponer los residuos.

Por otro lado, los residuos como el vidrio y metales se pueden reciclar o reutilizar

9.5.3.2 Agua

Una alternativa para el suministro de agua son los Colectores de agua de lluvia domiciliario (CALLD), consiste en un tanque de planta circular, fabricado de ladrillo con refuerzo de malla, repellada en su interior y exterior. Para el factor económico, resulta ser competente, destaca por su mayor durabilidad y capacidad de almacenamiento además de contar con un filtro que permite limpiar el agua de impurezas y desde donde se puede clorar si fuese necesario (Molina, 2015).

Para el tratamiento de aguas contaminadas, los procesos pretenden quitar impurezas al agua, para así reducir la magnitud del impacto negativo al ambiente.

Existen varios sistemas para el tratamiento de las aguas grises, como las biojardineras, que de acuerdo con el manual para la creación de biojardineras por el Centro de Investigaciones en Vivienda y Construcción (CIVCO) del Instituto Tecnológico de Costa Rica, son una alternativa que ofrece un atractivo y belleza a la casa y al mismo tiempo mejora la calidad de las aguas grises a las que se le debe buscar un destino, ya sea para reutilizarla, infiltrarla o descargarla en algún curso natural que exista en las cercanías.

La construcción de esta alternativa requiere de tres etapas: Tratamiento primario o pretratamiento, la biojardinera y el vertido o aprovechamiento de las aguas tratadas.

Cada una de esas etapas debe tener sus dimensiones y cantidades de elementos dependiendo de la cantidad de agua que se use. Por lo general, esa cantidad de agua es posible estimarla de acuerdo a las costumbres sobre el uso de ese recurso y la cantidad de personas en la casa (Escalante, 2006).

Por otro lado, un tipo de baño ecológico que consta de dos cámaras reforzadas con malla, la primera formada por un filtro anaerobio, en un tanque séptico para la sedimentación de los sólidos, se rellena de anillos de plástico (PET) que sirve para que el agua se distribuya de manera uniforme y que las bacterias se alimenten de los contaminantes del agua; la segunda cámara es un filtro de materiales graduados (arena, granzón, gravilla y piedra bola) que se colocan en el orden enunciado de arriba hacia abajo (Molina, 2015), es una alternativa que permite limpiar más el agua antes de descargarla.

9.5.3.3 Energía eléctrica

Las demandas de energía en gran parte de las viviendas mexicanas ubicadas en climas cálidos y extremosos, es alta, necesitan de la energía para el enfriamiento o calentamiento de sus hogares y tener una temperatura confortable, sin embargo en las viviendas con niveles socioeconómicos bajos no se cuenta con aire acondicionado o dispositivos de enfriamiento y su consumo se limita para no generar costos excesivos (Fundación IDEA, 2013).

La utilización de la automatización y control de la energía puede producir ahorros a la vez que aumenta la sensación de confort, por ejemplo, en:

- Control de iluminación mediante sensores de presencia.
- Control del aire acondicionado de una sala mediante el uso de sensores de temperatura.
- Cierre de persianas programado, según horario o temperatura.

- Encendido automático del aire acondicionado una hora antes de la llegada programada (Canarias, 2008).

Al registrarse un aumento en el costo de la energía eléctrica, se deterioraría el nivel de bienestar en los hogares que tienen bajos niveles salariales (Cruz González & Durán Saldívar, 2015). Por ello, la eficiencia energética es un factor esencial de tomar en cuenta en la construcción de casas sustentables, lo cual implica tener una conducta térmica para proteger su interior de oscilaciones de temperatura, los aislamientos térmicos y la instalación de fachadas ventiladas las convierte en viviendas maxi-ahorradoras controlando el consumo y el gasto interior (Cordero, 2016).

La energía solar, se puede transformar directamente en electricidad mediante células fotovoltaicas. Al incidir la luz sobre semiconductores se genera un flujo de electrones en el interior del material que puede ser aprovechado para obtener energía eléctrica. Tomando en cuenta sus ventajas como:

- Su simplicidad y fácil instalación.
- Tener una larga duración (la vida útil de los módulos fotovoltaicos es superior a 30 años).
- No requerir apenas mantenimiento.
- Tener una elevada fiabilidad.
- No producir ningún tipo de contaminación ambiental.
- Tener un funcionamiento totalmente silencioso (Canarias, 2008).

Los aerogeneradores, son los sistemas de aprovechamiento eólico más utilizados, su funcionamiento se basa en que al incidir el viento sobre sus palas se produce un trabajo mecánico de rotación que mueve un generador que produce electricidad. Cada parte del aerogenerador funciona de la siguiente manera: En el rotor se transforma la energía cinética del viento en energía mecánica.

La torre, se utiliza fundamentalmente para aumentar la altura del elemento que capta la energía del viento (rotor), ya que el viento sopla a mayor velocidad según aumenta la altura.

En la Góndola de su interior, se encuentran los elementos que transforman la energía mecánica en energía eléctrica: los ejes del aerogenerador, el multiplicador, el generador y los sistemas de control, orientación y freno. En su exterior se ubican el anemómetro y la veleta.

El multiplicador, es el elemento mecánico formado por un sistema de engranajes cuyo objetivo es transformar la velocidad del giro del rotor a la velocidad de trabajo del generador eléctrico.

Generador eléctrico, es la máquina eléctrica encargada de transformar la energía mecánica en energía eléctrica, la electricidad producida en el generador baja por unos cables hasta el transformador del parque eólico, donde se eleva la tensión hasta alcanzar la tensión nominal de la red eléctrica (Canarias, 2008).

9.5.3.4 Iluminación

La luz artificial es una necesidad para la sociedad que permite extender el tiempo del día para realizar actividades que requieren de iluminación, el problema es que cuando la iluminación artificial exterior se vuelve ineficiente, molesta e innecesaria, se le conoce como contaminación lumínica y afecta a la flora y fauna así como a la salud humana (Chepesiuk, 2010).

Con base en micro datos de la ENIGH del año 2012, INEGI se hizo un estudio donde se demostró que, respecto a la iluminación en los hogares, se utilizan con mayor frecuencia de 2 a 10 focos por hogar tomando en cuenta el interior y exterior de la casa. Se observa que 12.55% de los hogares utiliza seis focos, cerca del 5% utiliza nueve focos; los hogares que utilizan más de 10 focos van desde 3% a 0.0% (Cruz González & Durán Saldívar, 2015). Por lo que es necesario aprovechar la iluminación natural de la luz del sol en las habitaciones durante el día y no tener temperatura alta dentro de las casas.

Existen proyectos que incorporan técnicas de iluminación natural, apoyándose en los rayos del sol durante el día, así como diferentes dispositivos, por ejemplo, un techo compuesto por una doble piel de cemento de gran rendimiento, con la capacidad de regular la atmósfera interior porque:

- Ilumina el interior de la construcción y, hacia el final del día, las lámparas compensan progresivamente el nivel de luz natural hasta su reemplazo total.
- Ventila pasivamente el edificio durante el verano y lo mantiene calefaccionado en invierno.
- En el lado sur del techado, paneles fotovoltaicos acumulan parte de la energía eléctrica necesaria para el edificio en forma renovable.

Los sistemas de iluminación sustentables, surgen con la tecnología LED (Diodo Emisor de Luz) implementando soluciones altamente eficientes para producir más iluminación con menos electricidad, con sistemas de control, para regular la intensidad de iluminación en función de la hora y así lograr ahorros energéticos que pueden llegar al 70% en comparación con la iluminación tradicional a base de vapor de sodio o mercurio (Linares, 2012).

El farol fotovoltaico para exteriores ideado por Alfredo Häberli emplea células fotovoltaicas de última generación colocadas en la parte superior de la lámpara, la parte más expuesta a las radiaciones solares, que se cargan durante el día y suministran luz automáticamente al caer el sol. Este sistema está disponible en dos versiones, de suelo y de pared, ambas con diodos LED de baterías recargables, sin cables eléctricos o de alimentación electrónica. A esto hay que sumar una consiente elección de materiales, aluminio para la estructura y policarbonato para los cuerpos luminiscentes (Galindo, 2010).

Existen sistemas que aprovechan la luz solar para iluminar los edificios, dirige de forma eficaz los rayos del sol al interior de un tubo, filtrando los rayos UV y son dispersados de manera uniforme en toda la habitación sin transferir calor, esta tecnología es aplicable para casi todos los espacios en casas, oficinas, comercios,

industrias, escuelas, hospitales, plazas, entre otros, dan magníficos resultados que a largo plazo representa ahorros considerables que pueden llegar hasta un 50% en consumo de energía por iluminación (Revista Avisos Efectivos, 2012).

Un sistema de iluminación interior que mejora el consumo energético gracias al aprovechamiento de la luz solar y artificial es una lámpara donde la luz solar atraviesa fibras ópticas hasta llegar al interior, donde se localizan dos fuentes de luz artificiales (una directa fluorescente y otra indirecta halógena). Cuando la variación de luz así lo exige la luz solar es complementada por las otras dos. Además, en el centro, se ha colocado una lente de Fresnel de vidrio enarenado que refleja la luz acumulada y mejora el rendimiento cromático y la intensidad luminosa (Galindo, 2010).

9.5.3.6 Bioconstrucción y arquitectura bioclimática

Seleccionar los materiales de construcción es muy importante para economizar, tanto dinero como esfuerzo y energía; por ello es necesario obtener información de los materiales disponibles en el lugar, tomando en cuenta criterios como: que sean naturales, de preferencia sin procesos industriales; locales, materiales que se tengan cerca del terreno o alrededores; económico, tanto en la construcción como al habitarla; también es conveniente usar materiales reutilizables; y materiales perspirantes, es decir que permitan el paso de vapor de agua, aire y calor por los muros (Comisión Nacional Forestal, 2012).

El trópico húmedo tiene características del clima cálido subhúmedo, es muy caliente pero con abundantes lluvias, vegetación y poca diferencia de temperatura entre el día y la noche; las viviendas se deben ubicar con paredes livianas para que no conserven humedad, techos inclinados para que corra la lluvia, ventanas grandes para mejorar la ventilación así como pasillos abiertos alrededor de la casa, también para proteger de la lluvia y pisos elevados para evitar humedad del suelo (Lengen, 2007).

Actualmente se ven más proyectos que incorporan a su diseño el uso de cubiertas vegetales. Incluso las construcciones tradicionales las están colocando en sus terrazas para tener un espacio más natural. Estos recubrimientos aportan beneficios como la lenta evacuación de aguas de lluvias y sobre todo el aislamiento térmico que producen (Cordero, 2016).

En climas cálidos y secos, la temperatura del aire es superior a la del cuerpo humano por lo que es necesario construcciones que permitan acumular frío en las paredes durante la noche, en varias partes del mundo, tradicionalmente las fibras vegetales se mezclan con tierra y agua para hacer adobes, materiales constructivos reciclables y económicos de fácil acceso y además no contaminan, y ayudan al confort térmico y acústico de las viviendas; las pacas de paja también se utilizan como bloques, semejante a la mampostería, se unen entre sí con varillas y se amarran desde el cimiento (Comisión Nacional Forestal, 2012).

En la arquitectura bioclimática se trata de adaptar las construcciones a su entorno, de manera que el consumo energético sea mínimo, a la vez que se logra un alto grado de confort. Se aprovechan, entre otros, la luz natural, la ventilación y la orientación del edificio para disminuir el consumo energético por iluminación, calefacción y aire acondicionado (Canarias, 2008).

El viento es importante en la obtención del confort, puede ser utilizado como estrategia de control bioclimático al crear flujos convectivos interiores y minimizar la infiltración tanto de aire frío del exterior o puentes térmicos de aire caliente del interior durante el período de bajo calentamiento (Pérez, Herrera, & Elizondo, 2015).

La ventilación cruzada define un modo de ventilación correcta en los edificios. Dependiendo de cada sitio y de la hora del día hay vientos característicos que generan zonas de alta presión y baja presión a barlovento. Esto implica favorecer una ventilación para que cuando estén abiertas las ventanas y puertas interiores se ventilen homogéneamente todas las habitaciones de la vivienda (Cordero, 2016).

En las zonas climáticas cálido subhúmedo, se pueden implementar técnicas de construcción que consisten en evitar que los rayos del sol alcancen y penetren las paredes ya que comienzan a calentarse de afuera para adentro y aumenta la temperatura en el interior de la casa, orientar la vivienda de modo que reciba menos rayos del sol así como los techos grandes con aleros es una forma de evitarlo, así como determinar una buena posición de las ventanas y puertas para ventilación y meter suficiente luz, la distancia entre árboles y la casa para cambiar el movimiento de la brisa y la claridad también benefician (Lengen, 2007).

Es importante crear cultura en los hábitos humanos como el utilizar productos ecológicos (pinturas, masillas, adhesivos, productos de limpieza, impermeabilizantes naturales, etc.), elaborados con materias exentas de Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC) que evitan la emisión de gases nocivos tanto para el medio ambiente como para la salud (Blanco, 2007).

9.5.4 Eficiencia de las alternativas ecológicas

Las medidas para lograr la eficiencia y el ahorro se pueden clasificar en:

- Medidas de carácter tecnológico: eficiencia energética y sustitución de fuentes de energía contaminantes.
- Medidas para un consumo responsable: cultura y pautas para el ahorro energético.
- Medidas instrumentales: económicas, normativas, fiscales y de gestión (Canarias, 2008).

La eficiencia energética es el hecho de minimizar la cantidad de energía necesaria para satisfacer la demanda sin afectar a su calidad; supone la sustitución de un equipo por otro que, con las mismas prestaciones, consuma menos electricidad. El comportamiento del usuario puede seguir siendo el mismo pero se consumiría menos energía (Canarias, 2008), ya que las nuevas posibilidades tecnológicas abren para el mundo del diseño nuevas vías para mejorar la eficiencia de sus

productos, favorecer el ahorro energético o integrar más de una función en un objeto (Galindo, 2010).

La eficiencia en la construcción, se ve reflejada en los materiales ecológicos que evitan fisuras, aceleran el secado del muro y mejoran la capacidad de aislamiento térmico, aunque si bien es cierto que construcciones de este tipo se han implementado desde miles de años atrás y aún se encuentran en buen estado, para lograr su eficacia es necesario tomar medidas de protección para los materiales ecológicos, como evitar mojarlos y montar el muro encima de un material que resista la humedad (piedra o ladrillo), en el caso de la madera requiere ser cortada en el momento adecuado, secada y “curada” con una mezcla inocua de químicos (Comisión Nacional Forestal, 2012).

En el aislamiento térmico, en las zonas con clima extremoso es ideal que se reduzca el gasto de energía ya que se requiere enfriar y calentar una construcción. Los diferentes materiales tienen diferente eficacia térmica que se mide con el valor “R” de resistencia al flujo de calor (Comisión Nacional Forestal, 2008) por lo que la eficiencia es un factor importante al momento de elegir el material de construcción a utilizar.

La eficacia luminosa de una lámpara es la cantidad de luz emitida por unidad de potencia eléctrica (W) consumida. Se mide en lúmenes por vatio y permite comparar la eficiencia de una fuente de luz con respecto a otras. La eficacia luminosa de las bombillas incandescentes se sitúa entre los 12 lm/W y los 20 lm/W, mientras que para las lámparas fluorescentes oscila desde los 40 lm/W a los 100 lm/W (Canarias, 2008).

Otra forma de medir la eficiencia es comparando el precio y consumo al comprar un electrodoméstico, a largo plazo es más rentable pagar un poco más por un aparato que tenga mayor eficiencia energética, por el ahorro que garantiza en el gasto de agua y electricidad que utiliza a lo largo de su vida útil (Canarias, 2008).

9.6 Marco jurídico aplicable a la construcción

Con base a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en el Capítulo I de los Derechos Humanos y sus Garantías, el artículo 4 donde se establece que *“Toda familia tiene derecho a disfrutar de vivienda digna y decorosa. La Ley establecerá los instrumentos y apoyos necesarios a fin de alcanzar tal objetivo”*; en México existen una política nacional conformada por instituciones y legislación (leyes, reglamentos, códigos y normas) que regulan y sustentan legalmente la edificación de viviendas con enfoque sustentable.

La Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) fundada en el año 2013 es la institución de la Administración Pública Federal cuyo propósito es planificar, coordinar, administrar, generar y ejecutar las políticas públicas de ordenamiento territorial, así como asegurar una vivienda digna. Tiene la visión de ser una institución que apoye la transición hacia un Modelo de Desarrollo Urbano Sustentable que procure vivienda digna para los mexicanos (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2019).

La Ley de Vivienda promulgada en el año 2006, es reglamentaria del artículo 4o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de vivienda, sus disposiciones son de orden público y de interés social; tienen por objeto establecer y regular la política nacional, los programas, los instrumentos y apoyos para que toda familia pueda disfrutar de una vivienda digna y decorosa (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión , 2017).

La Comisión Nacional de la vivienda (CONAVI) fundada en el año 2006 a la vez de la promulgación de la Ley de la Vivienda; es la comisión técnica especializada en materia de vivienda, encargada de la elaboración del Programa Nacional de Vivienda y de la operación de subsidios; además le atribuye supervisar que las acciones de vivienda se realicen con respecto al desarrollo urbano, ordenamiento territorial y desarrollo sustentable (Comisión Nacional de Vivienda, 2016).

Conforme al artículo 72 de la Ley de Vivienda, la Comisión Nacional de la Vivienda formula y actualiza el Código de Edificación de Vivienda (CEV) que, *“establece una base para el diseño y la edificación de viviendas seguras, habitables, accesibles y sustentables en un contexto urbano ordenado y equilibrado; a través de la inclusión de los criterios técnicos más actuales contemplados en las Normas Oficiales Mexicanas, Normas Mexicanas y en las mejores prácticas aplicadas en el país”* (CONAVI, 2017).

Como herramienta de orientación del CEV, existe la Guía de implementación del Código de Edificación de Vivienda (CEV): adaptación y adopción locales que tiene como objetivo que los municipios actualicen su marco normativo sobre la construcción de vivienda (CONAVI, 2017).

Por otro lado, aun cuando el proyecto se estipula para el clima cálido subhúmedo y este se encuentra presente en diversos estados del país, es importante mencionar que se deben atender las disposiciones que se encuentren en las leyes estatales, por ejemplo, para la regulación del impacto ambiental en la construcción donde es competencia del estado.

El objetivo del documento Criterios e indicadores para los desarrollos habitacionales sustentables en México es que con la implementación de los criterios se logre una mayor presencia de los Desarrollos Habitacionales Sustentables en México para reducir los impactos al medio ambiente con comunidades saludables y prósperas (CONAVI, 2008).

De las normas internacionales y nacionales (oficiales y mexicanas), respecto al CEV en la parte 10, anexo 1: Referencia a normas nacionales e internacionales, se establece la normatividad para las distintas partes que conforman una edificación de las cuales se hace mención a continuación:

Acabados reflectivos, acero, agregados, aire acondicionado, aislamiento térmico de equipos, alambre, aparatos electrónicos, bloques y piedra para mampostería, bombas, poliestireno expandido, cables, cal, calefacción, cementantes hidráulicos,

conexiones, conservación de la energía, desarrollo urbano, diseño estructural, envolvente, equipos de tratamiento de agua, iluminación, instalaciones de gas lp, instalación eléctrica, instalación hidrosanitaria, iluminación, motores, prefabricados estructurales, residuos, resistencia al fuego, servicios, sustentabilidad, vegetación y áreas verdes principalmente (CONAVI, 2017). Dichos rubros están contemplados de distintos enfoques de acuerdo a la norma que los regule en cada momento, las cuales son de las distintas dependencias que se mencionan a continuación.

- **Industria de la construcción:** Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación: **NMX-C-409-ONNCCE-1999, NMX-C-411-ONNCCE-1999, NMX-C-434-ONNCCE-2006**, etcétera.

- **Ambientales:**

- a) Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: **NOM-002-SEMARNAT-1996, NOM-002-SEMARNAT-1996, NOM-004-SEMARNAT-2002, NOM-003-SEMARNAT-1997**, etcétera.

- b) Comisión Nacional del Agua: **NOM-015-CONAGUA-2007, NOM-003-CONAGUA-1996, NOM-014-CONAGUA-2003**, etcétera.

- **Contraloría:** Secretaría de la Contraloría General de Federación: **NMX-AA-008-SCFI-2016, NMX-AA-028-SCFI-2001, NMX-AA-029-SCFI-2001, NMX-AA-034-SCFI-2015, NMX-AA-036-SCFI-2001**, etcétera.

- **Salubridad:** Secretaria de Salubridad y Asistencia: **NMX-SAA-14044-IMNC-2008, NMX-SAA-14040-IMNC-2008, NMX-SAA-14025-IMNC-2008**, etcétera.

- **Aceros:** Cámara Nacional de la Industria del Hierro y Acero: **NMX-B-013-CANACERO-2016, NMX-B-290-CANACERO-2013**, etcétera.

- **Energías:** Secretaría de Energía: **NOM-002-SECRE-2010, NOM-003-SECRE-2011, NOM-028-ENER-2010, NOM-030-ENER-2012, NOM-007-ENER-2014,** etcétera.

- **Trabajo:** Secretaria de Trabajo y Previsión Social: **NOM-029-STPS-2011, NOM-100-STPS-1994, NOM-101-STPS-1994, NOM-102-STPS-1994, NOM-001-STPS-2008,** etcétera (CONAVI, 2017).

Cabe mencionar que estas son sólo algunas normas que le pueden aplicar y aunque no apliquen, sirven de apoyo y orientación durante la edificación del edificio.

9.7 Criterios a considerar en el proyecto

De acuerdo a lo anterior, para la propuesta del prototipo de vivienda sustentable es necesario involucrar los aspectos económicos, sociales y ambientales en la planeación del diseño de la vivienda.

En lo económico, es importante evaluar la eficacia de las técnicas y tecnologías que se van a necesitar para determinar si el costo es factible en comparación con el ahorro en consumo mientras dure su periodo de vida útil. Tomando en cuenta que el costo de inversión puede ser elevado pero disipado durante su utilización, ya que el objetivo es utilizar técnicas y tecnologías que generen el ahorro durante su uso.

La parte social implica tener la satisfacción con la vivienda, siendo de nuestro agrado los detalles arquitectónicos y la comodidad en los espacios distribuidos.

Por último, procurar en lo mínimo las afectaciones hacia el medio ambiente, más bien es hacer uso consiente de los recursos naturales para utilizarlos de manera en que no los deterioremos.

Por ello para este proyecto se consideran los criterios de: agua, energía y residuos, ya que son los de mayor importancia debido al impacto negativo que se origina al utilizar estos servicios y generar desechos durante las actividades cotidianas del hogar, así como el gasto económico que exigen.

10. METODOLOGÍA

Las actividades que se realizaron en este proyecto fueron de búsqueda y análisis para crear la propuesta de un diseño adecuado de vivienda sustentable donde se buscó convencer del beneficio, utilidad y factibilidad de dicho proyecto.

Este proyecto de investigación del cual se obtuvo un producto para la solución del problema, las principales fuentes de información fueron libros, artículos y documentos oficiales tales como leyes, reglamento y normas, así como bases de datos de organismos nacionales.

Para conocer los aspectos necesarios para ser una vivienda sustentable por medio de programas y documentos legales se indagó en documentos oficiales en México para la vivienda sustentable que están establecidos por la CONAVI como el Código de Edificación de la Vivienda (CEV) de la CONAVI del año 2017 en el apartado de edificación sustentable.

Con el fin de conocer las características meteorológicas del clima cálido subhúmedo con base a la información del Servicio Meteorológico Nacional se realizó un análisis a los datos del comportamiento en los elementos de la temperatura, vientos, precipitación y radiación solar (Ramírez, 2009). Los datos de precipitación, y temperatura fueron obtenidos de la Información Estadística Climatológica emitidas por el Servicio Meteorológico Nacional, (SMN), (Comisión Nacional del Agua y Servicio Meteorológico Nacional, 2010) de la estación 7165 reportada en la normal climatológica del periodo 1981- 2010 dicha información fue visualizada mediante la aplicación de Google Earth.

Los parámetros de viento, y radiación solar, fueron tomados de una base de datos recopilada en el año 2015, de la información emitida por la Estación Meteorológica Automática (EMA) ubicada en la ciudad estudio y se representó de manera gráfica el comportamiento de las mismas. Cabe mencionar que, para radiación solar, se procesaron datos por hora, día y mes y se sacaron las Horas Solar Pico (HPS) para el cálculo del sistema solar fotovoltaico.

Dicha información se comparó con las características típicas de este clima reportadas en la bibliografía, todo lo anterior, para que finalmente obtuviera una descripción apegada a la realidad que pertenece al tipo de clima, objeto de estudio.

Para poder identificar las alternativas tecnológicas y técnicas de construcción que convenga establecer en la vivienda considerando su costo y beneficio, primero se ejecutaron técnicas de investigación documental, que permitieron recopilar información en artículos científicos, documentos oficiales, sitios web confiables y libros, se empleó la metodología de análisis de información ya que en esta, se validó las fuentes a utilizar e identifique solo la información útil a partir de una gran cantidad de datos (Domínguez, 2007), así se obtuvo datos confiables, se adquirió conocimiento de distintas fuentes de información y solo se tomó en cuenta las alternativas y técnicas que van de acuerdo a un clima cálido subhúmedo para su implementación eficiente.

Además, se realizó una salida de campo con el Arq. Gilberto López Laguna, donde se observaron técnicas de sistemas pasivos, en especial los techos tipo multipanel, en el municipio de Villa Comaltitlán, en el jardín de niños Prudencio Moscoso Pastrana.

Se realizó una concentración de todas las alternativas y técnicas investigadas en tablas, cada una con su respectiva utilidad y se distribuyeron de acuerdo a los siguientes criterios: agua (suministro, ahorro en consumo y descarga), energía eléctrica (suministro y ahorro en consumo), residuos sólidos (separación y disposición final), así se obtuvo una relación de todas las alternativas posibles de implementar en un clima cálido subhúmedo y que permitieron declarar que la casa es sustentable.

Se realizó un análisis comparativo de costos y beneficios de cada alternativa, obteniendo los costos totales de inversión (CI) y el ahorro económico generado por cada tecnología (AE), para saber el periodo simple de recuperación (PSR), fórmula: $PSR = CI / AE$.

Se analizó y comparó las tablas de las alternativas tecnológicas y técnicas de construcción, se reforzó la investigación documental delimitada por las actividades del punto anterior, además de que se analizó los casos similares de éxito en los que se han aplicado cada una de las tecnologías, así que, se obtuvo datos confiables de la suficiencia que se ha alcanzado con la aplicación de las diferentes alternativas tecnológicas y técnicas de construcción ya empleadas considerando el clima.

Cabe precisar que los métodos son muchos y de diversas naturalezas, por lo que, se requirió de destreza en el análisis de aquellas que se eligieron. Cabe resaltar que la bibliografía señala diversos métodos, que se han probado en condiciones diversas, sin embargo, para el caso que nos ocupa, se realizó un análisis exhaustivo, con criterio delimitado no solo hacia las que han tenido mayor éxito en el clima objeto de estudio, sino, además, con un análisis con criterio establecido tendiente a la factibilidad de concentrarlas en un mismo espacio, es decir se requirió de un análisis para su aplicación, no solo de forma aislada, también dilucidando acerca de su correcto funcionamiento y eficacia al ser conjugadas en un espacio en común.

Para elaborar el diseño de prototipo de la vivienda sustentable, por medio de software, se efectuó un Proceso de Diseño Integrado (PDI), el cual, es esencial para alcanzar estándares de sustentabilidad en la edificación donde se analizó todas las soluciones para cada aspecto que se consideró para la edificación (Trebilcock, 2009). En el rubro del cumplimiento legal, se tomó en cuenta la Ley de Vivienda, los programas y documentos oficiales en México para la vivienda sustentable, establecidos por la CONAVI, las Normas Oficiales Mexicanas que aplican en cada aspecto que caracteriza a la vivienda y las Normas Mexicanas que son competentes, además se consideró los resultados de los puntos anteriores ya que fueron el pilar para la propuesta.

Para plasmar el diseño, se utilizó un software (AutoCAD) que, como producto final, se representó en imágenes 3D como se pueden situar las alternativas tecnológicas

en la vivienda y se proyectaron las técnicas de construcción ya establecidas para la casa sustentable en la zona climática cálido subhúmedo.

11. RESULTADOS

11.1 Aspectos necesarios para una vivienda sustentable.

Según el Código de Edificación de la Vivienda, 2017, la vivienda comúnmente llamada de interés social, se clasifica por precio tomando en cuenta el pago por las licencias y permisos, el costo de producción y la fuente de financiamiento. Siendo así nuestra propuesta una vivienda de interés social tradicional, que cuenta con una superficie promedio de construcción en 71 m², 1 y ½ baños, cocina, estancia-comedor, de 2 a 3 recámaras y 1 cajón de estacionamiento.

En dicho Código de Edificación de la Vivienda, 2017, se mencionan una serie de principios que debe tener una vivienda para que sea sustentable, los cuales se redactan a continuación:

Como primer punto, una vivienda para que sea sustentable no debe estar ubicada en zonas como: Áreas Naturales Protegidas, Zonas de Riesgo, Zonas Inundables, Zonas Federales, Zonas identificadas como No Urbanizables o cerca de predios destinados a actividades riesgosas de acuerdo a la **NMX-AA-164-SCFI-2013**.

Se debe preservar los recursos naturales, conservar, trasplantar, remover o proteger las especies necesarias según la **NOM-059-SEMARNAT-2010**.

Se debe reducir los efectos de erosión del suelo a largo plazo

Considerar los estudios hidrológicos y de estabilidad del suelo para el aprovechamiento de aguas pluviales, residenciales y de escurrimientos superficiales para recargar los mantos acuíferos de la zona sin afectar la calidad de agua disponible en los mismos.

Mitigar los efectos de la isla de calor, conservar características de escurrimientos, pendientes, derechos de vías y zonas de amortiguamiento evitando erosión, inundaciones y encharcamientos.

Si cuenta con áreas verdes, deberán de cumplir características mínimas de calidad como: altura mínima de arbusto de 0.3 m, altura mínima de árboles de 2.50 m, diámetro de tronco mínimo: 0.065 m, medido a 0.3 m de la base del tronco, espaciamiento adecuado entre ramas principales y buen andamiaje, ramas principales concentradas en las dos terceras partes superiores. Se debe asegurar su conservación, mediante un programa de mantenimiento. Los residuos derivados de la ejecución del proyecto deben ser aprovechados en el sitio o manejados. La superficie total del proyecto destinada a área verde, debe tener como mínimo 70% de cubierta vegetal; el resto puede utilizarse para infraestructura, equipamiento y mobiliario urbano.

La vegetación en la vivienda debe ser preferentemente especies nativas o establecer plantas de acuerdo a la zona climática y con alta permeabilidad en el suelo para favorecer los mantos acuíferos.

Se debe elaborar y seguir un plan de manejo para residuos peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial, esto durante la etapa de construcción.

Considerar la reutilización de materiales, materiales reciclados, materiales locales, materiales modulares. Así como hacer el correcto manejo de materiales de origen natural, materiales con componentes dañinos, etc. Los materiales a utilizar deben ser de acuerdo a la zona bioclimática en la que se ubica la vivienda, para tener el consumo energético y emisiones de carbono recomendado, en este caso es en un clima cálido subhúmedo.

Todos los edificios habitacionales, deben cumplir con lo establecido por la **NOM-020-ENER-2011** en su método de cálculo, criterio de aceptación y etiquetado. Así como los materiales termoaislantes empleados para la construcción deben cumplir con los puntos 5 y 8 de la **NOM-018-ENER-2011**.

Se deben considerar elementos pasivos, tales como: Utilización de aislantes de acuerdo a las normas correspondientes, ventanas de alta eficiencia seleccionadas bajo un estudio de conveniencia que considere al menos los valores de Coeficiente global de transferencia de calor (K) y Coeficiente global de transferencia de calor (CGCS) del elemento y de acuerdo a la **NOM-024-ENER-2012**. Instalación de lucernarios seleccionado bajo un estudio de conveniencia y considerando al menos los valores de U, CGCS y transmisión de luz.

Dentro del inmueble que requiera climatización se deben ofrecer opciones de ventilación natural y/o ventilación mecánica, que permitan ser reguladas por el usuario. Siendo necesario que tanto el diseño de la vivienda, como los sistemas seleccionados a incluir en la misma, contribuyan a que el inmueble tenga temperaturas interiores entre los 18 y los 25°C. Bajo ninguna circunstancia se deberán superar los límites máximos permisibles de exposición a ruido, es recomendable seguir lo indicado en la Tabla 13 de la sección 5.2.5.3.2 de la Norma Oficial Mexicana **NMX-AA-164-SCFI-2013**.

Se deben utilizar equipos de acondicionamiento de aire de alta eficiencia, cuyas características e instalación cumplan con lo establecido en las **NOM-011-ENER-2006**, **NOM-026-ENER-2015** y **NOM-021-ENER/SCFI-2008**. De igual forma, deben cumplir con la normativa oficial en materia de eficiencia energética los equipos de bombeo de agua, los electrodomésticos cuando se incluyan a la vivienda como: Refrigeradores y congeladores, lavadoras de ropa, equipos para cocción de alimentos, equipos y aparatos que demandan energía en espera. Los sistemas de calentamiento de agua cuya fuente de energía sea la radiación solar deben cumplir lo establecido en el Capítulo 39 del CEV.

El inmueble debe de favorecer la iluminación natural de los espacios interiores mediante ventanas, tragaluces, pérgolas y otros elementos arquitectónicos, tal como se indica en la sección 5.2.5.3.11 de la Norma Mexicana **NMX-AA-164-SCFI-2013**.

Se debe equipar el interior y exterior de la vivienda con lámparas que cumplan con la normatividad para la eficiencia energética, establecida en las Normas Oficiales Mexicanas **NOM-017-ENER/SCFI-2012** y **NOM-028-ENER-2010**.

Para el gasto o consumo de agua de muebles, equipos, electrodomésticos y sus accesorios; debe limitarse a lo establecido por las Normas Oficiales Mexicanas y las Normas Mexicanas.

MUEBLE	CONSUMO MÁXIMO PERMITIDO	NORMA APLICABLE
Inodoro	6 litros por descarga	NOM-009-CNA-2001
Lavabo	8,3 litros por minuto	NMX-C-415-ONNC-CE-2015
Fregadero	10 litros por minuto	NMX-C-415-ONNC-CE-2015
Regadera	10 litros por minuto	NOM-008-CNA-1998

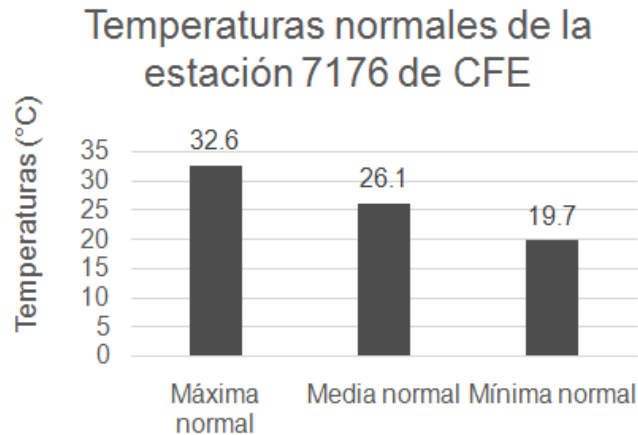
Tabla 1. Consumo de agua máximo permitido por mueble o accesorio, tabla del CEV, 2017.

El agua residual tratada para riego debe cumplir con lo establecido en la NOM-003-SEMARNAT-1997, la cual establece los límites máximos permisibles de contaminantes en el agua.

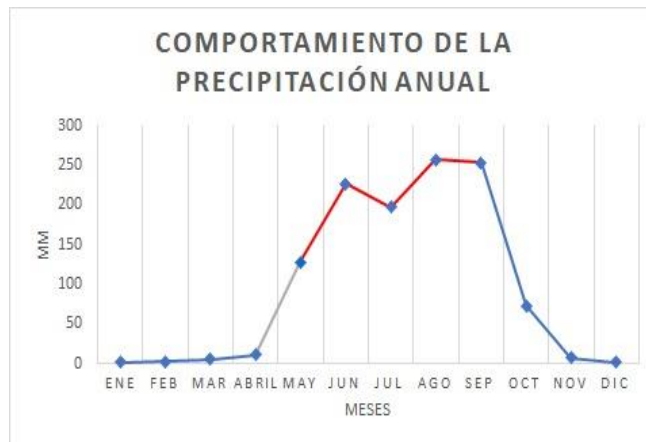
El manejo para la disposición o reúso de las aguas provenientes de la lluvia debe observar la normatividad en la materia cuando el agua captada o tratada se use en la instalación interior de la vivienda, para abastecer inodoros o mingitorios debe ponerse especial cuidado en evitar la mezcla con las aguas para uso y consumo humano de los otros dispositivos como regaderas, lavabos fregaderos de cocina o similares. El tratamiento y reutilización de las aguas residuales debe regirse por la regulación federal, la autoridad competente local y se debe utilizar solo para riego.

11.2 Principales características y comportamiento del clima cálido subhúmedo en Tuxtla Gutiérrez.

De acuerdo a la normal de la estación 7176 de CFE las temperaturas promedio en la ciudad son de 19.7 °C a 32.6 °C, como media normal de 26.1 °C. Respecto al comportamiento de las precipitaciones promedio anuales, estas son mayores en los meses de mayo a septiembre.



Gráfica 1. Temperaturas normales de Tuxtla Gutiérrez.



Gráfica 2. Precipitaciones normales de Tuxtla Gutiérrez

Referente a la dirección del viento, se tienen las siguientes gráficas en las que se representan los vientos predominantes del este, específicamente del sureste y noroeste de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

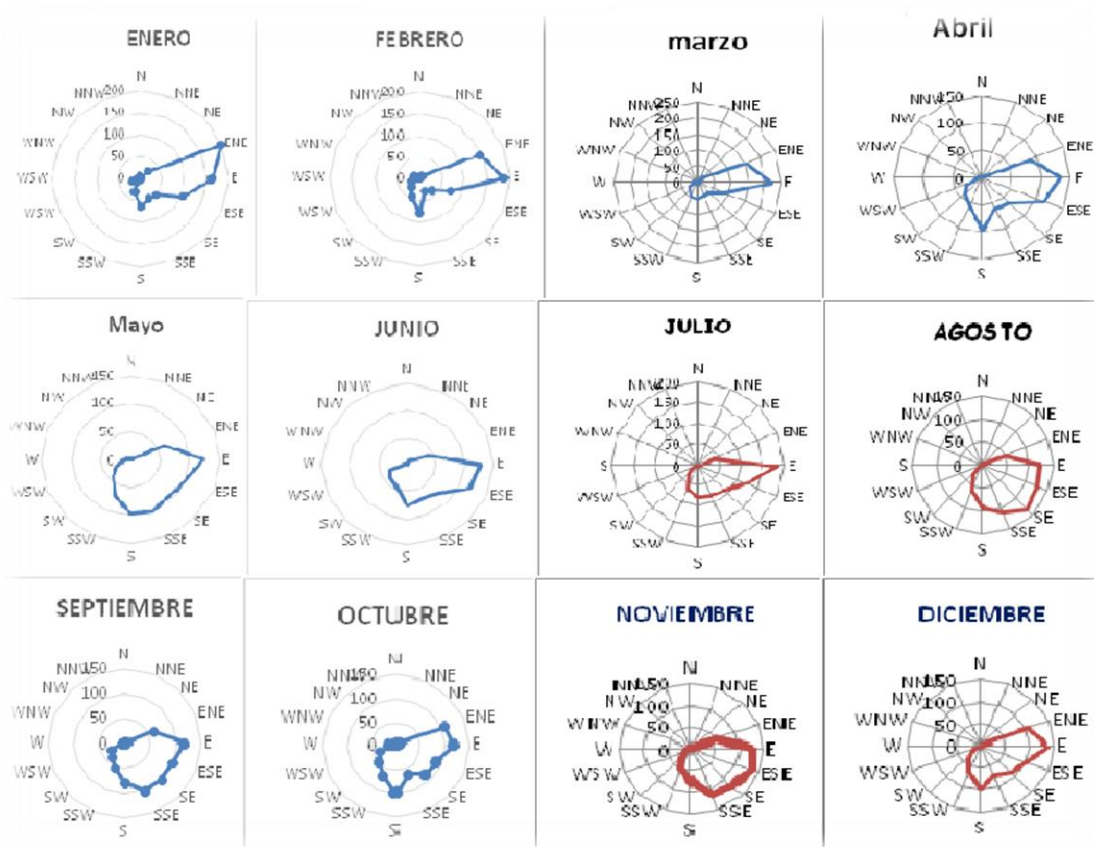


Ilustración 1. Gráficas de vientos predominantes en Tuxtla Gutiérrez del año 2015.

La intensidad de los vientos es muy baja y variante, durante todo el año.

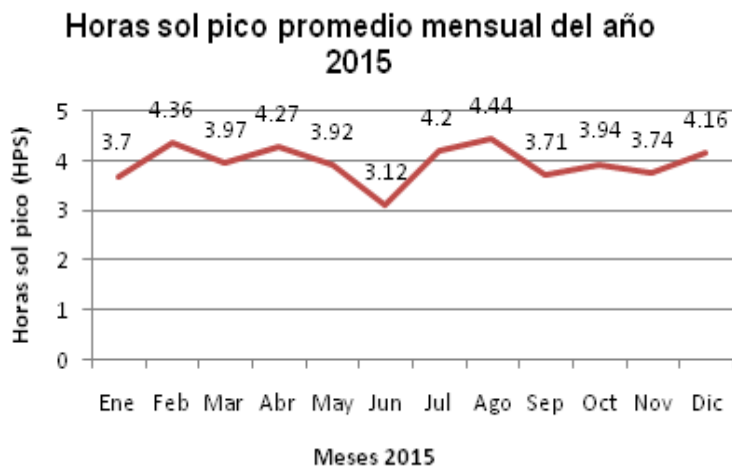
MES	MÁXIMO (m/s)	MINIMO (m/s)	MEDIA (m/s)
ENERO	4	0.01	1.15755405
FEBRERO	3.9	0.05	1.21825633
MARZO	4.63	0.01	1.33869448
ABRIL	3.52	0.07	1.0115767
MAYO	3.09	0.01	0.83066482
JUNIO	3.77	0.03	0.89231496
JULIO	3.94	0.03	1.11605413
AGOSTO	4.49	0.01	0.90813261
SEPTIEMBRE	3.07	0	0.69598561
OCTUBRE	2.66	0	0.70463549
NOVIEMBRE	2.92	0.02	0.8069888
DICIEMBRE	2.6	0.02	0.82248957

Tabla 2. Intensidad del viento en Tuxtla Gutiérrez por mes.

Existe una radiación solar constante durante el año, se muestran las Horas Solar Pico (HPS) ya que se utilizaron para cálculos del sistema solar fotovoltaico, esta varía de 3.1 a 4.4 HSP utilizando las HSP del mes de julio para dichos cálculos.

MESES	HPS promedio (Wh/m2)
Enero	3.7
Febrero	4.36
Marzo	3.97
Abril	4.27
Mayo	3.92
Junio	3.12
Julio	4.2
Agosto	4.44
Septiembre	3.71
Octubre	3.94
Noviembre	3.74
Diciembre	4.16

Tabla 3. Horas Solar Pico promedio mensual.



Gráfica 3. Horas Solar Pico mensual de Tuxtla Gutiérrez.

11.3 Concentración de alternativas sustentables correspondientes a energía, agua y residuos describiendo su costo y beneficio en las siguientes tablas.

AGUA				
Crterios	Tecnología	Beneficio	Costo (\$)	Periodo simple de recuperación
Suministro	Sistema de captación de agua lluvia (SCALL)	Un SCALL, es un sistema ambientalmente factible, pues ayuda a enfrentar problemas de escases de agua, además de valorizar un recurso cuando normalmente en una ciudad genera problemas de inundaciones.	\$3,990.94	6 años
	Restrictor de flujo	Son sistemas ahorradores de agua reduciendo la salida del flujo en las tuberías.	\$5,730.00	N/A
Ahorro del consumo	Excusado con lavamanos	Este sistema nos ayuda en el ahorro del consumo de agua y muestra una factibilidad ambiental	*AQU: \$2500.00	5 años 4 meses
			* W+W: \$112,496.80	241 años
	llaves y regaderas ahorradoras de agua	Reducen el gasto de agua	\$4,756.00	N/A

	Hidroneumático	Aumentar la presión en las salidas de agua	\$3,800.00	N/A
Tratamiento de agua residual	Biojardinera	Tratan las aguas grises para poder reusarlas para riego o descargarlas con mejor calidad al drenaje y este a bienes nacionales	\$4,585.00	N/A
	Trampa de grasas	Permite quitar las grasas y aceites presentes en el agua residual, para evitar desgaste de tuberías y mayores gastos en las plantas residuales municipales	\$700.00	N/A

Tabla 4. Alternativas investigadas para agua, aptas de instalar en un clima cálido subhúmedo.

ENERGÍA				
Criterios	Tecnología	Beneficio	Costo (\$)	Periodo simple de recuperación
Suministro	Paneles solares	Se aprovecha la radiación solar y se convierte en energía eléctrica, energía limpia y reduce los gastos económicos cuando se hace uso excesivo de la energía	\$81,429.00	35.8 años
	Baldosas piezoeléctricas	Sistema con características de energía renovable, produce energía a partir de la deformación que puede ocasionar las pisadas de las personas sobre materiales especiales, reduciendo emisiones de CO ² y con producción de	Baldosa Pavegen \$44,841.00	N/A

		energía en el mismo espacio que se consume		
Ahorro en el consumo	Sistemas pasivos: orientación de ventanas para ventilación natural	Sistema pasivo de arquitectura empleado para el aprovechamiento de los vientos y así reducir el consumo energético de la vivienda	N/A	N/A
	Techos verdes	Envoltente térmico que ayuda a reducir la temperatura de la vivienda y así reducir la demanda de energía por climatización artificial	\$10,854.00	N/A
	Techo thermobari	Envoltente térmico que ayuda a reducir la temperatura de la vivienda y así reducir la demanda de energía por climatización artificial	\$28,471.01	N/A
	Techo multipanel	Logran climatización ideal, no contaminan y bajan consumo de energía en la vivienda sin sacrificar el diseño estético de la vivienda	\$98,519.54	N/A
	Iluminación (lámparas LED)	Proporcionan más iluminación con menos electricidad logrando ahorros energéticos	\$600.00	1 años, 2 meses
	Calentador solar de agua	Esta tecnología se alimenta de energía solar (renovable) y funciona de forma autónoma después de su instalación.	\$5,579.00	11 meses

Tabla 5. Alternativas para energía eléctrica investigadas, aptas de instalar en un clima cálido subhúmedo.

RESIDUOS SÓLIDOS				
Criterios	Tecnología o técnica	Beneficio	Costo (\$)	Periodo simple de recuperación
Disposición final	Compostador	Tipo de contenedor donde se disponen los residuos orgánicos de la cocina y del jardín, donde la materia orgánica se mineraliza y quitamos alrededor del 50% de los residuos de una vivienda.	\$1,136.21	N/A
	Distribuir los residuos en centros de acopio	Dar una revaloración a los residuos generados para que se reduzca la cantidad transportada al relleno sanitario, y posible obtención de recurso económico por vender los residuos.	N/A	N/A
Separación	Gavetas estibables para reciclaje	Apartar los residuos para poder dar una revaloración adecuada a cada tipo y mayor organización.	\$1,600.00	N/A

Tabla 6. Alternativas para residuos sólidos investigadas aptas de instalar en un clima cálido subhúmedo.

11.4 Propuesta de vivienda sustentable para el clima cálido subhúmedo de Tuxtla Gutiérrez

Para el rubro considerado, Agua:

Como suministro para la vivienda, un sistema de captación de agua de lluvia con una superficie de captación de 60 m², con una malla en el bajante de agua para retener sólidos, dos recolectores de primeras aguas con capacidad de 80 l en total que tendrá salida para poder aprovechar esta agua para alguna actividad de consumo indirecto en la vivienda como riego de plantas.

Para su almacenamiento, una cisterna de dos cámaras para poder retener el agua de lluvia como un tercer filtro y así el agua con menos sólidos pase a la segunda cámara donde se mezclará con el agua suministrada del SMAPA, tendrá dos

electroválvulas que permitirá bloquear el ingreso de agua del SMAPA cuando se haya alcanzado la cantidad de m³ que este Sistema Municipal abastece como cobro de la renta por el servicio, y así, la dotación de agua necesaria para la vivienda se conseguirá con el agua de lluvia captada en los meses lluviosos, que se explica en el **anexo 1**, así como las dimensiones y medidas establecidas para este sistema que fueron calculadas respecto a la dotación necesaria promedio en la vivienda.

Ahorro en consumo de agua:

Las llaves, regaderas y escusados ahorradores de agua, son artículos que resultan más económicos y brindan un gran ahorro de agua que los reguladores de agua y los artículos tradicionales, **ver anexo 2** para mayor explicación de esta comparativa.

Tratamiento:

Una trampa de grasas que permite retener las grasas y aceites presentes en el agua residual, para evitar desgaste de tuberías en la vivienda y el drenaje municipal, así como reducir gastos en las plantas residuales municipales. **Ver anexo 3.**

Suministro de energía:

Las alternativas sustentables analizadas no son aptas de implementar ya que para una vivienda de tipo tradicional como la que se plantea el consumo de energía eléctrica es mínimo por lo cual no resulta invertir en un sistema fotovoltaico o baldosas eléctricas, **ver anexo 4**. Mismo es el caso con los generadores eólicos, por robar visibilidad entre viviendas tampoco es una opción conveniente, por ello desde el primer filtro esta alternativa no se contempló. Se determinó que la mejor es el suministro de la Comisión Federal de Electricidad.

Ahorro en el consumo:

Los sistemas pasivos de arquitectura por su eficacia comprobada en diferentes proyectos y estudios, son buenos para aprovechar los vientos y reducir el consumo energético, diseñando los espacios de la vivienda, así como las ventanas, para brindar confort manteniendo la entrada de aire y luz adecuada y así no generar

acaloramiento con las medidas mínimas de acuerdo al clima cálido subhúmedo y guiado del código de edificación de la vivienda, **ver anexo 5**.

La ventilación por habitación no debe ser menor al 5% de dicho espacio y en el baño no menor de 0.16 m². Así mismo la altura de todos los espacios deben ser mínimo de 2.7 m.

El techo de vigueta y bovedilla, es otra alternativa de sistema pasivo, al ser comparado con diferentes tipos de techos **ver anexo 5**, este resulta la mejor opción tanto por su beneficio como por el costo económico, además que resulta buena sinergia con el sistema de captación de agua de lluvia ya propuesto, este techo es de concreto con relleno de poliestireno, para nuestro proyecto, considerando 60 m², el costo es de \$14,765.00 según la cotización de Bari Vigas S.A de C.V, en noviembre de 2019, cabe mencionar que la cotización no incluye algunos materiales y con la colaboración del Arq. Gilberto López Laguna se consumó la cotización y el precio final de este techo asciende.

Respecto a la iluminación se debe contar con un espacio no menor al 15% de la habitación por el cual entre luz natural.

Como alternativa tecnológica, comparando las lámparas ahorradoras y las lámparas led, las segundas son la mejor elección al comparar las horas de vida y la inversión, considerando también el costo de kWh de \$0.7645, **ver anexo 5**.

Cabe mencionar que los lux que estas lámparas LED emiten son los permitidos por el CEV en el capítulo de sustentabilidad, en este se especifica los niveles mínimos de iluminación por cada espacio de la vivienda los cuales varían de 50 a 300 lux y un máximo de 13 W/m².

El calentador solar es la alternativa con la que la vivienda tendrá una pequeña parte de autonomía energética pues este sistema resulta fascinante para calentar agua sin usar la energía eléctrica ni gas LP, y su valor económico es menor comparado con los boiler o calentador de agua de paso ecológico. **Ver anexo 6**. Además, cabe

mencionar que la única fuente de consumo es la radiación solar la cual en Tuxtla Gutiérrez es suficiente para su funcionamiento.

Disposición final de los residuos sólidos:

Las mejores alternativas ecológicas para disponer de los residuos, es la distribución de estos en centros de acopio en la ciudad. En el **anexo 6** se muestran algunas de las opciones que existen en Tuxtla Gutiérrez. Estas empresas pagan por el residuo y van a la vivienda a recolectarlo, así mismo, hay empresas que no monetizan estos residuos, pero si permiten que te deshagas de ellos, les dan una revalorización y aprovechan estos materiales, por lo que con esta actividad contribuimos de manera responsable al ambiente.

Respecto a los residuos orgánicos, un compostador de precio: \$1136.00, tampoco está demás para poder minimizar los residuos de la familia y obtener abono para plantas, que aparte de usarlo en casa se puede vender, consiguiendo un recurso económico a partir de los residuos, **ver anexo 6**.

Separación:

Para poder darle una revalorización a los diferentes residuos generados en la vivienda es necesario separarlos, por lo que, las gavetas estibables también son una alternativa útil e idónea de efectuar, además de su valor monetario no alto (\$1600.00). para mayores detalles de este artículo **ver anexo 6**.

12. DISCUSIÓN

Se escogieron las medidas del techo, y espacios de la vivienda guiadas del CEV, así como todos los puntos determinados para que la vivienda sea sustentable, puesto que en Tuxtla Gutiérrez existe cada vez más fraccionamientos a causa de que son los proyectos de construcción en la actualidad con mayor demanda por el crecimiento poblacional, lo cual coloca a las viviendas de interés social tradicional como principal actividad de construcción en el municipio.

Las temperaturas promedio en Tuxtla Gutiérrez son constantes, sin considerables variaciones, al igual que la dirección de los vientos, lo que permite adecuar la vivienda con sistemas pasivos que propicia en el confort térmico para permitir la entrada de aire y salida de calor, cabe resaltar que estos sistemas no generan un gasto económico extra de inversión y logran reducir el consumo energético dentro de la vivienda, así como el pago por consumo de energía. Respecto a los techos, ya que los dos diferentes tipos evaluados brindan el mismo valor ambiental y social a la vivienda, la diferencia está en el costo, por lo que los techos Thermobari resulta la mejor opción.

También para disminuir el consumo energético se opta por sistemas de iluminación ahorradores como las bombillas LED, que con una inversión de \$600.00 se ilumina toda la vivienda y se recupera en un año y dos meses, a comparación de los focos ahorradores que consumen más watt, provocando mayor gasto económico y tienen menor tiempo de vida, lo que implica volver a invertir en un periodo de tiempo menor que con los LED.

La radiación solar es otro factor importante que este tipo de clima posee ya que son altas y constantes de entre 3.1 HPS y 4.4 HPS lo que aprueba la eficacia del funcionamiento de un sistema fotovoltaico, generando 190 kWh en promedio mensualmente, pero que por la cantidad de kilo watt hora de energía eléctrica que se consume en promedio en las viviendas tradicionales de la ciudad y por su alto costo de inversión, con un periodo simple de recuperación a 35 años, resulta conveniente solo emplear la instalación de CFE más que un sistema de paneles

solares, esta alternativa resulta conveniente para consumidores de energía excedentes, se determina una alternativa poco factible.

A diferencia del sistema fotovoltaico, con los calentadores solares la inversión es recuperada en menos de 1 año, se deja de consumir energía eléctrica y gas para poder tener agua caliente beneficiando al medio ambiente y economía, y comparado con los boiler y calentadores ecológicos, instalar un sistema de calentador solar resulta conveniente.

Por otro lado las precipitaciones son aprovechables durante 4 meses, logrando captar de 10 a 13 m³ de volumen de agua, por lo que, para alcanzar la dotación que satisface a la vivienda se utilizará de la red pública menos de lo que proporciona el SMAPA por el cobro de renta (15 m³) así no es necesario un pago extra en estos meses, como consecuencia se produce un ahorro económico, se toman solo 4 meses aprovechables ya que los primeros meses de lluvias se desprecian para mayor calidad, además que durante el resto de los meses de lluvia el agua captada no haría mucha diferencia, ya que es muy poca la precipitación lo cual causaría utilizar más de 15 m³ y generar un pago extra del mismo modo que no teniendo un sistema de captación de agua de lluvia, el beneficio para la vivienda sería de carácter ambiental aprovechando el recurso agua, además de reducir el consumo del agua municipal durante estos 4 meses aprovechables, bajando el pago de agua en estos meses; además que este sistema podrá trabajar en sinergia con el techo Thermobari ya antes mencionado.

Algunas alternativas son descartadas por no cumplir con los requerimientos mínimos planteados en los documentos oficiales, como es el caso de los generadores eólicos que son prácticos y buena fuente de energía en zonas rurales y con gran extensión de terreno, no se permite instalaciones de ese tipo por que bloquea la visibilidad dentro de la ciudad, además de ser poca la intensidad de los vientos que se genera en Tuxtla que no supera los 1.5 m/s; los pozos de extracción de agua ya que la **NOM-003-CNA-1996** especifica que es una área restringida de emplazamiento de pozo cuando un alcantarillado sanitario y otras fuentes de contaminación, están dentro de un radio de 30 metros con respecto al pozo, puesto

que una vivienda tradicional no tiene una longitud mínima de 60 metros y que no pase por ahí un alcantarillado, queda descartado completamente.

Las biojardineras para evitar malos olores y al no ser aplicable legalmente la descarga de aguas residuales para una vivienda, puesto que descargar agua a un bien nacional según la **NOM-001-SEMARNAT-1997** y la **NOM-002-SEMARNAT-1997** excluye las descargas domésticas, por lo que se decidió descartar esta alternativa, a parte que el agua de reúso se utilizaría para riego y al ser una vivienda tradicional no cuenta con un área verde extensa, no se reusaría toda el agua.

Cabe mencionar que, aunque las aguas residuales no se están tratando, se propone un consumo reducido de este recurso, así evitamos un mal uso de este y propiciamos a su conservación y a reducir el volumen de agua residual en las tuberías y alcantarillas, reduciendo posibles inundaciones y situaciones de rebalse de drenaje en las calles. Para obtener una disminución en el consumo de agua se proponen llaves, regaderas y excusados ahorradores que aun al ser la inversión similar a los restrictores de flujo resulta más conveniente y práctico en instalación y funcionamiento ya que los restrictores necesitan hidroneumáticos para aumentar la presión en el agua.

De la misma forma se propone una trampa de grasas y aceites para evitar que el agua residual que estamos descargando, genere problemas en las calles y Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) de la ciudad ya que estas deben tratar las grasas y aceites que llegan de todas las viviendas, al ser menos la cantidad de grasas y aceites en el agua residual de la vivienda, es menor la cantidad que llega a la PTAR y es menor el trabajo y gasto que esta debe considerar además de que evitamos que los drenajes se obstruyan en las calles del municipio y provoquen conflictos sociales y de sanidad e higiene.

Con la disposición de residuos sólidos, las diferentes empresas recicladoras que existen en el municipio, nos ofrecen una forma responsable de deshacernos de nuestros residuos, contribuyendo con el medio ambiente para darles un reúso y evitar más basura en el planeta que como sabemos, todos nuestros residuos

perduran años en degradarse, reduce el volumen de basura en la ciudad y los rellenos sanitarios, algunas de estas empresas recolectan los residuos en la puerta de la casa, así que no genera algún costo extra para la vivienda además que algunas empresas incluso pagan por estos residuos, concibiendo un ingreso económico extra.

Para los residuos orgánicos el compostaje es la manera más conocida y eficaz, reduce la cantidad de materia orgánica que va a los vertederos o rellenos sanitarios y mejora la actividad biológica del suelo.

13. CONCLUSIÓN

Es importante conocer los beneficios de una construcción sustentable y descubrir cómo se reduce el impacto al medio ambiente desde casa, como se puede obtener ahorros a partir de una inversión y como mejorar la manera en que las personas vivimos.

El clima cálido subhúmedo de Tuxtla Gutiérrez cuenta con características como precipitación, radiación solar y temperaturas constantes que se pueden aprovechar y hacer uso de ellas de manera sustentable para garantizar impacto positivo en el ambiente y la sociedad, así como apoyar a la economía del municipio.

Existe tecnologías sustentables que son factibles de instalar por su relación costo-beneficio, como un sistema de captación de agua de lluvia, así como técnicas que reducen el impacto ambiental y gasto económico en la vivienda, así mismo, aunque hay tecnologías que se pueden implementar en una vivienda, no todas son rentables o convenientes de instalar, ya que los consumos promedios en Tuxtla Gutiérrez así como las tarifas establecidas de los servicios públicos reducen el posible ahorro económico y por lo tanto minimizan el impacto ambiental positivo.

Se puede tener una casa tradicional o del promedio en Tuxtla Gutiérrez amigable con el ambiente, con ciertas tecnologías sustentables que a la vez brindan los servicios necesarios para el usuario, permite comodidad y que beneficia o simplemente no perjudica la economía familiar.

14. BIBLIOGRAFIA

- CONAVI . (2008). *Criterios e indicadores para los desarrollos habitacionales sustentables en México*. México.
- Abilia . (Septiembre de 2016). *Conciencia sustentable*. Obtenido de <http://conciencia-sustentable.abilia.mx/5-sorprendentes-casas-sustentables-en-latinoamerica/>
- Arch daily. (19 de Junio de 2012). *Arch daily*. Obtenido de <https://www.archdaily.mx/mx/02-165116/casa-en-el-lago-rupanco-izquierdo-lehmann>
- Bari, G. (2017). *Catálogo de productos*. CDMX.
- Blanco, J. L. (2007). *Casa ecológica* .
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión . (23 de junio de 2017). LEY DE VIVIENDA . México.
- Campillo, S. (9 de Abril de 2018). *Xataka*. Obtenido de <https://m.xataka.com/medicina-y-salud/el-gran-problema-del-agua>
- Canarias, I. d. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. España.
- Castillo, L. C. (2002). *Sanitario Ecológico Seco. Manual de diseño, construcción, uso y mantenimiento*. Guadalajara, Jal. México.
- Chagoya, E. R. (2008). Métodos y técnicas de investigación. *Gestiopolis*.
- Chepesiuk, R. (2010). Extrañando la oscuridad: los efectos de la contaminación lumínica sobre la salud. *salud pública de México*.
- Comisión Nacional de Vivienda. (22 de marzo de 2016). Comisión Nacional de Vivienda. México.
- Comisión Nacional del Agua y Servicio Meteorológico Nacional. (2010). *Manual del usuario*. México.
- Comisión Nacional Forestal, C. (2008). *Tecnologías alternativas para el uso eficiente de recursos*. Zapopan, Jalisco.
- CONAVI. (2017). Código de Edificación de Vivienda. México.
- CONAVI. (junio de 2017). GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN DEL CÓDIGO DE EDIFICACIÓN DE VIVIENDA (CEV): ADAPTACIÓN Y ADOPCIÓN LOCALES. México.
- Cordero, R. (2016). una vivienda altamente autosostenible. En *Libro de Actas del 3er Congreso Internacional de Construcción Sostenible y Soluciones* (págs. 286-302). Cuenca, Ecuador.
- Cruz González, G., & Durán Saldívar, M. A. (2015). El consumo de energía eléctrica en los hogares de México por nivel de ingresos, 2012. *Tiempo económico*, 43-56.
- Domínguez, Y. S. (2007). El análisis de información y las investigaciones cuantitativas y cualitativas. *Cubana Salud Pública*, 1-33.

- Ecoticias. (22 de Marzo de 2016). *Ecoticias*. Obtenido de <https://www.ecoticias.com/bio-construccion/113409/10-casas-ecologicas-sostenibles>
- El informador. (17 de mayo de 2011). Fraccionamiento Los Guayabos, ejemplo de viviendas sustentables. *El informador*.
- Escalante, E. R. (2006). *Manual para la creación de biojardineras*. Costa Rica: Segura Hermanos S.A.
- Fundación IDEA, f. p. (2013). *Estrategia nacional para la vivienda sustentable*. México.
- Galindo, M. (12 de julio de 2010). *ecoemás*. Recuperado el 28 de marzo de 2019, de <https://ecoemas.com/5-disenos-para-una-iluminacion-sostenible/>
- García, O. (4 de julio de 2016). En Hidalgo solo hay tres complejos sustentables totalmente certificados. *Megalópolis*.
- H. Ayuntamiento de Victoria. (2016). *Victoria*. Obtenido de <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM28tamaulipas/municipios/28041a.html>
- INEGI. (1997). *Cuaderno estadístico municipal*. Obtenido de http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espagnol/bvinegi/productos/historicos/1334/702825927707/702825927707_1.pdf
- Lazovska, D. (14 de Diciembre de 2018). Beneficios de la construcción sustentable. *Anáhuac México*.
- Lengen, J. V. (2007). *cantos del arquitecto descalzo*. melhoramentos.
- Life and Style. (1 de Septiembre de 2015). *Life and stile*. Obtenido de <https://lifeandstyle.mx/cultura/2015/09/01/la-casa-mas-sustentable-del-ano>
- Linares, J. C. (14 de Febrero de 2012). *INNOVA-LED*. Recuperado el 15 de abril de 2019, de <http://innova-led.blogspot.com/2012/02/sistemas-de-iluminacion-sustentable.html>.
- Molina, M. D. (2015). Casa sustentable y tecnologías apropiadas asociadas, para minimizar la pobreza elevar el nivel de vida de las comunidades indígenas y conservar el medio ambiente en México. *Espacio I + D* .
- Nieto, A. (2018). *Mundo hvacr*. Obtenido de <https://www.mundohvacr.com.mx/2009/08/viviendas-sustentables-en-mexico/>
- Nieto, M. d. (1999). *Metodología de evaluación de proyectos de viviendas sociales*. Santiago de Chile: Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social - ILPES.
- Notimex. (12 de Enero de 2016). *Universitarios crean vivienda sustentable en Chiapas*. Recuperado el 21 de marzo de 2019, de <https://www.unotv.com/noticias/estados/chiapas/detalle/estudiantes-haran-una-casa-con-materiales-reciclados-en-tuxtla-243776/>

- Pacheco, O. R., Galván, F. P., & Martínez, A. L. (2010). viviendas ecologicas: una alternativa de ahorro energético y de promoción al desarrollo humano y sustentable con calidad.
- Pérez, C. A., Herrera, N. L., & Elizondo, M. T. (2015). EL IMPACTO DE LA SUSTENTABILIDAD EN LA VIVIENDA EN SERIE DE NUEVO. *Revista de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Nuevo*, 43-57.
- Perú, M. (05 de febrero de 2018). *quimtia industrial*. Recuperado el 28 de abril de 2019, de <http://www.quimtiamedioambiente.com/blog/metodos-tratamiento-eliminacion-residuos-solidos/>
- Proyectos y Servicios especiales, S. D. (2018). *Estudio técnico económico*. Coatzacoalcos Veracruz.
- Ramírez, D. C. (2009). METODOLOGÍA DE DISEÑO SOSTENIBLE PARA LAS NORMATIVAS DE LA CONSTRUCCIÓN EN ZONAS RURALES DE MÉXICO . *SCTV*, 465- 472.
- Revista Avisos Efectivos. (1 de diciembre de 2012). *innova*. Recuperado el 15 de abril de 2019, de <https://grupoinnovamx.com/iluminacion-sustentable/>
- Samayoa, R. T. (2017). *Deficiencia energética en las edificaciones de Tuxtla Gutierrez, Chiapas, usando techos verdes: TV*. Tuxtla Gutierrez.
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. (2017). *Código de Edificación de la Vivienda*. México: Alberto Herrera y Tania Blancas.
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. (2019). *¿Qué hacemos?* México.
- SENER, & Mundial, E. B. (2016). *Evaluación rápida del uso de la energía en Tuxtla Gutiérrez*. Tuxtla Gutiérrez.
- Spiegel, M. R., & Stephens, L. J. (2009). *Estadística*. México D.F.: Mc GRAW-HILL.
- Torres, R. P., Nolasco, G. C., & Albores, J. L. (2010). Evaluación de confort térmico en clima cálido subhúmedo. *Congreso Internacional de AcademiaJournals*.
- Trebilcock, M. (2009). Proceso de Diseño Integrado: nuevos paradigmas en arquitectura sustentable. *Arquiteturarevista*, 65-75.
- Twenergy. (20 de Diciembre de 2012). *CASAS SUSTENTABLES PARA COMUNIDADES INDÍGENAS EN CHIAPAS, MÉXICO*. Obtenido de <https://twenergy.com/mx/a/casas-sustentables-para-comunidades-indigenas-en-chiapas-mexico-2440>
- UNESCO. (2017). *Informe mundial sobre el Desarrollo de los recursos Hídricos de las Naciones Unidas*.

15. ANEXOS

Anexo 1. Suministro de agua

Captación de agua de lluvia

Para la evaluación del sistema de captación de agua de lluvia fue necesario obtener datos de información pluviométrica diario del municipio, de por lo menos 10 años anteriores, al tratar dichos valores se obtuvieron los siguientes datos de precipitaciones.

Sumando los valores de la información mensual, se obtiene la precipitación anual, con lo que se obtiene un valor de: 1161.52 mm.

Posteriormente para calcular la precipitación promedio anual, se aplica la siguiente fórmula:

$$p = \sum_{i=1}^n (p_i) / n$$

Dónde:

p= Precipitación promedio anual, en mm

p_i= precipitación en el año i, en mm

n= número de años

Con lo cual se obtiene que la precipitación promedio anual es de: 1155.154545mm.

Después de la obtención de la precipitación promedio anual, se obtiene el volumen anual promedio de captación (VA); para esto se tuvo que definir el área de influencia de las instalaciones de captación (la proyección horizontal de éstas). Este volumen se obtiene con la siguiente expresión:

$$v_A = \frac{p * A * k_e}{1000}$$

Donde:

V_A : Volumen promedio de captación anual, en m^3 .

p : precipitación promedio anual, en mm .

A : área de la proyección horizontal de las instalaciones de captación, en m^2 .

k_e : coeficiente de escurrimiento de acuerdo al material de las instalaciones de captación, adimensionales.

Según la **NMX-AA-164-SCFI-2013** el consumo promedio es de 185 l/hab/día, de igual forma el código de edificación de la vivienda clasifica esta dotación de agua potable de acuerdo a los tipos de clima, por lo que consideramos esta cantidad, así como que en la vivienda habita una familia de 4 personas: 2 mujeres y 2 hombres.

TIPO DE CLIMA	DOTACIÓN DE AGUA POR TIPO DE VIVIENDA EN LITROS POR PERSONA AL DÍA (LPD)		
	más de 150 m ²	100 -149 m ²	hasta 99 m ²
Cálido	400	230	185
Semicálido	300	205	130
Templado	250	195	100
Frío	250	195	100

Tabla 7. Dotación promedio de agua potable, respecto al tipo de clima, según el CEV.

El sistema de captación de agua de lluvia para una vivienda tradicional en Tuxtla Gutiérrez es el siguiente:

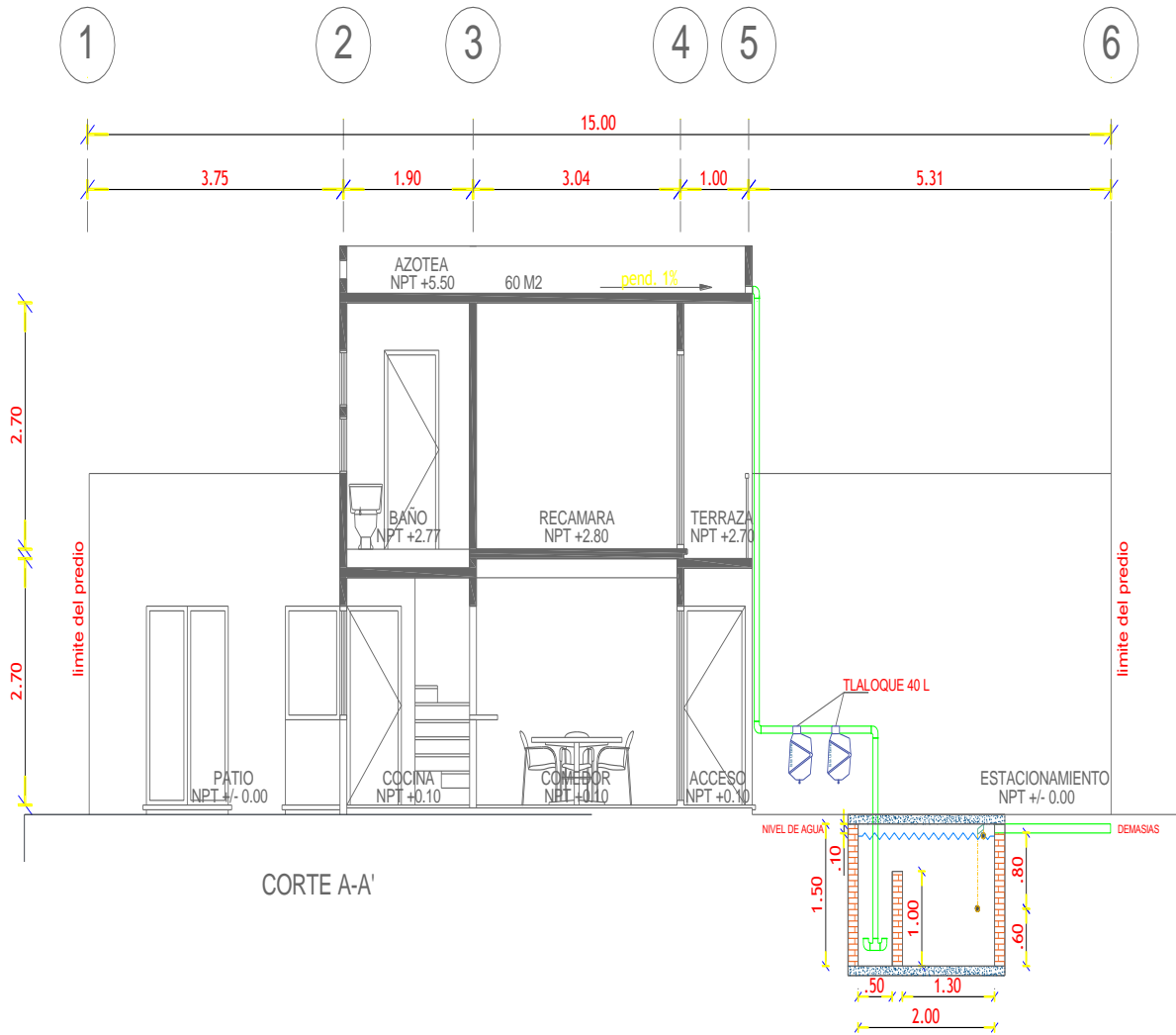


Ilustración 2. Plano de la vivienda tradicional con sistema de captación de agua de lluvia.

Como materiales para el sistema de captación, proponemos lo siguiente:

Área de captación: losa de 6*10 m la cual tendrá bordo en todo su perímetro, con desnivel del 1% hacia un solo punto donde estará fijo un tubo de PVC (policloruro de vinilo) de 3", con una longitud de 20 cm, el cual tendrá en la entrada una malla para filtrar los sólidos de mayor tamaño y un codo de 90° para descender el agua de lluvia. El diámetro de dicho tubo se determinó de acuerdo a la intensidad máxima de lluvia que se ha presentado en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, de acuerdo a las isoyetas de intensidad de lluvia que publica la Secretaría de Comunicaciones y Transporte.

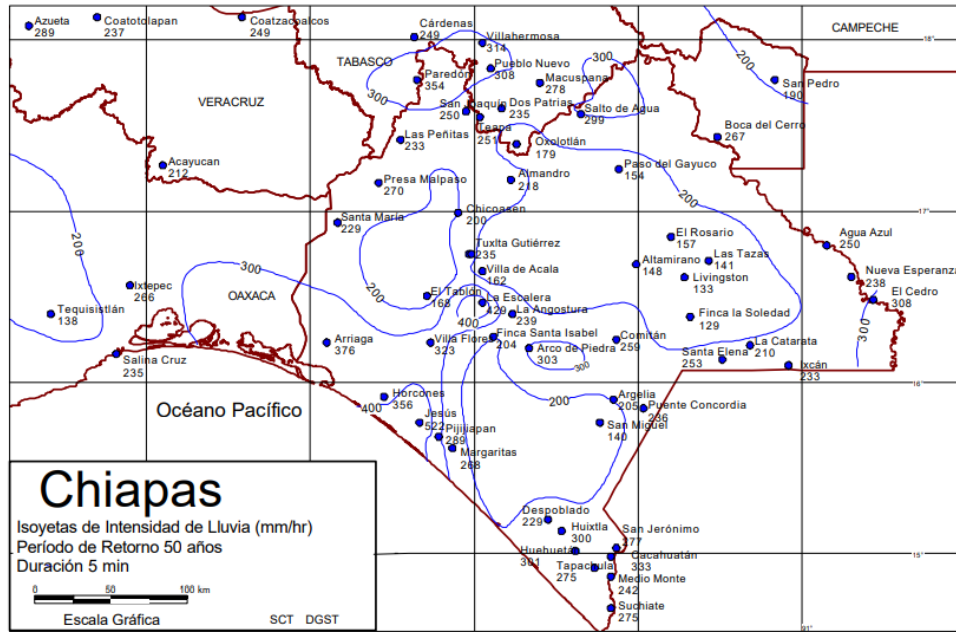


Ilustración 3. Isoyetas de la SCT del estado de Chiapas.

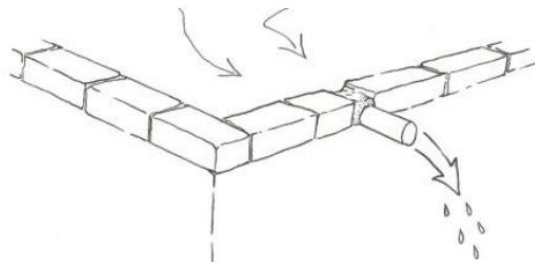


Ilustración 4. Diseño del techo con hilado en su perímetro.

El tubo PVC enseguida tendrá adaptado un codo del mismo diámetro de ángulo de 90° que conduzca hacia la planta baja, por medio de un tubo de PVC de la misma medida de diámetro con una longitud de 4 metros canalizándose al interceptor de primeras lluvias, el cual deberá contar con una capacidad de alrededor de 66 litros, considerando el criterio expuesto en Guía de Diseño para Captación del Agua de Lluvia de la Organización Panamericana de la Salud, 2007, que nos dice que el volumen de agua requerido para lavar el techo, se estima en 1 litro por m². Se propone dos dispositivos interceptores de 40 litros c/u llamados Tlaloque, tienen un costo en el mercado de \$1800.00 c/u según los costos de la empresa Isla Urbana.

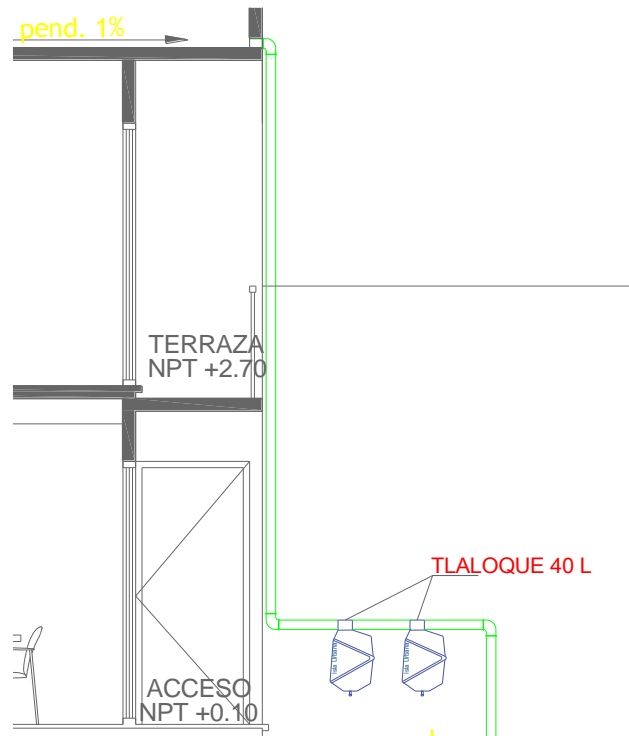


Ilustración 5. Diseño de la conducción del agua de lluvia a los interceptores de agua.

Cuando los interceptores de primeras aguas queden llenos y se habilite el paso del agua de lluvia a la cisterna, esta será conducida por medio de tubería PVC, la cual será sometida a una ampliación de 4” para reducir la caída turbulenta del agua al interior de la cisterna, dicha tubería tendrá una longitud de 1 m y al final contará con una T, que en sus dos extremos contará con dos codos de 90° cuyas salidas estarán en dirección opuesta al fondo de la cisterna.

La cisterna será construida de cemento, con capacidad máxima de 6000 litros o 6 m³, nuestra propuesta presenta medidas de 2.2 m * 1.5 m * 2.0 m; con una división interior, para quedar dispuesta en dos “cámaras” interconectadas, la primer cámara contará con capacidad de 1.1 m³, las dimensiones de la barda que separará a las dos cámaras de la cisterna, medirá 1.5*1.6*0.2 m, esto con el fin de que los sólidos sedimentables que se puedan estar pasando a la cisterna, y considerando la dureza del agua de la red municipal donde con el paso de los años se va formando una capa de sedimentos, no se tendrá toda la cisterna con dicho residuo, sino solo una mínima parte, lo que disminuirá el área de limpieza cuando sea necesario; con dichas medidas de la cisterna y excluyendo volumen de paredes, su capacidad neta

es de 5.55 m³, excedido este volumen las demasías serán direccionadas a la canaleta de la calle o un cespól o coladera en la cochera que lleve al alcantarillado para evitar inundaciones en la vivienda.

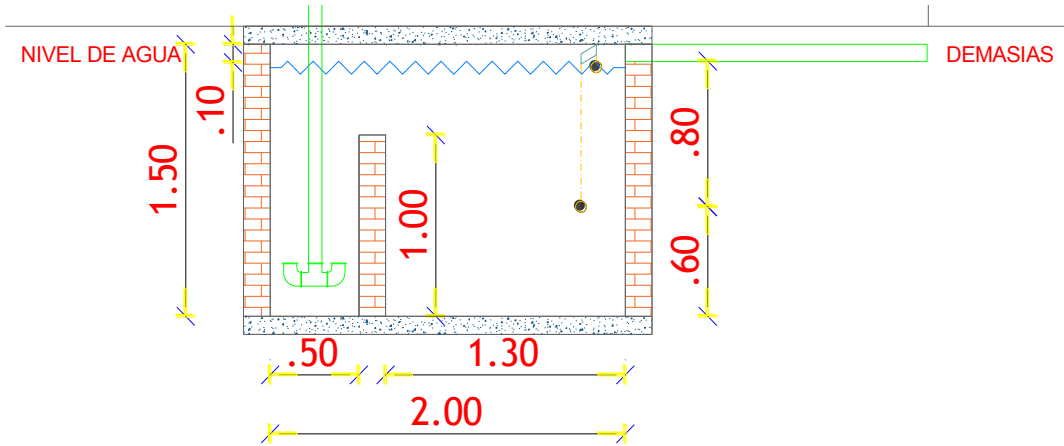


Ilustración 6. Diseño de la cisterna con dos cámaras y dos flotadores.

También es necesaria la bomba eléctrica que tiene un costo de \$3665.00 con una potencia de 1.5 HP con un caudal de 62 l/min y el tinaco equipado de 1100 litros de marca comercial con un costo de \$2099.00.

Se contempla en la inversión solo la conducción del agua de lluvia a la cisterna y el interceptor de primeras aguas, puesto que la cisterna, tinaco y bomba son elementos ya avistados, es decir, su costo ya está intrínsecamente en la edificación de la vivienda tradicional.

Artículos	Precio por unidad (\$)	Pza.	Subtotal (\$)
Tubo PVC 3"	66.98	3	200.94
Codo 3"	8	3	24.00
T 3"	30	1	30.00
Coples 3"	8	1	8.00
T 4"	10	1	10.00
Tubo PVC 4"	83	1	83.00
Codo 4"	10	2	20.00
Ampliación de 3" a 4"	15	1	15.00
total			390.94

Tabla 8. cotización de materiales para la conducción

	Precio (\$)	Tiempo de recuperación (años)
Conducción	390.94	5.949522958
Interceptor de primeras aguas	3600	

Tabla 9. Inversión y tiempo de recuperación.

De acuerdo con SMAPA y las tarifas vigentes para agua potable y alcantarillado, se estima un ahorro económico y ambiental, por reutilizar el agua de lluvia captada, todo calculado con la tarifa de uso 1, clase 1, la cual aparece en el recibo de agua potable de vivienda tradicional.



SISTEMA MUNICIPAL DE
AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Tarifa Aplicable a partir de la Facturación de Noviembre del 2016

Rangos En M3	Uso 1			Uso 2	Uso 3	Uso 4	Uso 6
	Doméstico			Comercial	Oficial	Industrial	Especial
	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase U.	Clase U.	Clase U.	Clase U.
0-15 **	84.63	187.46	232.57	299.4	299.34	373.28	20.00
16-40	7.94	14.05	16.28	20.15	20.16	24.93	20.00
41-80	14.48	14.48	17.8	21.66	21.79	25.66	20.00
81-150	19.45	19.45	21.37	23.59	23.59	26.55	20.00
151-250	21.18	21.18	25.7	26.99	26.13	31.07	20.00
251-Mas	25.22	25.22	26.53	30.34	30.34	34.43	20.00

Nota: Cuota de Alcantarillado 20% del Consumo Factor: 1.007245

Tabla 10. Tarifas vigentes de SMAPA, 2019.

El estudio elaborado indica que durante los meses de mayo a septiembre se presenta las mayores precipitaciones en la ciudad por lo que estos meses son los aprovechables y en los que se ve reflejado el ahorro como se muestra en la siguiente tabla, el mes de mayo no se contempla ya que el primer mes de lluvia debe despreciarse según la bibliografía consultada para este estudio.

BALANCE TEÓRICO MENSUAL											
MESES	Lluvia (mm/m ²)	% lluvia	L/m ²	litros captados	m ³ CAPTADOS	Consumo (L)	m ³ SUMINISTRADOS POR SMAPA	m ³ cobrados despues del costo de renta	Ahorro de agua (%)	tarifa de SMAPA (\$)	AHORRO (\$)
ENE	1.01	0.08673083	1.01	54.54	0.05454	22940	22.88546	7.88546	0.23775065	357.900856	0
FEB	2.84	0.2438768	2.84	153.36	0.15336	20720	20.56664	5.56664	0.74015444	318.80555	0
MAR	5.32	0.45683964	5.32	287.28	0.28728	22940	22.65272	7.65272	1.25231037	353.976859	0
ABRIL	11.22	0.9634851	11.22	605.88	0.60588	22200	21.59412	6.59412	2.72918919	336.128863	0
MAY	127.845455	10.9783592	127.845455	6903.65455	0	22940	22.94	7.94	30.0943964	358.8204	0
JUN	227.081818	19.4999953	227.081818	12262.4182	12.2624182	22200	9.93758182	0	55.2361179	224.952	167.5476295
JUL	197.454545	16.9558388	197.454545	10662.5455	10.6625455	22940	12.2774545	0	46.4801458	224.952	206.9978836
AGO	257.163636	22.0831846	257.163636	13886.8364	13.8868364	22940	9.05316364	0	60.535468	224.952	152.6363389
SEP	253.363636	21.7568705	253.363636	13681.6364	13.6816364	22200	8.51836364	0	61.6289926	224.952	143.6196109
OCT	72.41	6.21799963	72.41	3910.14	3.91014	22940	19.02986	4.02986	17.0450741	292.89544	0
NOV	7.38	0.63373619	7.38	398.52	0.39852	22200	21.80148	6.80148	1.79513514	339.624953	0
DIC	1.43333333	0.12308336	1.43333333	77.4	0.0774	22940	22.8626	7.8626	0.33740192	357.515436	0
										PESOS ANUALES	670.8014629

Tabla 11. Balance mensual de ahorro económico con un sistema de captación de agua de lluvia.

Anexo 2. Ahorro en consumo de agua

Artículos de grifería

Se presenta el análisis de costo y ahorro de los reguladores de flujo, llaves ahorradoras y tradicionales, todas las alternativas contemplando las piezas necesarias en la vivienda.

Reguladores de flujo	Pza.	Precio (\$)	Total (\$)
Regadera RD6-10	1	210	210
Lavamanos AIR25	2	130	260
Tarja DUO 1 VRO	2	350	700
WC	2	380	760
hidroneumático 20 L	1	3800	3800
Total \$			5730

Tabla 12. Inversión de reguladores de flujo.

Cabe resaltar que, para la alternativa de reguladores de flujo, es necesario utilizar un hidroneumático para aumentar la presión en la salida de agua de cada artículo para garantizar su funcionamiento.

En los artículos ahorradores y tradicionales se considera una llave en el patio de las usuales, ya que es para servicios múltiples, por lo que se considera la misma para ambos casos y no poner en desventaja a una alternativa.

Artículos ahorradores	Pza.	Precio (\$)	Precio total (\$)
Regadera economizadora	1	400	400
Lavabo baño	2	300	600
Fregadero cocina	1	360	360
WC	2	1900	3800
Total			5160

Tabla 13. Inversión de artículos ahorradores.

Artículos tradicionales	Pza.	Precio (\$)	Precio total (\$)
Regadera	1	200	200
Lavamanos	2	400	800
Tarja	1	300	300
WC	2	1700	3400
Total			4700

Tabla 14. Inversión artículos tradicionales.

También se muestra la comparación del consumo de agua con cada alternativa, tomando un promedio de varias referencias para colocar un valor a los artículos tradicionales y considerando dos baños en la vivienda. Donde se puede notar que, entre las tradicionales y las ahorradoras, las ahorradoras tienen ventaja en cuestión de ahorro y lo mismo sucede comparado con los reguladores de flujo en el cual solo el WC tiene mayor ahorro de agua, los datos para estos reguladores de agua fueron tomados de la empresa isla urbana.

Artículos	Tradicional consumo (l/min)	Ahorradores consumo (l/min)	Ahorro por usar ahorradores (l/min)	Ahorro por número de pza. en la vivienda (l/min)
Regaderas	15	3.7	11.3	11.3
Lavabo baño	5	2.5	2.5	5
Fregadero cocina	10	3.5	6.5	6.5
WC	5	4	1	2
Total L	35	13.7	21.3	24.8

Tabla 15. Comparación de consumo de agua de artículos tradiciones vs artículos ahorradores.

Reguladores de flujo	Reguladores consumo (l/min)	Ahorradores consumo (l/min)	Ahorro por usar ahorradores (l/min)	Ahorro por número de pza. en la vivienda (l/min)
Regadera RD6-10	6	3.7	2.3	2.3
Lavamanos AIR25	2.5	2.5	0	0

Tarja DUO 1 VRO	5	3.5	1.5	3
WC	1.5	4	-2.5	-5
Total L	15	13.7	3.8	5.3

Tabla 16. Comparación de consumo de agua de artículos ahorradores vs los reguladores de flujo.

Teniendo como resultado la comparativa siguiente:

Alternativas	Total (\$)	Consumo de agua mensual (l)	Consumo en m ³
Reguladores de agua	5,730	12,600	12.6
Artículos ahorradores	5,160	7,500	7.5
Artículos tradicionales	4,700	24,960	24.96

Tabla 17. Comparación de las diferentes alternativas para disminuir el consumo de agua.

Anexo 3. Tratamiento de agua residual

Biojardinera

Debe tener la capacidad de retener el agua que se descargue en la vivienda, en este caso se considera una familia de 4 personas y que el 80% de agua que se utiliza en la vivienda es devuelta a la alcantarilla, de lo cual se hizo un estimado de agua residual diario.

Consumo por persona (l/d)	Consumo por vivienda (l/d)	Agua residual por vivienda(l/d)	Caudal (m ³ /d)
185	740	592	0.592

Tabla 18. Estimado de agua a tratar.

Como en la vivienda se propone artículos ahorradores de agua, el agua que se consume será menor al anterior estimado, por lo que calculamos un estimado con el gasto de cada artículo ahorrador y como la biojardinera es un tratamiento para aguas grises, se descarta también el agua del WC.

Aguas grises	Caudal diario (l/d)	Caudal semanal (l)
Lavadora	70	280
lavamanos baño	40	280
Lavamanos cocina	56	392
Regadera	74	518
Patio de servicio	56	392
Total l	266	1862
Total m ³	0.266	1.862

Tabla 19. Estimado de agua a tratar con el uso de artículos ahorradores.

Con base en varios manuales de biojardineras, expuestos en la biografía, se tomaron como medidas estándar para una familia de 4 personas las siguientes, y se calculó el Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) y porosidad (n).

Profundidad (m)	Largo (m)	Ancho (m)	volumen (m ³)	Pendiente (%)	TRH (h)	n
0.5	2	1	1	1	18.04511278	0.35

Tabla 20. Medidas para biojardinera.

El costo de esta biojardinera se contempla en:

Pza.	Precio (\$)	Cantidad	Total (\$)
Tubo PVC 2" (m)	50	4	200
Codo PVC	20	1	20
Tapón PVC	5	1	5
Reductor de 2" y 1" a 1/2"	20	1	20
Arena y tierra	350	1	350
Grava o tezontle	450	1	450
Cemento	180	3	540
Ladrillo	4	200	800
Total			2385

Tabla 21. Estimación económica de biojardinera.

Trampa de grasas

Se realizaron visitas a talleres mecánicos y observamos que normalmente utilizan el siguiente diseño de trampa de grasas y su funcionamiento es aceptable, por lo cual decidimos proponer un diseño similar.

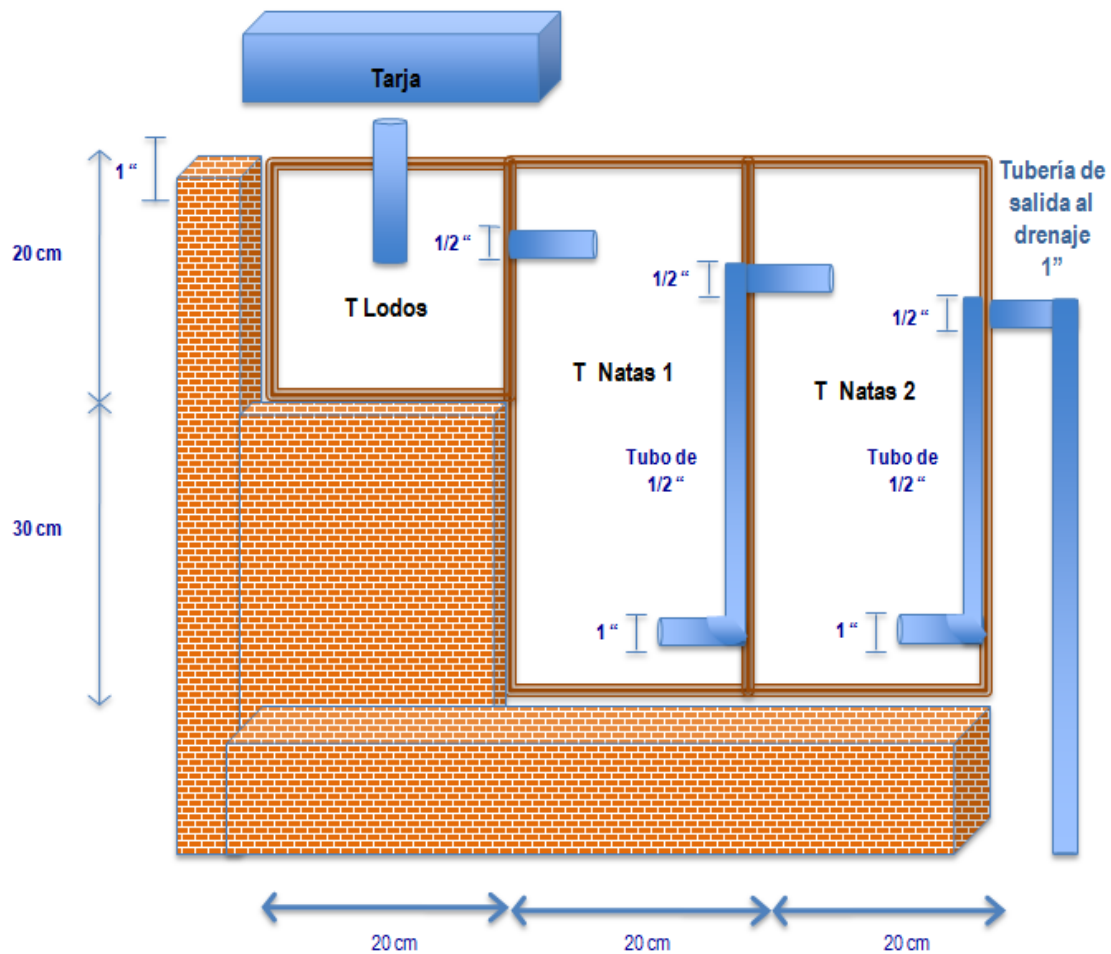


Ilustración 7. Diseño de trampa de grasas.

Anexo 4. Suministro de energía eléctrica

Diseño del sistema solar fotovoltaico

En Tuxtla se consume un total de 712,909 MWh. Este municipio consume el 25% de la electricidad de Chiapas pero solo tiene el 15% de los usuarios del estado, de los cuales el 87%, (620,230.83 MWh) son Domésticos, (SENER & Mundial, 2016).

Para el 2015, INEGI reporta 2160 210 viviendas habitadas en Tuxtla Gutiérrez.

Consumo bimestral:

$$620,230.83 \text{ MWh} / 2160 \text{ 210 viviendas habitadas} = 0.287 \text{ MWh/v} = 287.12 \text{ KWh/v}$$

Por margen de seguridad se contempla un 20%, siendo el total de energía necesaria de: **5664 Wh/d**

Consumo energético en Tuxtla Gutiérrez			
Bimestral (kWh)	Anual (kWh)	Diario (kWh)	Total de energía necesario (Wh/d) por margen de seguridad 20%
287.12	1722.72	4.719	5664

Tabla 22. Estimación de consumo energético promedio en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

Se consideró la inclinación óptima de acuerdo a los factores de pérdida energética por orientación e inclinación del catálogo de Conermex 2016 para la ciudad de Tuxtla Gutiérrez de:

15° de orientación respecto al acimut y de -15° al Este hasta 30° al Oeste.

Todos los datos y especificaciones del panel solar que se examina se muestran a continuación, para estos cálculos se usó la siguiente fórmula:

Número total de módulos necesarios = Consumo medio diario / (potencia pico del módulo en condiciones estándar de medida de STC * HPS del mes crítico * factor global de funcionamiento (0.90)).

DATOS	VALOR	ESPECIFICACIONES	ÁREA REQUERIDA EN m ²
Potencia pico del módulo (W)	330	modelo: JS Solar JS310-330P	
Horas de sol pico (HPS) del mes critico	4.2	Julio	
Consumo diario mensual requerido (Wh/d)	4719.78082		
Por margen de seguridad del 20%	1.2	valor usado por defecto	
Capacidad de energía diaria que nos da cada panel (Wh)	1663.2	L: 1.956 m A: 0.992 m	1.940352
Paneles necesarios para generar la energía que demanda la vivienda	4.08639032	4 paneles en total	7.761408
Generación total de energía diaria que nos da el sistema (Wh)	6652.8		
Generación mensual estimada(Wh)	199584		

Tabla 23. Datos generales del sistema fotovoltaico.

El estudio de generación de energía eléctrica del sistema fotovoltaico de 4 paneles solares, se estimó fue con el promedio de horas solar pico (HPS) de cada mes, teniendo un estimado anual y se tomó los precios de CFE del kWh del año 2019 de acuerdo a la tarifa 1B que es servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 28° C.

MESES	HPS promedio (Wh/m2)	Capacidad de energía diaria con el sistema fotovoltaico (kWh)	Generación de energía mensual con el sistema fotovoltaico (kWh)	Energía mensual requerida en la vivienda (kW)	Excedente de energía (kW)	Precio kWh por CFE, 2019 (\$)		Ahorro económico (\$) con la generación
						75 W	100 W	
Enero	3.7	5.860	181.684	146.313	35.371	0.796	0.96	162.117
Febrero	4.36	6.906	193.374	132.153	61.220	0.799	0.964	174.038
Marzo	3.97	6.288	194.942	146.313	48.629	0.802	0.968	176.254
Abril	4.27	6.763	202.910	141.593	61.317	0.805	0.972	184.703
Mayo	3.92	6.209	192.487	146.313	46.174	0.712	0.837	151.737
Junio	3.12	4.942	148.262	141.593	6.669	0.715	0.84	115.165
Julio	4.2	6.652	206.236	146.313	59.923	0.718	0.843	164.482

Agosto	4.44	7.032	218.021	146.313	71.708	0.721	0.846	175.071
Septiembre	3.71	5.876	176.299	141.593	34.705	0.724	0.849	140.303
Octubre	3.94	6.240	193.469	146.313	47.156	0.727	0.852	155.461
Noviembre	3.74	5.924	177.724	141.593	36.131	0.826	1	164.674
Diciembre	4.16	6.589	204.272	146.313	57.959	0.829	1.004	191.964
Anual			2289.687	1722.719	566.968	0.7645	0.9113	1955.974
Promedio			190.807				IVA	2268.930

Tabla 24. Estimación de generación de energía mensual con el sistema fotovoltaico.

Evaluación económica con todas las piezas necesarias para el sistema fotovoltaico el cual tendría un periodo simple de recuperación de 35.8 años.

Propuesta económica del sistema fotovoltaico				
Unidad	Descripción	Costo \$	Piezas	Total \$
Pza.	Módulo fotovoltaico, tipo policristalino, capacidad nominal, 330 W, Marca JS SOLAR, Modelo JS-325P	4496.00	4	17984.00
Pza.	Inversor para interconexión a la red eléctrica, marca GOODWE, modelo GW3600D-NS	40000.00	1	40000.00
Pza.	Soporte estructural de aluminio anodizado para 4 módulos fotovoltaicos, marca BAWI.	3445.20	1	3445.2
Lote	Interconexión del sistema fotovoltaico, incluye: materiales de interconexión, cable fotovoltaico calibre 14, cable unipolar calibre 10, conectores tipo mc4, fusibles de 15a, supresores de picos, interruptores de seguridad y tubería conduit.	20000.00	1	20000.00
			TOTAL	81429.20

Tabla 25. Evaluación económica del sistema fotovoltaico.

Baldosas inteligentes

Respecto a los estudios revisados de la factibilidad para la instalación de baldosas generadoras de energía, se considera aún una tecnología inviable para su aplicación, respecto al precio que manejan las únicas dos empresas que las producen a nivel comercial, de la marca Pavegen en \$7473.55 (precio estimado a partir de una cotización de Morras en el 2019), por cada baldosa, además de señalar que estos sistemas fueron evaluados con una frecuencia de pisadas por hora de 4

496.69 según el estudio de Lucía Morras Barrio para la UPM, donde la fluidez de personas es mayor de lo que es en una vivienda.

Anexo 5. Ahorro en el consumo eléctrico

Sistemas pasivos (orientación, aislamiento térmico-doble techo, ventanas grandes, baños grandes, colores de impermeabilizantes).

- Ventilación natural (vientos)

Favorece las condiciones para que se produzcan corrientes de aire, esta técnica permite el ingreso de aire exterior dentro de la vivienda por medios no mecánicos.

La eficiencia energética tiene como objetivo reducir la energía necesaria para realizar una actividad, es aquí donde los sistemas pasivos favorecen., especialmente los vientos, ya que es un sistema con el cual no se necesita gasto extra, más que una buena distribución arquitectónica de los espacios y esto hará que bajen la temperatura dentro del edificio manifestando confort a los habitantes.

Para comprobar esta alternativa se utiliza una formula muy sencilla:

$$\text{CONSUMO ENERGÉTICO} = \frac{\text{DEMANDA ENERGÉTICA}}{\text{RENDIMIENTO MEDIO DEL SISTEMA}}$$

El consumo energético en nuestro hogar debe ser menor con los sistemas de ventilación, pues, la demanda energética debe reducir al estar el espacio ventilado, es decir si naturalmente podemos descender la temperatura en nuestra vivienda, los aparatos que usualmente utilizamos para bajar la temperatura del lugar serian menos utilizados.

De acuerdo a la ecuación de Lambert, se calcula el factor de ahorro energético por el uso de la ventilación natural para los diversos meses del año:

$$\text{Ecuación de Lambert: } P = \frac{0.30 * (EqNumDPI) + 0.40 * \left\{ \left(EqNumCA * \frac{AC}{AU} \right) + \left[\left(1 - \frac{AC}{AU} \right) * 5 \right] \right\}}{0.30 * \left\{ EqNumCA * \frac{AC}{AU} + \left[\left(1 - \frac{AC}{AU} \right) * 5 \right] \right\}}$$

Donde:

P= Factor de ahorro energético debido al uso de la ventilación natural.

EqNum= Equivalente Numérico para los niveles de eficiencia: A = 5, B = 4, C = 3, D = 2, E = 1.

AC/AU= Relación de horas en confort con y sin aire acondicionado.

Para la ciudad de Tuxtla Gutiérrez según la tesis “Potencial estimado para el aprovechamiento de la ventilación natural para la climatización de edificios en México”, es de:

Tuxtla Gutierrez		
mes	horas de confort	Factor de ahorro energético
Enero	4	0.167
Febrero	4	0.167
Marzo	4	0.167
Abril	5	0.183
Mayo	5	0.183
Junio	6	0.2
Julio	4	0.167
Agosto	4	0.167
Septiembre	5	0.183
Octubre	4	0.167
Noviembre	4	0.167
Diciembre	4	0.167

Tabla 26. Datos de Oropeza, 2008 sobre el factor de ahorro energético para Tuxtla Gtz.

Considerando que el clima de Tuxtla Gutiérrez es cálido subhúmedo, y que es una zona que, por sus rasgos geográficos, los vientos predominantes son: por Influencia de la Zona Intertropical de Convergencia en verano, ciclones tropicales en verano y otoño y vientos Alisios todo el año (Oropeza, 2008).

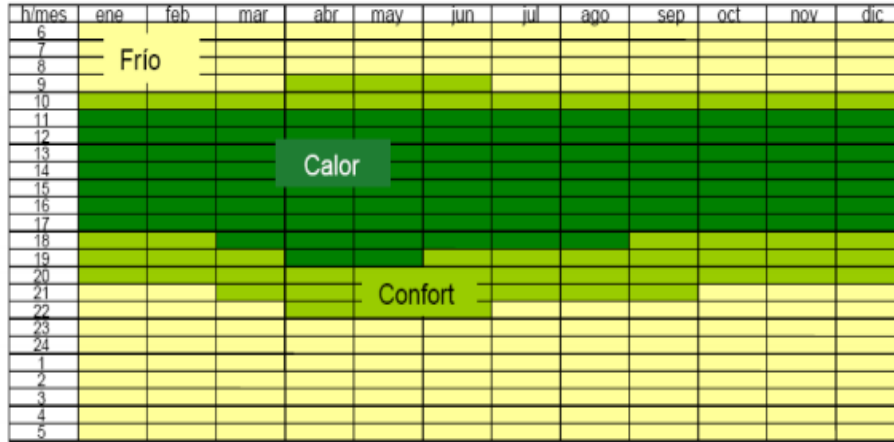


Ilustración 8 .Diagrama de isorequerimientos para Tuxtla Gutiérrez.

De acuerdo al análisis de datos del viento reportados por la EMA de Tuxtla Gutiérrez en el Año 2015, donde se observa que la dirección de vientos proviene del sureste y noreste, y coincidiendo con los datos de Oropeza, donde recomienda que para esta dirección de vientos lo recomendable es proponer la orientación de las aberturas en noreste-suroeste, además sugiere que la ventilación natural debería ocurrir entre las once de la mañana y siete de la tarde, considera materiales de mediana o poco inercia térmica y como uso sistemas auxiliares de ventilación de tipo mecánica en ciertas horas del día durante todo el año.

Por ello se decidió que las medidas mínimas para los espacios de la vivienda deben ser las siguientes, propuestas por el CEV.

Espacio de la vivienda	Área mínima (m ²)	Lado mínimo (m)
Sala	7.29	2.70
Comedor	4.41	2.10
Recamara	7.29	2.70
Cocina	3.30	1.50
Baño	2.73	1.30
½ baño rectangular	1.69	1.30
Patio-lavandería	2.66	1.40

Tabla 27. Medidas mínimas de acuerdo el clima por el CEV.

Sin embargo, Tuxtla Gutiérrez ha llegado a presentar temperaturas extremas de hasta 42 °C (Samayoa, 2017), por lo que es recomendable prepararse para estas temperaturas altas.

Techos y muros verdes

Se comparó la tecnologías y opciones de aislantes térmicos en techos existentes en el mercado, fuente: (Trujillo, Rangel, & Castañeda, 2015), (Máximadimensión, 2014), (Multypanel, 2014), (Thermotek, 2015), (GrupoBari, 2015), (Gonzalez, 1997).

Y de acuerdo al análisis presentado por Trujillo, y respecto a las otras tecnologías analizadas, donde se tiene considerado el sistema de captación de agua lluvia, se considera usar un techo tipo sándwich de concreto con relleno de poliestireno que tiene un costo de \$195.30 por metro cuadrado el cual sería de \$11,718.00, de acuerdo a este estudio y nuestra área considerada de techo.

Además de las ventajas de este techo en comparación a otros (Trujillo, Rangel, & Castañeda, 2015) que se muestra en la siguiente tabla:

		1	2	3	4	5
#	Criterio	Poliuretano esparado (Isocianato polimérico colado 358-30)	Techo verde extensivo	Multytecho	Impermeabilizante acrílico celular Bioreflexion fotosensible 20 años	Sándwich de Concreto con relleno de poliestireno
1	Conductividad Térmica λ W/mK	0.0195	0.300	0.1320	0.0625	0.0370
	Espesor	0.0254	0.1000	0.0375	0.0035	0.0254
2	Resistencia Térmica Km^2/W	1.3100	0.0580	0.2840	0.0560	0.6864
3	NOM-018-ENER 1997	Pendiente	Pendiente	Cumple	Pendiente	Cumple
4	NOM 020 ENER 2011	Pendiente	Cumple	Pendiente	Pendiente	Pendiente
5	ASTM C-518	Pendiente	Pendiente	Cumple	Pendiente	Pendiente
6	Precio m^2	\$189.93	\$180.90	\$1,743.65	\$133.40	\$195.30
7	Peso promedio kg/m^2	0.8128	150.0	16.78	2.40	96.0
8	Rapidez de colocación	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
9	Emite GEI	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto
10	Dependencia Tecnológica	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto
11	Químicos peligrosos	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto
12	Absorbe rayos ultravioletas	Nulo	Alto	Nulo	Nulo	Nulo
13	Reducción de ruidos	Medio	Alto	Bajo	Nulo	Nulo
14	Ciclo del agua	Nulo	Alto	Nulo	Nulo	Nulo
15	Consumo eléctrico %	Bajo	28	Bajo	Medio	Medio
16	Calificación	75%	90%	85%	80%	80%

Ilustración 9. Criterios de cada alternativa para techo.

Techo de vigueta y bovedilla (Thermobari)

Este sistema cumple los requisitos y parámetros que INFONAVIT y el FIDE requieren para el desarrollo de viviendas ecológicas, logra ahorros de energía significativos, evita el calor en los edificios logrando un ambiente de confort (Bari, 2017).

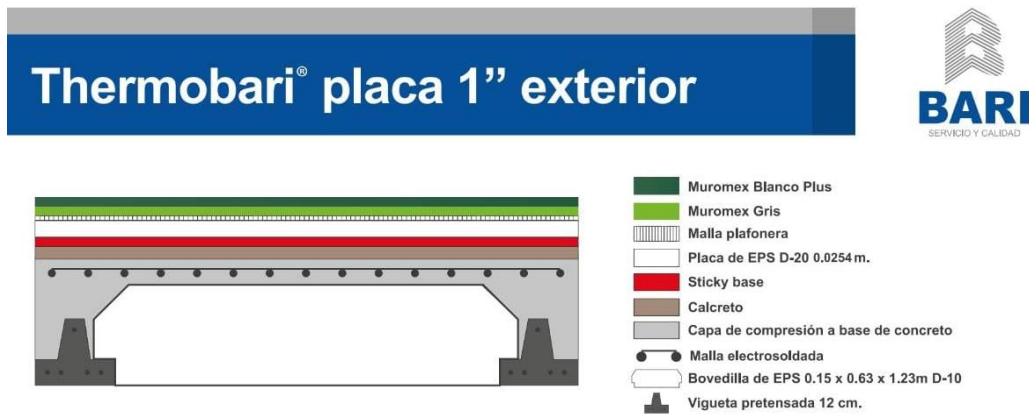


Ilustración 10. Tipo de techo evaluado, imagen de Bari, 2017.

La cotización realizada por Grupo Bari fue la siguiente:

refuerzo de malla-lac 6-6/6-6, en losas de concreto; incluye: alambre de amarre, traslapes, desperdicios, cortes, herramienta, acarreo fuera y dentro de la obra y manos de obra.	m ²	60.0000	72.85	4,371.00
Total				13,705.86
Cotización 2 techo Thermobari				14,765.15
COSTO FINAL TECHO THERMOBARI				28,471.01

Tabla 28. Estimación final de techo Thermobari.

Es importante resaltar en el costo se considera ya la mano de obra, que como se sabe es un coste significativo en la realización de construcciones.

Techo multipanel

Son aislantes térmicos y acústicos. También son muy ligeros con fijación mecánica a una estructura metálica secundaria muy fácil, práctica y el material puede ser 100% recuperable. Por su ligereza el manejo es muy sencillo.

Gracias a la investigación en campo de este tipo de techo, se tomaron las siguientes fotografías, el día 15 de noviembre de 2019, en el municipio de Villa Comaltitlán, Chiapas.



Ilustración 12. Vista superior techo multipanel.



Ilustración 13. Vista interior del edificio techo multipanel.

Para saber un aproximado de dicho techo el Arq. Gilberto López Laguna aportó basado en su experiencia la siguiente cotización, la cual incluye mano de obra.

HERRERIA	UNIDAD DE MEDIDA	DIMENSIÓN	PRECIO (\$)	TOTAL (\$)
sum., habilitado y montaje de perfil monten para estructura de cubierta incl.: anclas, separadores trabes metálicas, canal de conexión, largueros, soldadura, pintura (con protección u. v.) anticorrosiva, herramienta, mano de obra y acarreo fuera y dentro de la obra.	kg	569.6300	59.62	33,961.34
suministro, colocación, y fijación de techumbre ligera cal 26 a base de paneles con núcleo de poliestireno expandido auto extinguido de 3" de espesor, o con núcleo de espuma de poliuretano de 1 1/2" de espesor, en color interior-exterior: arena-arena, marcas fanosa, ternium multipanel, metecno, glamet o similar en calidad y costo. incluye: colocación de caballete liso o dentado, tapajuntas, tapagoteras con pijas autorrosantes galvanizadas con arandela de neopreno, botaguas, sellador, herrajes de fijación, alineación, herramientas, mano de obra acarreo fuera y dentro de la obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m ²	60.0000	1,075.97	64,558.20
Total HERRERIA				98,519.54

Tabla 29. Estimación techo multipanel.

Iluminación LED

La comparación entre las lámparas LED y los focos ecológicos mostró notable diferencia en cuestión del consumo de watts y los años de vida, por lo que las lámparas LED tienen ventaja sobre las ecológicas.

	Precio (\$)	Consumo (W)	Años de vida	Flujo luminoso (Lúmenes)	Costo diario de energía (\$)	Costo anual de energía (\$)	Costo de energía en 15 unidades para toda la vivienda (\$)	Inversión por 15 unidades (\$)
Lámpara LED	40	9	15	800	0.16	60.27	904.09	600.00

Foco espiral "ecológica"	40	14	9	800	0.25	93.75	1406.37	600.00
Diferencia	0	5	6	0	0.09	33.48	502.27	0

Tabla 30. Comparación de lámparas LED y lámparas ecológicas.

Al hacer un aproximado a 30 años de la iluminación en la vivienda, la inversión y gastos es aún más notable a favor de las lámparas LED.

Gasto final por un periodo de 30 años		Focos necesarios	Precio por focos necesarios (\$)	Gasto final (\$)	Por total de focos en la vivienda	Costo de energía por total de focos en la vivienda (\$)
	Lámpara LED	2	80.00	1888.19	28322.93	1808.19
Foco espiral "ecológica"	4	160.00	2972.74	44591.22	42191.22	

Tabla 31. Estimación a 30 años de la iluminación en la vivienda.

Donde el periodo simple de recuperación de la inversión en lámparas LED para la vivienda contemplando un periodo de 30 años se recupera en 0.7 años, es decir 7 meses.

Calentador solar

Referente a los calentadores de agua, los precios son bastante heterogéneos al igual que la capacidad que tiene cada uno y el consumo de energía.

Calentador de agua	Precio promedio (\$)	Número de servicios	Energía	Vida útil
Solar	5600.00	5	0	25 años
Boiler	9000.00	4	LP	12 años
Eléctrico ecológico	1340.00	1	6.9 Kw y LP	25 años

Tabla 32. Comparativo de calentadores de agua.

Por lo que queda comprobado que un calentador solar es más eficiente en una vivienda, tiene mayor capacidad y lo más sobresaliente que no consume nada más que la energía del sol.

Tomando en cuenta las especificaciones para el calentador solar, determinadas en la **NMX-AA-164-SCFI-2013**. El cual es un calentador solar de almacenamiento.

Tipo de Calentador	Volumen (L)	Eficiencia Térmica, mínima (%)
Almacenamiento	1 - 40	78
	+ 40 - 62	79
	+ 62 - 106	81
	+ 106 - 400	85
Rápida recuperación		85
Instantáneo	Hasta a 8 L/min	85
	Mayor a 8 L/min	87

Tabla 33. Especificaciones de eficiencia térmica para calentadores solares de la NMX-AA-164-SCFI-2013.

Anexo 6. Residuos

Disposición final

No genera ningún costo, al contrario, hay residuos por los cuales las empresas recicladoras pagan, lo cual crea un ingreso en la familia además de favorecer al ambiente y su conservación.

A continuación, se muestra algunas de estas empresas y su dirección correspondiente en la ciudad.

Empresa	Materiales que reciclan	Dirección
REFICH	Cartón, archivo, revista, plástico duro y aluminio.	CONASUPO 56, San José Terán, 29057 Tuxtla Gutiérrez, Chis.
Renovables MOCA	Aceite vegetal quemado	Andador vía láctea manzana 4 casa 1, FOVISSSTE Paraíso 29037, Tuxtla Gutiérrez, chis.
Recicladora JUANJO	Papel, cartón, vidrio	Loma Bonita, 29050 Tuxtla Gutiérrez, Chis.
ECOICYC	Plástico	Segunda Ote. Sur No.676, Francisco I. Madero, 29090 Tuxtla Gutiérrez, Chis.
CORPSA	Plásticos, cartón, archivo	Calz. Emiliano Zapata #62, Terán, 29000 Tuxtla Gutiérrez, Chis.
Martínez	Metal	Calz. Samuel León Brindis 2830, San Juan Sabinito, 29090 Tuxtla Gutiérrez, Chis.
Recuperadora de metales	Metal	Diversas dentro del municipio.

Tabla 34. Listado de empresas para disposición final a los residuos sólidos urbanos.

Respecto al compostador en el mercado existen diferentes modelos que van desde los \$800.00 de 26 x 22” en tamaño. El compostero fiskars, es un ejemplo, con un precio de \$995.28.



Ilustración 14. Fiskars contenedor plegable.

Separación

Para poder ejercer una disposición final es necesario antes separar estos residuos, las gavetas estibables tienen un valor de \$1500.00 c/u, con medidas de 18 x 15 x 17". Claro, cabe resaltar que cualquiera otra propuesta es válida incluso con materiales caseros, esto es solo por propuesta y un promedio aproximado por los diferentes precios existentes en el mercado.



Ilustración 15. Gavetas estibables.