

**ITCA**  **FEPADE**  
**TÉCNICOS E INGENIEROS**

ISBN: 978-99961-39-98-7 (Impreso)  
ISBN: 978-99983-69-11-5 (E-Book, pdf)

**INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN**

## **DISEÑO DE CASA BIOCLIMÁTICA AUTOSOSTENIBLE**

**EN ASOCIO CON COLLEGE OF THE CANYONS,  
SANTA CLARITA, CALIFORNIA, USA Y HABITAT  
PARA LA HUMANIDAD EL SALVADOR**

**DOCENTE INVESTIGADORA PRINCIPAL  
ARQ. EVA MARGARITA PINEDA LUNA**

**DOCENTE COINVESTIGADOR  
TÉC. DAVID ERNESTO CHÁVEZ ESCALANTE**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL**

**ENERO 2023**



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN,  
CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA



ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA-FEPADE  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL  
SANTA TECLA, LA LIBERTAD, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA





**ITCA**  **FEPADE**  
**TÉCNICOS E INGENIEROS**

ISBN: 978-99961-39-98-7 (Impreso)  
ISBN: 978-99983-69-11-5 (E-Book, pdf)

**INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN**

## **DISEÑO DE CASA BIOCLIMÁTICA AUTOSOSTENIBLE**

**EN ASOCIO CON COLLEGE OF THE CANYONS,  
SANTA CLARITA, CALIFORNIA, USA Y HABITAT  
PARA LA HUMANIDAD EL SALVADOR**

**DOCENTE INVESTIGADORA PRINCIPAL  
ARQ. EVA MARGARITA PINEDA LUNA**

**DOCENTE COINVESTIGADOR  
TÉC. DAVID ERNESTO CHÁVEZ ESCALANTE**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL**

**ENERO 2023**



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN,  
CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA



ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA-FEPADE  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL  
SANTA TECLA, LA LIBERTAD, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA



**Rector**

Ing. Carlos Alberto Arriola Martínez

**Vicerrector Académico**

Ing. Christian Antonio Guevara Orantes

**Director de Investigación  
y Proyección Social**

Ing. Mario W. Montes Arias

**Dirección de Investigación  
y Proyección Social**

Ing. David Emmanuel Ágreda Trujillo

Inga. Ingrid Janeth Ulloa de Posada

Téc. Alexandra María Cortez Campos

Sra. Delmy Roxana Reyes Zepeda

**Director Escuela de  
Ingeniería Civil y Arquitectura**

Ing. Santos Jacinto Pérez Escalante

720.47

P649d Pineda Luna, Eva Margarita, 1989-

slv

Diseño de casa bioclimática autosostenible [recurso electrónico] : en asocio con College of the Canyons, Santa Clarita, California, USA y Hábitat para la Humanidad El Salvador / Eva Margarita Pineda Luna, David Ernesto Chávez Escalante. -- 1ª ed. -- Santa Tecla, La Libertad, El Salv. : ITCA Editores, 2023.

1 recurso electrónico, (109 p. : il. ; 28 cm.)

Datos electrónicos (1 archivo : pdf, 14 MB). --  
<https://www.itca.edu.sv/produccion-academica/>

ISBN: 978-99961-39-98-7 (Impreso)

ISBN: 978-99983-69-11-5 (E-Book, pdf)

1. Arquitectura doméstica - Aspectos ambientales. 2. Construcción de viviendas - Diseño. 3. Viviendas - Conservación de energía. I. Chávez Escalante, David Ernesto, 1996- coaut. II. Título.

**Autora**

Arq. Eva Margarita Pineda Luna

**Co Autor**

Téc. David Ernesto Chávez Escalante.

Tiraje: 13 ejemplares

Año 2023

Este documento técnico es una publicación de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE; tiene el propósito de difundir la Ciencia, la Tecnología y la Innovación CTI, entre la comunidad académica, el sector empresarial y la sociedad, como un aporte al desarrollo del país. Para referirse al contenido debe citar el nombre del autor y el título del documento. El contenido de este Informe es responsabilidad de los autores.



Atribución-No Comercial  
Compartir Igual  
4.0 Internacional

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons. No se permite el uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, cuya distribución debe hacerse mediante una licencia igual que la sujeta a la obra original.

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE

Km 11.5 carretera a Santa Tecla, La Libertad, El Salvador, Centro América

Sitio Web: [www.itca.edu.sv](http://www.itca.edu.sv)

TEL: (503)2132-7423



## CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	4
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	5
2.1.DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	5
2.2.ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA .....	5
2.3.JUSTIFICACIÓN .....	6
3. OBJETIVOS.....	6
3.1.OBJETIVO GENERAL .....	6
3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
4. HIPÓTESIS .....	6
5. MARCO TEÓRICO.....	7
5.1.PRINCIPALES CONCEPTOS DE ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA .....	7
5.2.¿CÓMO SE CONSIGUE EL CONFORT TÉRMICO? .....	9
5.3.ENERGÍAS RENOVABLES .....	9
5.4.ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS .....	10
5.5.CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS.....	16
5.6.CONSUMO SUSTENTABLE DE AGUA EN VIVIENDAS .....	20
5.7.CONSUMO HUMANO DE AGUA .....	21
5.8.SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS .....	22
5.9.ESTRUCTURAS DE MANTENIMIENTO DE SISTEMAS COMPLEMENTARIOS .....	35
5.10. SISTEMA CONSTRUCTIVO.....	38
5.11. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE ODS. OBJETIVO 11- CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES .....	41
6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....	42
7. RESULTADOS.....	46
7.1.CAPACITACIÓN DE CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS.....	46
7.2.ANÁLISIS DE SITIO .....	48
7.3.SISTEMA CONSTRUCTIVO DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICO SOSTENIBLE .....	56
7.4.SISTEMAS COMPLEMENTARIOS .....	58
7.5.PROPUESTA DEL MODELO DE VIVIENDA.....	70
8. CONCLUSIONES .....	86
9. RECOMENDACIONES.....	87
10.GLOSARIO .....	87
11.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	88
12.ANEXOS .....	90
12.1. ANEXO 1 - POZO DE ABSORCIÓN .....	90
12.1. ANEXO 2 - PLANOS DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA SOSTENIBLE.....	94

## 1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación tuvo como objetivo diseñar una vivienda bioclimática sostenible teniendo en cuenta su relación con el clima y el entorno, a fin de maximizar la eficiencia energética y minimizar su impacto ambiental. Se busca aprovechar los recursos naturales disponibles en la zona donde se ubica la vivienda, como la luz solar, el viento, la vegetación, entre otros, para conseguir un ambiente interior saludable, confortable y respetuoso con el medio ambiente.

El desarrollo de la investigación se realizó a través de una recolección de información del sitio, clima y normativas nacionales e internacionales de diseño y energías renovables. Se capacitó a estudiantes en el manejo de software, bioclimatismo y sostenibilidad, para garantizar el correcto apoyo en el diseño de la vivienda y así crear la propuesta de la vivienda, elaborando planos de construcción, diseñando sistemas complementarios de captación de aguas lluvias, tratamiento de aguas grises y la aplicación de sistema fotovoltaico.

Se diseñaron los sistemas complementarios de energía fotovoltaica, techo verde, captación de aguas lluvias y tratamiento de aguas grises, cumpliendo con normativas nacionales e internacionales. El diseño consiste en una vivienda de 72.00 m<sup>2</sup> que cuenta con los espacios mínimos para una familia de 6 miembros. Cuenta con tres dormitorios, uno principal y dos compartidos, baño y medio, servicios sanitarios, y áreas de convivencia familiar, como la sala, comedor, cocina, corredores exteriores, área de lavadero y cuarto de servicio de energía. Cada espacio cuenta con dos o más ventanas para generar el efecto de ventilación cruzada, para que el aire caliente sea desalojado de los espacios y genere un mejor confort interno. En la parte superior de la pared de la sala se ubica un grupo de ventanas que ayudarán a la ventilación natural interna a través del efecto chimenea, el cual inyecta aire frío que tiene más densidad por los bloques celosía instalados en la parte inferior, el aire caliente es empujado hacia arriba ya que posee menor densidad y es expulsado por las ventanas altas. La capa de vegetación colocada sobre el techo sirve como aislante térmico, la vegetación reduce el efecto de isla de calor que genera los techos y también filtra los contaminantes del aire como el CO<sub>2</sub>.

Es recomendable que la ubicación de los dormitorios dentro de la vivienda debe estar siempre en el sentido norte o noreste del terreno, para el aprovechamiento del sentido del viento y el recorrido del sol.

Estas viviendas buscan aprovechar los recursos naturales disponibles en la zona donde se ubican, como la luz solar, el viento, la vegetación, entre otros, para conseguir un ambiente interior saludable, confortable y respetuoso con el medio ambiente. Las características principales de este tipo de diseños de vivienda bioclimática sostenible deben contemplar aspectos como la orientación, la forma, los materiales de construcción, la ventilación, el aislamiento térmico, la iluminación natural, el uso de energías renovables, entre otros. Estas construcciones no solo reducen el impacto ambiental, sino que también pueden generar ahorros significativos en los gastos de energía a largo plazo.

La investigación se realizó por la importancia de brindar una alternativa de diseño para una vivienda bioclimática sostenible que responda a las necesidades de los usuarios y que sea respetuosa con el medio ambiente, confortable y eficiente en términos energéticos.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

El Salvador tiene una extensión territorial de 20,554 mil kilómetros cuadrados, con una población de seis millones de habitantes, es uno de los países con mayor densidad poblacional en América Latina. Con un déficit habitacional que afecta a 8 de cada 10 salvadoreños (INCAE, 2016), y para el 35.2% de las familias salvadoreñas que forman parte del porcentaje de Pobreza Multidimensional en el país (PNUD, 2015), la vivienda es uno de los aspectos fundamentales que deben ser intervenidos para brindar mejores condiciones de vida a más personas.

Las viviendas en El Salvador, en su mayoría, son construidas con materiales tradicionales, como es el caso de bloques que concreto, ladrillos de barro, adobe o bajareque, pero en el caso de las personas que no poseen las condiciones económicas suficientes para la construcción de una vivienda digna, los materiales con los cuales construyen no son los más indicados, como láminas y bolsas de nylon, estas sin un control de calidad que garantice su resistencia ante condiciones ambientales. [1]

En este proyecto de investigación se hace énfasis fundamental en la comodidad interior del diseño residencial, la seguridad estructural, la larga vida útil y las bajas necesidades de mantenimiento para los residentes. Nuestra intención de abordar directamente el sitio del proyecto no solo es proporcionar soluciones climáticas más cercanas a la realidad de la región, sino también brindar una experiencia educativa única para que nuestros estudiantes puedan identificar las influencias climáticas en el diseño que presenta el sitio.

El diseño de la vivienda propone incorporar la capacidad de recuperación de agua de lluvia para ser reutilizada en las descargas de los inodoros, así como el tratamiento de las aguas grises domésticas para su filtración. El almacenamiento en batería de la energía generada por el sistema solar fotovoltaico en el lugar proporcionará una fuente de respaldo de electricidad para su uso durante la noche y durante las interrupciones de la red de servicios públicos.

Está claro que la vivienda bioclimática busca ser la mejor respuesta al clima del lugar donde se encuentra, proporcionando un mayor confort con un menor gasto de energía. Se precisa entonces estudiar la adaptación de un diseño bioclimático en viviendas de este tipo.

### **2.2. ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA**

Se desarrolló una investigación sobre el diseño y construcción de vivienda de interés social bioclimática; en asocio con Hábitat para la Humanidad El Salvador en el año 2015, en la que se ofrece una propuesta de vivienda para las personas de bajos ingresos económicos, que no entran en la clasificación de beneficiados de la banca nacional y de otras instituciones. Al mismo tiempo, la investigación propuso el desarrollo de una construcción más sostenible, buscando mantener el equilibrio entre las necesidades del ser humano y el cuidado del medio ambiente; sin dejar de lado el desarrollo de la sociedad y el avance de la construcción. Se proporcionó una alternativa de solución al grave impacto ambiental que genera la construcción de viviendas, al tratar de minimizar el déficit habitacional; por lo tanto, se generó una propuesta amigable con el medio ambiente y que cumple con las necesidades de las familias, en la cual se aprovecha al máximo las condiciones ambientales que rodean a la vivienda, esto a través de estudios de asoleamiento, vientos,

ubicación geográfica, entre otros. Así también contar con los espacios básicos para desarrollarse como ser humano dentro de la vivienda. Por lo tanto, la presente investigación estuvo dirigida a desarrollar un nuevo tipo de diseño de vivienda de interés social bioclimática y sostenible. Cabe indicar que se involucraron estudiantes de las carreras de Técnico en Arquitectura, que cuentan con conocimientos sobre las nuevas tendencias de la arquitectura a nivel nacional e internacional, relacionadas con el diseño y construcción bioclimática. En esta investigación se presenta una propuesta de casa de interés social bioclimática, la cual puede ser implementada como parte de las alternativas de solución a la problemática de vivienda que brinda Hábitat para la Humanidad El Salvador. [1]

### **2.3. JUSTIFICACIÓN**

Como instituciones educativas y ONG, se ve la necesidad que en nuestro país se empiece a tomar en cuenta el costo medio ambiental que genera la construcción de viviendas de interés social, ya que a nivel mundial este tema está siendo investigado y desarrollado en diferentes aspectos de la construcción desde carreteras, edificios, viviendas; dado que se desea minimizar el impacto que como sector de la construcción realizamos al modificar el medio ambiente.

Como IES, tenemos el deber de aportar mejores propuestas de diseños de viviendas bioclimáticas a través de sistemas que ayuden a la sostenibilidad de la vivienda, que mejoren la vida de los habitantes y el confort interno de los espacios, sin aumentar los gastos de servicios básicos de la familia.

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar una vivienda con criterios bioclimáticos y sistemas complementarios de sostenibilidad que cumpla con principios de diseño y normativas nacionales e internacionales.

### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Investigar criterios bioclimáticos y de diseño de sistemas complementarios de sostenibilidad.
2. Diseñar una vivienda bioclimática aplicando criterios de diseño nacionales
3. Realizar diseños de sistemas complementarios de sostenibilidad de la vivienda.
4. Analizar la propuesta de diseño de la vivienda bajo criterios y normativas nacionales e internacionales.

## **4. HIPÓTESIS**

¿Desarrollar una vivienda bioclimática con sistemas complementarios de sostenibilidad mejoraría la vida de las personas que la habitan y disminuiría el deterioro al medio ambiente que la rodea?

## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1. PRINCIPALES CONCEPTOS DE ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

La arquitectura bioclimática es aquella arquitectura que tiene en cuenta el clima y las condiciones del entorno para ayudar a conseguir el confort higrotérmico interior y exterior. Involucra y juega -exclusivamente- con el diseño y los elementos arquitectónicos, sin utilizar sistemas mecánicos (los que son considerados solo como sistemas de apoyo).

El diseño de los edificios debe realizarse teniendo en cuenta el entorno y las orientaciones favorables y aprovechando los recursos naturales disponibles como: el sol, la vegetación, la lluvia y el viento, en procura de la sostenibilidad del medio ambiente.

También puede decirse que la arquitectura bioclimática es la racionalización de lo económico y de todo el proceso constructivo, es decir, que tiene en cuenta el costo global desde cómo se construyen los materiales, su transporte e incluso, su coste ambiental cuando acabe su vida útil y deban volver a la naturaleza.

Diversos proyectos demuestran que, con el sobrecosto con respecto a los actuales de apenas un 10% o un 15% y el uso de las técnicas ya existentes en el mercado, se puede ahorrar hasta el 65% del gasto de calefacción de una casa convencional y un 60% en agua caliente. Solo hay que usar el clima y añadir tecnología. Esta última, ofrece cada vez más respuestas a las necesidades. Para ello, se trata de estudiar a conciencia tanto el diseño de la edificación como los sistemas tecnológicos y materiales a utilizar con miras a dar origen a una edificación ahorradora y confortable.

En otro sentido, se puede decir que gran parte de la arquitectura tradicional funciona según principios bioclimáticos, en el tiempo en que las posibilidades de climatización artificial eran escasas y costosas. [2]

#### **Sistemas pasivos ¿Qué es?**

Es una forma de proyectar edificios aprovechando las características medioambientales existentes para reducir al máximo el consumo de energía necesaria para ser habitables. El diseño pasivo se centra en la parte pasiva del edificio, es decir, los componentes constructivos y materiales, y recurre a fenómenos naturales como la radiación solar y el viento para acondicionar los espacios.

#### **Sistemas activos ¿Qué es?**

Los sistemas activos son sistemas que necesitan energía para su funcionamiento. Un sistema activo de climatización consistiría en un dispositivo o conjunto de dispositivos mecánicos que se instalan en un edificio para proporcionar control ambiental en los espacios interiores. Su objetivo es proporcionar confort térmico y buena calidad de aire interior.

#### **Características de la arquitectura bioclimática**

La arquitectura sostenible y la arquitectura bioclimática, aunque guardan ciertas similitudes, no son lo mismo. La sostenible puede ser 'eco-friendly', incorporando elementos de construcción y diseño 'verdes', pero no se basa en un estudio exhaustivo del clima.

El clima, la orientación y el uso de materiales adecuados son la base de la actual arquitectura bioclimática. A partir de ahí podemos descubrir subgrupos importantes.

- El clima y la ubicación.
- La captación y la protección solar.
- Aislamiento térmico.
- Ventilación cruzada.

### El confort climático

La confortabilidad puede ser definida como el conjunto de condiciones en las que los mecanismos de autorregulación son mínimos, o como la zona delimitada por unos umbrales térmicos en la que el mayor número de personas manifiestan sentirse bien.

Según la American Society of Heating Refrigeration and Air conditioning Engineers, más conocida como ASHRAE, el confort es definido como aquellas condiciones de la mente, que expresan satisfacción del ambiente térmico. El concepto de confort, por tanto, admite varias definiciones, pero en todas se halla presente el concepto de equilibrio energético entre el cuerpo humano y su entorno. [3]

En términos bioclimáticos, cuando afuera haga calor o frío, de acuerdo con la necesidad, adentro se debe sentir fresco, es decir, que la temperatura este como máximo 2.5°C por encima o por debajo de la temperatura de confort promedio, tal como se refleja en el análisis de un gráfico Psicométrico, al cual se le conoce como rango de confort.

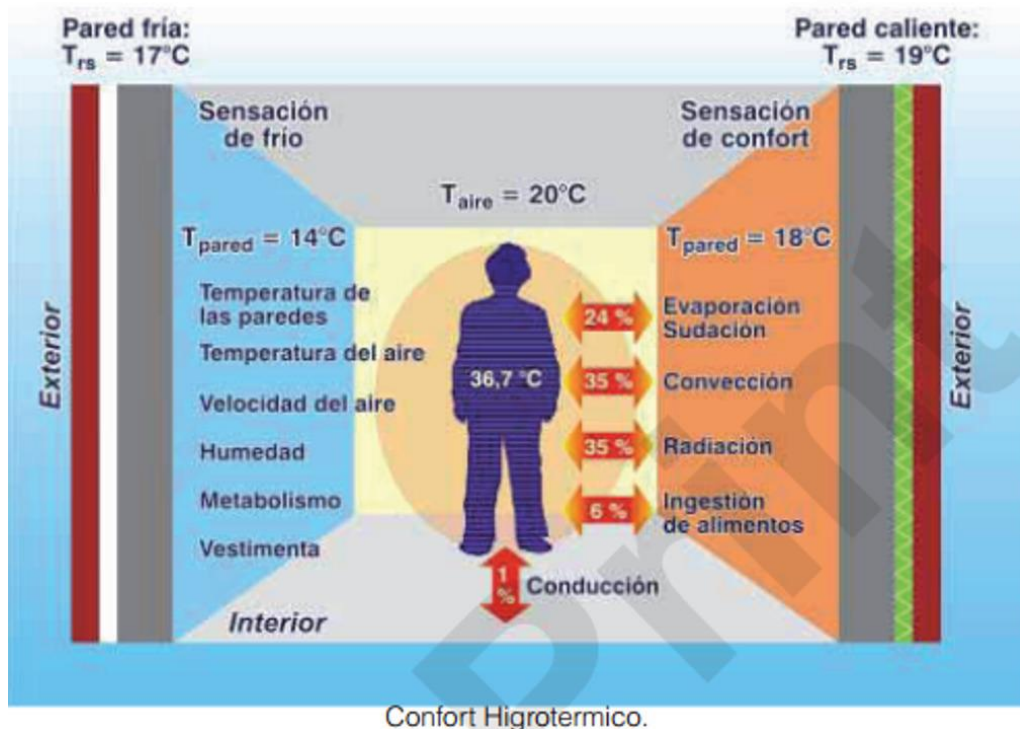


Imagen 1. Confort higrotérmico de un espacio interior.

Fuente. Artículo "La Arquitectura Bioclimática" [4].

## 5.2. ¿CÓMO SE CONSIGUE EL CONFORT TÉRMICO?

En la construcción de un edificio el confort térmico debe ser tenido en cuenta como uno de los parámetros más importantes a respetar. Para ello se adoptan distintas soluciones de diseño y constructivas que garantizan el ansiado bienestar:

**Aislamiento de fachadas:** la superficie exterior del edificio es la que se somete a las inclemencias del tiempo, por lo que un aislamiento bien conseguido puede ahorrar muchos quebraderos de cabeza en la búsqueda del confort térmico.

**Elección de materiales:** tener en cuenta el clima en el que se va a ubicar el edificio nos ayudará a escoger: la piedra y el ladrillo se han de utilizar en climas cálidos, y la madera en climas mucho más fríos.

**Correcta colocación de ventanas y puertas:** además del aislamiento de fachadas, la correcta colocación y elección de puertas, ventanas y otros elementos resulta fundamental para mantener un correcto aislamiento térmico. La correcta instalación, que evite la aparición de puentes térmicos, garantizará una temperatura interna regulada con menor consumo de energía. Además, teniendo en cuenta la importancia del confort acústico en arquitectura, debemos atribuir a las ventanas bien colocadas, de buena calidad y en óptimas condiciones, la virtud de proporcionar otro tipo adicional de confort previniendo el ruido.

**Ventilación garantizada:** los estándares de calidad del aire con frecuencia tienen que ver con una correcta ventilación. Evitar acumulaciones de CO<sub>2</sub> y de humedad que puedan propiciar la aparición de mohos son solo otras de las ventajas de garantizar la ventilación (no las corrientes de aire) de una estancia o vivienda.

**Valoración de la orientación del edificio:** Aunque puede ser algo difícil de modificar, lo cierto es que colocar ventanas, toldos o balcones debe ser una decisión tanto estética como técnica, ya que no todos los puntos cardinales nos ofrecen el mismo grado de calor, frío o vientos dominante.

## 5.3. ENERGÍAS RENOVABLES

Las energías renovables son un tipo de energías derivadas de fuentes naturales que llegan a reponerse más rápido de lo que pueden consumirse. Un ejemplo de estas fuentes es, por ejemplo, la luz solar y el viento; estas fuentes se renuevan continuamente. Las fuentes de energías renovables abundan y las encontramos en cualquier entorno.

La generación de energías renovables produce muchas menos emisiones que la quema de combustibles fósiles. Una transición de los combustibles fósiles, los cuales representan en la actualidad la mayor parte de las emisiones, a energías renovables resulta fundamental para abordar la crisis producida por el cambio climático. [6]

### La importancia de las energías renovables

El crecimiento de las energías renovables es imparable, como queda reflejado en las estadísticas aportadas anualmente por la Agencia Internacional de la Energía (AIE): Según las previsiones de la AIE, la participación de las renovables en el suministro eléctrico global pasará del 26% en 2018 al 44% en 2040, y proporcionarán 2/3 del incremento de demanda eléctrica registrado en ese período, principalmente a través de las tecnologías eólica y fotovoltaica.



De acuerdo con la AIE, la demanda mundial de electricidad aumentará un 70% hasta 2040,-elevando su participación en el uso de energía final del 18% al 24% en el mismo periodo- espoleada principalmente por regiones emergentes (India, China, África, Oriente Medio y el sureste asiático). [7]

### **Energía limpia para combatir el cambio climático**

El desarrollo de las energías limpias es imprescindible para combatir el cambio climático y limitar sus efectos más devastadores. El 2019 fue el segundo año más cálido desde que existen registros, por detrás de 2016. La temperatura media de los últimos cinco años ha sido aproximadamente 1,2 grados superior al nivel preindustrial, según el servicio de cambio climático de Copernicus (C3S).

En paralelo, unos 860 millones de personas en el mundo carecen todavía de acceso a la electricidad (2018), lo que requiere un amplio esfuerzo adicional en el despliegue de las energías limpias para lograr el acceso universal a la electricidad en 2030, uno de los objetivos de desarrollo sostenible aprobados por Naciones Unidas, particularmente en el África subsahariana.

Por eso, uno de los objetivos establecidos por Naciones Unidas es lograr el acceso universal a la electricidad en 2030, una ambiciosa meta si se considera que, según las estimaciones de la AIE, todavía habrá en esa fecha 800 millones de personas sin acceso al suministro eléctrico, de seguir la tendencia actual.

### **¿Cuánto ahorras con una casa bioclimática?**

Cuando se diseña una casa bioclimática, siempre debemos tener en cuenta que el concepto que encarece el precio es el terreno. A partir de ahí, la inversión dependerá de muchos factores como el tamaño, los materiales utilizados y los elementos añadidos. Pero recordemos que, el ahorro en una casa bioclimática está garantizado. Concretamente, el consumo energético se reduce entre un 80% y un 90% si lo comparamos con el de una casa convencional. Y podemos tender al consumo nulo, generando nuestra propia energía y dejar de depender de suministros de electricidad y gas. Es más, la construcción bioclimática puede llegar a generar más energía de la que necesita y este excedente podría llegar a generar rentabilidad.

## **5.4. ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS**

La eficiencia energética en construcciones involucra medidas relacionadas con: (a) la adecuación a las condiciones climáticas existentes en el sitio donde se construyen, (b) diseño arquitectónico de la edificación, (c) patrones de consumo de los usuarios, (d) la georreferenciación, (e) los materiales que conforman la “piel” de la edificación tales como paredes, ventanas y puertas, (f) presencia de equipos de generación de energía renovable in-situ, y (g) los diferentes equipos eléctricos que podemos encontrar en las mismas en función del fin para lo cual fueron concebidas.

El potencial de ahorro a través de la implementación de medidas de eficiencia energética en edificios es enorme. Tan solo en los EE. UU., se ha estimado que los ahorros potenciales en edificios pequeños andan en un rango entre 27%- 59%. Esto equivale a un 17% del consumo total de energía en este país. De igual forma, la implementación de medidas de eficiencia energética puede representar ahorros anuales de US\$ 30,000 millones por año. Tomar medidas de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y eficiencia energética financieramente rentables, puede significar ahorros de más de un 30% en muchos países.



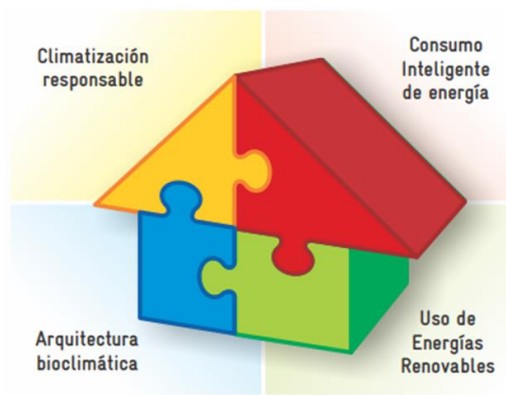


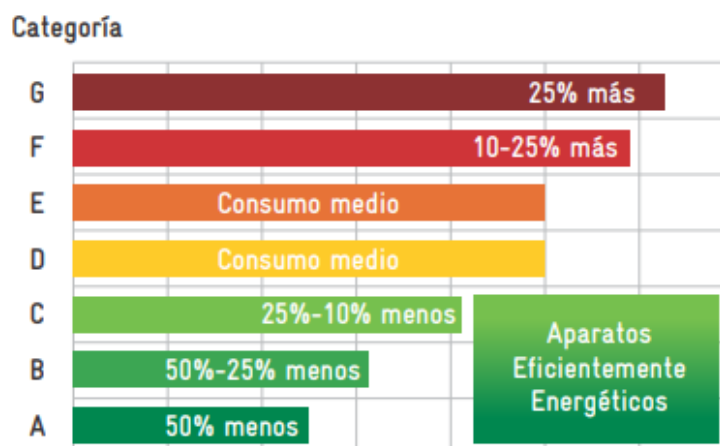
Imagen 2. Medidas de eficiencia energética en la construcción de edificaciones.

Fuente. Manual de Eficiencia energética en la Construcción de edificaciones para Honduras. Diseño, implementación y evaluación económica [8].

Existen 7 clases de eficiencia energética, representadas por letras, desde la A hasta la G, siendo A la clase más eficiente, es así como: - Los artefactos eléctricos

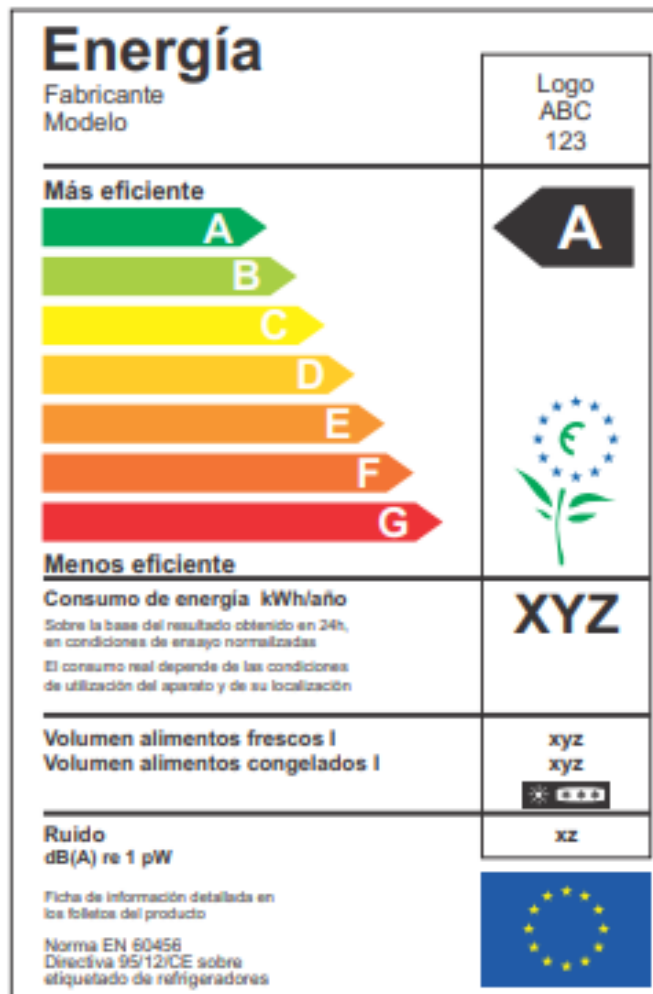
- Clase A consumen aproximadamente un 50% menos de energía que los que presentan un consumo medio.
- Los artefactos clase B consumen entre el 50% y el 25% menos que los que presentan un consumo medio.
- Los artefactos clase C consumen entre el 25% y el 10% menos que los que presentan un consumo medio.
- Los artefactos clases D y E son los que se consideran que tienen un consumo medio.
- Los artefactos clase F consumen entre el 10% y el 25% más que los que presentan un consumo medio.
- Los artefactos clase G consumen un 25% más que los que presentan un consumo medio.

En la gráfica 1 podemos apreciar lo antes expuesto de una forma más ilustrativa.



Grafica 1. Clasificación del consumo energético de aparatos eléctricos.

Fuente. Manual de Eficiencia energética en la Construcción de edificaciones Para honduras Diseño, implementación y evaluación económica [8]



**Imagen 3.** Etiqueta de eficiencia energética en equipos eléctricos.

**Fuente.** Manual de Eficiencia energética en la Construcción de edificaciones para Honduras. Diseño, implementación y evaluación económica [8]

**Aportes directos y protección de la radiación solar.**

El Sol es la principal fuente de energía de nuestro planeta. Se calcula que el astro rey, arroja sobre la tierra 1.353 W/m<sup>2</sup> (según la NASA) en forma de radiación UV, infrarroja y luz visible, de las cuales un 75% llega a la superficie por la acción de la atmósfera.

La potencia incidente se denomina irradiancia (W/m<sup>2</sup>). Los movimientos de traslación y rotación de la tierra influyen en la inclinación de los rayos, así como la latitud. Cuanto más perpendiculares, más energía.

La radiación solar sobre un material se convierte inmediatamente en calor, por ello, se trata de aprovechar al máximo los aportes directos de radiación durante el invierno a través de los huecos.

En verano, por el contrario, hay que evitar la radiación directa. Esto se puede conseguir por medio de elementos de protección, fijos o móviles, que intercepten la radiación antes de que incida sobre los muros o ventanas. [5]

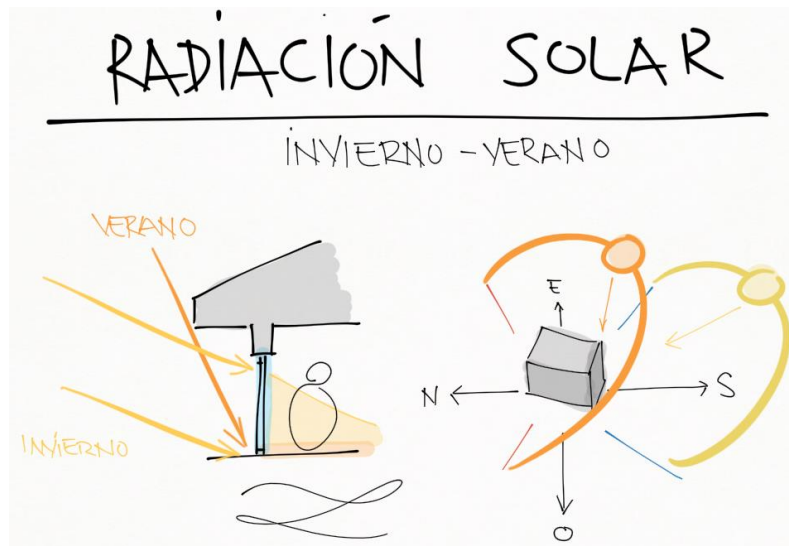


Imagen 4. Radiación solar sobre una edificación.

Fuente. Ángel Sánchez Inocencio, Ingeniería de Edificaciones.

### Ventilación nocturna o Free Cooling

La ventilación nocturna trata de obtener provecho a partir del descenso de la temperatura exterior en verano. Aunque no es un concepto nuevo, actualmente es más conocido como; “free cooling” (enfriamiento gratuito). En climas cálidos, esta estrategia supone una gran ventaja a la hora de refrescar el hogar. A través de la inercia térmica de los muros, podemos conseguir mantener la temperatura interior dentro de los límites de confort sin necesidad de otros sistemas activos, es decir, que necesiten energía.

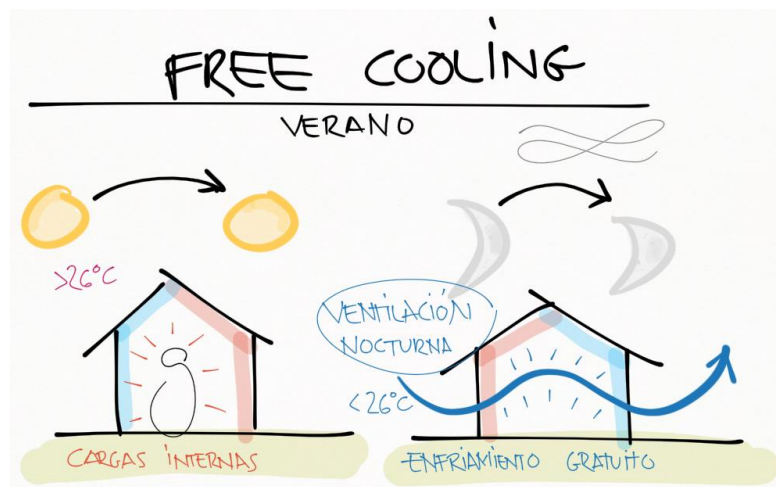


Imagen 5. Funcionamiento de ventilación nocturna.

Fuente. Ángel Sánchez Inocencio, Ingeniería de Edificaciones.

Cuando la temperatura exterior desciende por debajo de la consigna de confort, se puede ventilar la vivienda de manera natural, eliminando gratuitamente el calor producido durante el día y absorbido por los muros. El ejemplo más claro son las noches de verano, sobre todo en agosto. Generalmente, la temperatura exterior desciende de 26°C a partir de la medianoche, llegando a bajar hasta los 21°C, pudiendo ventilar la vivienda durante toda la noche. [5]

### Cubiertas ajardinadas

Las cubiertas ajardinadas, también conocidas como vegetales o verdes, son cubiertas a las que se añade un sustrato y vegetación. Son generalmente planas y dependiendo de su espesor se denominan como intensivas (>10 cm) o extensivas (<10 cm). Esta estrategia siempre es altamente recomendable ya que es muy completa.

Entre las principales ventajas de estas estrategias bioclimáticas destaca que purifica y refresca el aire de la ciudad, filtrando a su vez el agua de lluvia. Además, guarda la cubierta de la radiación solar, así como del ruido, y es un excelente protector de la capa de impermeabilizante.

Al colocar una capa de vegetación recuperamos la superficie ocupada por el edificio además de crear un espacio natural donde cultivar alimentos o simplemente relajarnos. Si la vegetación es autóctona el mantenimiento es muy escaso.



Imagen 6. Beneficios de cubiertas ajardinadas.

Fuente. Ángel Sánchez Inocencio, Ingeniería de Edificaciones.

Estas estrategias bioclimáticas aportan inercia térmica al edificio y mejora el aislamiento térmico, siendo más sostenible que cualquier otro material aislante. Por si esto fuera poco, en verano refresca el edificio gracias al enfriamiento evaporativo. [5]

## Ventilación natural

La ventilación natural se puede conseguir por el movimiento del aire dentro del edificio sin la inducción por sistemas mecánicos. Este movimiento se produce a causa de la diferencia de presión de aire, ya sea por la influencia del viento o por las distintas densidades del aire a causa de la diferencia de temperatura.

Sin embargo, para diseñar espacios con ventilación adecuada, no es suficiente hacer techos altos; usar la ventilación cruzada significa comprender que el aire caliente tiende a subir mientras que el aire frío tiende a descender. Hay varias cuestiones que deben ser observadas antes de realizar los croquis iniciales de un proyecto, relacionadas con el medio ambiente y el clima local.

Entre las características físicas que influyen en la ventilación de un edificio encontramos:

1. Los vientos dominantes locales (frecuencia, dirección y velocidad);
2. La radiación solar, de acuerdo con cada ambiente;
3. La humedad relativa del aire.

## Vientos

Identificar la dirección de los vientos, pero sobre todo pensar en cómo usarlos a nuestro favor en el proyecto arquitectónico. Un conjunto de edificaciones se debe emplazar de una manera en la que se evite la aparición de corredores y embudos de viento. Es importante saber que la velocidad del viento aumenta en las esquinas de los edificios.

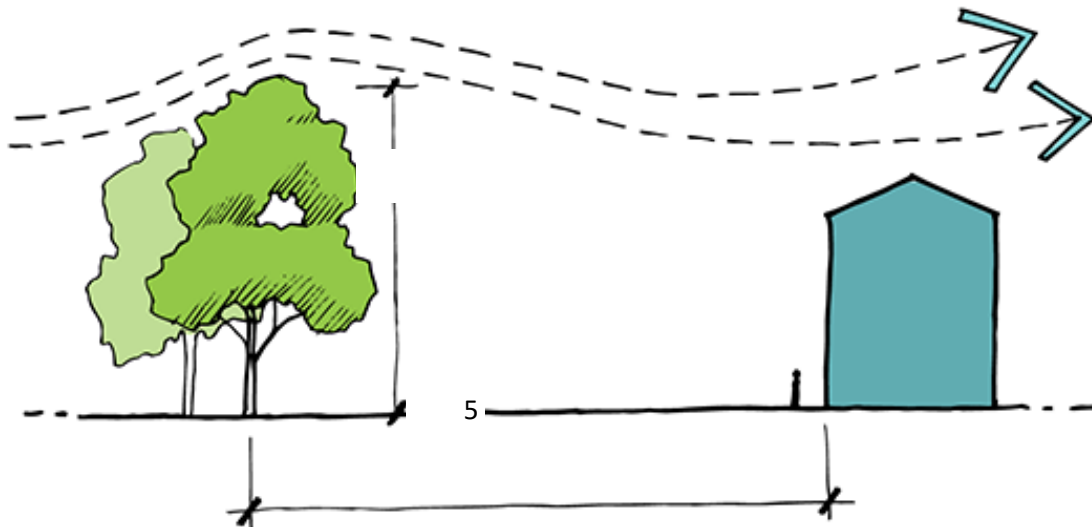


Imagen 7. Distanciamiento de cortaviento. Fuente. Heywood, H. (2016). 101 reglas básicas para una arquitectura de bajo consumo energético (pp. 26-27). Barcelona, España: Gustavo Gili.

Un cortaviento (cinturón de protección) reduce la velocidad del viento a la mitad. Situando al edificio a sotavento de un cortaviento puede generar un ahorro energético en 15% a 20% porque se reduce la necesidad de refrigeración de la envolvente del edificio. El edificio no debe ubicarse a una distancia superior a cinco veces la altura del cortaviento.

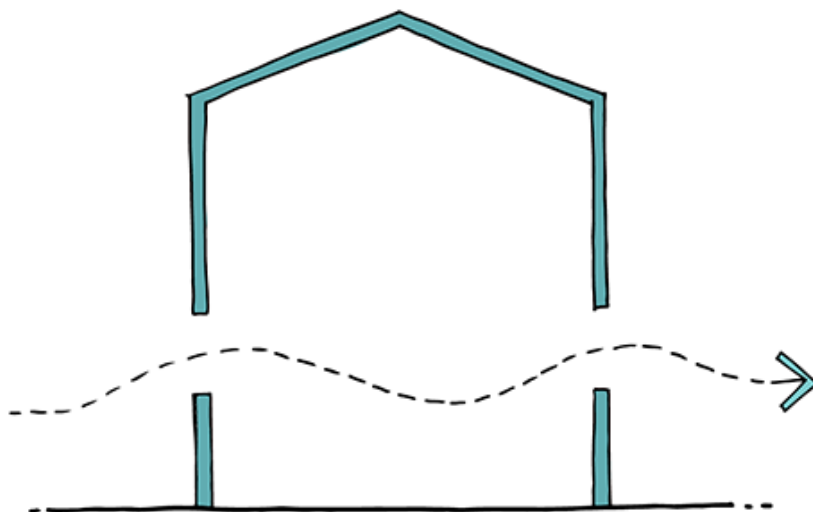


Imagen 8. Orientación de ventanas según flujo del viento. Fuente. Heywood, H. (2016). 101 reglas básicas para una arquitectura de bajo consumo energético (pp. 28-29). Barcelona, España: Gustavo Gili.

Se orientará la edificación en sentido de los vientos predominantes, para promover una ventilación cruzada.

## 5.5. CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS

Desde la Antigüedad, las civilizaciones han sobrevivido con sistemas de distribución y recolección de agua. De hecho, muchas de las estructuras antiguas solían canalizar el agua que caía en los tejados hacia un gran depósito subterráneo para usarla para numerosos fines hogareños. Actualmente, los sistemas de distribución de agua emplean cantidades significativas de energía, recursos e infraestructuras, principalmente para cubrir las necesidades de captura de agua de una vivienda.

Con el paso del tiempo se fueron desarrollando nuevos funcionamientos y mejoras de los sistemas ya existentes; principalmente en las áreas de captación con impermeabilizantes con piedras o tejas de cerámica, conductos de agua que dirigen el agua captada al depósito, filtros que eliminan el polvo y las impurezas del agua, depósitos que permiten la correcta conservación de agua y que están acondicionados adecuadamente, y sistemas de control que permiten la alternancia de la utilización del agua de la reserva y de la red general.

Hoy en día es más fácil calcular el caudal del agua y de esta manera saber qué tipo de canales podemos usar para la recolección del agua en nuestra vivienda, así como el lugar en el que la vamos a almacenar. La determinación del caudal de la propiedad se puede lograr a partir de la aplicación del método racional a través de la siguiente ecuación:

$$Q=168CIA$$

Donde:

Q= Caudal de diseño, lt/seg.

C: Coeficiente de escorrentía, adimensional.

I: Intensidad promedio de Lluvia, mm/min.

A: Área tributaria, Ha

En donde podemos definir los parámetros anteriores de la siguiente forma:

Coefficiente de escorrentía:

El coeficiente de escorrentía representa un factor del agua infiltrada o escurrida en función de la cobertura de los suelos; es un valor adimensional, entre más cercano a 1 significa que existe un escurrimiento directo de la precipitación y no se infiltra nada a través del material, cuando el valor se acerca 0.1 significa que la mayor parte de la precipitación se infiltra. A continuación, se presenta una tabla avalada por El Servicio Nacional de Estudios Territoriales El Salvador, en función del tipo de recubrimiento en el suelo.

Característica de la superficie	Período de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas desarrolladas</b>							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
<i>Condición pobre</i> (cubierta de pasto menor del 50 % del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio</i> (cubierta de pasto del 50 al 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena</i> (cubierta de pasto mayor del 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>Áreas no desarrolladas</b>							
Área de cultivos							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

*Nota:* Los valores de la tabla son los estándares utilizados en la ciudad de Austin, Texas. Utilizada con Autorización.

**Imagen 9.** Refuerzos verticales y horizontales del sistema de mampostería armada.

**Fuente.** Portafolio snet del gobierno [10]



Partiendo de lo anterior, ya que en el proyecto del diseño de la vivienda bioclimática el agua lluvia únicamente será captada a través de canaletas que recolectan el agua que cae sobre el techo de la vivienda, el rango de valores de coeficiente debe ubicarse entre 0.75 y 1.00.

### Intensidad promedio de lluvia

La intensidad de precipitación se mide en función de dos parámetros, el tiempo de concentración y el periodo de retorno, para este fin se utilizan las curvas IDF de la zona de estudio, por lo que suelen tomarse los datos de la estación meteorológica más cercana al sitio.

**Tiempo de concentración:** se define como el tiempo que tarda una gota de agua en alcanzar el punto de la cuenca a través del recorrido hidráulicamente más largo.

El periodo de retorno se definió como el promedio de los tiempos que transcurren entre dos eventos consecutivos en que la variable es igual o supera cierto valor de referencia establecido. Si se establece como  $T_i$  al tiempo que transcurre entre dos eventos consecutivos, entonces, se define el periodo de retorno como el promedio de los valores de  $T_i$ , es decir  $T_r = 1/N \sum_{(i=1)} T_i$ , siendo  $N$  la totalidad de eventos registrados en el periodo de análisis. Dependiendo de la ubicación del sitio podemos encontrar tablas que intercepten las variables antes mencionadas, que dan como resultado la intensidad en mm/min.

DURACION	2 años	5 años	10 años	15 años	25 años	50 años
5	2.48	2.96	3.28	3.46	3.68	3.97
10	2.04	2.40	2.63	2.76	2.93	3.15
15	1.76	2.04	2.23	2.34	2.47	2.64
20	1.55	1.82	2.00	2.11	2.23	2.40
30	1.22	1.47	1.63	1.72	1.84	1.99
45	0.92	1.14	1.29	1.37	1.47	1.61
60	0.76	0.96	1.09	1.17	1.26	1.39
90	0.53	0.68	0.78	0.83	0.90	1.00
120	0.41	0.53	0.62	0.66	0.72	0.80
150	0.33	0.43	0.49	0.53	0.57	0.63
180	0.27	0.36	0.42	0.45	0.49	0.54
240	0.20	0.27	0.32	0.35	0.38	0.42
360	0.15	0.21	0.25	0.28	0.30	0.34

**Tabla 1.** Datos de intensidad y duración de lluvia por año.

**Fuente.** Portafolio SNET del gobierno [10]

Para la correcta aplicación de la ecuación anterior, es necesario definir los valores de los parámetros de coeficiente de escorrentía y la intensidad de lluvia más adecuados para el área de estudio; esto quiere decir que, para definir con mayor certeza estos parámetros anteriores, es necesario conocer la ubicación del sitio de estudio y el área de estudio donde se considerará la captación.

**Por ejemplo,** para un periodo de retorno de 10 años, un tiempo de concentración de 5 minutos, una intensidad de 3.28 mm/min y un área promedio de 200 m<sup>2</sup> de construcción tenemos que:

$$Q = (16.67/1000) * 0.83 * 3.28 * 200$$



**Tabla 2.** Cálculo de área tributaria. Fuente. Portafolio snet del gobierno [10]

Área Tributaria (A1)				
Elementos	A (m <sup>2</sup> )	I (mm/min)	C	Q (lts/s)
Construcción	200.00	3.28	0.83	9.07
Patio y Jardín	0.00	3.28	0.30	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>200.00</b>			<b>9.07</b>



**Imagen 10.** Sistema de captación de aguas lluvias.

Fuente. ASC Empresa de construcción

Por supuesto, uno de los usos más importantes que le damos al agua es en nuestros propios hogares. Este tipo de uso corresponde a la categoría de uso doméstico. Los usos domésticos incluyen agua para todas las cosas que se hacen en casa: tomar agua, preparar los alimentos, bañarse, lavar la ropa y los utensilios de cocina, cepillarse los dientes, y regar el jardín.

El agua generalmente llega a nuestros hogares a través de una de las dos maneras. Ya sea que se suministre por la red nacional de agua potable, (o quizás la sirva una compañía privada), o contamos con nuestro propio suministro (generalmente agua de un pozo), en este caso el bajo costo de la recolección de aguas lluvias hace más factible usar este método para obtenerla.

## **5.6. CONSUMO SUSTENTABLE DE AGUA EN VIVIENDAS**

El 70 % del planeta Tierra está cubierto por agua, cuyo 98 % es agua salada y la tecnología actual para potabilizarla todavía es muy restringida debido a sus altos costos. Cerca del 2 % del agua dulce se localiza en los casquetes polares o en los acuíferos, por lo cual, solo queda disponible el 0,014 % en los lagos y ríos de la superficie terrestre.

En el mundo, la cobertura de agua potable sigue siendo un problema, tanto en las ciudades como en el entorno rural. A mediados del presente siglo, 7000 millones de personas en 60 países sufrirán escasez de agua, en el peor de los casos, y en el mejor se tratará de 2000 millones de personas en 48 países. Las estimaciones recientes sugieren que el cambio climático será responsable de alrededor del 20 % del incremento de la escasez global de agua.

Una de las alternativas impulsada en los años recientes es el enfoque del derecho humano al agua, así en la resolución a/res/64/292 de la Asamblea General de la ONU, se declara explícitamente «el derecho al agua potable y el saneamiento como un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida y de todos los derechos humanos»

Por lo tanto, las poblaciones se verán favorecidas en la medida en que se minimice el uso del agua y exista un compromiso por parte de la ciudadanía de mantener el líquido que hoy poseen para satisfacer sus necesidades básicas y garantizar su oferta a poblaciones futuras.

En el ámbito internacional se encuentran varios métodos de certificación para la vivienda sustentable que incorporan indicadores para el ahorro de agua potable, entre los métodos más reconocidos están: VERDE NE Residencial Oficinas, LEED® for Homes Rating System y Manual BREEAM ES VIVIENDA.

Estos métodos contemplan varias estrategias, tales como la detección de fugas mediante el registro histórico, lo cual permite llevar un balance entre el agua suministrada y el agua consumida; la instalación de dispositivos ahorradores, que permiten disminuir hasta el 30% del consumo; el aprovechamiento del agua lluvia, que puede almacenarse para ciertos usos de la vivienda; la utilización de técnicas de reciclaje de agua, que consiste en la reutilización de las aguas residuales domésticas, permitiendo, por ejemplo, volver a cargar los inodoros con aguas grises; y la implementación de medidores de chorro único chorro múltiple, con el fin de encontrar el consumo permitiendo alcanzar un ahorro de hasta el 20%. [9]

## 5.7. CONSUMO HUMANO DE AGUA

En 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente el derecho humano al abastecimiento de agua y al saneamiento. Todas las personas tienen derecho a disponer de forma continuada de agua suficiente, salubre, físicamente accesible, asequible y de una calidad aceptable, para uso personal y doméstico.

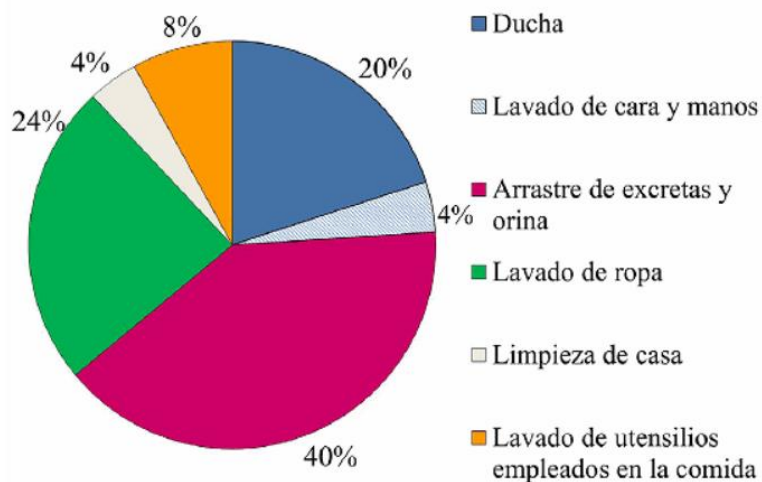
La meta 6.1 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible exige un acceso universal y equitativo al agua potable salubre y asequible. El seguimiento de la meta se realiza mediante el indicador de «servicios de suministro de agua potable gestionados de manera segura», es decir, agua potable procedente de una fuente mejorada de suministro de agua ubicada en el lugar de uso, disponible cuando se necesita y que no contenga contaminación fecal ni de sustancias químicas prioritarias. [10]

Las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano y para riego seguirán evolucionando, y cada vez se utilizarán más aguas subterráneas y aguas de fuentes alternativas, como las aguas residuales. El cambio climático conllevará mayores fluctuaciones en la cantidad de agua de lluvia recogida. La gestión de todos los recursos hídricos tendrá que mejorarse para garantizar el abastecimiento y la calidad.

### Distribución del consumo de agua en el hogar

Podría parecer que algunos electrodomésticos como la lavadora tienen un gran impacto medioambiental. Especialmente en cuanto al consumo de agua en el hogar se refiere. Pero lo cierto es que este gran electrodoméstico apenas representa un 10% del consumo de agua total que se realiza en una casa. Hay muchas otras prácticas que suponen un gran consumo de agua.

La ducha o el baño suponen un tercio del consumo (20%); el inodoro supone el 40%; y el gasto de agua en el lavabo representa el 4%. Según este informe, en el baño consumimos casi las tres cuartas partes del agua total que consumimos en nuestras casas. El baño supone un gran foco de desperdicio de agua en el hogar, por lo que es importante tomar acciones para reducir en la medida de lo posible nuestro impacto sobre el estrés hídrico que sufren las ciudades.

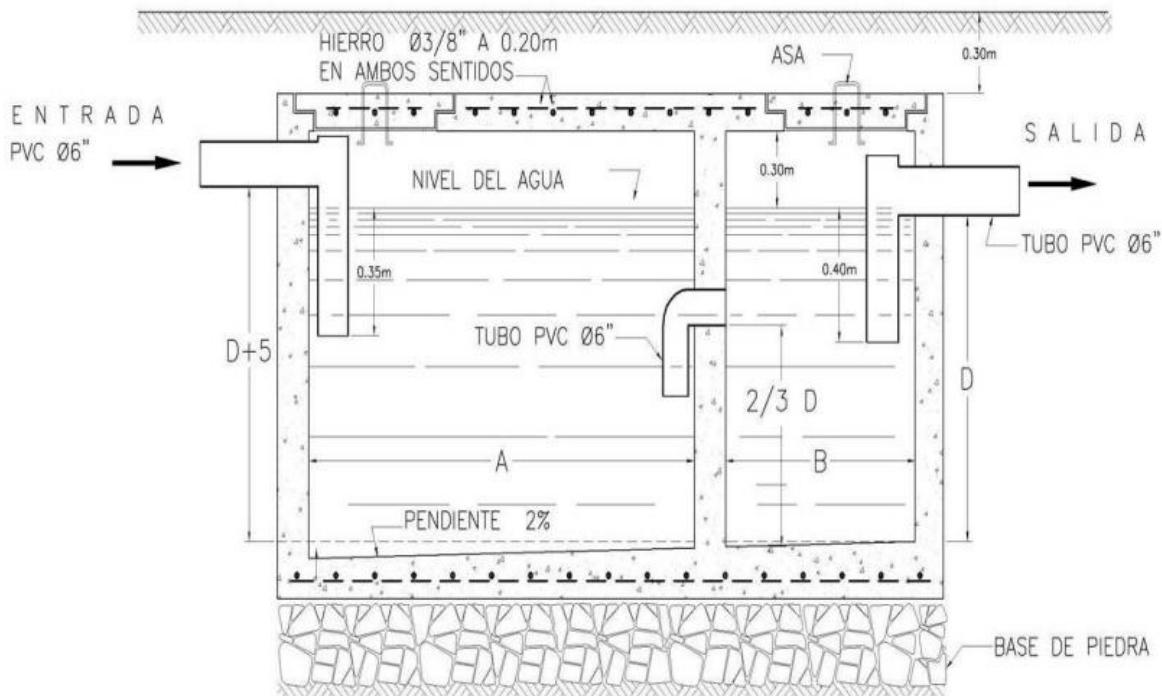


**Gráfica 2.** Distribución del consumo de agua por actividad según la OMS

**Fuente.** Revista de la facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela

## 5.8. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS

El tanque séptico es un sistema de tratamiento primario de aguas residuales donde se combinan, en un mismo compartimiento, tanto los procesos de sedimentación y flotación, así como la digestión de sólidos. Está destinado básicamente a remover los sólidos sedimentables presentes en las aguas residuales (separación gravitacional) y acumularlos para su digestión anaeróbica, reduciendo de esta manera la carga orgánica y el volumen final de sólidos. Asimismo, los aceites y grasas presentes en las aguas residuales se acumulan en la parte superior del tanque (flotación), constituyéndose en una zona de espumas o natas.



**Imagen 11.** Modelo de tanque séptico de una cámara.

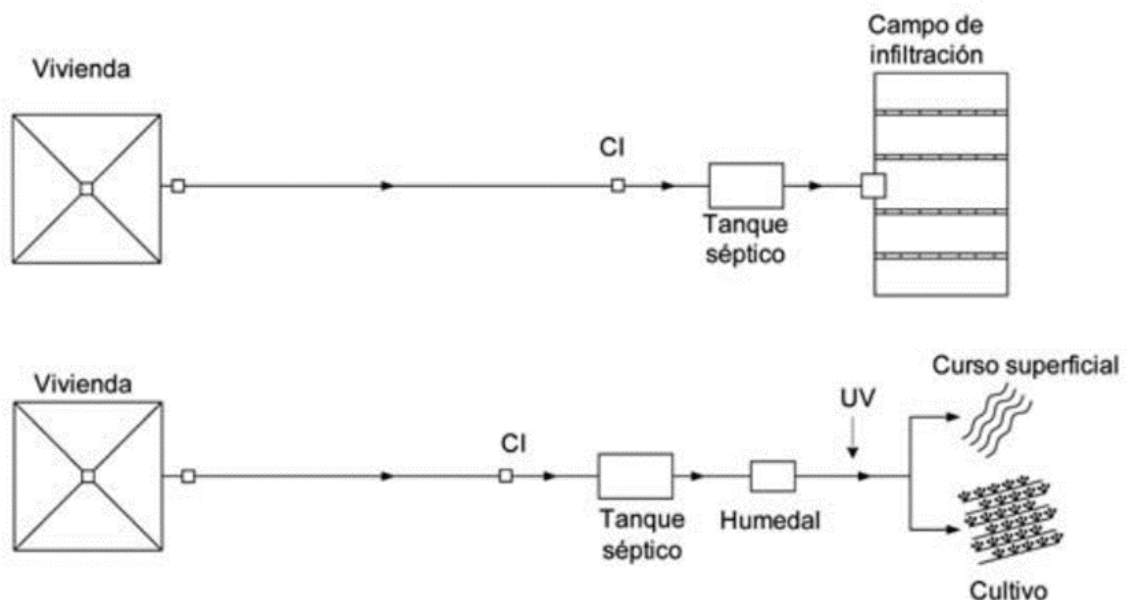
**Fuente.** Guía técnica sanitaria para la instalación y funcionamiento de sistemas de tratamiento individuales de aguas negras y grises.

Por la simplicidad de su construcción y mantenimiento, es una tecnología muy difundida y se ha adoptado como solución sanitaria en viviendas familiares, centros educativos, y/o en sistemas descentralizados de tratamiento urbano - periurbanos. Las cámaras sépticas, adecuadamente construidas y mantenidas, permiten tratar las aguas residuales transformando la materia orgánica en compuestos líquidos más simples y estables, así como en gases de digestión como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), hidrógeno (H<sub>2</sub>), metano (NH<sub>4</sub>) y ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S). Debido al proceso anaeróbico que tiene lugar, la emisión de olores indeseables es inevitable. Por lo tanto, los tanques deben sellarse herméticamente y ser provistos de ventilación individual, o liberar los gases a través de la ventilación primaria del sistema de alcantarillado sanitario de una vivienda. Para una adecuada operación, los lodos acumulados en la parte inferior del tanque deben ser vaciados dentro de un periodo de uno a tres años. El efluente del tanque séptico, así como los lodos retirados, aún contienen elevadas concentraciones de materia orgánica y patógenos, por lo cual requieren de un tratamiento secundario previo a su disposición final.

La eficiencia de tratamiento de un tanque séptico bien diseñado y operado se expresa normalmente en función de la remoción de sólidos suspendidos (SS) y de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5). La Tabla 4 muestra los porcentajes de remoción de SS (50 % - 70%) y BOD5 (15% - 30%). Estos porcentajes, aunque son bajos, muestran la necesidad de que los efluentes requieran de un tratamiento secundario antes de su reutilización o disposición final. En zonas carentes de alcantarillado sanitario, el sistema convencional de tanque séptico incluye el tratamiento secundario de los efluentes que se descargan en un área de infiltración o percolación, proceso por el cual se mejora las tasas de remoción de contaminantes. Este sistema es eficiente cuando el sitio de infiltración se selecciona adecuadamente y cuando se cumplen las tareas de operación y mantenimiento correspondientes. Como otras opciones de tratamiento secundario pueden emplearse filtros anaerobios (FAn) o humedales artificiales (HA), ver Fig. 12.

En estos sistemas los filtros anaerobios y los humedales artificiales actúan como un tratamiento biológico que combina los procesos físicos, químicos y microbiológicos que se desarrollan en un medio filtrante (FAn) y/o por la interacción con plantas acuáticas (HA). Ambos tipos de tratamiento secundario sirven para la reducción de la carga orgánica y contaminación microbiológica de acuerdo con el uso o disposición final (curso superficial, riego controlado, etc.).

En caso necesario se requerirá un proceso terciario de tratamiento y/o desinfección por medio de radiación ultravioleta. En sistemas donde es posible contar con un sistema de alcantarillado sanitario sin arrastre de sólidos, los tanques sépticos pueden emplearse para dos fines: remoción de la mayor parte de los sólidos suspendidos y como tanque de amortiguación de los picos de caudal.



**Imagen 12:** Opciones de tratamiento secundario

**Fuente.** Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas.

## Criterios de diseño

Un tanque séptico debe tener suficiente volumen para garantizar el tiempo de retención necesario para garantizar la sedimentación de la mayor parte de los sólidos suspendidos/sedimentables, así como reservar el volumen necesario para el almacenamiento y digestión de lodos.

El factor crítico para la determinación del volumen de almacenamiento de lodos este definido por el número máximo de personas que pueden habitar en una vivienda, y de la frecuencia de limpieza o retiro de los lodos. El volumen mínimo no deberá ser inferior a 500 litros.

El volumen total de un tanque séptico podrá determinarse aplicando la fórmula general:

$$V_{ts} = N \cdot (C \cdot tR + 100 \cdot P) \text{ (L)}$$

Donde:

**V<sub>ts</sub>** = Volumen útil del tanque séptico en litros (L)

**N** = Número de personas por vivienda, mínimo 5 personas.

**tR** = Tiempo de retención en días (d)

**C** = Contribución de aguas residuales per cápita (L/hab. día)

**P** = Periodo de limpieza de lodos en años (años).

En el caso de viviendas residenciales con un número máximo de 30 personas, el tiempo de retención mínimo recomendable es de 24 horas. Esto actúa como medida de atenuación de los picos de caudal y garantiza un mejor proceso de tratamiento primario.

El volumen de almacenamiento de lodos podrá calcularse considerando una producción de lodos digeridos de 100 L/hab. año (Imhoff). Aplicando estos valores y considerando un periodo mínimo de un año para la limpieza de lodos tendremos:

$$V_{ts} = N \cdot (C + 100) \text{ (L)}$$

Para pequeñas comunidades, urbanizaciones o viviendas con más de 30 personas, se podrá reducir el tiempo de retención a 0.5 días. En estos casos, se recomienda un número máximo de población contribuyente de 500 habitantes.

La Tabla 3 presenta el volumen útil de un tanque séptico para viviendas familiares que ha sido determinado para una contribución de  $C = 120$  L/hab/día, y un periodo máximo de almacenamiento de lodos de un año. El volumen total deberá incluir un volumen equivalente a un borde libre de 300 mm.

**Tabla 3.** Volumen útil de tanques sépticos.

No habitantes por vivienda	Contribución aguas residuales (L/hab/día)	Periodo de almacenamiento de lodos (años)	Volumen de almacenamiento aguas residuales	Volumen de lodos	Volumen útil del tanque séptico
			Litros	Litros	Litros
5	120	1	600	500	1 100
10	120	1	1 200	1 000	2 200
15	100	1	1500	1 500	3 000
20	120	1	2,400	2 000	4 400
25	120	1	3 000	2 500	5 500
30	120	1	3 600	3 000	6 600

**Fuente.** Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas.

El diseño debe ser completado con un tratamiento secundario (lechos de infiltración, humedales, etc.) previa la disposición final del efluente (riego, curso superficial). La Fig. 12, muestra las diferentes opciones de tratamiento secundario que se pueden considerar. En zonas de baja capacidad de infiltración de suelos, es recomendable el uso de artefactos sanitarios de bajo consumo de agua (inodoros de 3 - 6 Litros por descarga) al objeto de reducir los volúmenes de generación de aguas residuales.

La **Tabla 4**, indica los parámetros principales a considerar en el diseño de un tanque séptico.



Tabla 4. Guías de diseño de tanques sépticos

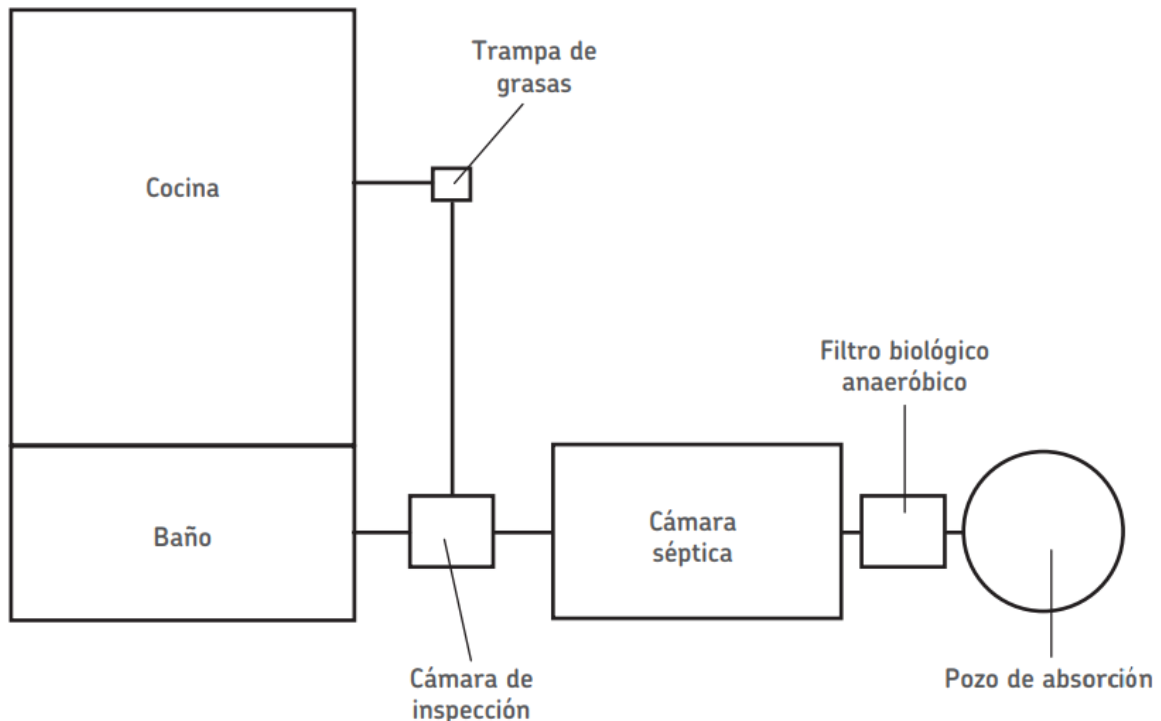
Parámetros	Valores / Recomendaciones
Remoción de sólidos suspendidos	50% - 70%
Remoción de bacterias coliformes	$\leq 1$ Unid. Log.
Reducción de materia orgánica BOD	15 % - 30%
Tiempo de retención hidráulico	12 - 24 horas
Volumen útil	$V_u = N(C \cdot t_R + 100 \cdot P)$
Relación largo / ancho	3 : 1
Número de cámaras	1 - 2
Número máximo de contribuyentes (N) en viviendas aisladas.	30 personas
Contribución per cápita (C) de aguas residuales (L/hab.día)	50 - 120 (L/hab.día)
Periodo de limpieza de lodos (P).	1 - 5 años
Volumen del compartimiento de ingreso	2 / 3 - 3/4 del volumen útil
Altura interior mínima	1200 mm
Altura mínima de agua	900 mm
Borde libre del nivel de agua	300 mm
Diferencia de elevación entre la tubería de ingreso y salida	75 mm
Distancia de la base del tanque al orificio de salida con la segunda cámara.	450 mm
Tuberías de ingreso y salida (diámetro mínimo)	100 mm
Ventilación en cada cámara	100 mm
Accesos al tanque ( uno por cámara)	600 x 600 mm

Fuente. Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas.

### Localización de la cámara séptica y los sistemas de infiltración

La cámara séptica y el pozo de absorción o las zanjas de infiltración deben localizarse preferentemente en las áreas en las cuales no se construirá vivienda nunca y que se encuentren hacia el frente de lote; es decir, es conveniente localizarlas en el jardín delantero de la casa o el área de parqueo. Estas características permitirán un mejor acceso para la limpieza de las cámaras, pero también, mayor facilidad de conexión al alcantarillado sanitario cuando este servicio llegue a la zona.





**Imagen 13.** localización de cámara séptica.

**Fuente.** Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas.

### Pozo de absorción

El pozo de absorción es un elemento opcional de infiltración. Es el elemento final de la fosa séptica, que recibe los líquidos provenientes del tanque séptico o trampa para grasa. El pozo de absorción permite el tratamiento de los líquidos a través de materiales pétreos como piedra, grava y arena, previo a la disposición final al cuerpo receptor (suelo). Para mantener la verticalidad y buen funcionamiento del pozo de absorción se recomienda colocar el material filtrante de la siguiente manera:

- a) Del fondo del pozo de forma ascendente colocar una capa de arena limpia.
- b) Sobre la capa de arena colocar una capa de grava.
- c) De la capa de grava hasta 50 centímetros debajo de la caída del efluente colocar piedra cuarta.

El espesor de cada una de las capas a colocar dependerá de la profundidad del pozo. La distribución de las capas debe ser lo más equitativa posible en cuanto a su espesor.

Para calcular la profundidad del pozo, antes debe realizarse la prueba de infiltración a los suelos. Con ella se podrá saber la capacidad que tiene el suelo de absorber el agua en un tiempo prudente para evitar la saturación del suelo. Ante la aplicación de sistemas individuales para el tratamiento de las aguas salientes de una vivienda, a veces no se presta la correcta atención, porque al ser unidades relativamente “pequeñas”, se asume que son simples y que “siempre” deben funcionar. Sin embargo, como cualquier otro sistema para el tratamiento de aguas residuales, deben dimensionarse para las condiciones bajo las

que estarán trabajando. Y para que funcionen bien, esos sistemas individuales o semicolectivos, es necesario respetar varios principios técnicos, muy sencillos, pero que se han venido dejando de lado. Es importante entender que, al querer aplicar una técnica para el tratamiento de aguas residuales, lo que se propone es “quitarle” cosas al agua y no “reducir” el volumen de agua usada saliendo del proyecto que nos interesa.

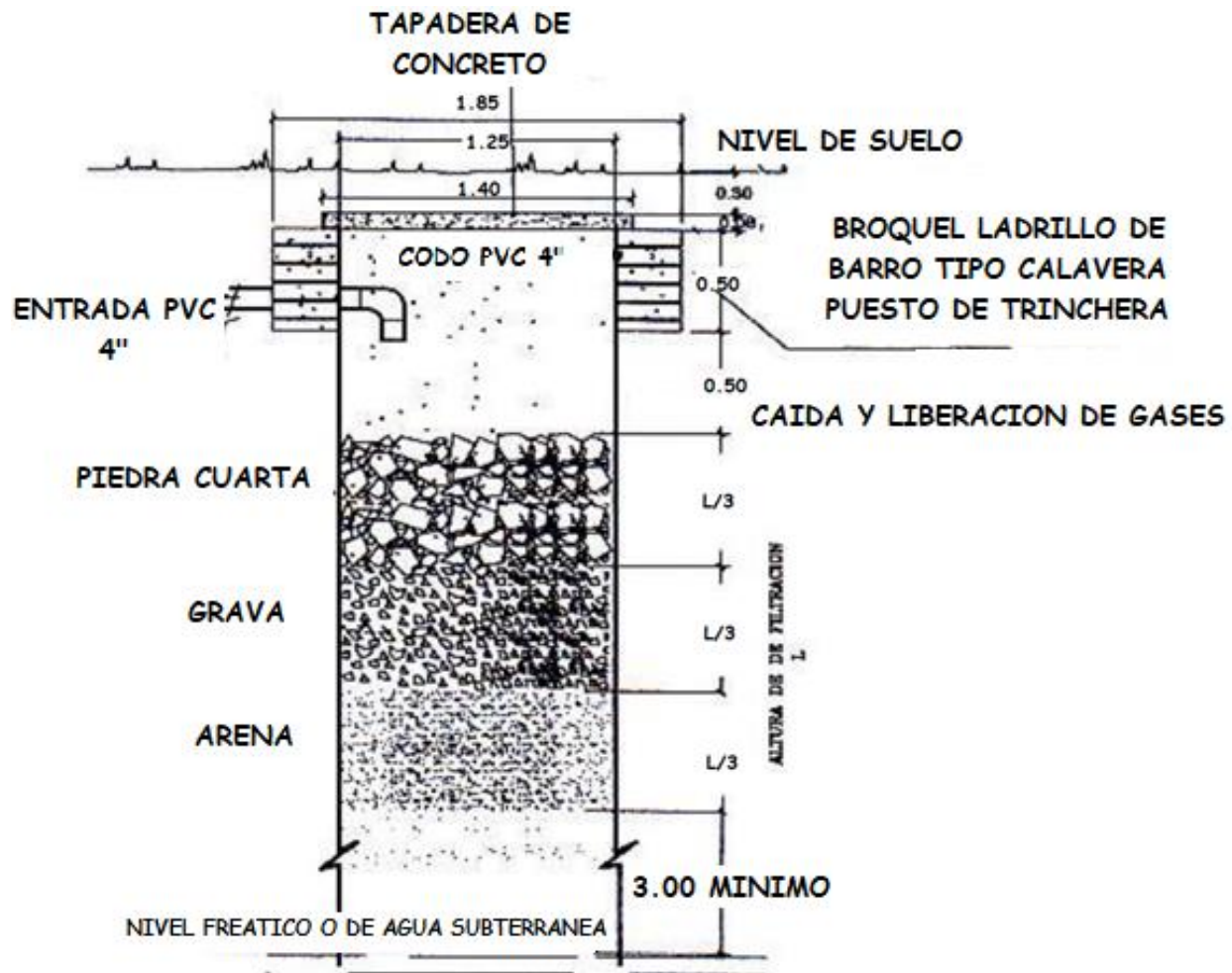
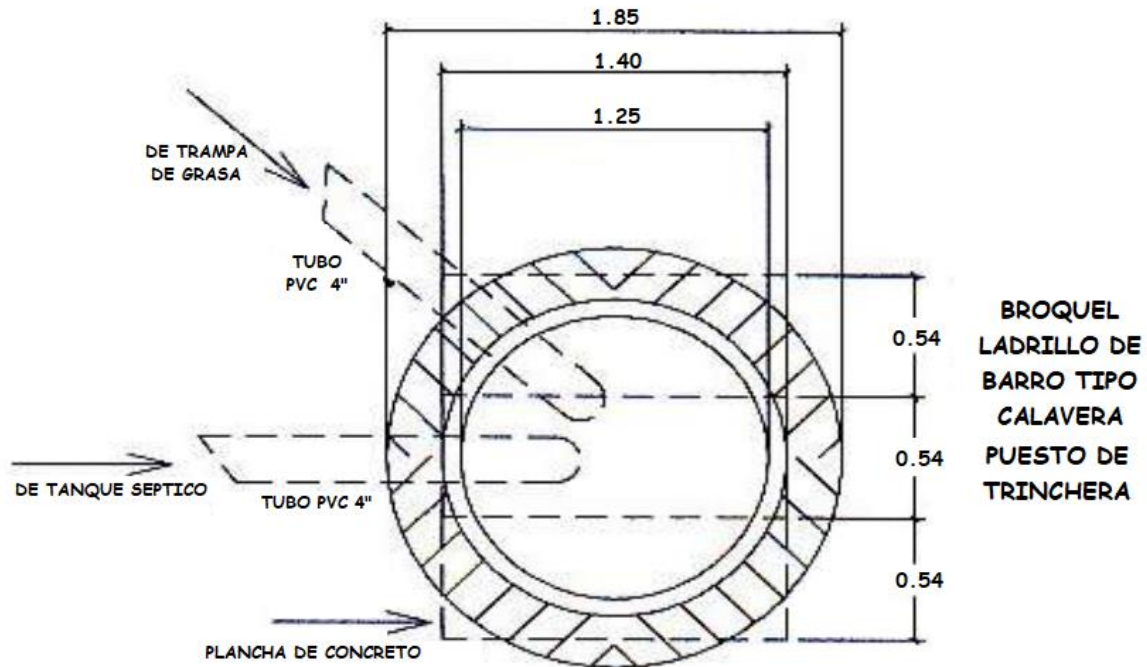


Imagen 14. Detalle de pozo de absorción

Fuente. Guía de diseño y construcción de prototipo de fosa séptica, Ministerio de Salud.



**Imagen 15.** Planta de pozo de absorción

**Fuente.** Guía de diseño y construcción de prototipo de fosa séptica, Ministerio de Salud.

### Prueba de infiltración para determinar profundidad de pozo de absorción

Se recomienda que el suelo donde se haga la prueba no esté saturado de agua, si la prueba se realiza en época lluviosa, es preferible esperar como mínimo dos días sin lluvia para efectuarla. La prueba se realiza mediante la técnica descrita a continuación: se comienza realizando una excavación con dimensiones de 0,30 metros de ancho por 0,30 metros de base y 0,35 metros de profundidad. Después de finalizar la excavación, se coloca una capa de 5 centímetros de arena gruesa o grava en el fondo. Luego, se llena el agujero con agua hasta alcanzar la altura máxima de la excavación y se deja que el agua se consuma totalmente. Posteriormente, se llena nuevamente el agujero para saturar el suelo hasta una profundidad de 15 centímetros desde el fondo y se registra el tiempo que tarda el agua en descender 2,5 centímetros. Si el tiempo es mayor de 30 minutos, indica que el terreno es inadecuado para la instalación de un pozo de absorción, y en su lugar se sugiere considerar la instalación de un sistema de arena filtrante. Si el tiempo es menor o igual a 10 minutos, se trata de un terreno arenoso o muy permeable.

### Trampa para grasas

La forma más simple y económica para la eliminación de las grasas y aceites se basa en aprovechar su flotabilidad, por lo que, bajo el principio del sifón, los flotantes quedan retenidas en la superficie del líquido. La utilización de las trampas de grasa no es requerida para viviendas y estas se utilizan en instalaciones que contemplen centros de preparación de alimentos como hoteles, restaurantes y cafeterías para atención de más de 50 personas.

Parámetros de diseño.

Tiempo de retención hidráulica:

- 3 minutos para flujo de entrada de 2 a 9 l/s
- 4 minutos para flujo de entrada de 10 a 19 l/s
- 5 minutos para flujo de entrada mayor a 20 l/s

**Tabla 5.** Velocidad ascensional para la densidad de los aceites y grasas y área superficial

DENSIDAD DE LOS ACEITES Y GRASAS mg/l	VELOCIDAD DE ASCENSO m/hr	ÁREA DE LA SUPERFICIE DE LOS SEPARADORES DE ACEITE Y GRASAS POR CADA l/s m <sup>2</sup>
	22.50	0.16
800	18.00	0.20
850	13.50	0.27
900	9.00	0.40

**Fuente.** Norma Suiza para el dimensionamiento de separadores de aceites y grasas

### Cálculo para el diseño de trampa para grasa

Cálculo del caudal de agua residual.

El caudal residual se calcula como el doble de la demanda máxima horaria, quedando definida de la siguiente forma:

$$Q_r = 4.4 D. \text{ hab} / 1000$$

Dónde:

**Q<sub>r</sub>** = Caudal de aguas residuales en m<sup>3</sup>/día.

**D** = Dotación de agua potable l/hab. Día.

**hab** = Habitantes a servir.

Cálculo de Área superficial de trampa de grasa (A<sub>s</sub>).

$$A_s = Q_r / v$$

Dónde:

**A<sub>s</sub>** = Área superficial en m<sup>2</sup>

**Q<sub>r</sub>** = Caudal residual en m<sup>3</sup>/hr

**v** = Velocidad ascendente en m/hr

Cálculo de volumen de trampa de grasa.

$$V = Q_r t_0 / 60$$

Dónde:

**V** = Volumen de trampa de grasa en m<sup>3</sup>

**Q<sub>r</sub>** = Caudal residual en m<sup>3</sup>/hr

**t<sub>0</sub>** = Tiempo de retención hidráulico en minuto

Cálculo de altura útil de agua.

$$h = V A_s$$

Dónde:

**h** = Altura útil de agua en metros (m)

**V** = Volumen de trampa de grasa en m<sup>3</sup>

**A<sub>s</sub>** = Área superficial en m<sup>2</sup>

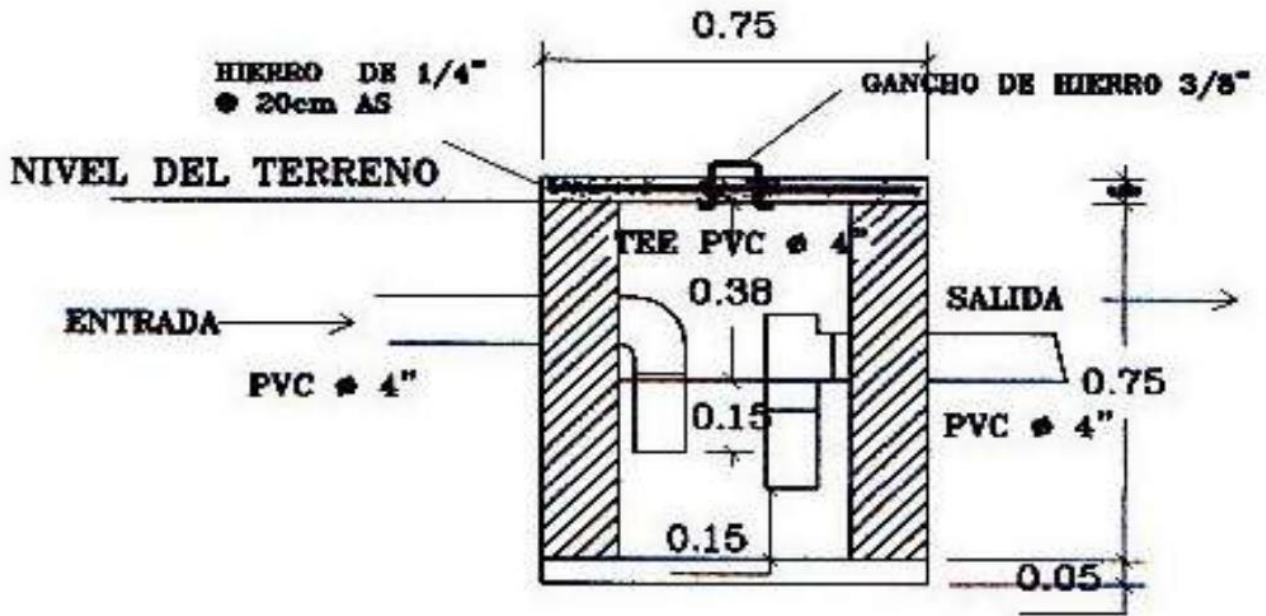


Imagen 16. Modelo de Elevación de trampa para grasa

Fuente. Guía de diseño y construcción de prototipo de fosa séptica, Ministerio de Salud.

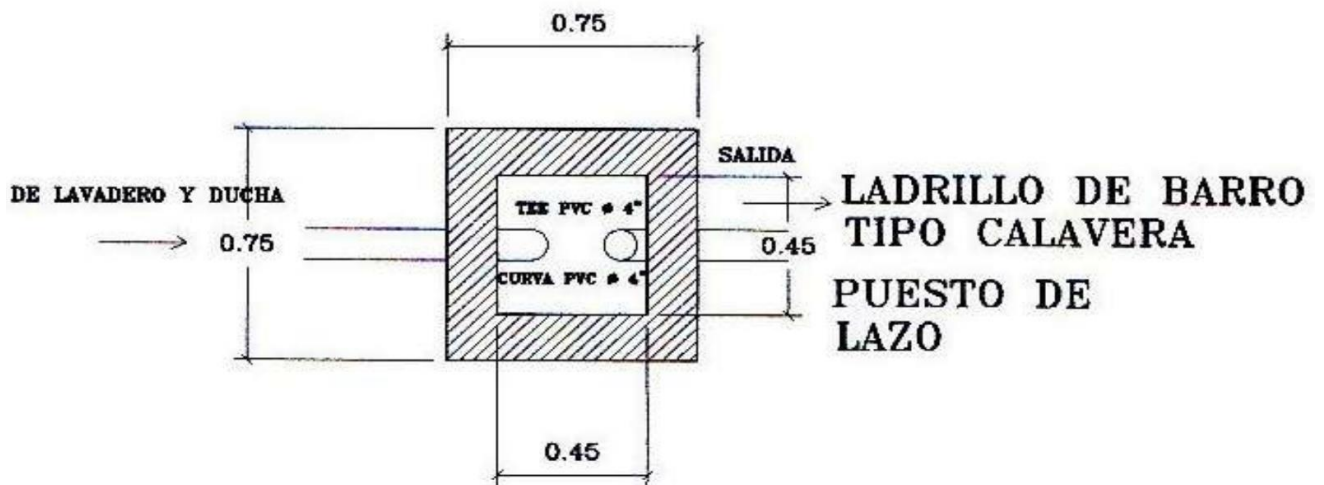


Imagen 17. Modelo de Planta de trampa para grasa

Fuente. Guía de diseño y construcción de prototipo de fosa séptica, Ministerio de Salud. **Filtro multicámaras horizontal**

El tratamiento de las aguas grises es muy simple: se aprovecha que en el suelo existen microorganismos que degradan la materia orgánica y que las plantas necesitan nutrientes y agua para su desarrollo. Por lo tanto, aunque el agua gris represente un peligro cuando se descarga en un cuerpo de agua receptor, es en

realidad un recurso si se aprovecha en el medio adecuado.

Los materiales como la grava volcánica porosa o la arena son muy efectivos para el tratamiento de las aguas grises porque son porosos y permiten que dichos microorganismos se adhieran a su superficie. Además, ciertas plantas pueden tolerar con mayor facilidad un medio saturado, es decir, un medio que tiene presencia de agua permanente. Estas plantas se denominan plantas de pantano y también juegan un papel muy importante en el proceso de tratamiento.

En un inicio, las aguas grises se reciben en una trampa de grasas. La trampa tiene dos funciones: retener las grasas, que forman una nata en la superficie del agua, y sedimentar los sólidos, que se asientan en el fondo. De esta forma, la trampa protege el filtro, pues evita que éste se tape. El agua previamente tratada sale de la trampa de grasas y se dirige hacia una jardinera impermeable que cuenta con tres secciones. Las secciones de entrada y salida están rellenas de grava volcánica y sirven para distribuir el agua uniformemente cuando ésta entra y sale del filtro. De preferencia, se debe seleccionar el material de mayor diámetro en la entrada para prolongar la vida útil de la grava volcánica.

En la sección del centro se atrapan los sólidos más pequeños y el agua fluye lentamente, lo que aumenta el tiempo de retención del filtro. Este factor es muy importante ya que entre más tiempo pase el agua dentro del filtro, mayor será su tratamiento. [11]

Los materiales utilizados, que tienen funciones filtrantes, fueron escogidos por su fácil obtención, su precio muy bajo y por las características filtrantes específicas que los colocan como algunos de los mejores materiales filtrantes tradicionales. Entre los materiales seleccionados están:

### **Carbón**

Este material muy eficaz en su trabajo, utilizado principalmente para eliminación de cloro y compuestos orgánicos en el agua; elimina el color y olor, bacterias y suciedades presentes en el agua.

El filtro de carbón funciona principalmente por el proceso de adsorción. La adsorción significa una interacción superficial entre las especies disueltas y el carbón, sin embargo, en el tratamiento de aguas contaminantes las especies disueltas están difusas en los poros de carbón (absorción) donde se unen a las superficies de carbón (adsorción) [3].

La porosidad y el área superficial grande de carbón proporcionan una multitud de sitios reactivos para la unión de compuestos disueltos. En estos sitios reactivos se pueden unir los compuestos orgánicos disueltos no problemáticos, así como pueden ser dirigidos los contaminantes peligrosos.

### **Grava**

El agua fluye hacia arriba a través de la grava, esto elimina la turbidez (partículas). Las propiedades del medio causan que el agua tome caminos erráticos y largos trayectos, lo cual incrementa la probabilidad de que el sólido tenga contacto con otras partículas suspendidas y con el medio formado en la superficie del gránulo de grava o arena; siendo de esta manera retenido entre el material filtrante [6].

### **Arena**

Los filtros de arena eliminan los microorganismos y las partículas por el esfuerzo físico, y algunos compuestos disueltos por adsorción sobre las superficies de los granos de arena.



Los filtros de arena que mayor tiempo de contacto tiene entre el agua y la arena/biopartículas proporcionan un mejor tratamiento al permitir más tiempo para la adsorción y mecanismos de biodegradación. Retiene sólidos en suspensión y algunos organismos.

La arena es utilizada como lecho filtrante para depuración y potabilización de las aguas (para la retención de los flósculos de tamaños muy pequeños que no son separados por decantación).

### **Zanja de infiltración o campo de riego**

Una de las alternativas al pozo de absorción lo constituyen las zanjas de infiltración. Estas pueden ser empleadas cuando el nivel del agua subterránea está muy próximo a la superficie, ya que estas no son tan profundas como los pozos de absorción. La limitación constructiva más importante es la disponibilidad de espacio. Pero es un elemento opcional utilizado para descargar el efluente proveniente de la trampa para grasa. El efluente se dispone a través de las zanjas en el subsuelo, permitiendo su oxidación y disposición.

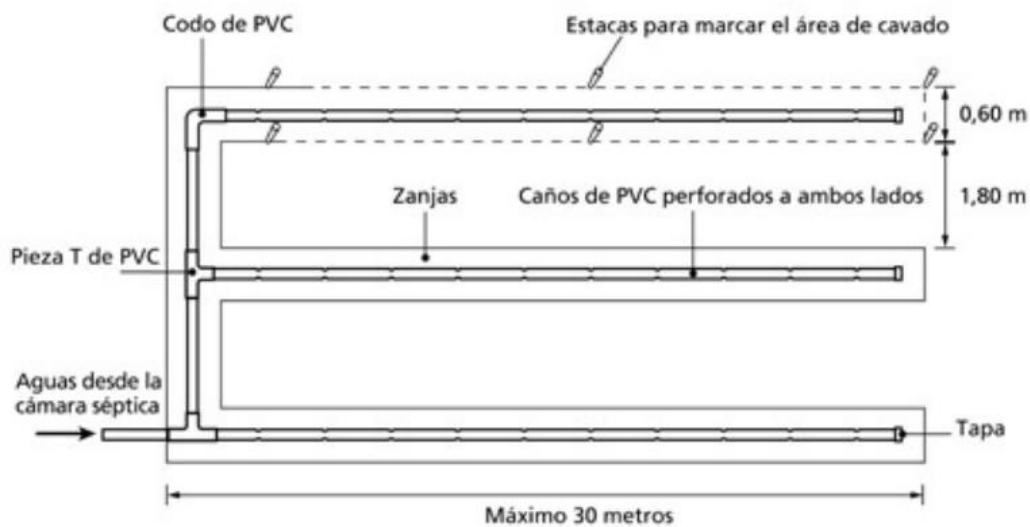
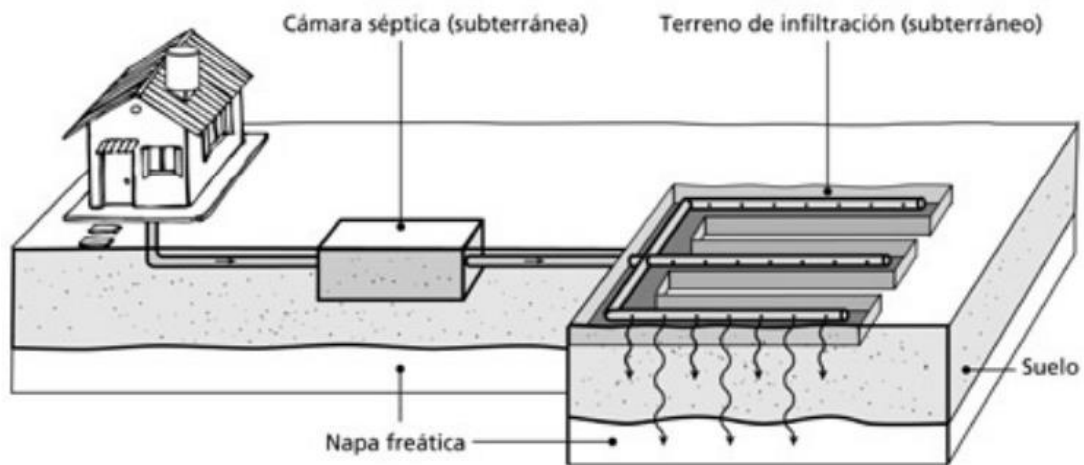
La profundidad de las zanjas se determina de acuerdo con la elevación del nivel freático y la tasa de infiltración. La profundidad máxima será de 0,60 metros, procurando mantener una separación mínima de 1,20 metros entre el fondo de la zanja y el nivel freático. Se recomienda emplear la zanja de filtración o campo de riego cuando los valores de la tasa de infiltración oscilen entre 0,41 y 25 minutos por centímetro, y cuando el nivel freático sea menor de 5 metros de profundidad.

El diseño se basa en los siguientes criterios técnicos:

- a) Se diseña de acuerdo con prueba de infiltración.
- b) El número mínimo de líneas de tubería será de dos.
- c) La longitud máxima de línea será de 30 metros.
- d) Separación mínima entre líneas de tubería será de 1,80 metros.
- e) La profundidad de las zanjas varía de 0,45 - 0,60 metros.
- f) El ancho de la zanja debe ser de 0,45 metros como mínimo.
- g) La pendiente de las tuberías será de 0,01 – 0,025 metros por cada 10 metros.

### **Partes de las zanjas de infiltración**

Las zanjas de infiltración constituyen una sola obra cuyos elementos principales se representan en figura 18. La distancia entre los ejes de las zanjas de infiltración debe ser de 1.5 a 2.0 mts.



**Imagen 18.** Partes de las zanjas de infiltración.

**Fuente.** Manual de autoconstrucción de Sistemas de tratamiento de aguas Residuales domiciliarias.

Recomendaciones de distancias de localización de cámaras sépticas a construir.

La cámara Séptica debe estar al menos a (distancias sugeridas):

- 05 metros de distancia de edificios o predios circundantes.
- 15 metros de cualquier corriente de agua.
- 30 metros de pozos de agua.
- 60 metros de embalses o cuerpos de agua usados como fuentes de abastecimiento.

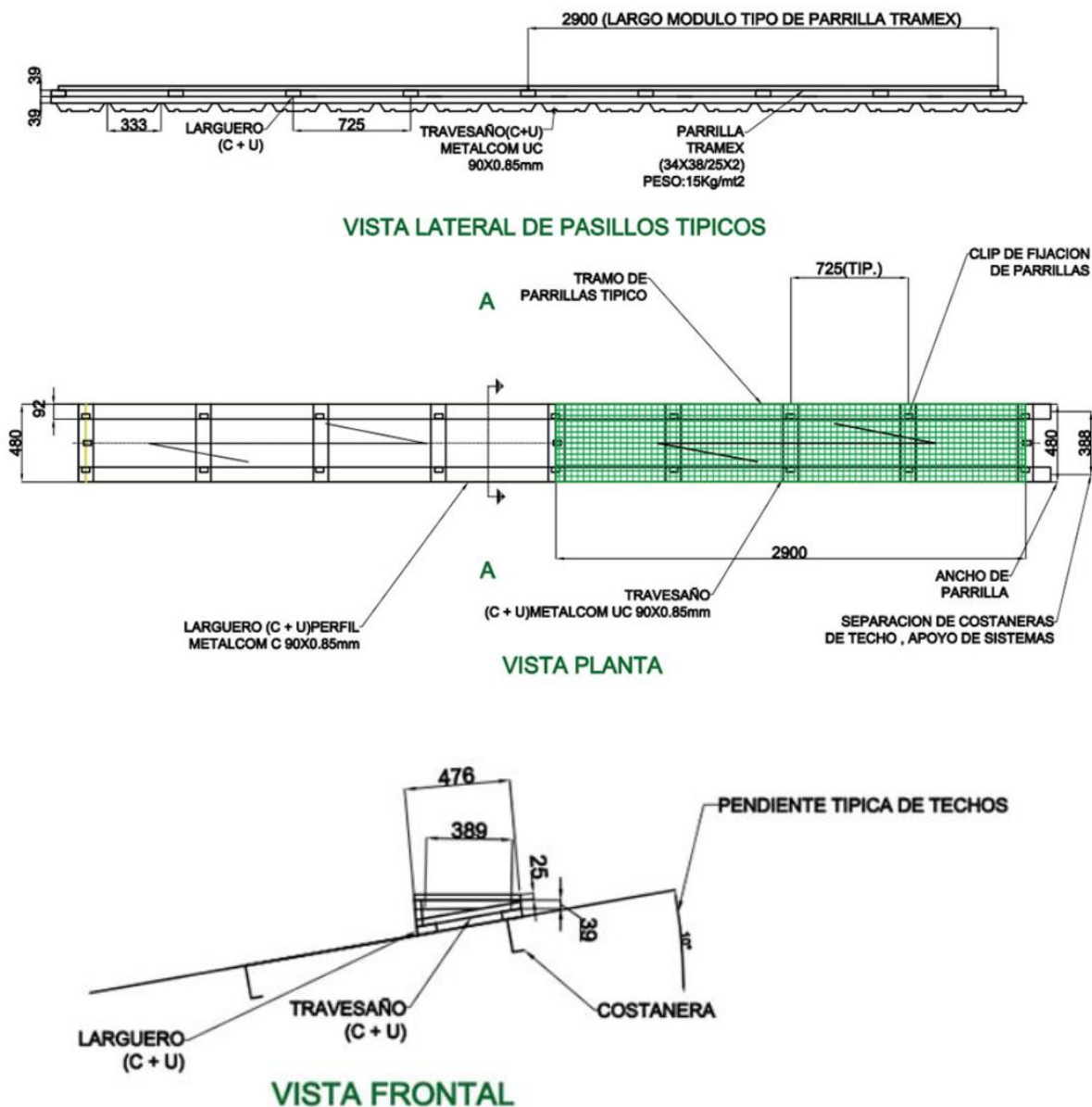


## 5.9. ESTRUCTURAS DE MANTENIMIENTO DE SISTEMAS COMPLEMENTARIOS

Este es un sistema compuesto de perfiles y parrillas de piso, barandas y accesorios para ser instalados sobre techumbres, específicamente para el mantenimiento de todo tipo de sistemas de aire acondicionados o equipos en altura.

### Terminación galvanizada

Estos pasillos técnicos, consideran parrillas para uso livianos 34X38/25X2, galvanizadas y se apoya sobre perfiles con pernos auto-perforantes, se instalan en Cubiertas tipo A2 o PV4, en techumbres con pendientes menores o mayores a 5%, según diseño. Los pasillos técnicos, tienen anchos típicos de 480 mm y pueden ser suministrados en otras dimensiones según requerimiento. Para aplicaciones con techumbres de pendientes mayores a 5% en general deben considerar barandas, se suministran peldaños de parrillas cuando existen cambios de nivel.



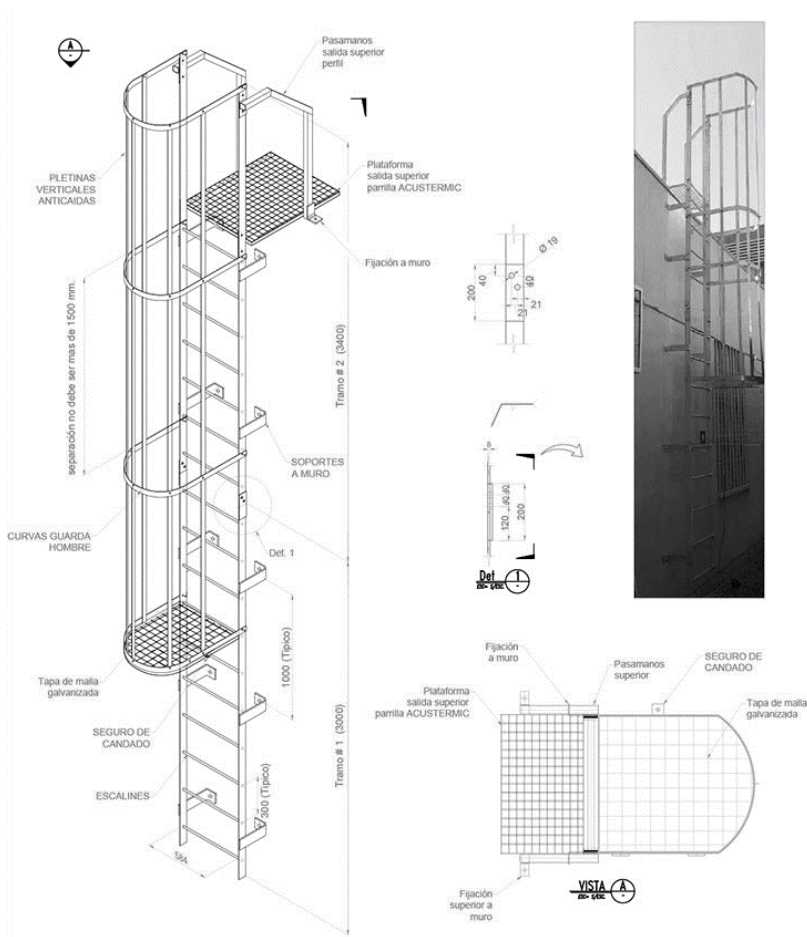
**Imagen 19.** Detalles de pasillo técnico.

**Fuente.** Acustermic S.A.

### Escaleras fijas con protección

Las escaleras fijas, también llamadas de acceso vertical o escaleras a pared, son medios de acceso permanente a maquinaria o instalaciones que permiten al trabajador situarse sobre ellas sin que representen un riesgo para su seguridad y su salud.

En multitud de edificios, tanto civiles como industriales, para el uso, mantenimiento o el ajuste de determinados equipos en estructuras elevadas, es necesario que los operarios puedan acceder y permanecer durante su trabajo en condiciones de seguridad.



**Imagen 20.** Detalles de escalera fija con protección.

**Fuente.** Acustermic S.A.

### Estructura de aluminio para montaje de paneles solares

Los módulos fotovoltaicos son la herramienta que nos permite convertir los rayos solares en energía eléctrica. Se recomienda colocar el panel solar en un ángulo perpendicular al sol, ya que de este modo se aprovecha una mayor porción de radiación solar. Vemos a continuación como un panel perpendicular a

los rayos solares atrapa la irradiación en una mayor proporción respecto a una orientación que no logra la perpendicularidad, dejando pasar parte de la radiación solar por fuera del área de captación.



**Imagen 21.** Posición de paneles respecto a los rayos del sol

**Fuente.** greentech [13]

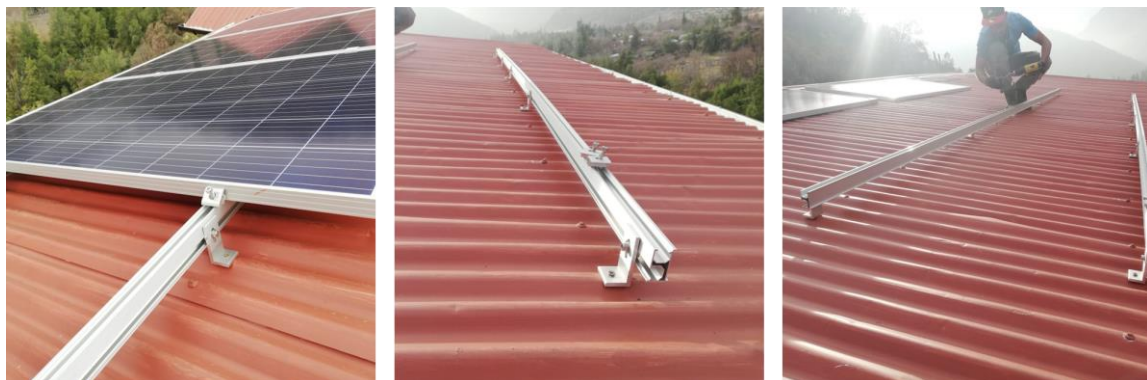
### Diseño de estructura para paneles solares: Materiales

Estructura metálica para paneles solares

**Aluminio:** Una de sus ventajas consiste en ser un metal muy ligero y liviano, lo cual facilita un trabajo de obra. También es resistente a buena parte de las formas de corrosión que existen en el aire libre. Incluso tiene métodos propios, como la alúmina, que suman capas de protección. La duración de las estructuras de aluminio es alta, y el mantenimiento bajo, lo cual lo transforman en un gran material. La estructura puede fijarse al techo sin necesidad de generar una estructura adicional de hormigón. En este caso, será de vital importancia utilizar selladores luego para no tener problemas de filtraciones tras el montaje.

**Acero galvanizado y acero inoxidable:** Las estructuras que emplean este material se diseñan con perfiles de acero de gran calidad galvanizado en caliente, con un revestimiento de zinc que asegura la protección eficaz y eficiente contra la humedad y el clima en general, dando más años de duración y menos mantenimiento. El galvanizado cuesta menos que otros materiales como el aluminio, pero tiene algunas desventajas. Una de ellas, es que, si lo taladramos posterior al proceso de galvanizado, su protección dejará de actuar. Esto hace que el trabajo en la instalación deba ser mucho más cuidadoso. Si utilizamos acero inoxidable (Desventaja: Mayor precio), podemos esquivar este potencial problema.

Estructuras de triángulo invertido no solo sirven para una superficie plana horizontal, sino que también podrían servir sin modificaciones algunas para fijar a una estructura plana vertical.



**Imagen 22.** Montaje de estructura para paneles.

Fuente. SUNMODO S.A.

#### Características

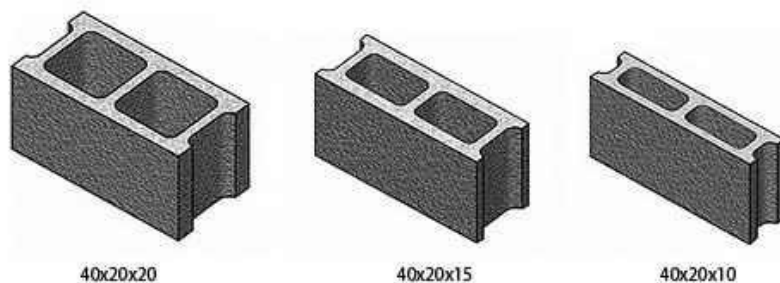
- Estructura de aluminio.
- La estructura se compone de 2 rieles y piezas de conexión.
- Los rieles y las piezas de conexión de paneles son de aluminio.
- Los paneles quedan con la inclinación que el techo tenga.
- Esta estructura está diseñada para ser instalada en cualquier tipo de techo con inclinación.
- Adaptable entre sí para instalar todos los paneles que se necesiten.
- Rápida y fácil instalación
- Se desarma completamente para fácil transporte.

### 5.10.SISTEMA CONSTRUCTIVO

#### Bloque de concreto

Este sistema fue introducido en El Salvador hace más de 50 años como una alternativa al sistema tradicional predominante que históricamente fue el bahareque indígena y posteriormente el adobe españolizado y el ladrillo de barro cocido. Con la utilización de este sistema en la construcción de viviendas se convierte en el más utilizado debido a la rapidez y por su comportamiento estructural.

Bloque de concreto: unidad hueca de concreto prefabricada usada en la industria de la construcción.



**Imagen 23.** Bloques de concreto en presentaciones comerciales. **Fuente.** Saltex El Salvador,2022

#### Ventajas de utilizar bloques de cemento

Los bloques de cemento son asociados a la autoconstrucción y a la vivienda de bajo costo, situaciones que entregan pocos espacios para explorar más allá del diseño funcional. Sin embargo, algunos profesionales han experimentado magníficas edificaciones, convirtiendo a este material en el protagonista de sus espacios, con su textura y color original; animando a las nuevas generaciones a disfrutar de sus bondades en los diseños modernos. Además de esto, te mencionamos otras ventajas:

- Es económico y de calidad en comparación con otros tipos de materiales de construcción.

- Ligeros, que es muy beneficioso cuando se trabaja en un proyecto que requiere un trabajo manual pesado.
- También se puede utilizar como una forma de aislamiento contra el calor o el frío, ayudando en el costo de las facturas de energía.
- Duradero: el bloque de cemento es excelente cuando se construye una base porque, a diferencia de la madera, es inmune a las termitas y las temperaturas extremas.
- Versátil: se puede utilizar de varias maneras diferentes, desde paisajes de patio trasero, tabiques o incluso para habitaciones insonorizadas.

**Hierro o acero de refuerzo:** es parte del sistema estructural y trabaja junto con los bloques, el mortero de pega y el concreto fluido (grout) para lograr una mayor solidez. El hierro tiene la propiedad de adherirse al grout. El acero de refuerzo se coloca de dos formas.



**Imagen 24.** Varilla corrugada requerimientos de calidad. **Fuente.** Corinca, El Salvador. 2022

**El refuerzo vertical:** consiste en varillas de hierro corrugado de 3/8" que se fijan a la fundación antes de su vaciado y se ubican al centro de las celdas de los bloques.

**El refuerzo horizontal:** consiste en varillas de hierro liso de 1/4" que se colocan en el muro a medida que se va construyendo en sentido horizontal y estas quedan embebidas en el mortero de pega.

**Bloque celosía:** la celosía es un elemento constructivo que habitualmente se aplica con el fin de crear una protección, ya sea para garantizar la privacidad o crear un filtro frente a las condiciones climáticas. Tipológicamente es un cerramiento permeable compuesto a partir de piezas que se repiten para crear una superficie. La protección solar es fundamental, pero el confort térmico no se consigue exclusivamente a través de la sombra, si no que la ventilación juega un papel fundamental. Por ello los huecos de las celosías



no se cierran con materiales transparentes como el vidrio, si no que se mantienen sus huecos, permitiendo el paso del aire.

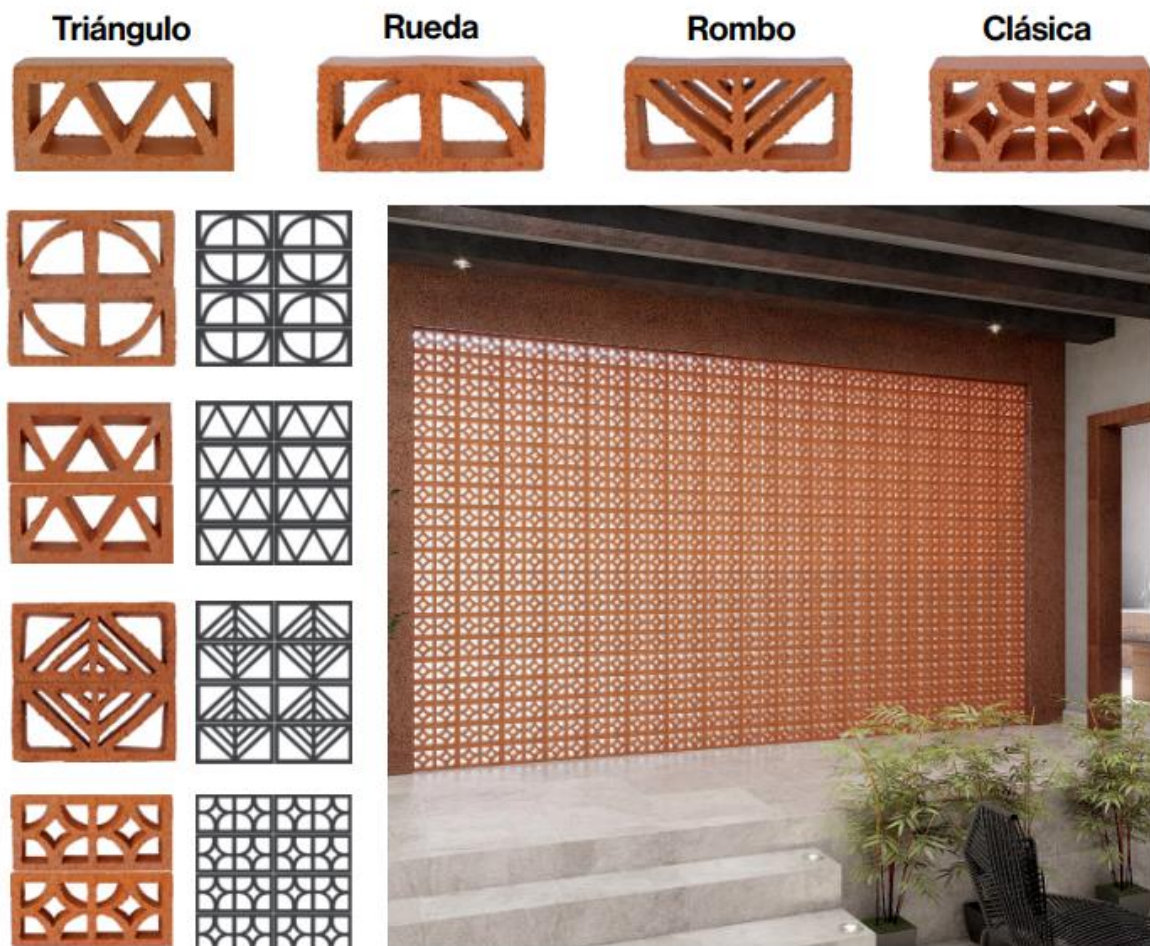
Las celosías son un elemento original del antiguo Egipto, que renace en el lenguaje de diseño contemporáneo y están diseñadas para dar un toque decorativo a muros y cierres. Es un producto vibro-comprimido de arcilla, con excelentes características de forma, acabados, color y textura.

Poseen diversas funciones: cubren divisiones de muros internos o externos, permiten la privacidad al mismo tiempo que dan la sensación de espacios abiertos. También es muy utilizado en proyectos residenciales, industriales, comerciales, etc.

Cada pieza está diseñada para permitir que los espacios donde se utilizan se perciban más amplios.

Ventajas:

- Altamente resistente
- Duradero
- Facilita la modulación
- Ahorra tiempo en construcción y además, permite la ventilación de las áreas



**Imagen 25.** Diseños de bloque celosía. **Fuente.** Ladrillera mecanizada

### 5.11. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE ODS. OBJETIVO 11- CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES

Más de la mitad de la población mundial vive hoy en zonas urbanas. En 2050, esa cifra habrá aumentado a 6.500 millones de personas, dos tercios de la humanidad. No es posible lograr un desarrollo sostenible sin transformar radicalmente la forma en que construimos y administramos los espacios urbanos.

El rápido crecimiento de las urbes en el mundo en desarrollo, como resultado de la creciente población y del incremento en la migración, ha provocado un incremento explosivo de las mega urbes, especialmente en el mundo desarrollado, y los barrios marginales se están convirtiendo en una característica más significativa de la vida urbana.

Mejorar la seguridad y la sostenibilidad de las ciudades implica garantizar el acceso a viviendas seguras y asequibles y el mejoramiento de los asentamientos marginales. También incluye realizar inversiones en transporte público, crear áreas públicas verdes y mejorar la planificación y gestión urbana de manera que sea participativa e inclusiva.



3. Salud Y Bienestar



7. Energía Asequible Y No Contaminante



8. Trabajo Decente Y Crecimiento Económico



9. Industria, Innovación E Infraestructura



11. Ciudades Y Comunidades Sostenibles



12. Producción Y Consumo Responsables



13. Acción Por El Clima



15. Vida De Ecosistemas Terrestres



17. Alianza Para Lograr Los Objetivos

Imagen 26. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con incidencia en la arquitectura sustentable;

Fuente: Organización de las Naciones Unidad (ONU)



## Metas del objetivo

De aquí a 2030, asegurar el acceso de todas las personas a viviendas y servicios básicos adecuados, seguros y asequibles y mejorar los barrios marginales.

De aquí a 2030, proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos y mejorar la seguridad vial, en particular mediante la ampliación del transporte público, prestando especial atención a las necesidades de las personas en situación de vulnerabilidad, las mujeres, los niños, las personas con discapacidad y las personas de edad.

De aquí a 2030, aumentar la urbanización inclusiva y sostenible y la capacidad para la planificación y la gestión participativas, integradas y sostenibles de los asentamientos humanos en todos los países.

Redoblar los esfuerzos para proteger y salvaguardar el patrimonio cultural y natural del mundo.

De aquí a 2030, reducir significativamente el número de muertes causadas por los desastres, incluidos los relacionados con el agua, y de personas afectadas por ellos, y reducir considerablemente las pérdidas económicas directas provocadas por los desastres en comparación con el producto interno bruto mundial, haciendo hincapié en la protección de los pobres y las personas en situaciones de vulnerabilidad.

De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo.

De aquí a 2030, proporcionar acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles, en particular para las mujeres y los niños, las personas de edad y las personas con discapacidad.

Apoyar los vínculos económicos, sociales y ambientales positivos entre las zonas urbanas, periurbanas y rurales fortaleciendo la planificación del desarrollo nacional y regional.

De aquí a 2020, aumentar considerablemente el número de ciudades y asentamientos humanos que adoptan e implementan políticas y planes integrados para promover la inclusión, el uso eficiente de los recursos, la mitigación del cambio climático y la adaptación a él y la resiliencia ante los desastres, y desarrollar y poner en práctica, en consonancia con el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, la gestión integral de los riesgos de desastre a todos los niveles.

Proporcionar apoyo a los países menos adelantados, incluso mediante asistencia financiera y técnica, para que puedan construir edificios sostenibles y resilientes utilizando materiales locales. [4]

## 6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación está basada dentro de un proceso metodológico como herramienta que nos facilita el desarrollo de las posibles propuestas de mejores alternativas de construcción en el contexto de la arquitectura bioclimática y sostenible para viviendas en El Salvador.

Dichas herramientas surgen de un proceso de fases lógicas de investigación, las cuales se definen para tener una comprensión y análisis profundo del problema y así, que éste permita dar una respuesta apropiada; dicha estrategia se plantea de la siguiente manera:

### **Fase 1: Investigación Técnica**

Recolectar información del sitio de diseño, clima, parámetros de diseño bioclimáticos y sostenibles, normativas nacionales e internacionales de diseño y construcción, energías renovables y net zero. Todos estos datos fueron analizados e interpretados para poder tener criterios técnicos certeros y así brindar recomendaciones y propuestas coherentes a la realidad nacional.

Se tuvo asesoría de parte de docentes del College of de Canyons y de ITCA FEPADE, en cuanto a diseño bioclimático, software y energías renovables, además apoyo en el desarrollo del diseño. De esta manera, los resultados fueron en la medida de lo posible, los óptimos.

### **Fase 2: Capacitación de estudiantes**

Desarrollar la capacitación de estudiantes con iniciativa propia en investigación para garantizar el correcto apoyo en el diseño de la vivienda, sistemas complementarios sostenibles, identificación de materiales, base de criterios técnicos constructivos y normativas nacionales e internacionales. Esta etapa ayudó a generar nuevos conocimientos en los estudiantes.

### **Fase 3: Desarrollo del diseño**

En el diseño de la vivienda bioclimática sostenible se contemplarán las necesidades de los futuros usuarios, el análisis del clima del sitio, los materiales, procesos, energías renovables y sistemas complementarios para la sostenibilidad de la vivienda. Se hicieron los planos con especificaciones, detalles y cumpliendo con las normativas de diseño y construcción. Así como la volumetría necesaria para el análisis de la aplicación de los criterios de diseño.

### **Fase 4: Realizar informe**

El diseño y los volúmenes creados en base a los criterios aplicados se podrán presentar a diferentes instituciones nacionales e internacionales la propuesta de vivienda bioclimática sostenible, para que sea tomada en cuenta como una propuesta a la forma de diseñar y construir hábitats sostenibles.

### **Fase 5: Difusión del proyecto**

En esta fase se dará a conocer el proyecto en congresos y publicaciones científicas.

A continuación, se presenta un esquema básico que muestra el desarrollo metodológico de la investigación:

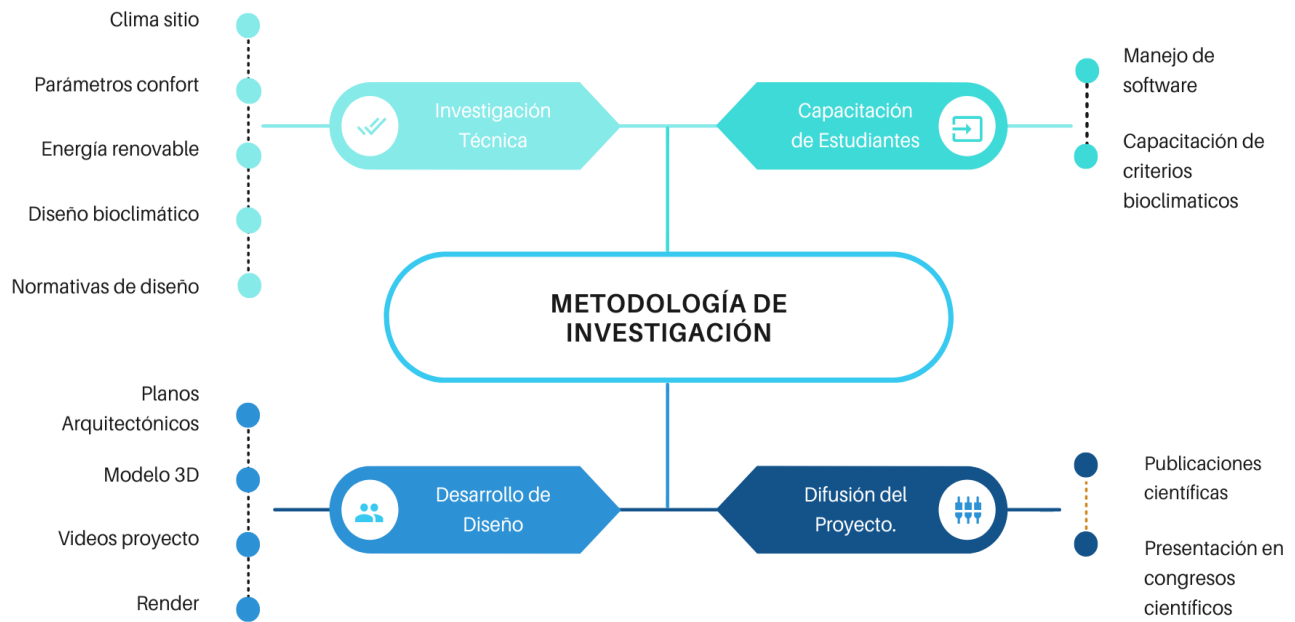


Diagrama 1. Esquema metodológico de la investigación desarrollada.

Fuente. Elaboración propia, 2023

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA						
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES EJECUTAR	POR	RESULTADOS ESPERADOS	MATERIALES	PERIODO	RESPONSABLE
Realizar investigación de criterios bioclimáticos y diseño de sistemas complementarios de sostenibilidad.	Identificar los criterios bioclimáticos a aplicar a la vivienda, los sistemas de energías renovables y complementos de sostenibilidad. Charlas de conceptos bioclimáticos.		Componentes de recolección de aguas lluvias, reutilización de aguas, energía solar, criterios de diseño.		Marzo/Abril	Arq. Eva Pineda
Desarrollar el diseño de la vivienda bioclimática aplicando criterios de diseño.	Crear planos del diseño de la vivienda, detalles de componentes de sostenibilidad. Charlas de programas a utilizar en diseño.		Planos arquitectónicos		Mayo/ Agosto	Arq. Eva Pineda

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA						
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES POR EJECUTAR	RESULTADOS ESPERADOS	MATERIALES	PERIODO	RESPONSABLE	
Realizar diseños complementarios de sostenibilidad de la vivienda.	Desarrollar cálculos para sistema de energía fotovoltaica, captación de aguas lluvias y tratamiento de aguas grises, cumpliendo con normativas nacionales e internacionales.  Charlas de funcionamiento de sistemas complementarios.	Diseño de energía fotovoltaica.  Diseño de sistema de captación aguas lluvias.  Diseño de tratamiento de aguas grises.		Septiembre/ Noviembre	Arq. Eva Pineda	

COLLEGE OF THE CANYONS						
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES A EJECUTAR	RESULTADOS ESPERADOS	MATERIALES	PERIODO	RESPONSABLE	
Realizar investigación de criterios bioclimáticos y diseño de sistemas complementarios de sostenibilidad.	Identificar los criterios bioclimáticos a aplicar a la vivienda, los sistemas de energías renovables y complementos de sostenibilidad.  Charlas de bioclimatismo y componentes de análisis en el diseño de la vivienda.	Componentes de recolección de aguas lluvias, reutilización de aguas, energía solar, criterios de diseño.		Marzo/ Abril	Jason Oliver (canyons)  Orlando Flores (canyons)	
Desarrollar el diseño de la vivienda aplicando criterios de diseño.	Crear planos del diseño de la vivienda, detalles de componentes de sostenibilidad.	Planos arquitectónicos		Mayo/ Agosto	Jason Oliver (canyons)  Orlando Flores (canyons)	

## 7. RESULTADOS

### 7.1. CAPACITACIÓN DE CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS

En el desarrollo del proyecto, se llevaron a cabo diversas capacitaciones por parte de los docentes del College of the Canyons y de ITCA-FEPADE, las capacitaciones comprendían temas sobre criterios de diseño bioclimáticos, para ser aplicados en las propuestas de diseño de la vivienda, algunos de los temas que se expusieron son los siguientes:

- Sistemas solares pasivos
- Producción de energía fotovoltaica
- Ecosistemas
- Clima
- Luz y calor
- Ventilación natural
- Techos verdes
- Materiales

Las capacitaciones se impartieron una vez por semana, de manera virtual, con una duración de dos (2) horas, en las que se habló sobre términos y definiciones, análisis de imágenes de ejemplos de aplicación, graficas explicativas de rangos aceptados por las normativas de diseño, entre otros puntos a considerar en específico por tema.

La información brindada proporcionó parámetros, referencias y criterios de diseño a los estudiantes de la Escuela de Civil y Arquitectura, de la carrera de Técnico en Arquitectura de ITCA-FEPADE y los estudiantes del Programa de Arquitectura y Diseño de Interiores de College of the Canyons, para tomar decisiones en el diseño y aplicarlas en las diferentes propuestas presentadas, para luego unificar el diseño que se desarrolló.

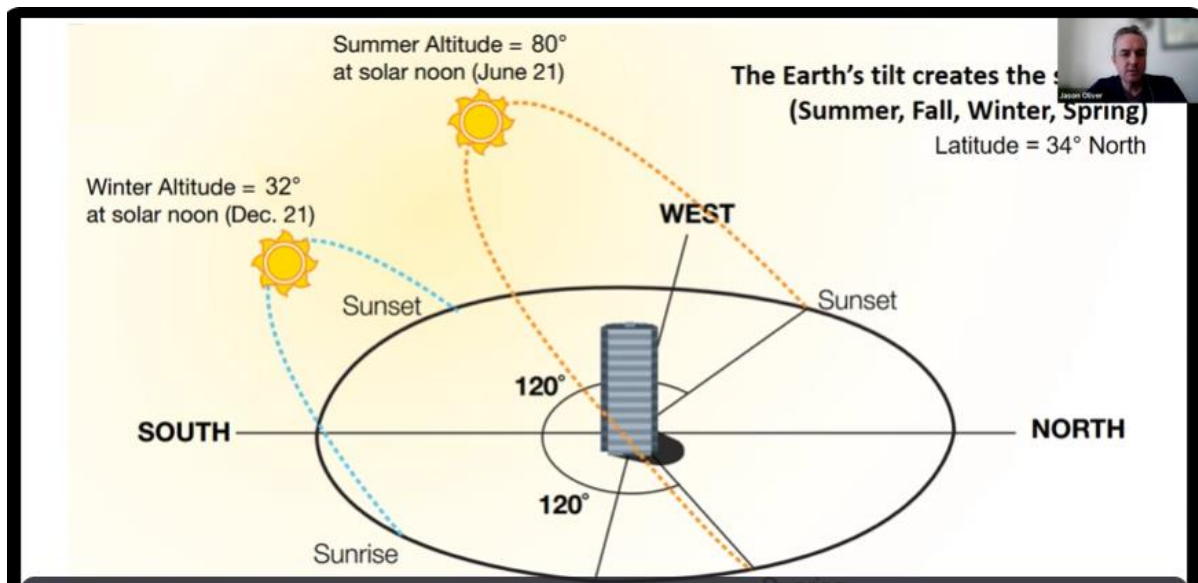


Imagen 27. Capacitación de luz y sombra, inclinación del sol en el verano e invierno.

Fuente. Elaboración propia, 2023

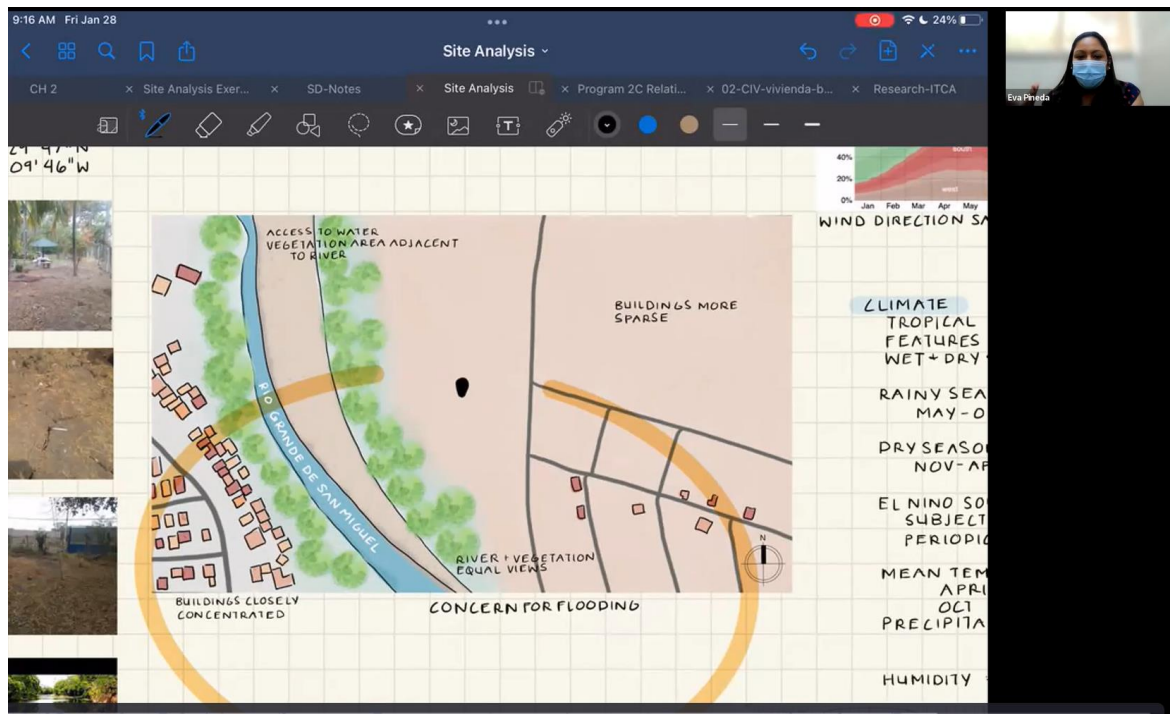


Imagen 28. Capacitación de clima, ubicación del sitio y parámetros climáticos

Fuente. Elaboración propia, 2023

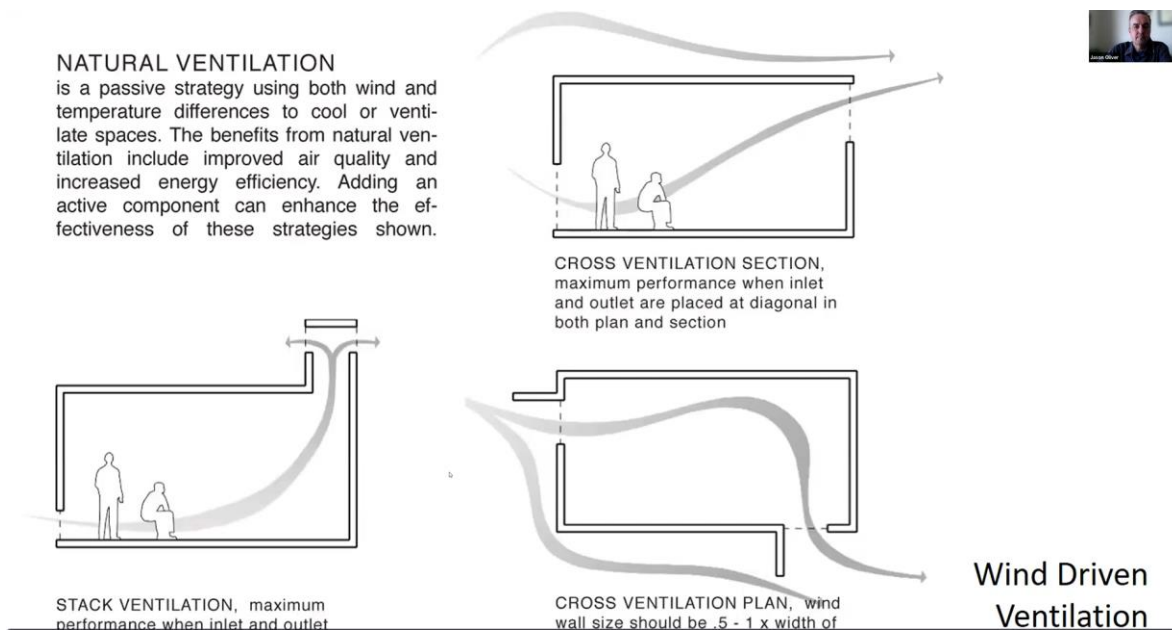


Imagen 29. Capacitación de ventilación, tipos de ventilación interna

Fuente. Elaboración propia, 2023



## 7.2. ANÁLISIS DE SITIO

La arquitectura bioclimática considera y usa el resultado del análisis de sitio en las estrategias de diseño, en cuanto a la orientación del edificio para un mayor aprovechamiento de luz natural, los vientos dominantes para emplear un sistema de acondicionamiento natural como, por ejemplo, la ventilación cruzada. También, implementar sistemas pluviales y sistemas constructivos que se adapten al clima de la zona, ya sea en lugares húmedos o secos o de poca o alta precipitación.

Para el desarrollo de la propuesta de diseño, se realizó un análisis de sol, viento y precipitación pluvial, para comprender cómo el movimiento del sol en el día y en algunos meses del año afecta a ciertos espacios interiores de la edificación, así como proteger ciertas superficies de la edificación de la radiación solar. También se evaluó el curso que sigue el viento y se identificaron las fachadas del edificio donde se aprovecharía más su captación. Además, se investigó la cantidad de lluvia y los meses en los que ocurre. Esta información nos permitirá aplicar criterios técnicos de bioclimatismo pasivos.

El terreno que se tomó para desarrollar la propuesta de diseño está ubicado en el Km. 140, Carretera a Santa Rosa de Lima, San Miguel, las coordenadas del sitio: 13°29'58.7"N 88°09'46.4"W, el clima es clasificado como Tropical, rangos de temperatura: 18° C a 39° C, en el área de ubicación predomina un tipo de suelo Arcilloso y Arenoso con vegetación. Regularmente experimenta eventos sísmicos (a veces catastróficos).

En el lado poniente del terreno, se encuentra el Río Grande de San Miguel (a la vista). Según la investigación de campo realizada, en ese sector las inundaciones son comunes. Aunque el río crece, la vegetación que hay en el sitio actúa como una defensa y marca un límite para las construcciones (ver imagen 30). En la ciudad de San Miguel se encuentra el volcán “Chaparrastique”, uno de los más activos en El Salvador, ubicado a 13.25 millas de distancia.



Imagen 30. Etiqueta azul marca ubicación del terreno y el Río Grande de San Miguel



### Análisis de Recorrido solar

La carta solar es un gráfico que representa la posición y el recorrido del sol en los diferentes meses y a distintas horas del día. Trasladando los resultados del cuadro de necesidades al gráfico, se podrán identificar los períodos en los que requerimos de sombra y posteriormente hacer el análisis del tipo de protección necesario para evitar la exposición directa al sol.

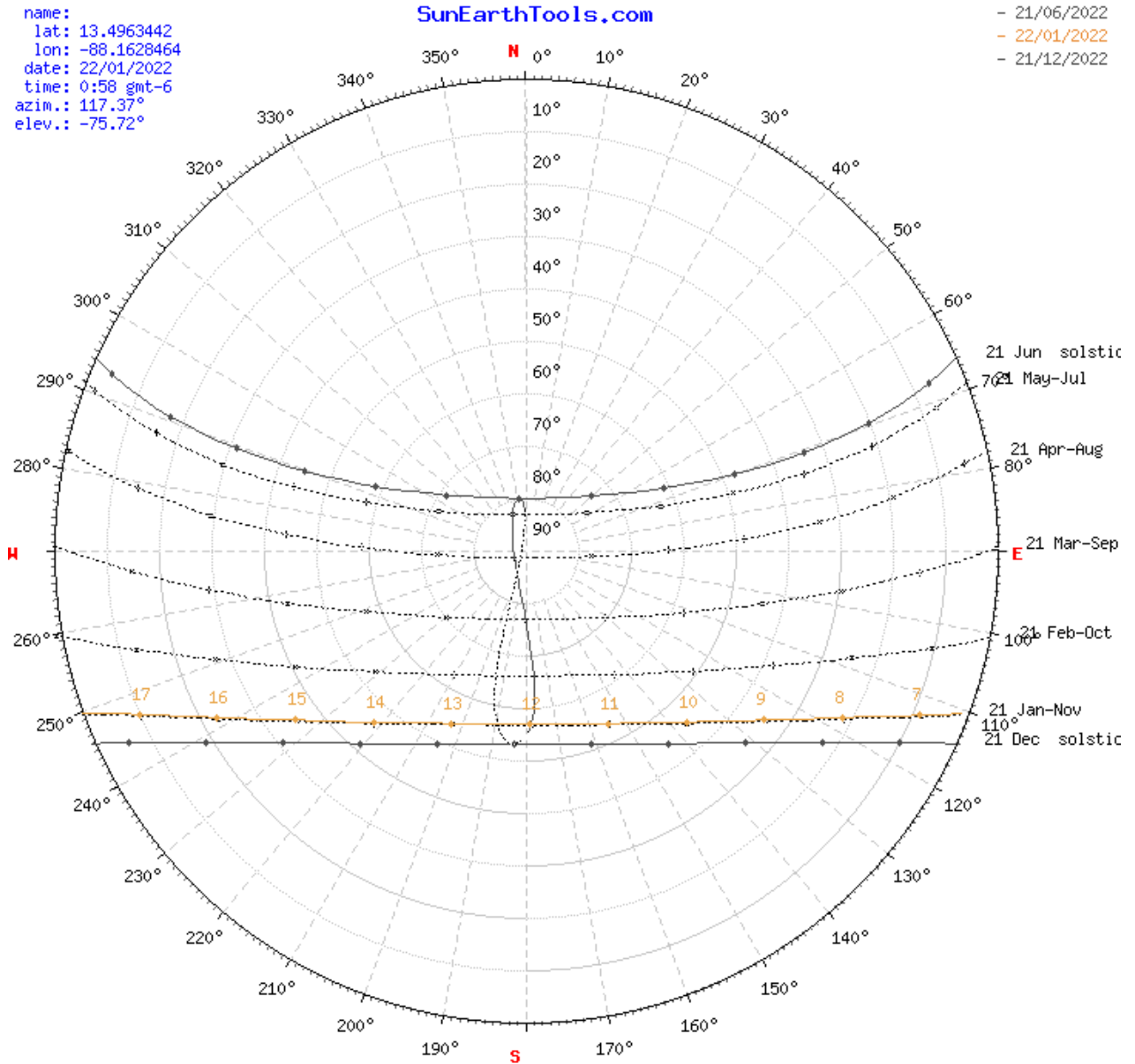


Imagen 31. Carta Solar estereométrica.

Fuente. Elaboración propia, 2022



Imagen 32. Recorrido del sol en el terreno.

Fuente. Elaboración propia, 2022

La imagen 32, pertenece a la Carta Solar de la zona de emplazamiento del diseño, donde se pueden evaluar los periodos en los que se necesitará sombra y la protección solar para prevenir calentamientos excesivos. En base al gráfico, se observa que el recorrido del sol tiende a dirigirse hacia el lado sur de la carta, lo que determina los requerimientos de sombra y protecciones que se deben tener en cuenta al momento de proponer el diseño. En consecuencia, el uso de protecciones horizontales como aleros o de protecciones verticales como parasoles resulta fundamental. **Análisis de ventilación**




Imagen 33. Trayectoria de los vientos en el sitio a intervenir.


Fuente. Google Earth, 2022

## Rumbos del viento


### Norte-Noreste

- 22 de octubre - 15 de enero 

### Oriente

- 15 de enero - 24 de marzo
- 18 de junio - 14 de agosto 

### Poniente -Suroeste

- 24 de marzo - 18 de junio
- 14 de agosto - 22 de octubre 

El viento es uno de los factores más importantes a tener en cuenta al momento de diseñar, ya que de él depende gran parte de la ventilación, temperatura, sensación térmica, entre otros parámetros de confort interno en los espacios. Para el desarrollo de la propuesta de diseño de la vivienda bioclimática, se ha tomado en consideración el recorrido y rumbos que presenta el viento a lo largo del año para la ubicación de huecos de ventilación y para saber cómo aprovechar al máximo las corrientes de vientos, creando una ventilación cruzada y un efecto de chimenea (ventilación convectiva) para un mejor control del aire caliente en el interior.

El viento predominante corresponde, al viento norte-noreste durante la mayor parte del año según el diagrama de la trayectoria de los vientos en el sitio a intervenir (ver imagen 33) en los meses de octubre a noviembre. Como se observa en la imagen 33, existe presencia de árboles en el poniente, para lo cual se propone localizar la vivienda a una distancia cinco veces la altura del cortaviento (árboles) para permitir el paso del aire fresco. Como propuesta arquitectónica a la ventilación se plantea generar mayor cantidad de aperturas en la parte inferior de las paredes y en la parte alta para extraer el aire caliente y que permitan el flujo de aire al interior de la vivienda, evitando el uso de algún artefacto que consuma energía adicional.

## Clima

### Temperatura

El mapa de temperatura máxima promedio anual 2021 (imagen 34) muestra la temperatura máxima en El Salvador durante ese año. Las zonas más cálidas del territorio se observan a lo largo de la costa y en los valles interiores, donde las temperaturas superan los 34°C, mientras que, en las zonas de montaña en el noroccidente, cordillera volcánica y en el nororiente, las temperaturas se mantienen en promedio anual entre los 16°C y 22°C, siendo estos los puntos con las temperaturas máximas más bajas.

## Temperatura máxima promedio anual 2021

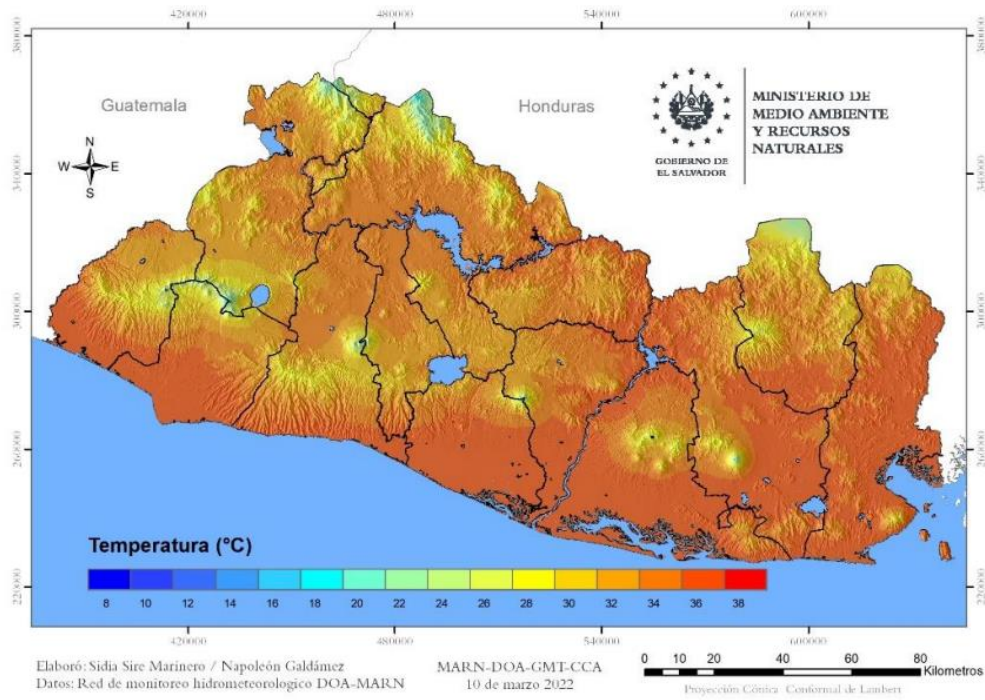
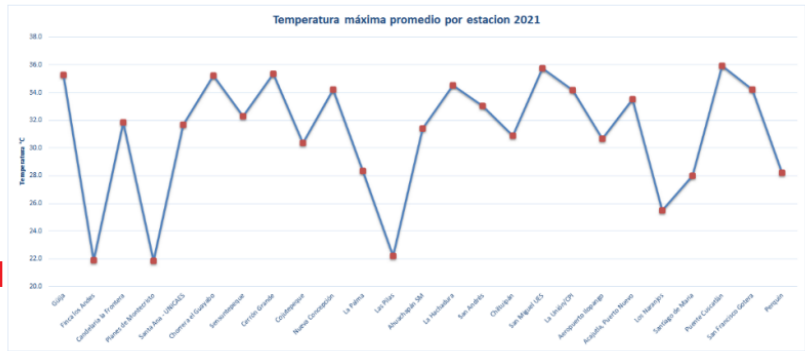


Imagen 34. Mapa de temperatura máxima promedio anual 2021 en El Salvador

Fuente: Resumen climatológico anual 2021, Dirección General de Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales, 2022

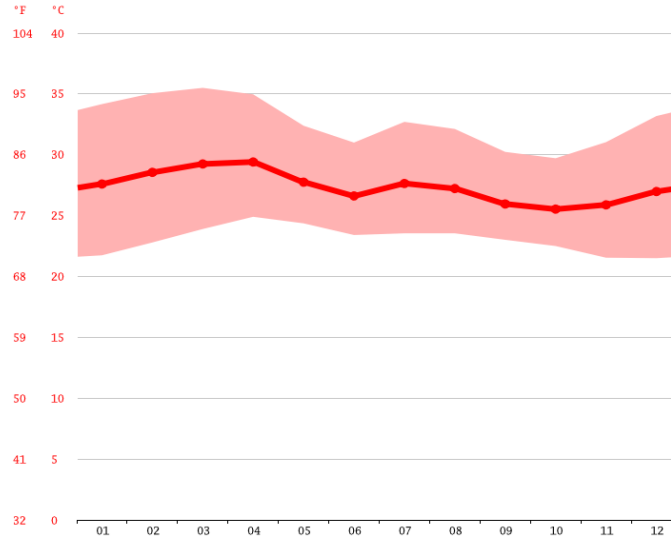
Estación - Día	ANUAL		
	2021	Normal	Anomalia
A-15 Güija	35.3	33.8	1.5
A-18 Finca los Andes	21.9	21.4	0.5
A-27 Candelaria la Frontera	31.9	31.6	0.3
A-31 Planes de Montecristo	21.9	21.4	0.5
A-37 Santa Ana - UNICAES	31.7	31.4	0.3
B-01 Chorrera el Guayabo	35.2	34.1	1.1
B-06 Sensuntepeque	32.3	31.2	1.1
B-10 Cerrón Grande	35.4	35.1	0.3
C-09 Cojutepeque	30.4	30.1	0.3
G-03 Nueva Concepción	34.2	34.2	0.0
G-04 La Palma	28.3	27.4	0.9
G-13 Las Pilas	22.2	22.4	-0.2
H-08 Ahuachapán SM	31.4	30.7	0.7
H-14 La Hachadura	34.5	34.8	-0.3
L-04 San Andrés	33.1	32.5	0.5
L-27 Chiltulán	30.9	30.4	0.5
<b>M-24 San Miguel UES</b>	<b>35.8</b>	<b>35.7</b>	<b>0.1</b>
N-02 La Unión/CPI	34.2	34.5	-0.3
S-10 Aeropuerto Ilopango	30.7	30.8	-0.1
T-06 Acajutla, Puerto Nuevo	33.5	32.7	0.8
T-24 Los Naranjos	25.5	24.5	1.0
U-06 Santiago de María	28.0	28.5	-0.5
V-09 Puente Escuatlán	35.9	35.7	0.2
Z-02 San Francisco Gotera	34.2	34.3	-0.1
Z-03 Perquín	28.2	27.8	0.4
<b>PROM</b>	<b>31.1</b>	<b>30.7</b>	<b>0.4</b>



Grafica 3. temperatura máxima promedio anual 2021 en El Salvador

Fuente: Resumen climatológico anual 2021, Dirección General de Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales, 2022

## Diagrama de temperatura San Miguel

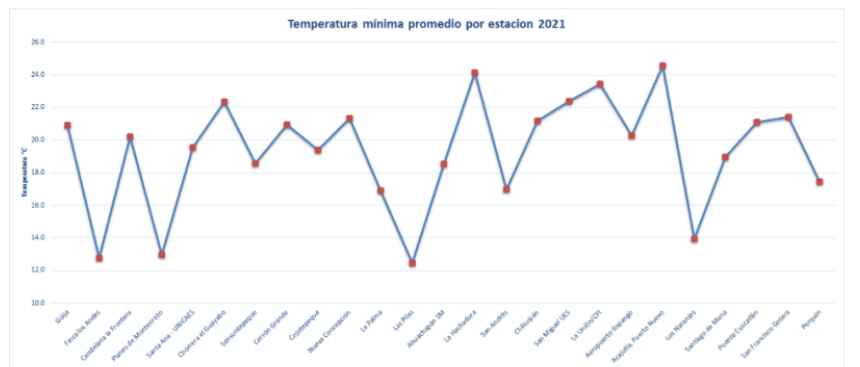


Grafica 4. temperatura máxima promedio anual 2021 en El Salvador

Fuente: Climate Data. 2022

A una temperatura media de 29.4 °C, abril es el mes más caluroso del año. A 25.5 °C en promedio, octubre es el mes más frío del año, como se observa en la imagen 17.

Estación - Día	ANUAL		
	2021	Normal	Anomalia
A-15 Güija	20.9	20.1	0.8
A-18 Finca los Andes	12.8	13.4	-0.6
A-27 Candelaria la Frontera	20.2	19.5	0.7
A-31 Planes de Montecristo	13.0	12.3	0.7
A-37 Santa Ana - UNICAES	19.6	18.4	1.2
B-01 Chorrera el Guayabo	22.4	21.5	0.9
B-06 Sensuntepeque	18.6	18.3	0.3
B-10 Cerrón Grande	20.9	20.7	0.2
C-09 Cojutepeque	19.4	18.9	0.5
G-03 Nueva Concepción	21.3	20.7	0.6
G-04 La Palma	16.9	16.7	0.2
G-13 Las Pilas	12.5	13.7	-1.3
H-08 Ahuachapán SM	18.5	18.9	-0.4
H-14 La Hachadura	24.1	23.5	0.6
L-04 San Andrés	17.0	18.7	-1.7
L-27 Chiltuajón	21.2	20.4	0.8
M-24 San Miguel UES	22.4	21.2	1.2
N-02 La Unión/CPI	23.4	23.2	0.2
S-10 Aeropuerto Ilopango	20.3	18.9	1.4
T-06 Acajutla, Puerto Nuevo	24.6	23.4	1.2
T-24 Los Naranjos	13.9	13.1	0.8
U-06 Santiago de María	19.0	18.5	0.4
V-09 Puente Cuscatlán	21.1	21.3	-0.2
Z-02 San Francisco Gotera	21.4	21.8	-0.4
Z-03 Perquín	17.5	17.5	0.0
PROM	19.3	19.0	0.3



Grafica 5. temperatura mínima promedio anual 2021 en El Salvador

Fuente: Resumen climatológico anual 2021, Dirección General de Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales, 2022



La temperatura mínima registrada por la estación meteorológica de San Miguel en el 2021 fue de 22.4 °C, registrando una anomalía de 1.2 grados mayor a lo normal, al considerar los datos máximos y mínimos, se busca que el diseño logre un confort interno de los espacios, ya que las variantes de temperatura siempre marcan un clima cálido.

### Precipitación

La imagen 35 muestra las fechas de inicio de la época de lluvia en El Salvador en donde, en base a los criterios climatológicos, ligados a condiciones sinópticas (establecimiento de patrones y sistemas que favorezcan al desarrollo nuboso y lluvias) se cumplen, dando inicio el 11 de mayo 2021 en la zona sur del departamento de La Libertad extendiéndose en zona centro, zona norte, y finalizando en la zona sur occidental (costa de Usulután) donde se presente con retraso al 8 de junio 2021.

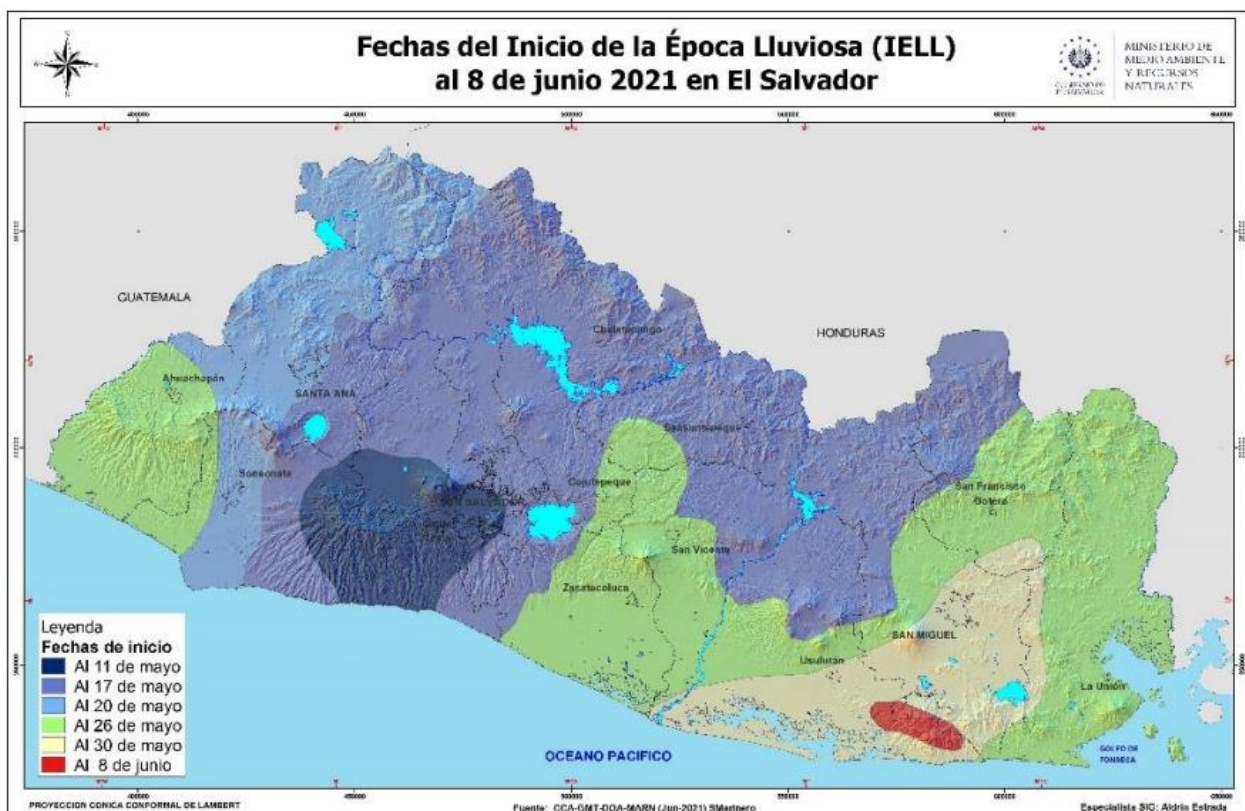
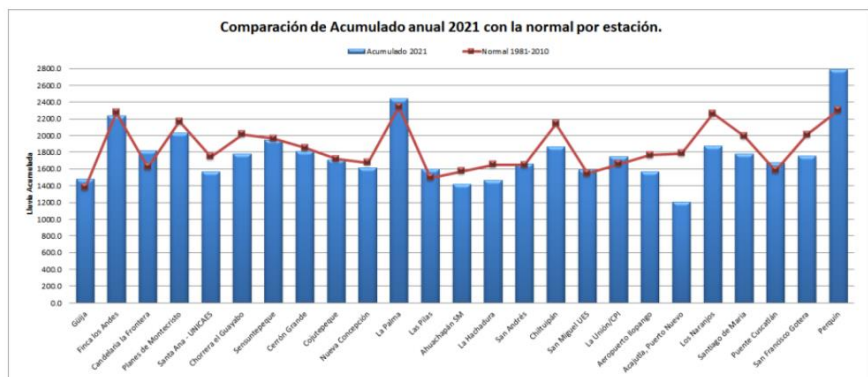


Imagen 35. Mapa de fechas de inicio de la época lluviosa en El Salvador Días Lluviosos.

Fuente. Resumen climatológico anual 2021, Dirección General de Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales, 2022

A-18	Finca los Andes	2233.5	2274	-40.5
A-27	Candelaria la Frontera	1815.5	1620	195.5
A-31	Planes de Montecristo	2030.9	2168	-137.1
A-37	Santa Ana - UNICAES	1568.7	1745	-176.3
B-01	Chorrera el Guayabo	1776.7	2015	-238.3
B-06	Sensuntepeque	1945.1	1964	-18.9
B-10	Cerrón Grande	1809.1	1854	-44.9
C-09	Cojutepeque	1712.0	1719	-7.0
G-03	Nueva Concepción	1615.0	1677	-62.0
G-04	La Palma	2441.0	2340	101.0
G-13	Las Pilas	1596.8	1495	101.8
H-08	Ahuachapán SM	1416.0	1574	-158.0
H-14	La Hachadura	1463.7	1653	-189.3
L-04	San Andrés	1661.0	1648	13.0
L-27	Chiltuioán	1862.6	2139	-276.4
M-24	San Miguel UES	1588.9	1544	44.9
N-02	La Unión/CPI	1750.1	1661	89.1
S-10	Aeropuerto Ilopango	1567.6	1765	-197.4
T-06	Acajutla, Puerto Nuevo	1208.1	1784	-575.9
T-24	Los Naranjos	1875.1	2262	-386.9
U-06	Santiago de María	1780.4	1990	-209.6
V-09	Puente Cuscatlán	1678.6	1580	98.6
Z-02	San Francisco Gotera	1755.4	2012	-256.6
Z-03	Perquin	2788.8	2301	487.8
	PROM	1776.7	1867.0	-90.3



Gráfica 6. Gráfico de lluvia anual 2021 y normal anual.

Fuente. Resumen climatológico anual 2021, Dirección General de Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales.

En términos de lluvia se tiene que en el 2021 en San Miguel se tuvo un promedio anual de lluvia acumulada de 1588.9 mm y el normal anual arroja 1544 mm, se tuvieron 44.9 mm más de precipitación en el año 2021. (ver gráfica 6).

Las cifras de precipitación pluvial serán utilizadas para el diseño de la captación de aguas lluvias, que serán reutilizadas dentro de la vivienda para usos en servicios sanitarios.

**Tabla 6.** 1991 - 2021 Temperatura min. (°C), Temperatura máx. (°C), Precipitación (mm), Humedad, Días Lluviosos. Data: 1999 - 2019; Horas de sol. **Fuente:** Climate Data. 2022

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	27.6	28.6	29.2	29.4	27.7	26.6	27.6	27.2	26	25.5	25.9	27
Temperatura min. (°C)	21.7	22.8	23.9	24.9	24.4	23.4	23.5	23.5	23	22.5	21.5	21.5
Temperatura máx. (°C)	34.2	35.1	35.5	35	32.4	31	32.7	32.1	30.2	29.7	31	33.2
Precipitación (mm)	1	2	10	48	255	295	199	269	352	308	60	7
Humedad(%)	49%	47%	49%	57%	72%	80%	73%	76%	84%	84%	72%	58%
Días Lluviosos (días)	0	0	2	7	16	18	15	17	19	17	7	1
Horas de sol (horas)	10.1	10.2	10.3	10.2	9.4	9.3	10.5	9.7	8.2	8.1	9.6	10.0

Entre los meses más secos y húmedos, la diferencia en las precipitaciones es 351 mm. La variación en la temperatura anual está alrededor de 3.9 °C.

La humedad relativa más alta se mide en septiembre (83.88 %). El más bajo en febrero (46.78 %). Septiembre (25.30 días) tiene los días más lluviosos por mes en promedio. La menor cantidad de días lluviosos se mide en enero (0.50 días).



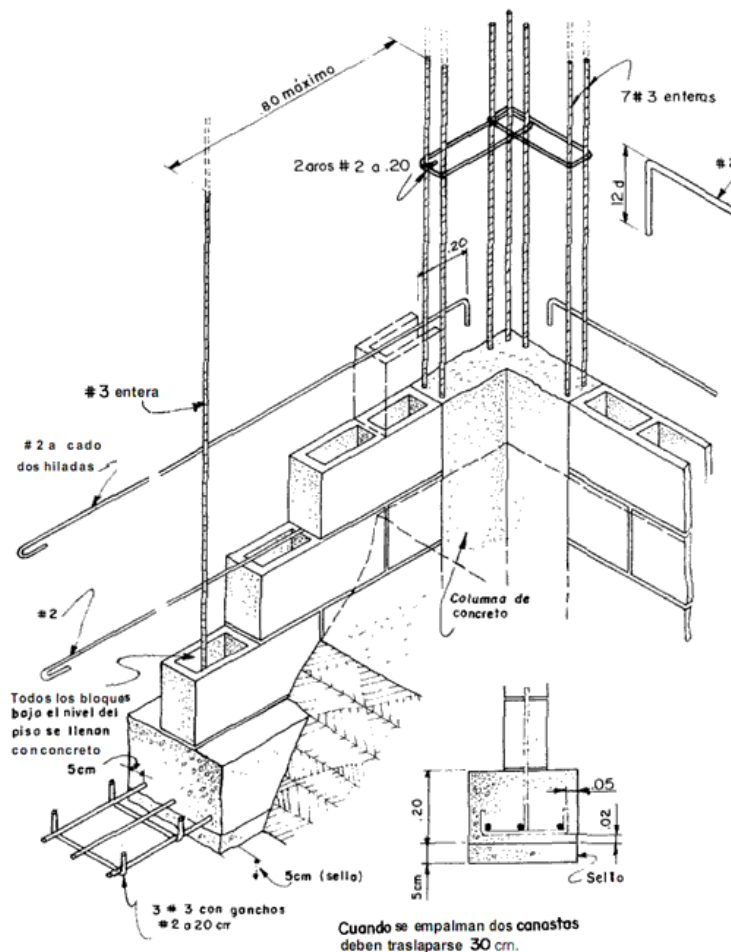
## Vientos

Los rumbos de los vientos son predominantes del norte en la estación seca, y del sur en la estación lluviosa. La brisa marina ocurre después del mediodía. Durante la noche se desarrolla el sistema local nocturno del viento con rumbos desde las montañas y colinas cercanas. La velocidad media anual es de 8 kilómetros por hora.

Durante la época seca (noviembre a abril) en El Salvador es típico la influencia de sistemas de Alta presión asociados a sistemas frontales que traen consigo la incursión de vientos acelerados del norte sobre el país. Para el año 2021 los eventos registrados de “vientos nortes” en el territorio salvadoreño de enero a abril y de octubre a diciembre.

### 7.3. SISTEMA CONSTRUCTIVO DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICO SOSTENIBLE

#### Bloque de concreto



**Imagen 36.** Refuerzos verticales y horizontales del sistema de mampostería armada.

**Fuente.** Constructor civil

## Consideraciones de diseño

- Bloque de 0.12 m para viviendas de un nivel.
- Modulaci3n de la planta para bloques enteros y mitades.
- Refuerzo vertical: cada 0.60 m, en esquinas de pared, en terminaciones de paredes y ambos lados de huecos de puertas y ventanas, en las uniones en T y en cruz.
- Refuerzo horizontal: es continuo y se coloca cada dos hiladas a lo largo de la pared.
- Las paredes no deben tener una longitud no arriostrada mayor de 4.00 m.
- La altura no arriostrada de la pared no deber1 exceder los 3.00 m hasta la solera de coronamiento.
- El largo debe ser menor que 3 veces el ancho. Los huecos en los muros deben ser menor al 35% del 1rea total del muro.

## Bloque celos1a

La celos1a es un elemento constructivo que habitualmente se aplica con el fin de crear una protecci3n: garantizar la privacidad o crear un filtro frente a las condiciones clim1ticas. Tipol3gicamente es un cerramiento permeable compuesto a partir de piezas que se repiten para crear una superficie.

La protecci3n solar es fundamental, pero el confort t1rmico no se consigue exclusivamente a trav1s de la sombra, si no que la ventilaci3n juega un papel fundamental. Por ello los huecos de las celos1as no se cierran con materiales transparentes como el vidrio, si no que se mantienen sus huecos, permitiendo el paso del aire.

Las celos1as son un elemento original del antiguo Egipto, que renace en el lenguaje de dise1o contempor1neo y est1n dise1adas para dar un toque decorativo a muros y cierres. Es un producto vibro-comprimido de arcilla, con excelentes caracter1sticas de forma, acabados, color y textura.

Poseen diversas funciones: cubren divisiones de muros internos o externos, permiten la privacidad al mismo tiempo que dan la sensaci3n de espacios abiertos. Tambi1n es muy utilizado en proyectos residenciales, industriales, comerciales, etc.

Cada pieza est1 dise1ada para permitir que los espacios donde se utilizan se perciban m1s amplios.

Ventajas:

- Altamente resistente
- Duradero
- Facilita la modulaci3n
- Ahorra tiempo en construcci3n y adem1s, permite la ventilaci3n de las 1reas

## 7.4. SISTEMAS COMPLEMENTARIOS

A continuación, se presentan las propuestas de sistemas complementarios aplicados en el diseño de la vivienda bioclimática como parte de un desarrollo sustentable.

Se tomaron en consideración el agua, la eficiencia energética, confort y la adaptación con el entorno para su implementación.

### Captación de aguas lluvias

Consideraciones de diseño.

Para el diseño de la captación de agua lluvia para la vivienda bioclimática sostenible, se realizó el siguiente proceso de cálculo:

Se obtuvo la capacidad que debe tener el tanque de una casa de habitación de 3 dormitorios y 6 usuarios. Considerando un consumo para uso en inodoros de 15 lts al día por persona (ver tabla 7) siguiendo tablas de consumo de litros por persona.

Cálculo de capacidad del tanque

- 15 litros/hab/día. x 4 habitantes: 60 lts/día.
- 60 lts/día. x 15 días: 900 lts./15 días
- 900 lts/15 días x 2 inodoros: **1,800 lts./mes**

Notas:

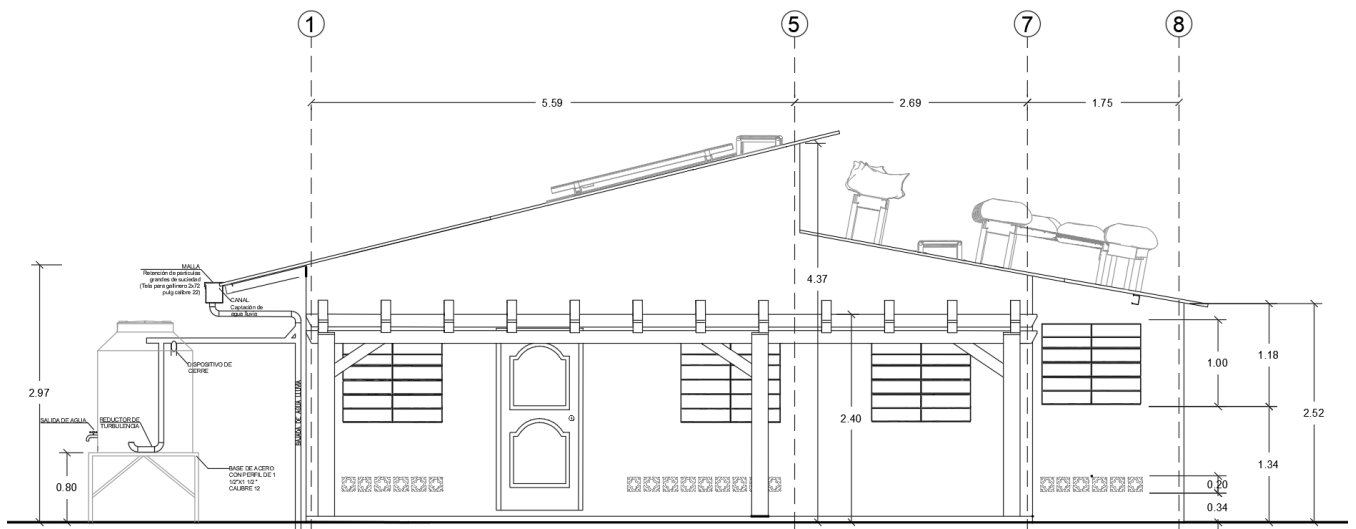
1. Se utilizó 4 usuarios en el cálculo como un promedio de la cantidad de personas que estarán en la casa todo el día y considerando que los hombres utilizan menos veces el inodoro al día que las mujeres.
2. En el cálculo de capacidad del tanque de captación de aguas lluvias se consideró para 15 días de almacenamiento, debido a que en época de lluvia se estará rellenando con mayor continuidad.

Por lo tanto, se considera la instalación de un tanque de almacenamiento plástico de polietileno de alta densidad, con una capacidad de 1,700 lt al mes, ya que en la vivienda se cuenta con dos inodoros, el tanque tiene la capacidad de abastecer 15 días a cada inodoro si se usaran ambos 3 veces al día por los 4 usuarios.

**Tabla 7.** Consumos específicos de agua. **Fuente.** Datos obtenidos de la web del USGS

<b>Típico consumo de agua en un hogar</b>	
Baño	Una bañera llena son 135 litros
Ducha	9 litros por minuto. Los antiguos cabezales de ducha pueden usar hasta 15 litros por minuto
Cepillar dientes	<4 litros, sobre todo si se cierra la llave durante el cepillado. Los nuevos grifos usan entre 3 y 4 litros al minuto. Modelos antiguos pueden emplear hasta más de 8 litros.
Lavar manos/ cara	4 litros
Afeitarse cara/piernas	4 litros
Lavavajillas	75 litros/ carga, dependiendo de la eficiencia de la máquina
Lavar platos a mano	15litros/ minuto en los antiguos grifos. Los nuevos grifos pueden usar entre 3 y 8 litros por carga
Lavarropa	95 litros/carga para las máquinas más nuevas. Los modelos más antiguos pueden usar hasta 150 litros por carga.
Inodoro	10 litros para modelos viejos. La mayoría de los nuevos usan 5 litros por descarga.
Vasos de agua para beber	200 gramos por vaso
Riego exterior	8 litros por minuto

**Sistema de captación de aguas lluvias vista desde fachada este**



**Imagen 37.** Fachada Este, acceso principal de la vivienda. **Fuente.** Creación propia

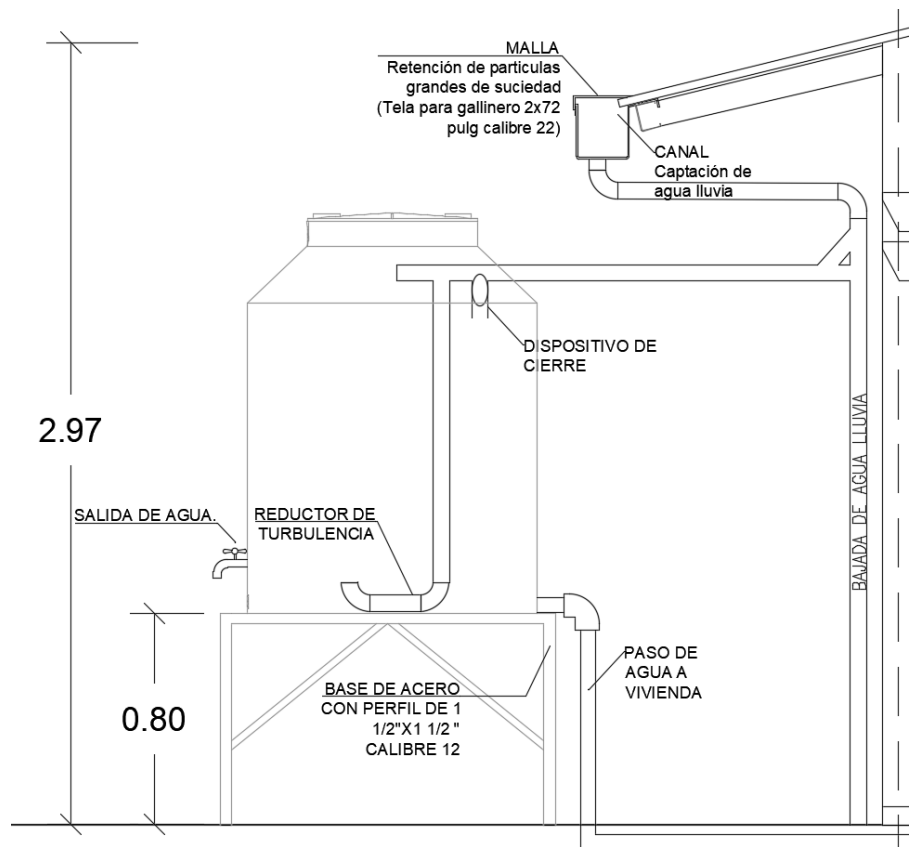
Desde la fachada Este se observa la instalación del sistema de captación (ver imagen 37), el tanque se apoyará sobre una estructura metálica realizada con perfil de 1 1/2" x 1 1/2" calibre 12 con una altura de 0.80 m.

El tanque será llenado a través de la captación de agua por un canal, al cual se le instalará una malla para la retención de partículas grandes de suciedad para evitar la obstrucción de los tubos, el agua se trasladará por gravedad a través de una red de tuberías de 4" de diámetro.

Dentro del tanque se cuenta con un reductor de turbulencia y con un dispositivo de cierre, el cual trabaja por el empuje que ejercerá el agua a un elemento interno y este bloqueará el paso del agua al interior del tanque, esto para evitar el rebalse al llegar al nivel establecido como capacidad máxima. Así también el tanque cuenta con una salida de agua (chorro), para una fácil obtención del líquido almacenado. (Ver imagen 38).

El tanque almacenará agua lluvia durante la época lluviosa para el uso exclusivo de los sanitarios, y durante la época seca deberá ser suministrado de agua potable para el uso destinado, el tanque servirá como un almacenamiento de agua para ambas épocas del año.

### Sistema de captación de aguas lluvias



**Imagen 38.** Detalle de colector de aguas lluvias. **Fuente.** Creación propia.

## Tratamiento de aguas negras

La propuesta presentada para el tratamiento de aguas negras se centra en colocar una cámara séptica para recolectar las aguas de la vivienda y luego un pozo de absorción para los líquidos finales del proceso de tratamiento.

### Componentes del diseño.

La ubicación de la cámara séptica respecto a la vivienda se menciona en la Guía constructiva de Aguas de tratamiento, aguas negras y grises de la unidad de salud del El Salvador, que por seguridad y salud de los habitantes no debe ser menor a 5.00 m de distancia, debido a la expulsión de los gases que son liberados por el proceso de sedimentación de los desechos. En la vivienda se propone ubicarla a 6.00 m separados de la vivienda. (Ver imagen 39).

Así también el pozo de absorción se establece su ubicación a 5.00 m de separación de la cámara séptica.

La cámara séptica será construida de bloque de concreto con impermeabilizante para evitar infiltraciones.

Contará con una tapa de entrada para inspección y una varilla para la medición de los lodos, esto para el mantenimiento de la cámara séptica.

El pozo de absorción se propone la construcción utilizar un sistema de llantas de automóviles de diferentes diámetros colocadas abajo las de un diámetro menor y de forma ascendente las de mayor diámetro. (Ver imagen 42) (ver anexo 12.1).

La unión de las llantas será con alambre galvanizado calibre 16, las llantas serán perforadas en el neumático y no en la banda de rodadura, esto hará que sea más fácil de perforar y disminuye los espacios entre llanta y llanta. (Ver detalle 42) (ver anexo 12.1).

Las paredes del pozo estarán recubiertas de piedra cuarta para evitar acompañamiento y el posible colapso de las paredes laterales.

La base del pozo será una cama de grava y arena de unos 10-20 centímetros para evitar el efecto de socavación.

Cálculos de una cámara séptica para una vivienda de 6 personas.

Desarrollo.

1. Cálculo del volumen.

$A = \text{volumen de líquidos} = \text{Cant. de líquidos/persona/día} * \text{cant. personas}$

$= 120\text{ lts} * 6\text{ pers} = 720\text{ lts} = 0.72\text{ m}^3.$

$B = \text{volumen de sedimentos} = \text{cant. sedimentos/pers/año} * \text{cant. pers} * \text{tiempo de limpieza}$

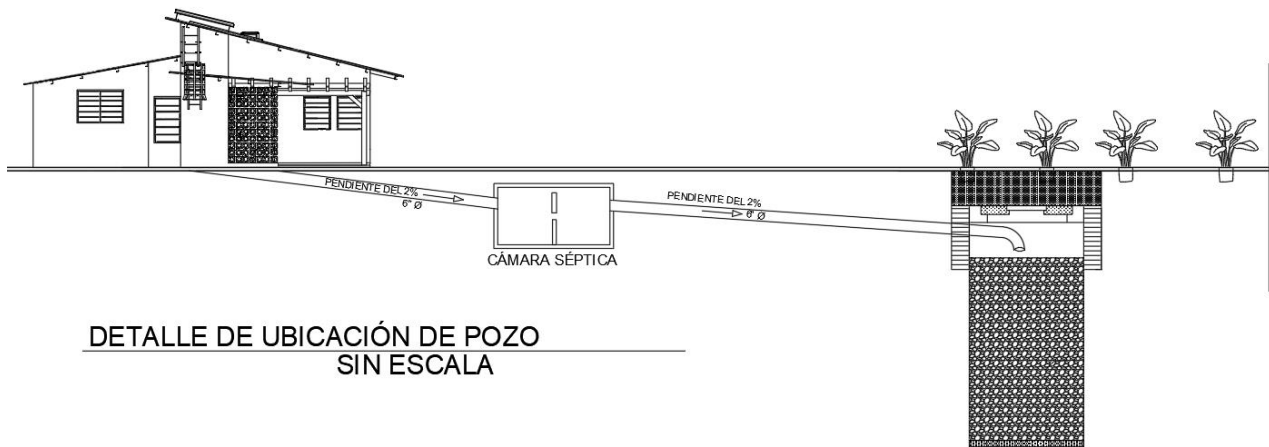
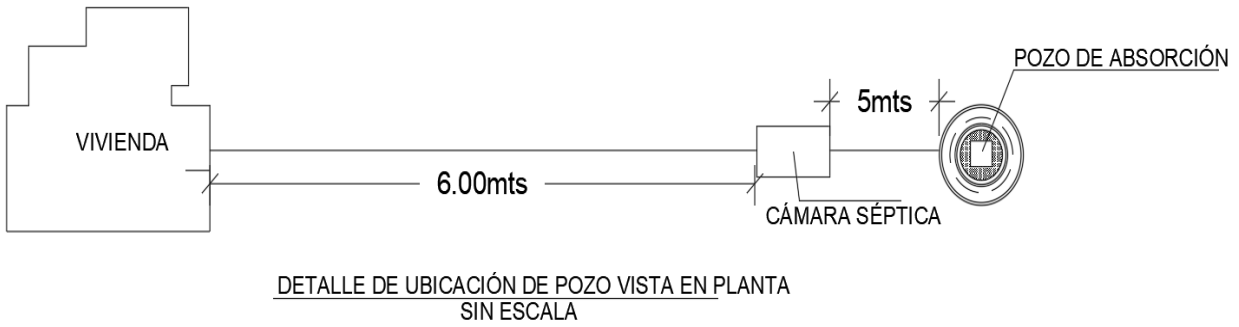
$= 50\text{ lts} * 6\text{ pers} * 2\text{ años} = 600\text{ lts} = 0.60\text{ m}^3$

**Volumen total** = vol. Líquido + vol. Sedimentos =  $720\text{ lts} + 600\text{ lts} = 1320\text{ lts} = 1.32\text{ m}^3$

Dimensionamiento de la cámara séptica.

$A = \text{superficie de la cámara} = \text{vol. total/altura(h)} \rightarrow$  ver tabla 4 para encontrar la altura mínima recomendada.

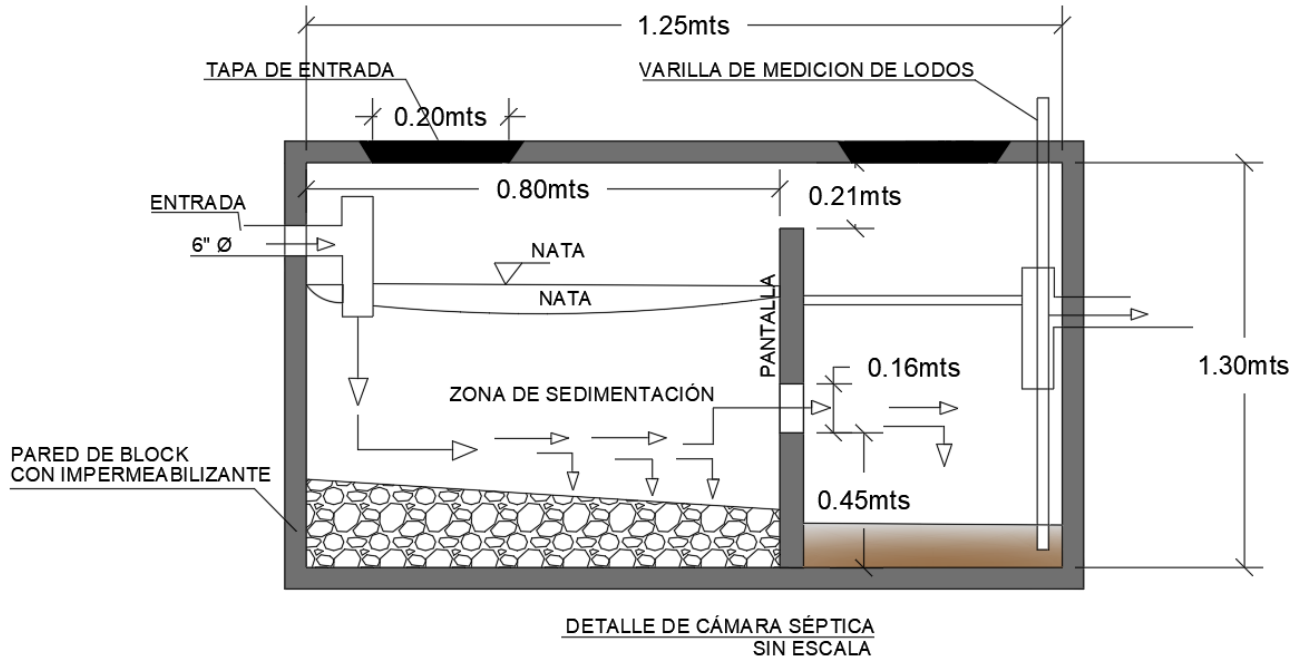
$A = 1.32\text{m}^3/1.30\text{m} = 1.06\text{m}^2 \rightarrow$  adoptar una medida de ancho y largo. ( $S=1.25\text{m} \times 0.85\text{m} = 1.06\text{m}^2$ ) que sea igual al cálculo realizado.



**Imagen 39.** Detalle de ubicación de cámara séptica y pozo de absorción. **Fuente.** Creación propia

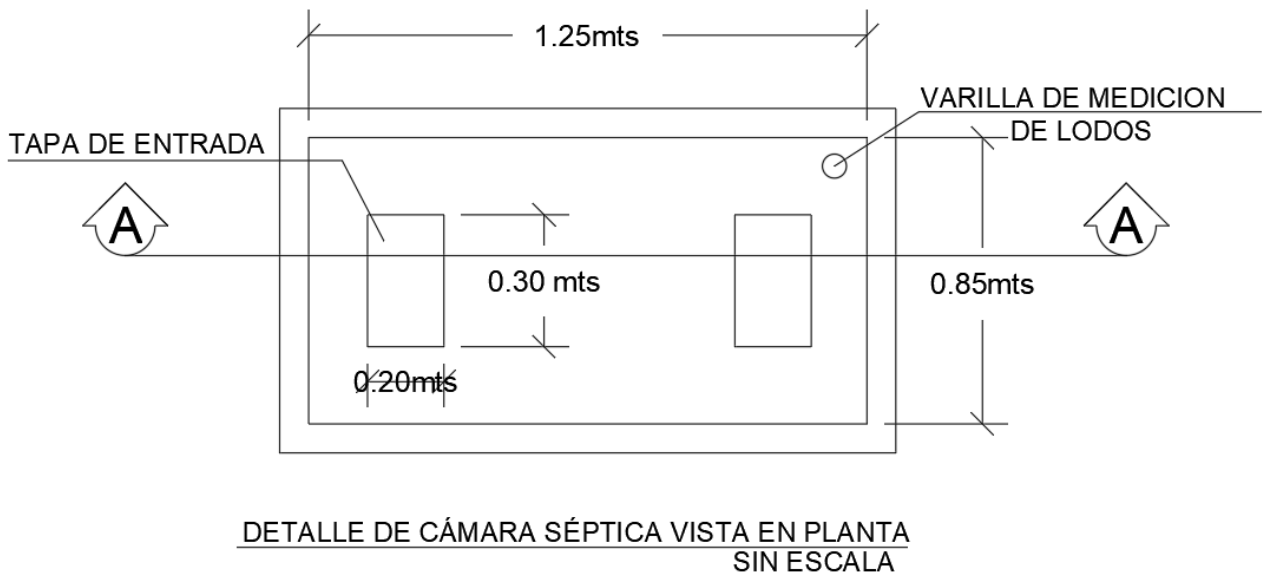


**Vista en sección de cámara séptica**



**Imagen 40.** Vista en sección de las medidas para cámara séptica. **Fuente.** Creación propia

**Vista en planta cámara séptica**



**Imagen 41.** Vista en planta de las medidas para cámara séptica. **Fuente.** Creación propia

Calculo y verificación de altura.

H liquido = vol. Liquido/s.

H liquido =  $0.72\text{m}^3/1.06\text{m}^2 = 0.68\text{m}$

H sedimentos = vol. Sedimentos/s

H sedimentos =  $0.6\text{m}^3/1.06\text{m}^2 = 0.57\text{m}$

h. total= h. liquido + h sedimentos

= $0.68+0.57\text{m}=1.25\text{m}$

Cálculos de un pozo de adsorción para una vivienda de 6 personas.

A. Cálculo del caudal de agua residual

$Q_r = 0.80 D \cdot \text{hab}$

Dónde:

**Q<sub>r</sub>** = Caudal de aguas residuales en l/día

**D** = Dotación de agua potable l/hab/día

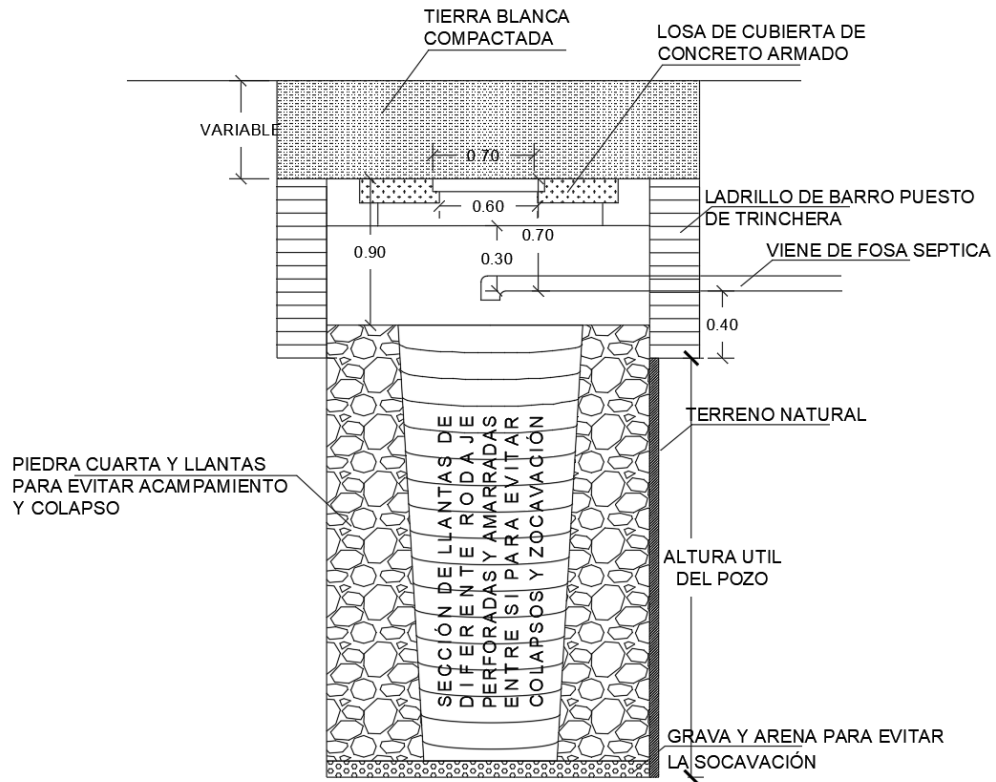
**hab** = Número de habitantes a servir

Desarrollo:

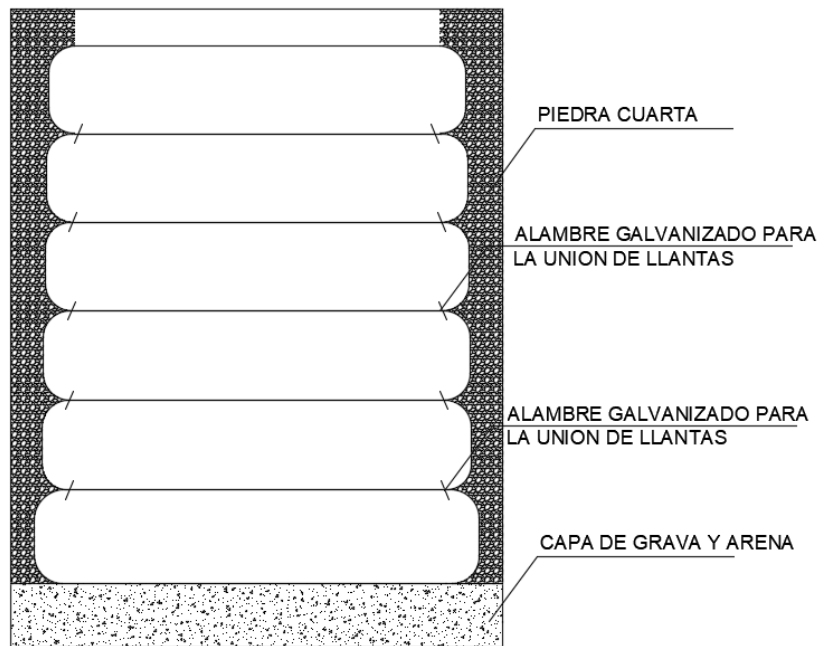
**Q<sub>r</sub>**= $0.80 (220 \text{ l/hab/día} \times 6 \text{ N}^\circ \text{ habitantes})$

**Q<sub>r</sub>**= $1,056\text{ lts} = 1.06\text{m}^3$ .

NOTA: Los cálculos de capacidad de absorción del subsuelo y área de absorción requerida, para este proyecto no se presentan, ya que se debe desarrollar la prueba de infiltración del suelo donde se construirá el pozo. Estos cálculos se deberán realizar al momento de haber identificado el terreno y lugar del proyecto.

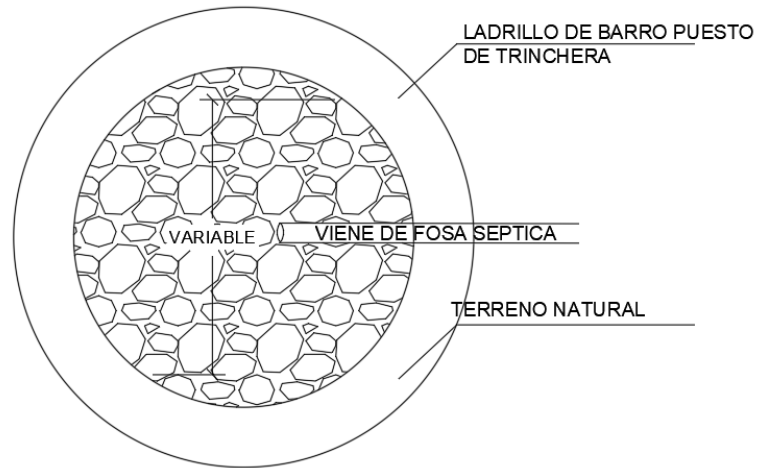


DETALLE CONSTRUCTIVO DE POZO  
SIN ESCALA

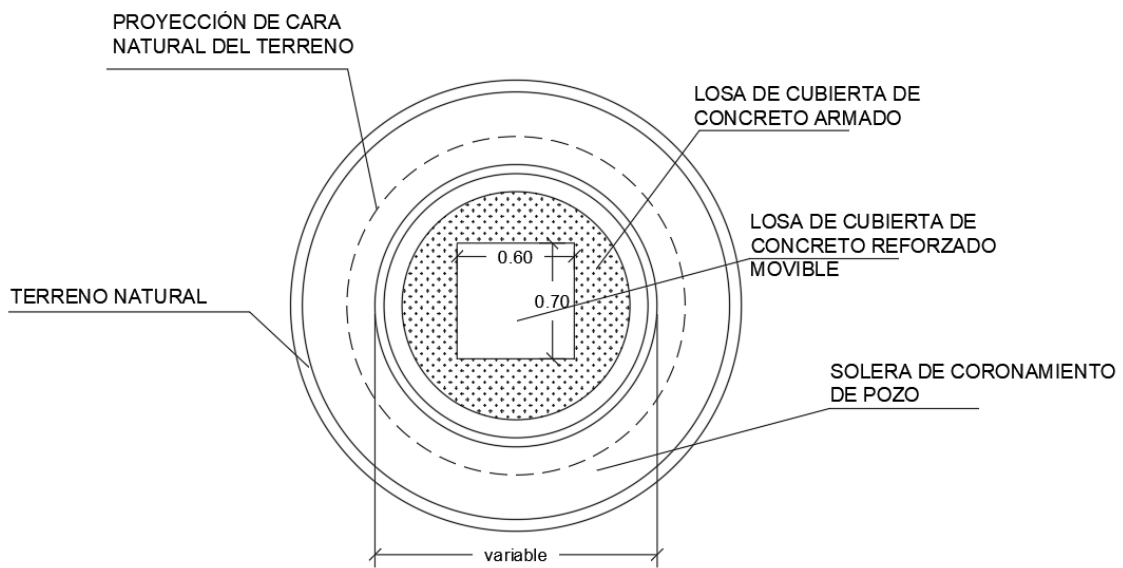


DETALLE DE UNION DE LLANTAS  
SIN ESCALA

**Imagen 42.** Vista en elevación de detalles del pozo de absorción. **Fuente.** Creación propia



FONDO DE POZO VISTA EN PLANTA  
SIN ESCALA



TAPADERA DE POZO VISTA EN PLANTA  
SIN ESCALA

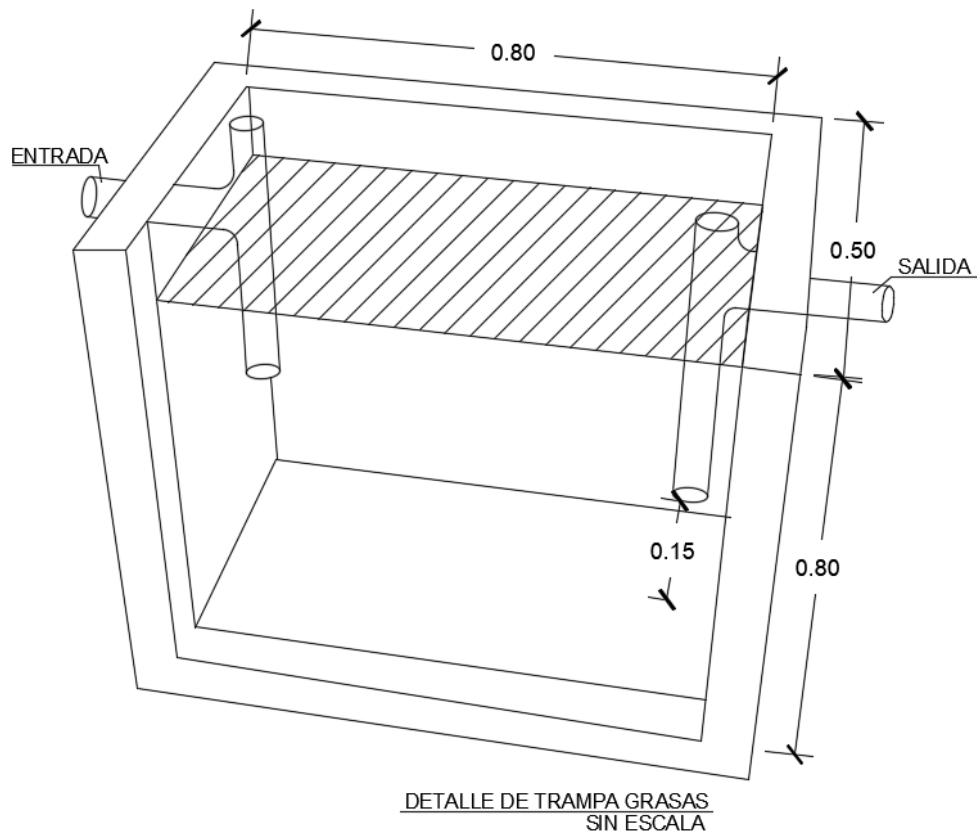
**Imagen 43.** Vista en planta de las medidas para pozo de absorción. **Fuente.** Creación propia

## Tratamiento de aguas grises

El sistema de tratamiento de aguas grises o jabonosas se diseñó con los siguientes componentes, trampa de grasa, filtro y zanja de infiltración.

Consideraciones de diseño trampa de grasa:

- a) A pesar de ser una vivienda de solamente 6 habitantes, es necesaria la construcción de la trampa de grasa. Esta nos servirá para controlar el funcionamiento apropiado del sistema de drenaje y controlar obstrucciones de este.
- b) Para el diseño de la trampa para grasa debe considerarse un gasto de agua de 8 litros por persona por día. La capacidad o volumen disponible de la trampa debe ser mayor o igual a 120 litros.
- c) Los desechos de los desmenuzadores de desperdicios no se deben descargar a la trampa de grasa.
- d) Las trampas de grasa deberán ubicarse próximas a los aparatos sanitarios que descarguen desechos grasos, y por ningún motivo deberán ingresar aguas residuales provenientes de los servicios higiénicos.
- e) Las trampas de grasa deberán proyectarse de modo que sean fácilmente accesibles para su limpieza y eliminación o extracción de las grasas acumuladas.
- f) Las trampas de grasa deberán ubicarse en lugares cercanos en donde se preparan alimentos.
- g) La capacidad mínima de la trampa de grasa debe ser de 300 litros.
- h) Las trampas de grasa pueden ser construidas de metal, ladrillos y concreto, de forma rectangular o circular.
- i) La profundidad no deberá ser menor a 0,80 m.
- j) El ingreso a la trampa de grasa se hará por medio de codo de 90° y un diámetro mínimo de 75 mm. La salida será por medio de una tee con un diámetro mínimo de 75 mm.
- k) La parte inferior del codo de entrada deberá prolongarse hasta 0,15 m por debajo del nivel de líquido.
- l) La diferencia de nivel entre la tubería de ingreso y de salida deberá de ser no menor a 0,05 m.
- m) La parte superior del dispositivo de salida deberá dejar una luz libre para ventilación de no más de 0,05 m por debajo del nivel de la losa del techo.
- n) La parte inferior de la tubería de salida deberá estar no menos de 0,075 m ni más de 0,15 m del fondo.
- o) El espacio sobre el nivel del líquido y la parte inferior de la tapa deberá ser como mínimo 0,30 m.



**Imagen 44.** Volumen de trampa grasa. **Fuente.** Creación propia.

**NOTA:** Los cálculos de capacidad de la trampa grasa no se presentan, ya que para poder obtener un cálculo representativo se debe contar con un estimado de 50 personas. En su lugar se usa la capacidad sugerida por la guía, “GUÍA TÉCNICA SANITARIA PARA LA INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO INDIVIDUALES DE AGUAS NEGRAS Y GRISES” del Ministerio de Salud Del Salvador. La capacidad sugerida es de 120 litros como mínimo.

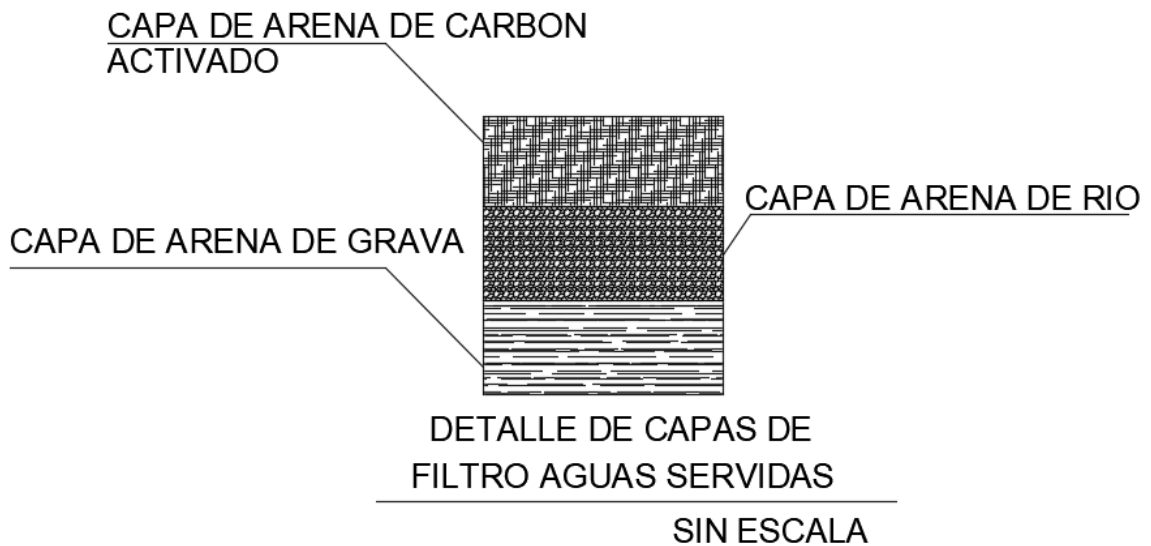
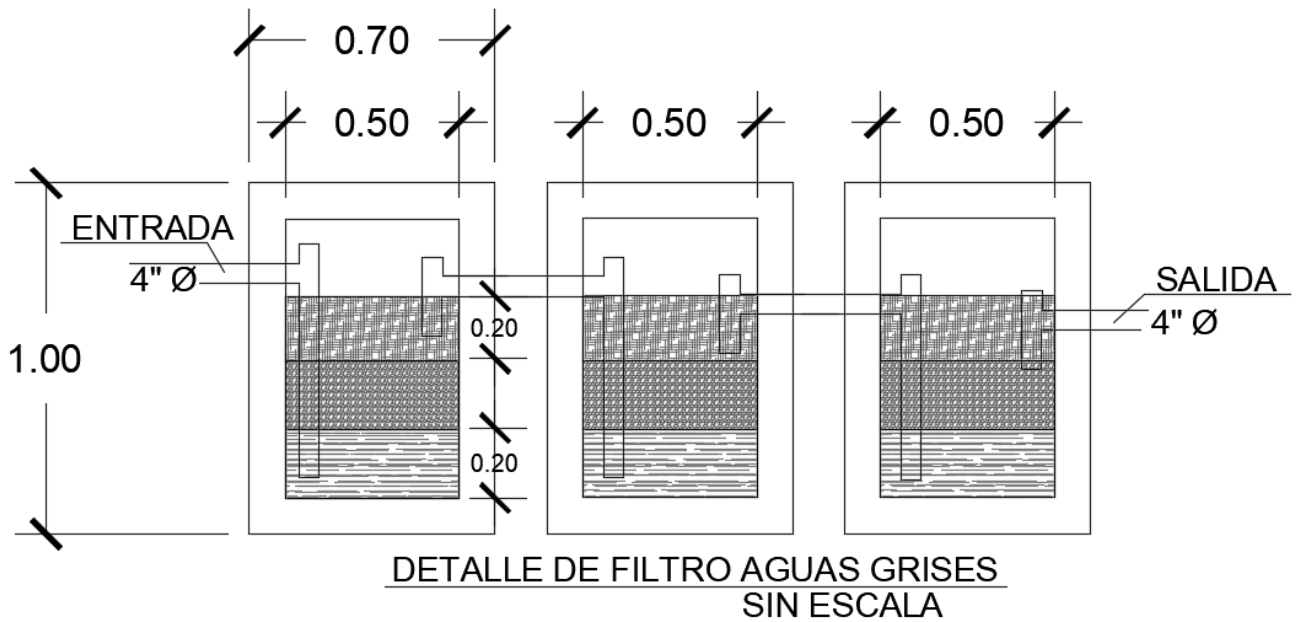
### Filtro horizontal multicámaras

En la zanja de infiltración suceden tres procesos para el agua servida tratada que sale de la trampa grasa y filtros. El primer proceso, es la distribución del agua residual en todo el campo de infiltración. Las zanjas se diseñan en dos o más ramales pues se optimiza el espacio y es menos probable que se obstruyan los drenajes de esa forma. La distribución se realiza a través de una cámara - filtro de distribución.

El segundo proceso que se produce en las zanjas de infiltración es una depuración secundaria del agua servida tratada. Se forma una biopelícula alrededor del ripio o piedra que se dispone en la zanja. Esta película tiene bacterias que consumen parte de la materia orgánica que aún existe en el agua servida.

El tercer proceso es el más importante, es la infiltración del agua residual tratada hacia el subsuelo.





**Imagen 45.** Detalles de filtros de aguas grises. **Fuente.** Creación propia.

### Cálculo de longitud de zanja de infiltración estándar

La zanja de infiltración estándar se caracteriza por la altura de grava de bajo del tubo de 0,15 m y su profundidad total de 0,45 a 0,60 m. se aplica en terrenos con nivel freático alto de alrededor de 2 metros de profundidad en época lluviosa.

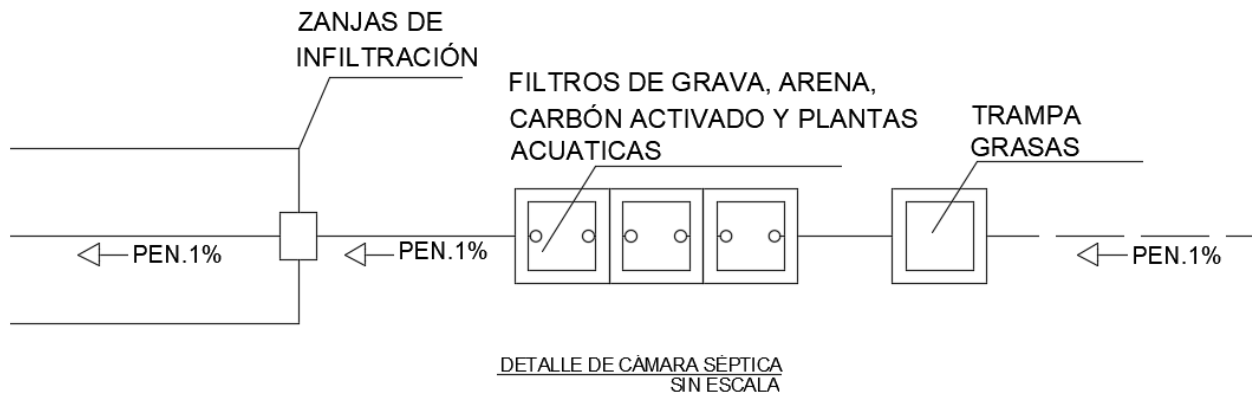
$$L = Aa / a$$

### Dónde:

**L** = Longitud de la zanja estándar en metros (m)

**Aa** = Área de absorción de la zanja estándar en metros cuadrados (m<sup>2</sup>)

**a** = Ancho de la zanja en metros de 0.30 a 0.90 m.



**Imagen 46.** Ubicación de componentes del sistema de aguas grises. **Fuente.** Creación propia.

## 7.5. PROPUESTA DEL MODELO DE VIVIENDA

### Criterios de diseño aplicados

La forma utilizada en el diseño aplicando figuras simples y simétricas que ayuden a la estabilidad de la edificación.

El sistema constructivo se propone sísmico resistente para prevenir colapso de la vivienda en caso de un movimiento telúrico.

El sistema constructivo es el de mayor aplicación en el país y su proceso constructivo es de fácil aprendizaje, para que las personas de las comunidades puedan recibir charlas de empresas u ONG's capacitándolos para que lo implementen.

Los materiales por utilizar son de fácil obtención en todo el país, esto facilitara su construcción.

La iluminación de la vivienda en los espacios interiores será de manera natural aprovechando el recorrido y la cantidad de horas de luz natural que se tienen.

La dirección y circulación dominante del viento se aprovecharán para la climatización de los espacios internos.

Se utilizará estructuras que protejan las fachadas que perciban mayor incidencia solar.

La orientación de la vivienda permitirá el aprovechamiento de los vientos dominantes y los niveles adecuados de iluminación y confort interno de todos los espacios.

La aplicación de ventanas y huecos de ventilación para permitir una libre circulación del aire interno en la

vivienda y un efecto de ventilación cruzada para la salida del aire caliente.

Techos altos y ventilados a través de ventanas superiores que ayudaran a la iluminación de los espacios.

Implementación de sistema de captación de aguas lluvias para el ahorro en el consumo del agua.

Aplicación de sistema de tratamiento de aguas negras y grises.

Implementación de sistemas de paneles fotovoltaicos para el ahorro en el consumo de energía.

Techos verdes como aislante para disminuir el consumo de energía

Uso de colores claros dentro y fuera de la vivienda para maximizar la iluminación y evitar el sobrecalentamiento de las superficies expuestas al sol.

### Programa arquitectónico

A continuación, se muestra el programa arquitectónico utilizado para la creación de los espacios que pertenecen a la vivienda bioclimática sostenible.

La vivienda se divide en 2 zonas para un mejor funcionamiento y desarrollo de las actividades a realizarse por los usuarios.

**Zona pública:** Contiene los espacios para un desarrollo social y familiar de los usuarios.

**Zona privada:** Comprende espacios de descanso y de funcionamiento de la vivienda.

Tabla 8: Programa arquitectónico de la vivienda bioclimática sostenible

Fuente: creación propia, 2022.

Zona	Espacio	No. de usuarios	No. de espacios	Mobiliario	Iluminación		Ventilación		Área m <sup>2</sup>	Total m <sup>2</sup>
					Natural	Artificial	Natural	Artificial		
Pública	Sala	6	1	Mesa de centro, sillón 2 y 3 asientos, mueble tv	X	X	X		8.00	8.00
	Comedor	6	1	Mesa para 6 personas	X	X	X		7.90	7.90
	Baño secundario	1	1	Lavamanos y sanitario	X	X	X		3.00	3.00
	Cocina	2	1	Cocina, refrigeradora, mesa de corte, lavatrastos	X	X	X		12.20	12.20

Zona	Espacio	No. de usuarios	No. de espacios	Mobiliario	Iluminación		Ventilación		Área m <sup>2</sup>	Total m <sup>2</sup>
					Natural	Artificial	Natural	Artificial		
Privada	Habitación 1	2	2	Closet, camarote, mesa de trabajo, silla.	X	X	X		9.80	9.80
	Habitación 2	2	2	Closet, camarote, mesa de trabajo, silla.	X	X	X		9.30	9.30
	Habitación principal	2	1	Closet. Cama, mesitas de noche	X	X	X		9.40	9.40
	Baño privado	1	1	Lavamanos, sanitario y ducha	X	X	X		3.60	3.60
	Lavadero	1	1	Pila y 1 lavadero	X		X		1.80	1.80
	Cuarto de energía	1	1		X	X	X		2.20	2.20
<b>Total + circulación, m<sup>2</sup></b>										<b>72.00</b>

## Propuesta de diseño

### Planta arquitectónica

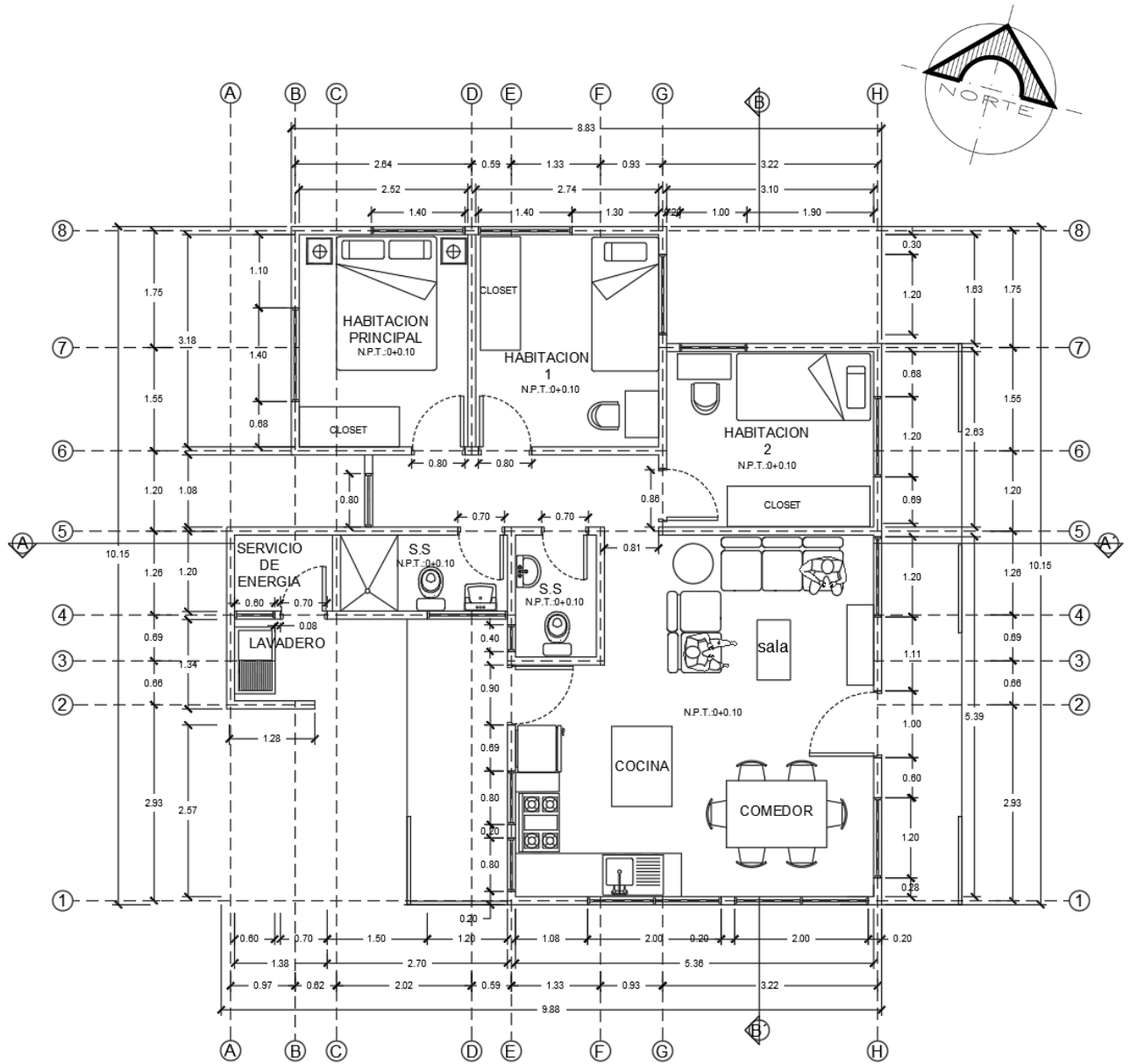


Imagen 47: Planta arquitectónica de vivienda bioclimática sostenible

Fuente. creación propia, 2022

## Descripción del diseño

Las dimensiones mínimas de la vivienda son de 9.00 x 10.00 m

El área de diseño es de 72.00 m<sup>2</sup>.

Está diseñada para una familia de 6 integrantes, en respuesta a esto se crearon, tres (3) dormitorios, uno (1) principal y dos (2) compartidos, baño y medio (1 1/2) servicios sanitarios, y áreas de convivencia familiar como la sala, comedor, cocina, corredores exteriores, y áreas de servicio (lavadero, cuarto de servicio de energía).

Cada habitación cuenta con el mobiliario necesario para cubrir las necesidades de descanso y trabajo de los usuarios.

Los espacios de sala, comedor y cocina están ubicados en una planta de concepto abierto, haciendo que el espacio se perciba de mayor amplitud y que todas las personas que se encuentren en alguno de los espacios puedan interactuar entre ellas, conviviendo en familia.

Cada espacio cuenta con dos (2) o más ventanas para generar el efecto de ventilación cruzada, para que el aire caliente sea desalojado de los espacios y genere un mejor confort interno. (Ver imagen 48).



Imagen 48. Vista en planta de la circulación del viento

Fuente. creación propia, 2022



En la parte superior de la pared de la sala se ubica un grupo de ventanas que ayudarán a la ventilación natural interna a través del efecto chimenea, el cual funciona de la siguiente manera, se inyecta aire frío el cual tiene más densidad por los bloques celosía instalados en la parte inferior de algunas paredes y el aire caliente es empujado ya que posee menor densidad y es expulsado por las ventanas altas. (ver imagen 49)



Imagen 49. Ventilación natural asistida por efecto chimenea.

Fuente: creación propia, 2022.

Posee dos (2) corredores uno (1) en la fachada principal o fachada Oriente y el otro en la fachada posterior o fachada Poniente, ambos corredores cuenta con una pérgola con estructura de madera que estará cubierta de una planta enredadera se propone una Bugambilia o flor de veranera, ya que es una planta de sol y soporta temperaturas altas y es de bajo mantenimiento y cuidados, la cual brindará sombra y disminuirá la incidencia solar sobre las paredes de estas fachadas y al mismo tiempo se convertirá en un espacio de convivencia familiar.



Imagen 50. Fachada Oriente

Fuente. creación propia, 2022.



Imagen 51. Fachada Poniente

Fuente. Creación propia, 2022.

En la fachada poniente se observa la pared de bloque celosía que cubre el área de lavadero, para brindarle una protección de la incidencia solar al espacio y a los usuarios, el diseño de este tipo de bloque permite el flujo de aire al interior lo cual mejora el confort interno.

Asimismo, en el área de los cuartos se utilizó bloque celosía para incrementar el ingreso del aire frío en la parte inferior del espacio.

Se cuenta con un acceso a través de escaleras fijas con protección para los techos donde se encuentran los pasillos técnicos que servirán para el mantenimiento del sistema fotovoltaico y el techo verde.



Imagen 52. Fachada Sur

Fuente. Creación propia, 2022.

En la fachada sur se encuentra ubicado el sistema de captación de aguas lluvias, las cuales se reutilizarán en los servicios sanitarios de la vivienda en época de lluvia, además se aplicó bloque celosía en la parte inferior del área de comedor para que se tenga ingreso de aire fresco.



Imagen 53. Fachada Norte

Fuente. Creación propia, 2022.

La fachada norte muestra los huecos de ventilación de los dormitorios compartidos y principal, así como también en la parte superior del techo la estructura que sostiene las plantas que conforman la capa vegetal del techo verde y atrás de esto las ventanas superiores de la vivienda que ayudarán a la ventilación e iluminación cenital.





Imagen 54. Vista en planta de techos

Fuente. Creación propia, 2022.

### Techo Verde

El diseño del techo es a dos aguas, de lámina ondulada recubierta de una aleación de zinc y aluminio en ambas caras fabricada con acero extra rígido que proporciona mayor resistencia estructural entre apoyos. Es la solución ideal para la autoconstrucción de uso extendido en el ámbito rural. De fácil instalación y transporte, y gran aislación térmica.

Se recomienda la aplicación de un sellador de techos de uretano de un solo componente, grueso, de gran rendimiento y 100% elastomérico, para impermeabilizar techos y paredes. provee una capa monolítica que impermeabiliza y aísla la temperatura. Reduce significativamente la temperatura interior de la estructura de dos maneras:

- 1- Reflejando el 79% de todos los rayos solares y eliminando el 89% de todo el calor que recibe la superficie del techo.
- 2- Utiliza la Tecnología Thermaflex, con diminutas micro-esferas de aislamiento que aumentan dramáticamente su volumen según aumenta la temperatura exterior evitando que la superficie absorba el calor.



Imagen 55. Vista en planta de techo verde.

Fuente. Creación propia, 2022.

El techo verde se encuentra ubicado en el lado norte de la vivienda, la instalación en el proyecto será a través de estructuras metálicas de perfil de 1 pulgada tipo marcos elevados a 0.50 m, donde se plantará la vegetación que se recomienda sea del sitio, para minimizar el mantenimiento.

Se instalarán tres estructuras sobre el techo donde estará la plantación base, y a través de una malla se ira esparciendo la planta (enredadera o tapizante) al ir creciendo hasta llenar el área por completo. (Ver imagen 55).

La capa de vegetación colocada sobre el techo sirve como aislante térmico, la vegetación reduce el efecto de isla de calor que genera los techos y también filtra los contaminantes del aire como el CO<sub>2</sub>, o dióxido de carbono.

Las estructuras elevadas permitirán el flujo del aire entre la lámina del techo y las plantas, ayudando a evacuar el aire caliente que puede existir, y así disminuir la transferencia de calor hacia el interior de la vivienda.





Imagen 56: Vista de estructuras de techo verde.

Fuente. Creación propia, 2022.

### Sistema fotovoltaico



Imagen 57. Sistema fotovoltaico

Fuente. creación propia, 2022.



El sistema fotovoltaico por instalar se propone que esté compuesto por dos paneles solares con capacidad de producción de 450W cada uno, un micro inversor y los rieles que sostendrán a los paneles, además un sistema de pasillos técnicos de inspección para el mantenimiento del sistema.

El consumo energético de la vivienda por las características y la cantidad de usuarios se prevé que sería en un rango de 100-199 kWh/mes, donde los consumos son en refrigeradora, plancha, televisión, iluminación, computadora, ventilador y otros. Esta información se obtuvo del consumo de una vivienda tradicional que nos indica en el Manual de Eficiencia Energética Residencial y Comercial.

El consumo energético puede ser menor en la vivienda bioclimática de 200 kWh/mes, y para esto se recomienda instruir a los usuarios con técnicas de ahorro energético, así también con el uso de electrodomésticos de bajo consumo energético y luminarias LEED.

### Estudio financiero

En los estudios financieros se debe considerar la inversión inicial a realizar para la construcción del sistema solar fotovoltaico, tomando en cuenta el costo de los paneles solares, Inversores, dispositivos de protección, infraestructura para el montaje y la mano de obra para la instalación.

$$\text{Costo}_{SFV_{\text{años}}} = \text{Total de inversion inicial} + (\text{Costos de operacion} * \text{años})$$

Tabla 9. Inversión inicial sistema fotovoltaico.

Inversión inicial para un sistema fotovoltaico	
Descripción	Costo
2 paneles solares 450W marca Canadiansolar	\$1,000.00
1 micro inversores BDM 600X	
1 instalación	
1 set de riel de aluminio	
1 cable	

Fuente. creación propia, 2022

Tabla 10. Cálculo de Tasa de retorno de inversión.

<b>2 paneles 450w = 900w, 5.4HPS.</b>	
$ENERGIA_{DIA} = 900W * 5.4H = 4,860WH$	
$ENERGIA_{MES} = 4860 * 30 = 145,800WH$	
$ENERGIA_{año} = 145800WH * 12 = 1749600WH$	se divide entre 1000 para obtener los Kwh
<b>(1,750kWH multiplicar \$ 0.25) = \$437.5 año</b>	
$TIR = \frac{\text{Total de inverison SFV}(\$1,000.00)}{\text{Generacion}_{año}(1,750Kwh) * \text{costo de la energia}_{KW-H}(\$0.25) - \text{costo de operacion}_{año}(\$90)} = 2.9$	

Fuente. creación propia, 2022

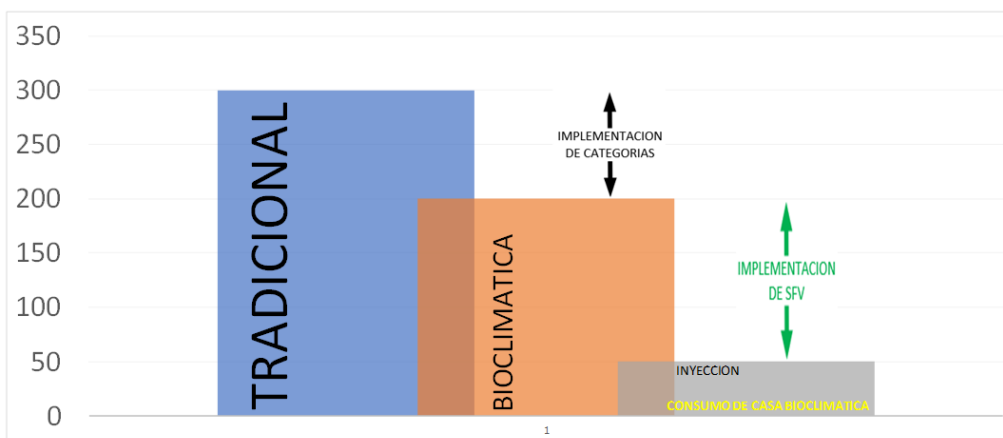
Al realizar el cálculo de la tasa de retorno de la inversión sobre la instalación y funcionamiento del sistema fotovoltaico se obtuvo que sería en 2.9 años el tiempo en que se vería ya un ahorro sobre el costo inicial del sistema.

El cálculo realizado se puede observar en la tabla 10 donde se utiliza la demanda de la vivienda contra la capacidad de producción de los paneles propuestos.

### Comparativo del consumo de energía

Se generó un comparativo entre el consumo de energía que puede tener una vivienda tradicional y una vivienda con aplicación de criterios bioclimáticos, los datos utilizados fueron obtenidos del Manual de Eficiencia Energética Residencial y comercial de AES El Salvador, y como se observa en la gráfica 7 y en la tabla 11 hay una disminución del consumo de energía tradicional al implementar un sistema fotovoltaico.

La inyección de energía del sistema fotovoltaico instalado a la vivienda será del 75%, ya que la norma para usuarios finales productores de energía eléctrica con recursos renovables de la SIGET, no permite que se inyecte el 100% de la energía demandada con sistemas fotovoltaicos en viviendas. Dado esto se debe comprar 50 Kwh al mes a alguna de las distribuidoras de electricidad.



Gráfica 7: Comparativo de consumo viviendas tradicional y bioclimática.

Fuente: creación propia, 2022

Tabla 11. Datos de consumo de cada tipo de vivienda.

Inversion inicial del sistema fotovoltaico	\$ 1,000.00				
Consumo de energia de casa tradicional	300	Kwh-mes			
Consumo de energia de Casa bioclimatica	200	Kwh-mes			
Inyeccion de energia (75%)	150	Kwh-mes	TIR	2.9	Años
Compra	50	Kwh-mes			

Fuente. creación propia, 2022

## Vistas de interiores de la vivienda

A continuación, se presentan una serie de imágenes de los espacios interiores de la vivienda bioclimática sostenible.

La sala se observa en la parte superior las ventanas altas, que ayudaran a la iluminación natural del espacio y la ventilación, el piso de la vivienda de terracota por las características del material apoyara en la climatización del espacio.

El color blanco aplicado a las paredes de los espacios interiores incrementa la sensación de un espacio amplio, ventilado y con mayor iluminación, dado que los rayos de luz son reflejados y no absorbidos por la superficie.

El uso de plantas en el interior ofrece el beneficio de purrificar el espacio interior de los espacios, las plantas propuestas son de la siguientes especies: Epipremnum aureum, comúnmente conocido como potus, pothos o potos, Espatifilo, flor de la paz, vela del viento, flor de muerto (*Spathiphyllum* sp.), Palmera de bambú o palmera china (*Raphis excelsa*), Lengua de suegra, lengua de tigre, sansevierias, espada de San Jorge (*Sansevieria trifasciata*) y Árbol del caucho (*Ficus robusta*), todas las anteriores son plantas que se encuentran en El Salvador.



Imagen 58. Vista de sala de vivienda bioclimática sostenible.

Fuente. Creación propia, 2022.



Imagen 59. Vista de sala y comedor de vivienda bioclimática sostenible.

Fuente. Creación propia, 2022.

Los espacios sociales de la vivienda que se muestran en la imagen están en un concepto de planta abierta, que mejora la comunicación y el funcionamiento entre espacios y sus habitantes, la ubicación y cantidad de ventanas contribuyen a la captación de aire e iluminación, así también al flujo de la ventilación cruzada que inyecta aire frío y expulsa el aire caliente dentro de la vivienda.



Imagen 60. Vista de sala, comedor y cocina de vivienda bioclimática sostenible.

Fuente. Creación propia, 2022.



Los techos altos y la aplicación de aislante en pintura en el material del techo favorecerán la disminución de la transferencia de calor hacia el interior de la vivienda. La estructura del techo será metálica con polín C, así también cuenta con una salida de la cocina para la parte posterior del área de lavado y la pérgola en el lado poniente.

Los dormitorios de la vivienda se encuentran posicionados en el lado norte de la casa, la posición contribuirá a que los dormitorios sean espacios frescos, por la implementación de ventanas que ayudará al efecto de ventilación cruzada y al mismo tiempo con el ingreso de luz natural.



Imagen 61. Vista de dormitorio principal de vivienda bioclimática sostenible.

Fuente. Creación propia, 2022.



Imagen 62. Vista de dormitorio compartido de vivienda bioclimática sostenible.

Fuente. Creación propia, 2022.

## 8. CONCLUSIONES

1. La aplicación de criterios bioclimáticos pasivos en el diseño de la vivienda reduce al máximo el consumo de energía necesaria para habitar los espacios.
2. El correcto desarrollo del análisis solar, vientos y clima en el sitio, brinda información para la colocación de huecos de ventanas y espacios de la vivienda, para obtener un mejor confort interno.
3. El análisis del recorrido del sol en el sitio ayuda a considerar las fachadas, paredes o espacios que deben tener un sistema de protección solar.
4. La selección del sistema constructivo y los materiales serán de mayor importancia en una vivienda bioclimática, para lograr que se tenga un confort interno y una disminución de la temperatura.
5. La aplicación de techos verdes tiene un impacto sobre la superficie del techo la cual genera sombra a la lámina y está a su vez disminuye la temperatura en el material y por ende la transferencia de calor hacia el interior de la vivienda.
6. El empleo del sistema fotovoltaico para alimentación de energía de la vivienda disminuye la dependencia de los sistemas tradicionales, minimiza el impacto al medio ambiente y ayuda en la economía familiar.
7. El sistema de recolección de aguas lluvias, aprovechara el recurso del agua lluvia para minimizar el consumo de agua de la vivienda en actividades que no son de consumo humano.
8. Las zanjas de infiltración brindaran oportunidad de aprovechar el agua gris tratada para riego de siembras de alimentos a través de un sistema sostenible que contribuyan a la alimentación familiar.
9. La aplicación de sistemas complementarios como el sistema fotovoltaico, la captación de aguas lluvias y tratamiento de aguas grises y negras, incrementa el costo inicial del proyecto, pero a corto plazo se observará el beneficio económico.
10. La participación de dos instituciones de educación superior de diferentes países incremento los conocimientos, criterios bioclimáticos y normativas de diseño nacionales e internacionales aplicados al diseño y genero una propuesta de vivienda analizada desde diferentes perspectivas.
11. La experiencia de compartir conocimientos, ideas, criterios y programas de diseño, apoyo en el proceso de aprendizaje de los estudiantes de ITCA-FEPADE de le Escuela de Ingeniería Civil y Arquitectura y el College of the Canyons.
12. En el desarrollo de la investigación de la propuesta de diseño de la vivienda bioclimática sostenible, no se presenta el costo final de la vivienda.



## 9. RECOMENDACIONES

1. La ubicación de los dormitorios dentro de la vivienda debe estar siempre en el sentido norte o noreste del terreno, para el aprovechamiento del sentido del viento y el recorrido del sol.
2. Los bloques celosía no deben ser tapados con materiales sólidos, se recomienda utilizar una malla o zaranda para evitar el ingreso de insectos al interior de la vivienda.
3. El sistema de captación de aguas lluvias debe tener una conexión de agua potable para ser utilizado como tanque cisterna.
4. Realizar cálculos de capacidad de carga del suelo para la cimentación de la vivienda y absorción del subsuelo y área de absorción requerida, para el pozo de absorción y zanjas de infiltración, para conocer si el suelo es apto para la construcción de estos sistemas.
5. Seguir la guía de construcción que se encuentra en los anexos para el pozo de absorción, para conocer materiales y proceso constructivo.
6. Los colores de pintura a emplear en el interior y exterior de la vivienda deben ser colores claros o color blanco para que la luz se intensifique y aumente al reflejarse en las superficies de las paredes y al mismo tiempo contribuyen a mejorar el confort de la vivienda.

## 10. GLOSARIO

### **Arquitectura Bioclimática**

La arquitectura bioclimática es aquella arquitectura que se diseña para aprovechar el clima y las condiciones del entorno, con el fin de conseguir una situación de confort térmico en su interior. Juega exclusivamente con el diseño y los elementos arquitectónicos, sin necesidad de utilizar sistemas mecánicos complejos.

### **Bioclimatismo**

Es la aplicación de criterios racionales y eficaces energéticamente a la hora de construir un edificio, tales como tener en cuenta el medio natural y las condiciones a cerca del edificio, darle la orientación.

### **Consumo energético**

El consumo energético es el gasto total de la energía, y normalmente incluye más de una fuente energética. Lo asociamos al gasto de luz y de energía eléctrica, pero aquí entrarían también el gas, el gasoil o la biomasa.

### **Confort térmico**

Es la sensación que expresa la satisfacción de los usuarios con el ambiente térmico, donde las condiciones de temperatura, humedad y movimiento del aire sean favorables a la actividad que se desarrolla.

## **Estrategias bioclimáticas**

Son procedimientos de diseño de los edificios que tienen en cuenta el clima local y permiten aprovechar los recursos naturalmente disponibles en el lugar, para favorecer el confort interior y reducir el consumo de energía que se destina al acondicionamiento térmico.

## **Huella ambiental**

La Huella Ambiental es la medida del impacto ambiental que genera un producto o servicio a lo largo de su ciclo de vida, permitiendo analizar el desempeño ambiental de la compañía y su evolución en el tiempo para poder planificar las acciones necesarias para reducir el impacto ambiental y mejorar la gestión ambiental.

## **Sostenible**

suele utilizarse para hablar de algo que puede mantenerse a sí mismo gracias a las condiciones económicas, sociales y ambientales.

## **Sotavento**

Barlovento y Sotavento son dos términos opuestos referidos a la dirección del viento. Barlovento es por donde nos incide y sotavento es por donde se va.

## **Vida útil**

En un activo es el tiempo en que un activo determinado está operativo para el funcionamiento de la empresa.

## **11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] UNIVO NEWS, «UNIVO NEWS,» 28 septiembre 2020. [En línea]. Available: <https://univonews.com/arquitectura-sustentable-en-el-salvador/>. [Último acceso: 17 enero 2023].
- [2] E. M. Pineda Avila, «Diseño de vivienda de interés social bioclimática. En vínculo con Habitat El Salvador,» ITCA Editores, Santa Tecla, 2016.
- [3] B. Garzón, «Arquitectura Bioclimática,» Nobuko, Buenos Aires, 2007.
- [4] F. F. García\*, «CLIMA Y CONFORTABILIDAD HUMANA. ASPECTOS METODOLÓGICOS,» de CLIMÁTICO, I.-EL CONFORT; DEFINICIÓN, MECANISMOS Y. PROCESOS. , Serie Geográfica, vol 4, 1994, pp. 109-125.
- [5] O. B. Arévalo\*, «LA ARQUITECTURA BIOCLIMATICA,» Barranquilla, 2015.
- [6] Naciones Unidas, «Acción por el Clima,» [En línea]. Available: <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-renewable-energy#:~:text=Las%20energ%C3%ADas%20renovables%20son%20un,estas%20fuentes%20se%20renuevan%20continuamente..> [Último acceso: 23 enero 2023].
- [7] acciona Business as unusual, «acciona Business as unusual,» [En línea]. Available: [https://www.acciona.com/es/energias-renovables/?\\_adin=02021864894](https://www.acciona.com/es/energias-renovables/?_adin=02021864894). [Último acceso: 24 enero 2023].

- [8] Programa Energías Renovables y Eficiencia Energética, Cooperación Alemana al Desarrollo, GIZ, «MANUAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES PARA HONDURAS. Diseño, Implementación y Evaluación Económica,» Energias4e, Tegucigalpa, Honduras.
- [9] Á. S. Inocencio, «Ángel Sánchez Inocencio, Ingeniería de Edificación,» 15 noviembre 2016. [En línea]. Available: <https://angelsinocencio.com/estrategias-biomaticas-mejorar-eficiencia/>. [Último acceso: 16 enero 2023].
- [10] Observatorio de Amenazas del Ministerio de Medio Ambiente de El Salvador. snet, «Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional,» [En línea]. Available: <https://portafolio.snet.gob.sv/digitalizacion/pdf/spa/doc00245/doc00245-seccion%20h%203.pdf..> [Último acceso: 16 febrero 2023].
- [11] E. Molina, F. Quesada, A. Calle, J. Ortiz y D. Orellana, «CONSUMO SUSTENTABLE DE AGUA EN VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE CUENCA,» Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología, nº 20, p. 16, 2018.
- [12] Organización Mundial de la Salud, «Organización Mundial de la Salud,» 21 marzo 2022. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water#:~:text=El%20seguimiento%20de%20la%20meta,contenga%20contaminaci%C3%B3n%20fecal%20ni%20de.> [Último acceso: 30 01 2023].
- [13] El Taller de Artes y Oficios AC y Sarar Transformación SC, «Biofiltro La Jardinera que Filtra las Aguas Grises para Reciclarlas,» [En línea]. Available: <https://ecotec.unam.mx/wp-content/uploads/Gu--a-Explicativa-del-Biofiltro.pdf>. [Último acceso: 18 enero 2023].
- [14] A. Orlandi, «greentech,» [En línea]. Available: <https://www.greentecher.com/blog-estructuras-para-paneles-solares/>. [Último acceso: 16 diciembre 2022].
- [15] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD, «Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD,» [En línea]. Available: <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals#ciudades-comunidades-sostenibles>. [Último acceso: 12 01 2023].

## 12. ANEXOS

### 12.1. ANEXO 1 - POZO DE ABSORCIÓN

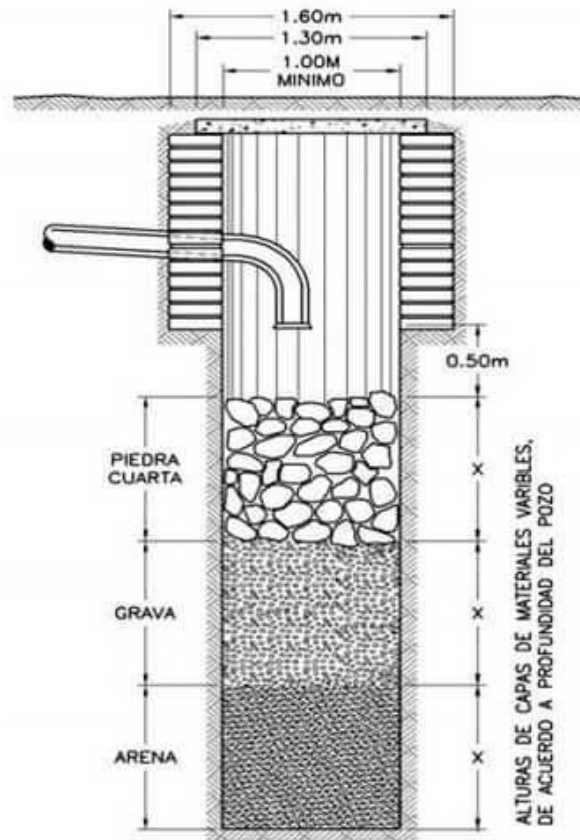
Un pozo de absorción, a veces llamada pozo de percolación o pozo de drenaje, es una cámara cubierta por paredes porosas que sirve para que las aguas residuales, previamente tratadas, se infiltren lentamente. Asimismo, se puede utilizar para infiltrar la orina en el suelo, cuando esta no puede ser aprovechada. El buen funcionamiento de esta tecnología depende del tipo de suelo y de su permeabilidad (HERMOSILLA 2016; TILLEY et al. 2018).

#### Ventajas

- Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- Bajos costos de inversión y operación
- Requiere un espacio pequeño
- Técnica sencilla de aplicar para cualquier usuario

#### Desventajas

- Se requiere tratamiento primario para evitar obstrucciones
- Puede perjudicar las propiedades del suelo y de los acuíferos



El pozo de absorción debe tener de 1.5 a 4 m de profundidad; como regla general, nunca debe estar a menos de 2 metros de la capa freática y a una distancia segura de las fuentes de agua (30 m). El pozo de absorción debe mantenerse alejado de zonas de alto tráfico para evitar que la tierra encima y alrededor se compacte. Las paredes pueden estar revestidas o no, pero debe llenarse con grava y piedras para evitar derrumbes, se debe esparcir una capa de arena y grava fina en el fondo para dispersar el flujo. Con el fin de poder abrirlo en el futuro, se tiene que utilizar una tapa extraíble (preferiblemente de concreto) para sellar la cámara hasta que requiera mantenimiento.

Los pozos de absorción también son elementos integrantes del sistema de fosa séptica, empleado para el tratamiento individual de las aguas grises y negras antes de retornar de nuevo al medio ambiente. Los pozos absorbentes son indicados en zonas rurales sin red de alcantarillado.

### **Construcción pozos de absorción**

Existen varias alternativas para la construcción de un pozo de absorción, que pueden utilizarse materiales reciclados con la finalidad de afectar y cuidar el medio ambiente.

Una alternativa es utilizar llantas recicladas de vehículos los cuales tienen como finalidad proteger el pozo de absorción contra desbordamientos, a la vez contribuyen para realizar una buena permeabilidad de los líquidos en el subsuelo.

A continuación, se describe el procedimiento para construir pozos de absorción con llantas recicladas.

Se realiza la excavación en la zona donde funcionara el pozo de absorción, es recomendable construir un broquel de bloques de concreto en el perímetro del pozo de absorción, para evitar desbordamientos de tierra de la parte superior.

Así también la excavación no debe ser perpendicular en cuanto a las paredes internas se refiere, debe tener un ligera pendiente de tal manera que a mayor profundidad la dimensión del pozo vaya disminuyendo (ver imagen 63).



Imagen 63. Se observa broquel de bloques de concreto en la parte superior del pozo y con pendientes en las paredes internas

Fuente. Creación propia, 2022

Las llantas que se utilizan para el pozo de absorción y pueden ser de igual diámetro, o de diámetro diferente, se perforan a los costados de las llantas con la finalidad que el agua pueda circular de la parte superior a la inferior (ver imagen 64).



Imagen 64. Se observa llantas perforadas, las cuales se colocan una encima de la otra para drenar el agua.  
Fuente. Creación propia, 2022.

Para colocar las llantas dentro del pozo es necesario colocar arena, grava o piedra en el fondo del pozo para permitir el drenaje del agua a las paredes del pozo, posteriormente se colocan las llantas una encima de otra hasta la parte superior del pozo de absorción.



Imagen 65. Se observa llantas perforadas, las cuales se colocan una encima de la otra para drenar el agua.  
Fuente. Creación propia, 2022.



Una vez colocada las llantas, se procede a rellenar de piedra cuarta entre las paredes del pozo y la parte exterior de las llantas colocadas.



Imagen 66. Colocación de llantas en el pozo y se rellena con piedra entre llantas y pared interna del pozo.

Fuente. Creación propia, 2022.

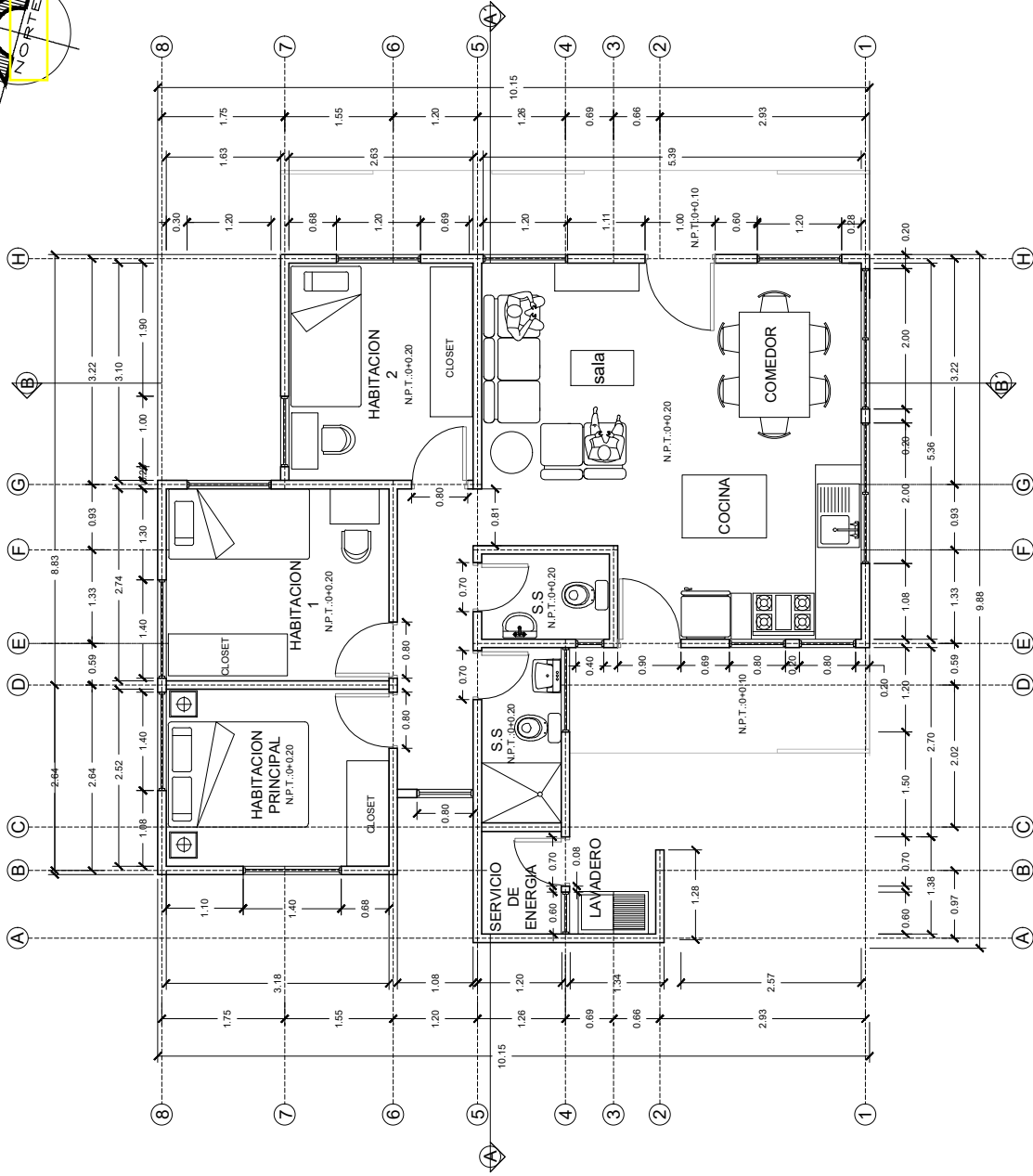
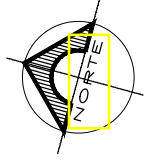
Posteriormente, se debe colocar una losa de concreto sobre el pozo de absorción para protegerlo, en este caso se coloca una lámina reforzada con acero para que la losa soporte el peso del suelo que se colocará sobre el pozo de absorción.



Imagen 67. Colocación de losa en el pozo para protegerlo.

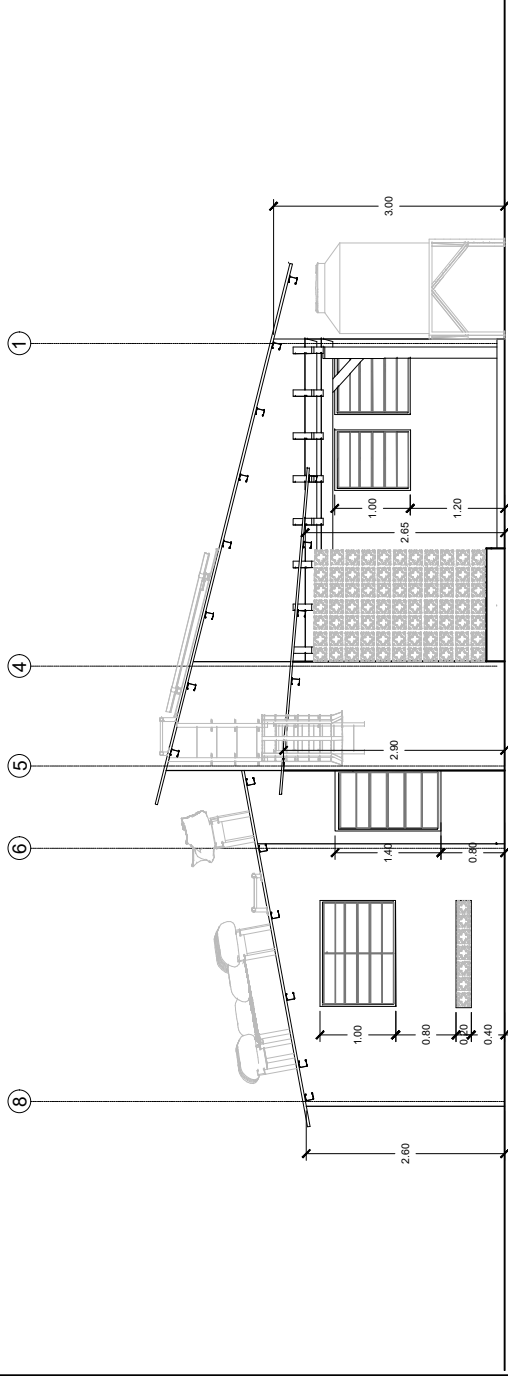
Fuente. Creación propia, 2022.

## 12.1. ANEXO 2 - PLANOS DE VIVIENDA BIOCLIMÁTICA SOSTENIBLE

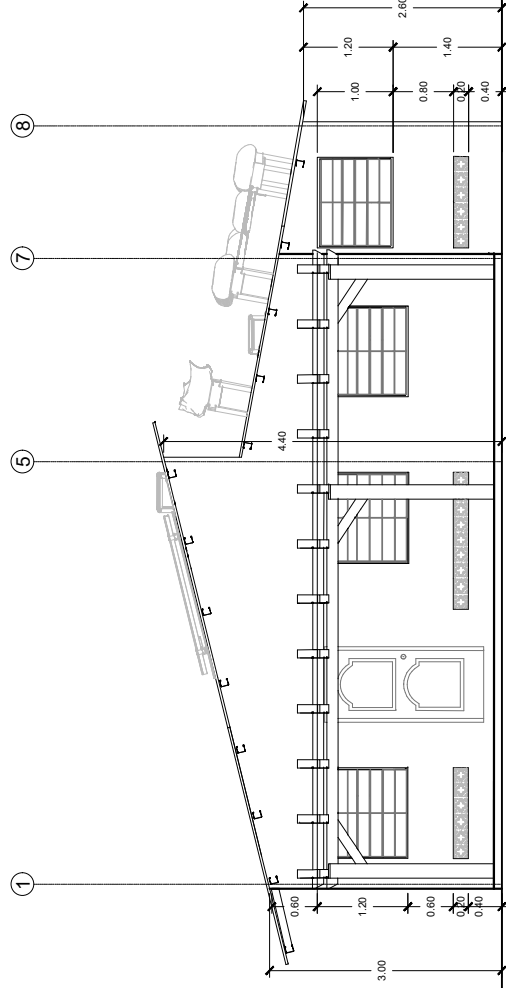


PRESENTA:	ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERIA ITCA-FEPADE	
DIBUJO:	ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA	
MATRICULA:	AREA:	72.00 M2
CLAVE CATASTRAL:		85.90 V2
PROYECTO:	VIVIENDA BIOCLIMATICA SOSTENIBLE	
DOMICILIO:		
CONTENIDO:	PLANO ARQUITECTONICO	
PROPIETARIO:		
DICIEMBRE 2022	HOJA:	A-1
INDICADAS		

PLANTA DE ARQUITECTONICA  
Escala 1:100



**FACHADA PONIENTE**  
Escala 1:100



**FACHADA ORIENTE**  
Escala 1:100

PRESENTA: **ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERIA  
ITCA-FEPADE**

**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**

DIBUJO:

MATRICULA:

AREA: **72.00 M2**

CLAVE CATASTRAL:

**85.90 V2**

PROYECTO: **VIVIENDA BIOCLIMATICA SOSTENIBLE**

DOMICILIO:

CONTENIDO: **FACHADAS**

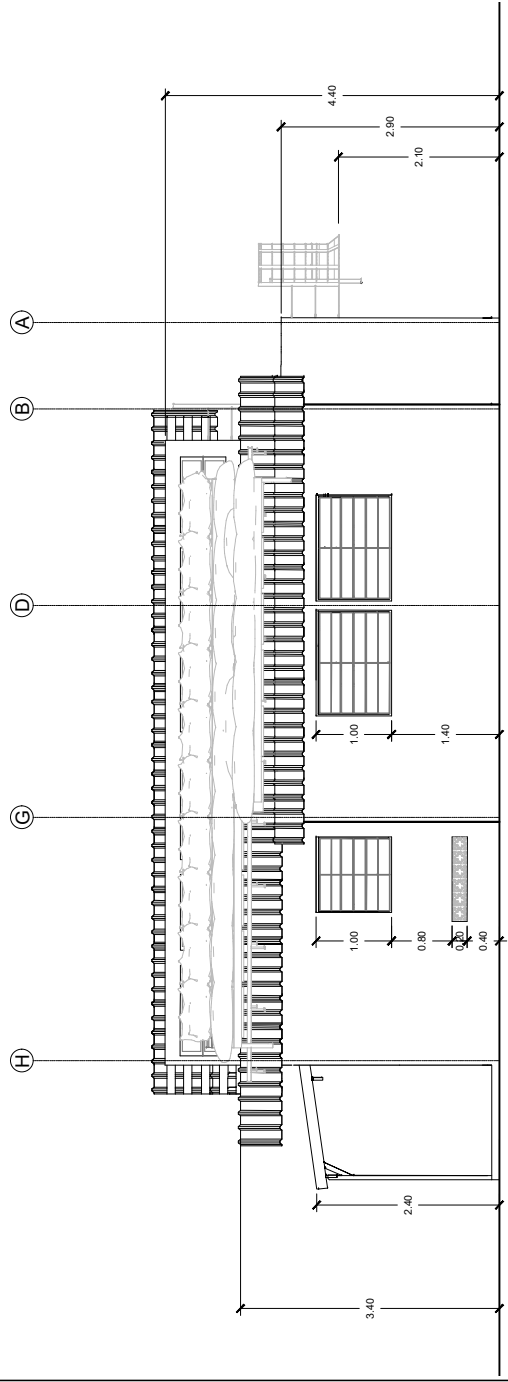
PROPIETARIO:

DICIEMBRE 2022

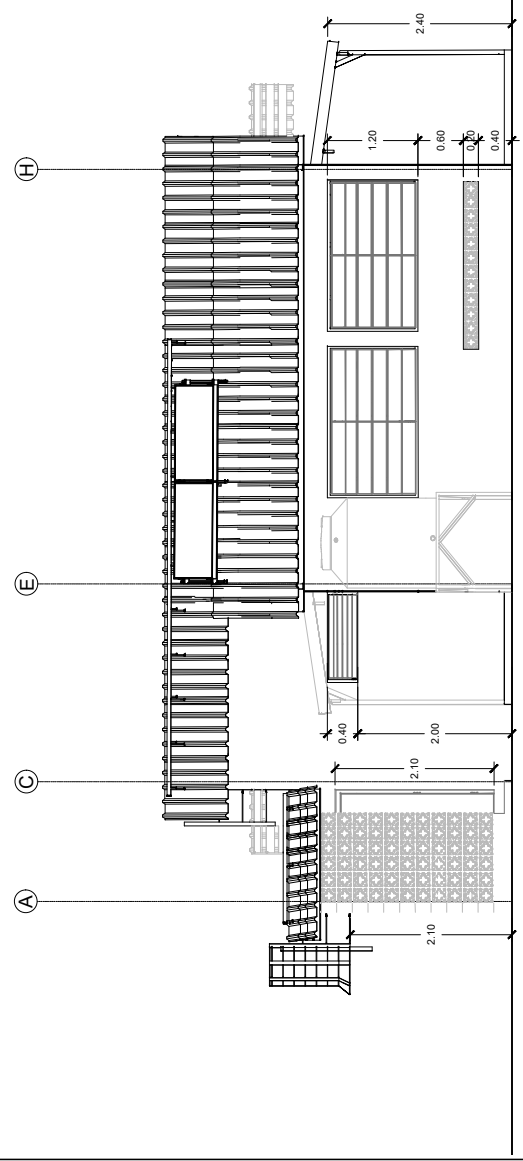
HOJA:

**A-2**

INDICADAS



FACHADA NORTE  
Escala 1:100

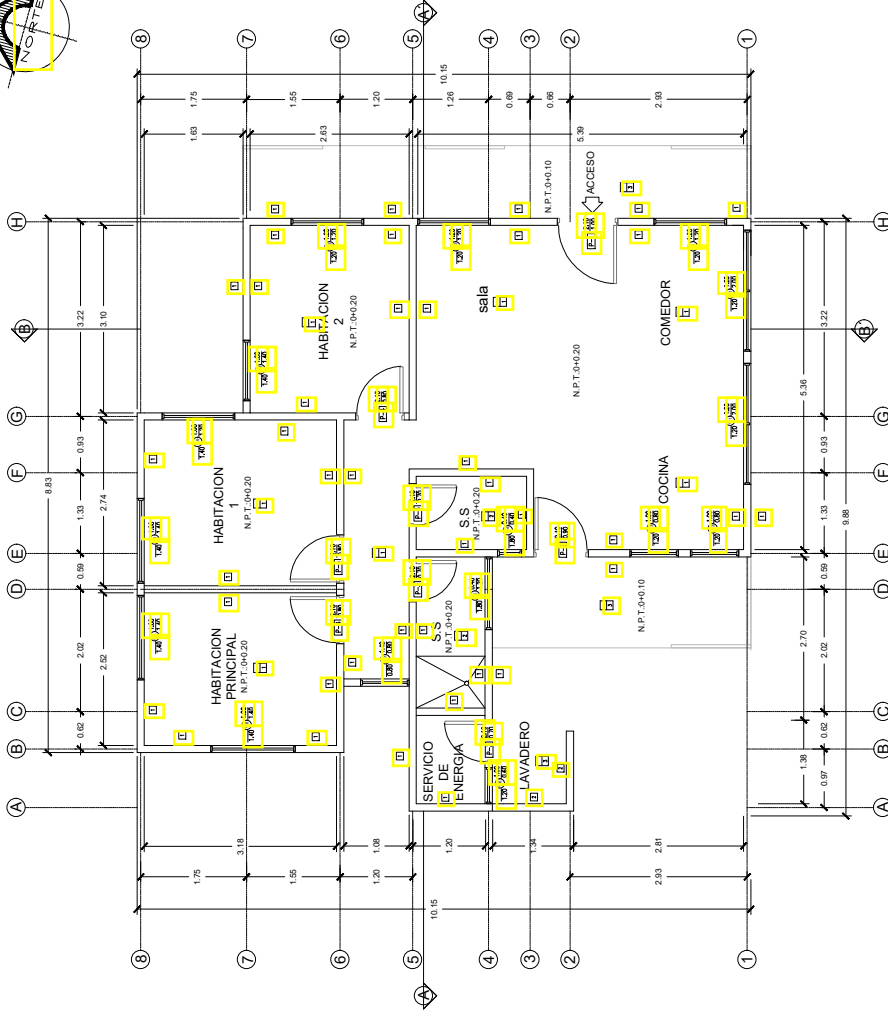
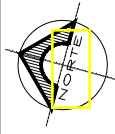


FACHADA SUR  
Escala 1:100

PRESENTA: ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERIA ITCA-FEPADE	
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA	
DIBUJO:	AREA:
MATRICULA:	CLAVE CATASTRAL:
PROYECTO:	
DOMICILIO:	
CONTENIDO: FACHADAS	
PROPIETARIO:	
DICIEMBRE 2022	HOJA: A-3
INDICADAS	







PLANTA DE ACABADOS ARQUITECTONICOS

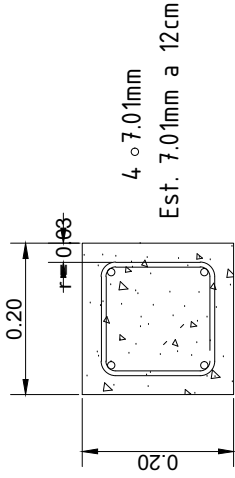
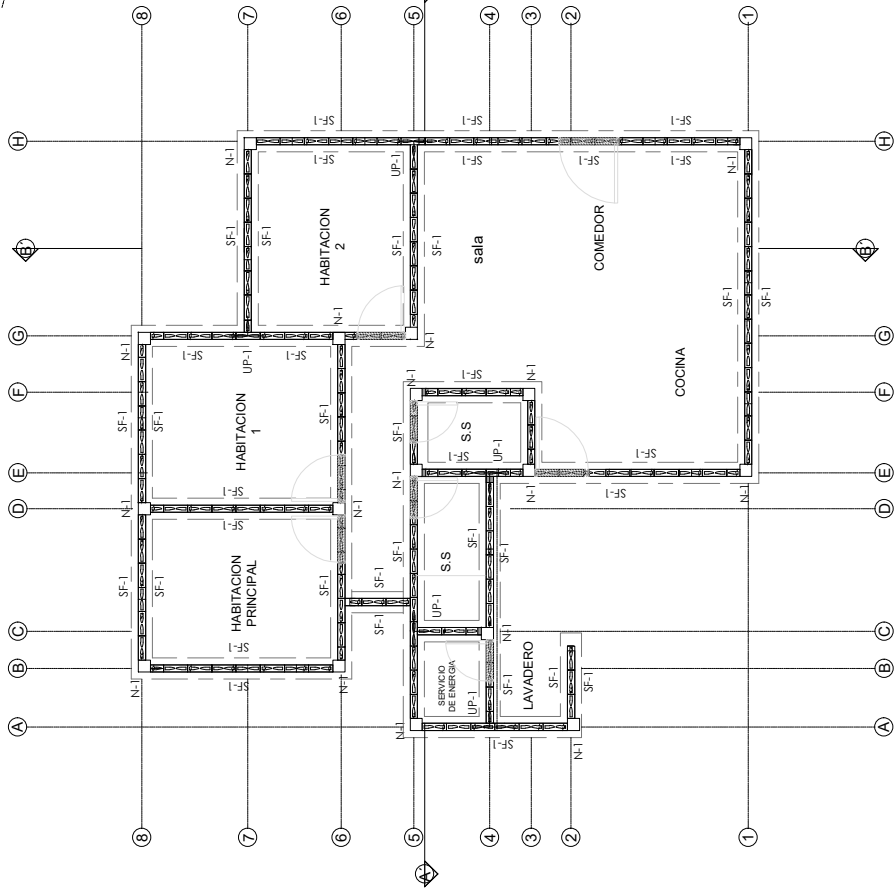
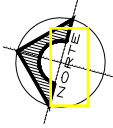
Escala 1:125

MATERIAL DE VENTANAS	
SIMBOLO	DESCRIPCION
①	CELOSIA VIDRIO NEVADO
②	CELOSIA VIDRIO NEVADO
③	CELOSIA VIDRIO NEVADO
④	CELOSIA VIDRIO NEVADO
⑤	CELOSIA VIDRIO NEVADO
⑥	CELOSIA VIDRIO NEVADO
⑦	CELOSIA VIDRIO NEVADO
⑧	CELOSIA VIDRIO NEVADO
⑨	CELOSIA VIDRIO NEVADO
⑩	CELOSIA VIDRIO NEVADO
INDICADOR DE VENTANA	
SIMBOLO	ALTO
REPSA	ANCHO

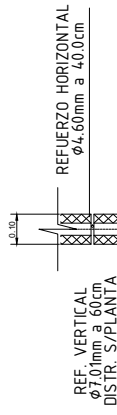
MATERIAL DE PISOS	
SIMBOLO	DESCRIPCION
1	PISO DE TERRAZOTA 31 X 31
2	PISO ANTIERRAPANTE
3	ACERA PERIMETRAL
MATERIAL DE PUERTAS	
SIMBOLO	DESCRIPCION
P-1	ESTRUCTURA METALICA CHAPA DE PASO
P-2	ESTRUCTURA METALICA CHAPA DE PASO
P-3	ESTRUCTURA METALICA CHAPA DE PASO
P-4	ESTRUCTURA METALICA CHAPA DE PASO
INDICADOR DE PUERTAS	
SIMBOLO	ALTO
	ANCHO

MATERIAL DE PAREDES	
SIMBOLO	DESCRIPCION
1	BLOCK 10x20x40, SISO0
2	BLOCK CELOSA

PRESENTA:	ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERIA ITCA-FEPADE	
DIBUJO:	ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA	
MATRICULA:	AREA:	72.00 M2
CLAVE CATASTRAL:		85.90 V2
PROYECTO:	VIVIENDA BIOCLIMATICA SOSTENIBLE	
DOMICILIO:		
CONTENIDO:	PLANTA DE ACABADOS ARQUITECTONICOS	
PROPIETARIO:		
DICIEMBRE 2022	HOJA:	A-5
INDICADAS		



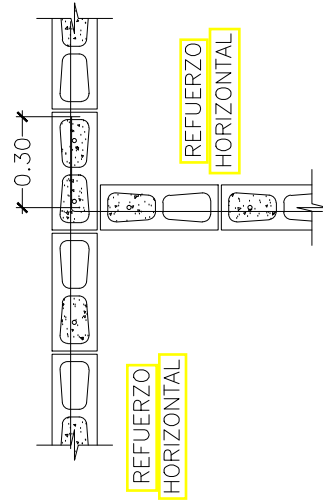
**Nervio "N-1"**  
ESCALA . 1 : 10



REFUERZO HORIZONTAL  $\phi$  4.60mm a 40.0cm

PLANTA DE FUNDACIONES

Escala 1:125



REFUERZOS TÍPICOS EN UNIÓN DE PAREDES. "UP-1"

ESCALA . 1 : 25

PRESENTA:	ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERIA ITCA-FEPADE	
DIBUJO:	ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA	
MATRICULA:	AREA:	72.00 M2 85.90 V2
CLAVE CATASTRAL:		
PROYECTO:	VIVIENDA BIOCLIMATICA SOSTENIBLE	
DOMICILIO:		
CONTENIDO:	PLANO DE FUNDACIONES Y DETALLES	
PROPIETARIO:		
DICIEMBRE 2022	HOJA:	<b>E-1</b>
INDICADAS		

SOLERA DE FUNDACIÓN "SF-1"

ESCALA 1 : 25

## NOTAS ESTRUCTURALES

### GENERALES:

LAS ACOTACIONES EN LAS PLANTAS SE MUESTRAN EN METROS Y EN LOS DETALLES SE MUESTRAN EN CENTÍMETROS, A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRA MANERA. CUALQUIER DISCREPANCIA ENTRE COTAS ESTRUCTURALES Y ARQUITECTÓNICAS DEBERÁ SER CONSULTADA AL SUPERVISOR DEL PROYECTO.

EL CONSTRUCTOR SERÁ RESPONSABLE POR LA VERIFICACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE TODAS LAS DIMENSIONES CONTENIDAS EN ESTOS PLANOS.

EL CONSTRUCTOR SERÁ RESPONSABLE POR LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRESENTADOS EN ESTOS PLANOS.

### CONCRETO:

EL CONCRETO A UTILIZARSE EN ESTE PROYECTO SERÁ DE PESO VOLUMÉTRICO NORMAL, CON UN ESFUERZO MÍNIMO DE RUPTURA A LOS 28 DÍAS DE EDAD,  $f_c$ , DE 210 Kg/cm<sup>2</sup>. EL CEMENTO PARA LA FABRICACIÓN DEL CONCRETO SERÁ PORTLAND, TIPO GU, CUMPLIENDO CON LO ESPECIFICADO EN ASTM C157.

LOS AGREGADOS PARA EL CONCRETO DEBERÁN CUMPLIR CON LOS REQUISITOS PARA GRANULOMETRÍA Y CALIDAD ESPECIFICADOS EN ASTM C33.

EL CONSTRUCTOR SERÁ RESPONSABLE POR LA ADECUADA FABRICACIÓN DEL CONCRETO, ADEMÁS DE LOS PROCESOS CORRESPONDIENTES A ENCOFRADOS, COLADOS, CURADOS Y DESENCOFRADOS.

### ACERO DE REFUERZO:

EL ACERO DE REFUERZO DEL 4,60mm, 7,0mm, 9,50mm Y MAYORES SERÁ CORRUGADO, DEBIENDO CUMPLIR CON LO ESPECIFICADO EN ASTM A1064, GRADO 75.

### RECUBRIMIENTOS:

EL ACERO DE REFUERZO UTILIZADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS DE CONCRETO REFORZADO, DEBERÁ PROTEGERSE UTILIZANDO LOS RECUBRIMIENTOS MÍNIMOS INDICADOS A CONTINUACIÓN:

ELEMENTO	RECUBRIMIENTO
LECHO INFERIOR DE FUNDACIONES	7.5
ELEMENTOS EN CONTACTO LATERAL O SUPERIOR CON EL SUELO	5.0
ELEMENTOS ESTRUCTURALES SIN CONTACTO CON EL SUELO	2.5

### ESTRUCTURA METÁLICA GHT (GALVANIZED HIGH TENSILE):

LOS TUBOS Y ANGULARES COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA, DEBERÁN CONTAR CON UN VALOR MÍNIMO DE FLEUENCIA DE 72 KSI.

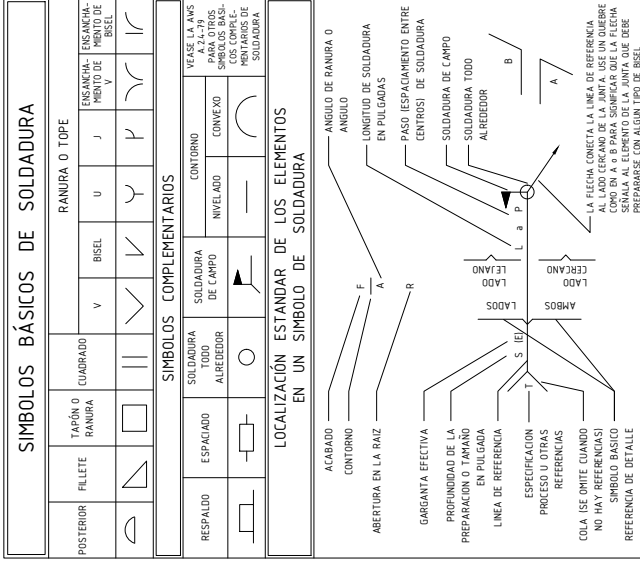
LOS ELEMENTOS DOBLADOS EN FRÍO (POLINES TIPO C) UTILIZADOS PARA EL APOYO DIRECTO DE LA LÁMINA DEL TECHO, DEBERÁN TENER UN VALOR DE FLEUENCIA,  $F_y$ , NO MENOR A 72 KSI, DEBERÁN CUMPLIR CON LA NORMA ASTM A653, AUS 1397 GRADO 72.

LAS SOLDADURAS DE ARCO METÁLICO Y LOS ELECTRODOS DEBERÁN CUMPLIR CON LO ESPECIFICADO EN AWS A5.1 Y/O AWS A5.5. EL ELECTRODO A UTILIZAR SERÁ E 7018.

TODAS LAS ESTRUCTURAS GHT DEBERÁN SER PROTEGIDAS CON ESMALTE PLATEADO EN LAS UNIONES POR SOLDADURA.

### CUBIERTA PARA TECHOS:

LA LÁMINA PARA CUBIERTA DE TECHOS DEBERÁ SER ZINCALUM E-25, CALIBRE 26, AZ 150 (150g/m<sup>2</sup>) ASTM 792 GRADO 80, ANCHO EFECTIVO 1.04M.



PRESENTA: **ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERIA  
ITCA-FEPADE**  
**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**

DIBUJO:

MATRICULA: AREA:

CLAVE CATASTRAL:

PROYECTO:

DOMICILIO:

CONTENIDO: **DETALLES**

PROPIETARIO:

DICIEMBRE 2022

INDICADAS

HOJA:

**E-2**

## NOTAS ESTRUCTURALES

### GENERALES:

LAS ACOTACIONES EN LAS PLANTAS SE MUESTRAN EN METROS Y EN LOS DETALLES SE MUESTRAN EN CENTÍMETROS, A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRA MANERA.

CUALQUIER DISCREPANCIA ENTRE COTAS ESTRUCTURALES Y ARQUITECTÓNICAS DEBERÁ SER CONSULTADA AL SUPERVISOR DEL PROYECTO.

EL CONSTRUCTOR SERÁ RESPONSABLE POR LA VERIFICACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE TODAS LAS DIMENSIONES CONTENIDAS EN ESTOS PLANOS.

EL CONSTRUCTOR SERÁ RESPONSABLE POR LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRESENTADOS EN ESTOS PLANOS.

### CONCRETO:

EL CONCRETO A UTILIZARSE EN ESTE PROYECTO SERÁ DE PESO VOLUMÉTRICO NORMAL, CON UN ESFUERZO MÍNIMO DE RUPTURA A LOS 28 DÍAS DE EDAD,  $f_c$ , DE 210 Kg/cm<sup>2</sup>.

EL CEMENTO PARA LA FABRICACIÓN DEL CONCRETO SERÁ PORTLAND, TIPO GU, CUMPLIENDO CON LO ESPECIFICADO EN ASTM C1157.

LOS AGREGADOS PARA EL CONCRETO DEBERÁN CUMPLIR CON LOS REQUISITOS PARA GRANULOMETRÍA Y CALIDAD ESPECIFICADOS EN ASTM C33.

EL CONSTRUCTOR SERÁ RESPONSABLE POR LA ADECUADA FABRICACIÓN DEL CONCRETO, ADemás DE LOS PROCESOS CORRESPONDIENTES A ENCOFRADOS, COLADOS, CURADOS Y DESENCOFRADOS.

### ACERO DE REFUERZO:

EL ACERO DE REFUERZO DEL 4.60mm, 7.01mm, 9.50mm Y MAYORES SERÁ CORRUGADO, DEBIENDO CUMPLIR CON LO ESPECIFICADO EN ASTM A1064 GRADO 75.

### RECUBRIMIENTOS:

EL ACERO DE REFUERZO UTILIZADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS DE CONCRETO REFORZADO, DEBERÁ PROTEGERSE UTILIZANDO LOS RECUBRIMIENTOS MÍNIMOS INDICADOS A CONTINUACIÓN:

ELEMENTO	RECUBRIMIENTO
LECHO INFERIOR DE FUNDACIONES	7.5
ELEMENTOS EN CONTACTO LATERAL O SUPERIOR CON EL SUELO	5.0
ELEMENTOS ESTRUCTURALES SIN CONTACTO CON EL SUELO	2.5

### CUBIERTA PARA TECHOS:

LA LÁMINA PARA CUBIERTA DE TECHOS DEBERÁ SER ZINCALUM E-25, CALIBRE 26, AZ 150 (150g/m<sup>2</sup>) ASTM 792 GRADO 80, ANCHO EFECTIVO 1044M.

PRESENTA: **ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERIA  
ITCA-FEPADE**

**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**

DIBUJO:

MATRICULA:

AREA:

CLAVE CATASTRAL:

PROYECTO:

DOMICILIO:

CONTENIDO:

**DETALLES**

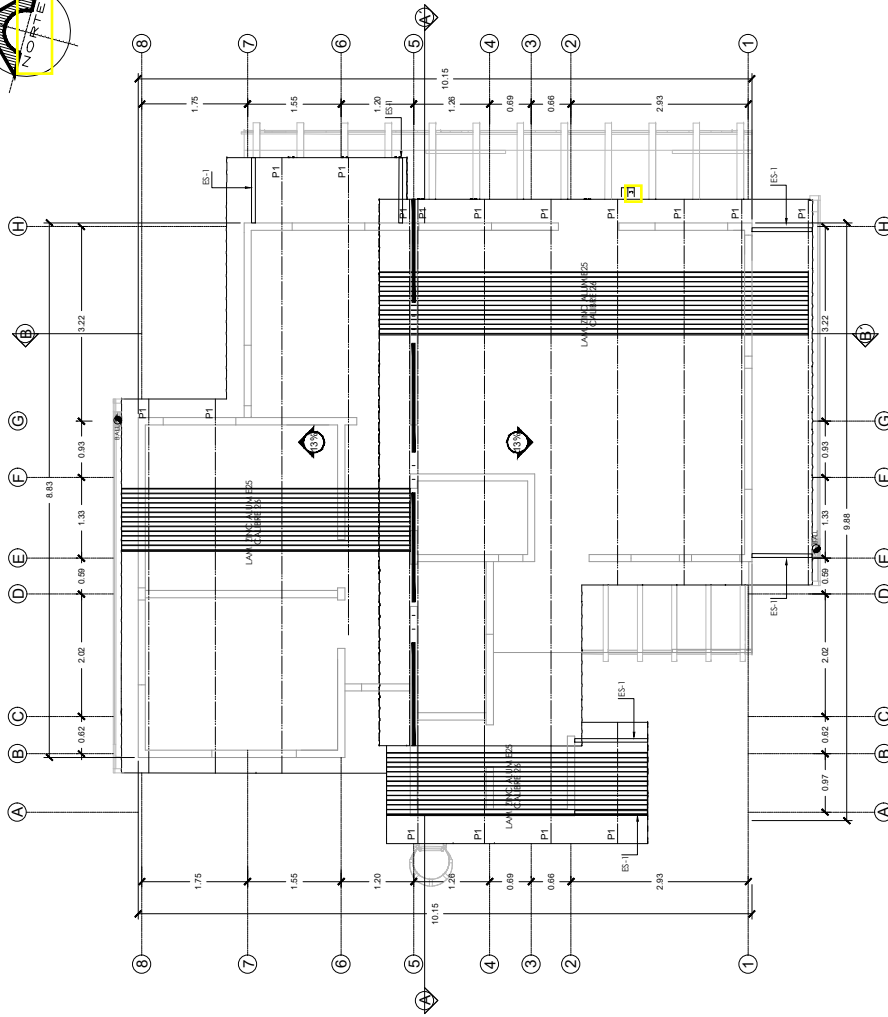
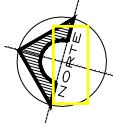
PROPIETARIO:

DICIEMBRE 2022

INDICADAS

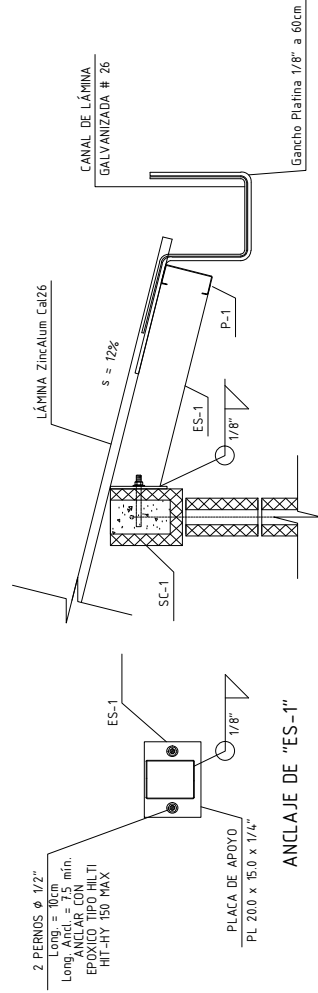
HOJA:

**E-3**



PLANTA DE TECHOS

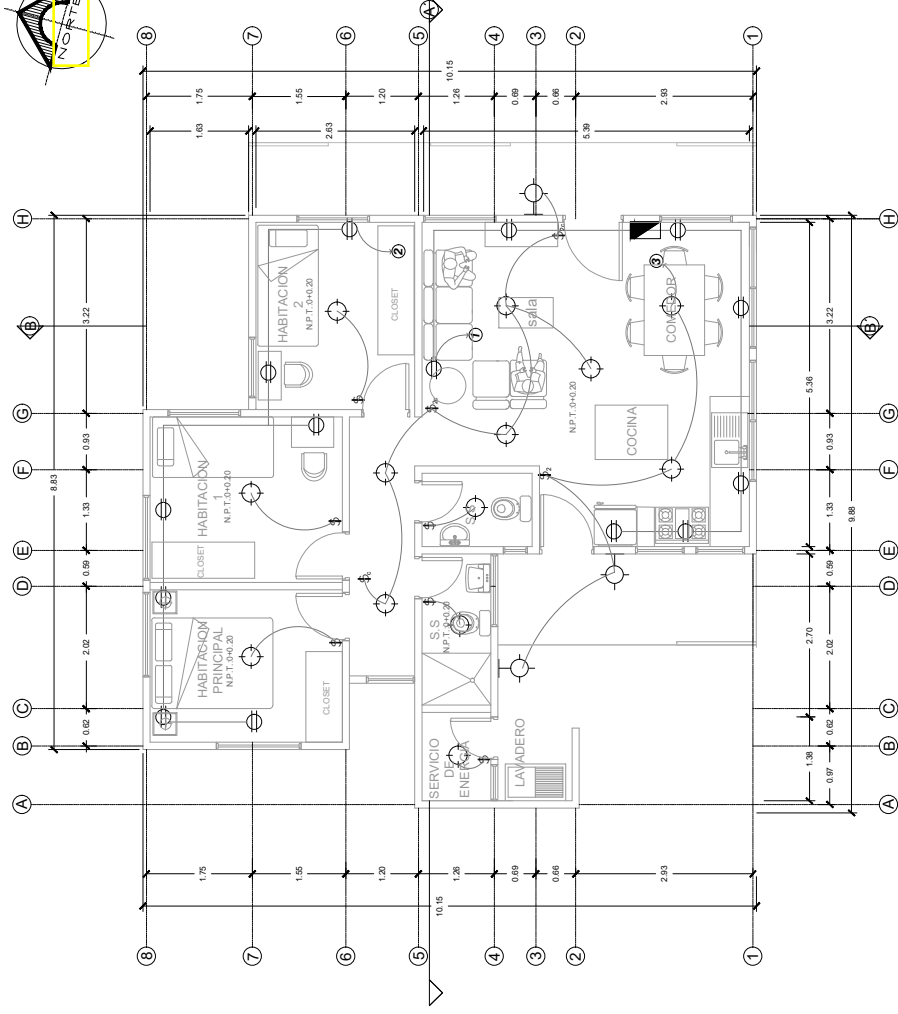
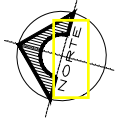
Escala 1:125



SECCIÓN DE CANAL

ESCALA : 1 : 20

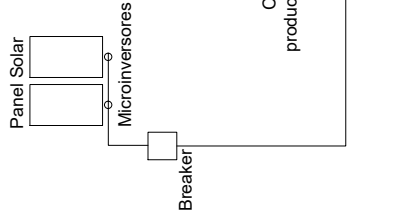
PRESENTA:	ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERIA ITCA-FEPADE		
DIBUJO:	ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA		
MATRICULA:	AREA:		
CLAVE CATASTRAL:			
PROYECTO:			
DOMICILIO:			
CONTENIDO:	FACHADAS		
PROPIETARIO:			
DICIEMBRE 2022	HOJA:	E-4	
INDICADAS			



Cuadro de Simbología	
Simbolo	Descripción
◼	Tablero General
○	Luminaria LED 8 w
⊙	Luminaria LED empotrada en pared 17 w
⌘	Interruptor Simple
⌘	Interruptor Doble
⌘	Interruptor Doble Cambio
⌘	Tomacorriente doble polarizado

**PLANTA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA**

Escala 1:125



**ST 2 INSTALAR**

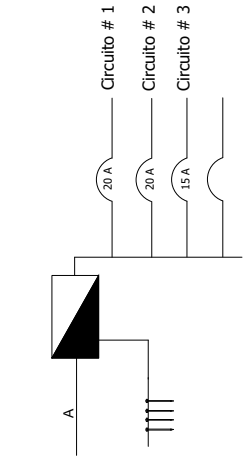
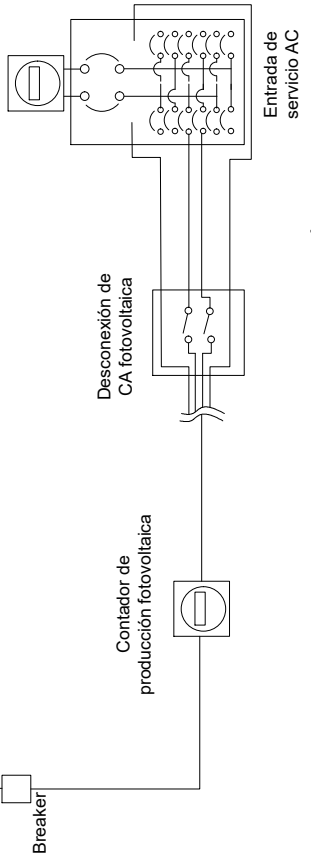


DIAGRAMA UNIFILAR  
SIN ESCALA

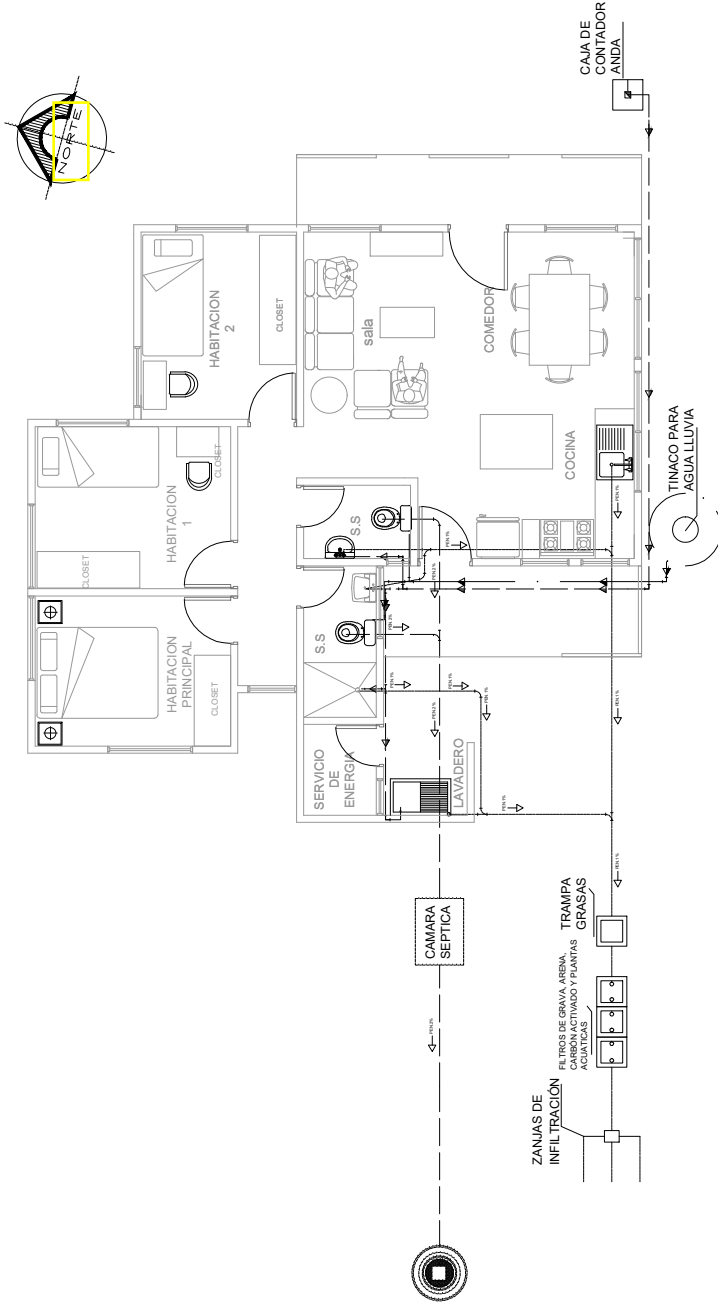


TIPOLOGIA DE CONEXIÓN  
SIN ESCALA

PRESENTA: **ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERIA ITCA-FEPADE**  
**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**

DIBUJO: \_\_\_\_\_  
 MATRICULA: \_\_\_\_\_ AREA: \_\_\_\_\_  
 CLAVE CATASTRAL: \_\_\_\_\_  
 PROYECTO: \_\_\_\_\_  
 DOMICILIO: \_\_\_\_\_  
 CONTENIDO: **PLANO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS**  
 PROPIETARIO: \_\_\_\_\_  
 DICIEMBRE 2022 HOJA: **IE-1**  
 INDICADAS





PLANTA DE DISTRIBUCION DE SISTEMAS HIDRAULICOS

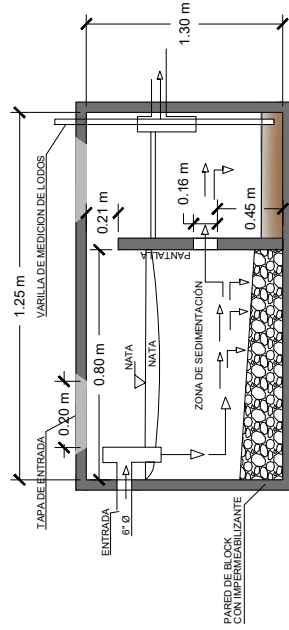
Escala 1:125

PRESENTA: ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERIA ITCA-FEPADE	
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA	
DIBUJO:	
MATRICULA:	AREA: 72.00 M2
CLAVE CATASTRAL:	85.90 V2
PROYECTO:	VIVIENDA BIOCLIMATICA SOSTENIBLE
DOMICILIO:	
CONTENIDO:	PLANO DE FUNDACIONES Y DETALLES
PROPIETARIO:	
DICIEMBRE 2022	HOJA:
INDICADAS	IH-1

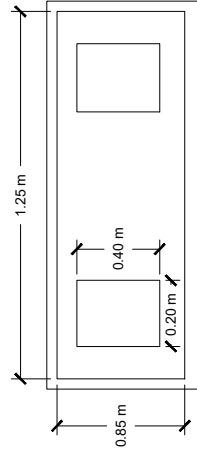
SIMBOLOGIA HIDRAULICA	
SIMBOLO	NOMBRE DE ACCESORIO
	AGUA POTABLE DE 1/2"
	TUBERIA AGUA POTABLE 1/2"
	TEE
	CODO A 90°
	CHORRO
	CONTADOR DE ANDA
	DIRECCION DE FLUJO DE AGUA

SIMBOLOGIA HIDRAULICA	
SIMBOLO	NOMBRE DE ACCESORIO
	AGUAS NEGRAS 4"
	TUBERIA AGUA NEGRAS 4"
	YEE TE
	CURVA A 45°
	DIRECCION Y PENDIENTE DE AGUA

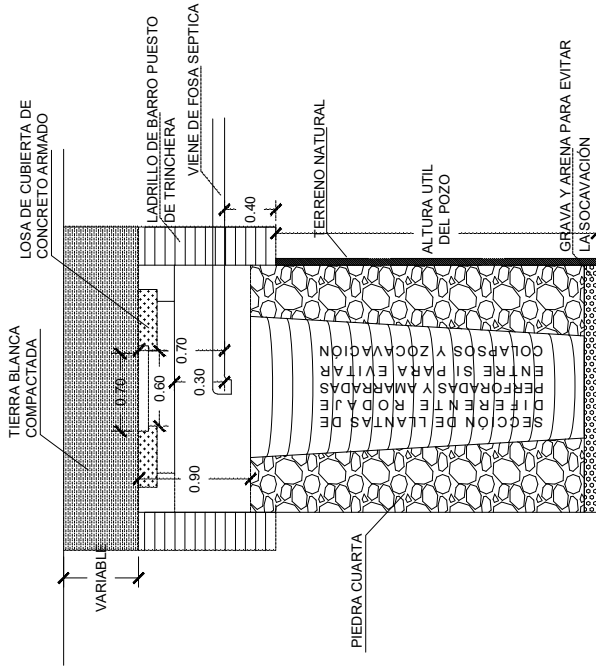
SIMBOLOGIA HIDRAULICA	
SIMBOLO	NOMBRE DE ACCESORIO
	AGUAS GRISAS 4"
	TUBERIA AGUA GRISAS 4"
	YEE TE
	CURVA A 45°
	DIRECCION Y PENDIENTE DE AGUA



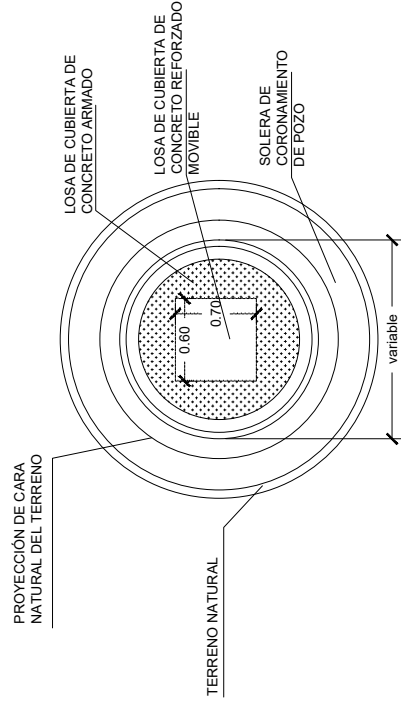
DETALLE DE CÁMARA SÉPTICA SIN ESCALA



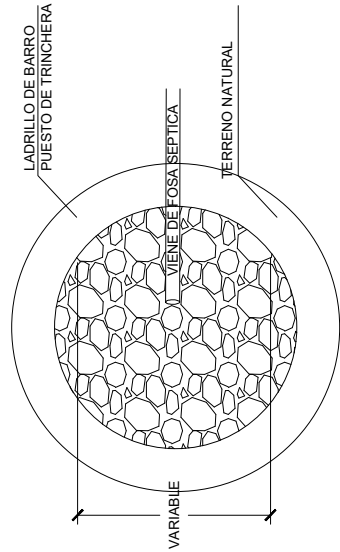
DETALLE DE CÁMARA SÉPTICA VISTA EN PLANTA SIN ESCALA



DETALLE CONSTRUCTIVO DE POZO SIN ESCALA

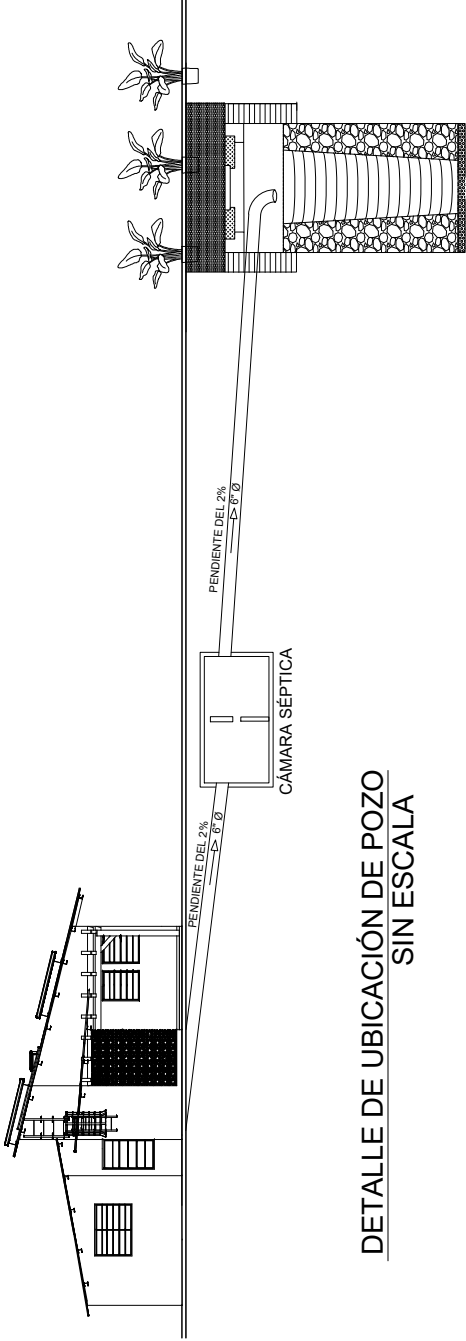


TAPADERA DE POZO VISTA EN PLANTA ANEXO 10 SIN ESCALA

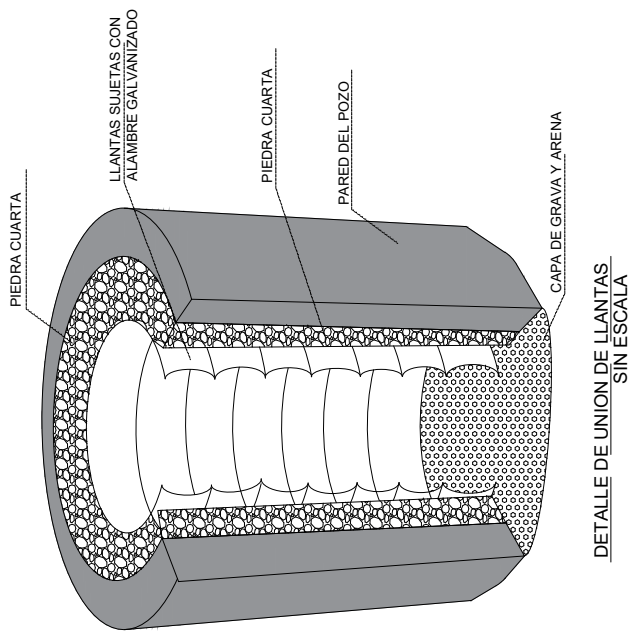


FONDO DE POZO VISTA EN PLANTA SIN ESCALA

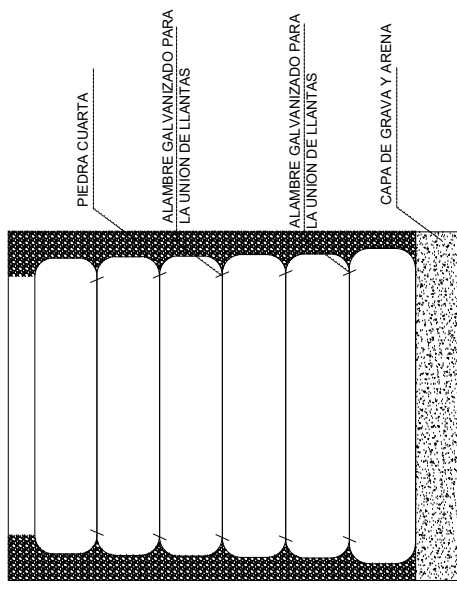
PRESENTA:	ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERIA ITCA-FEPADE	
DIBUJO:	ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA	
MATRICULA:	AREA:	72.00 M2 85.90 V2
CLAVE CATASTRAL:	PROYECTO: VIVIENDA BIOCLIMATICA SOSTENIBLE	
DOMICILIO:		
CONTENIDO:	DETALLES SISTEMA DE AGUAS NEGRAS	
PROPIETARIO:		
DICIEMBRE 2022	HOJA:	IH-2
INDICADAS		



DETALLE DE UBICACIÓN DE POZO SIN ESCALA

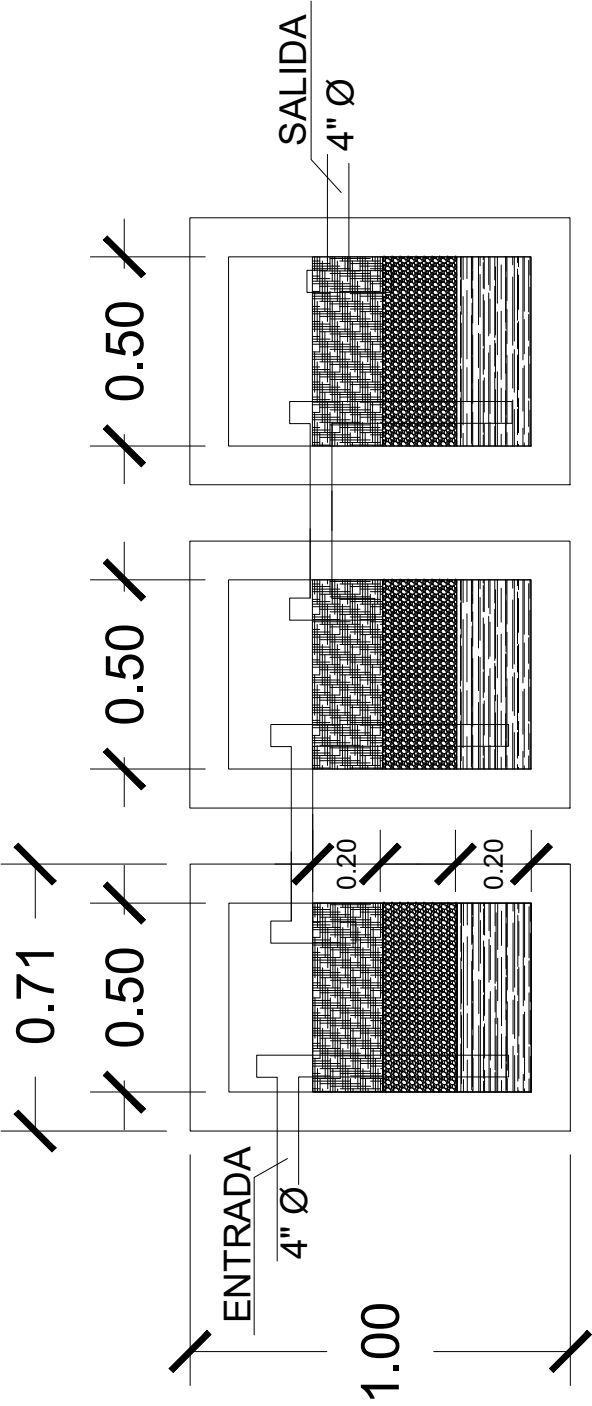


DETALLE DE UNION DE LLANTAS SIN ESCALA

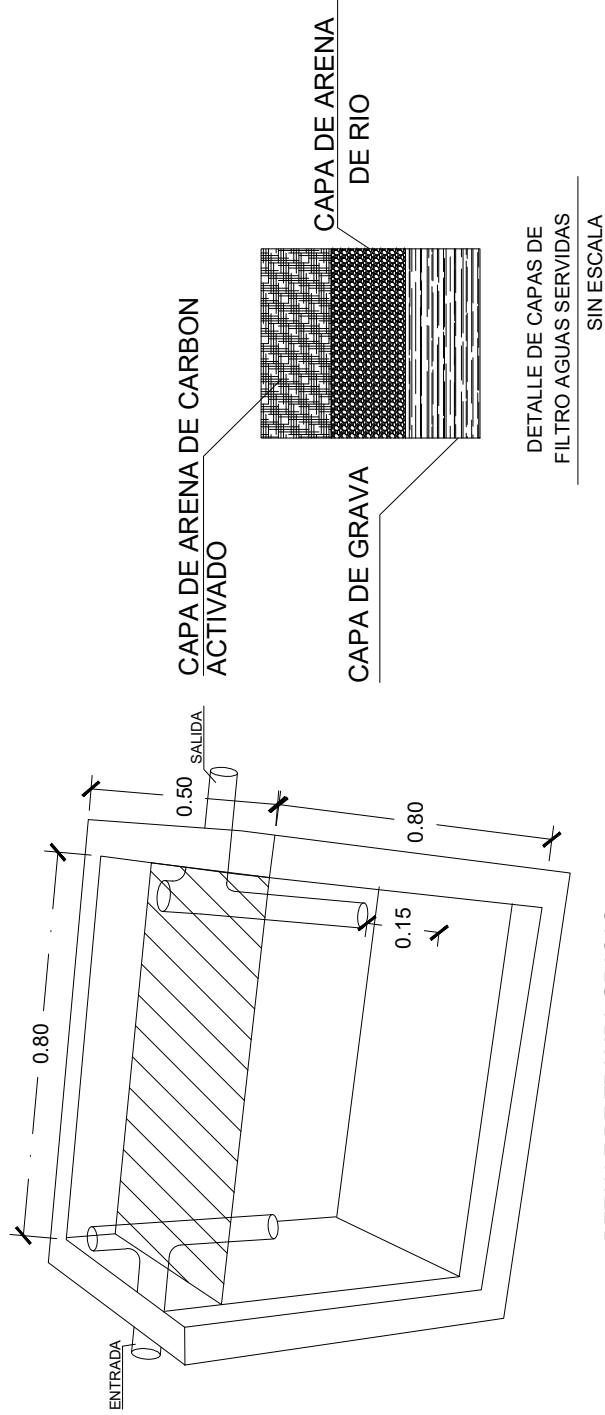


DETALLE DE UNION DE LLANTAS SIN ESCALA

PRESENTA:	ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERIA ITCA-FEPADE	
	ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA	
DIBUJO:		
MATRICULA:		AREA:
CLAVE CATASTRAL:		
PROYECTO:		
DOMICILIO:		
CONTENIDO:	DETALLES SISTEMA DE AGUAS NEGRAS	
PROPIETARIO:		
DICIEMBRE 2022	HOJA:	IH-3
INDICADAS		



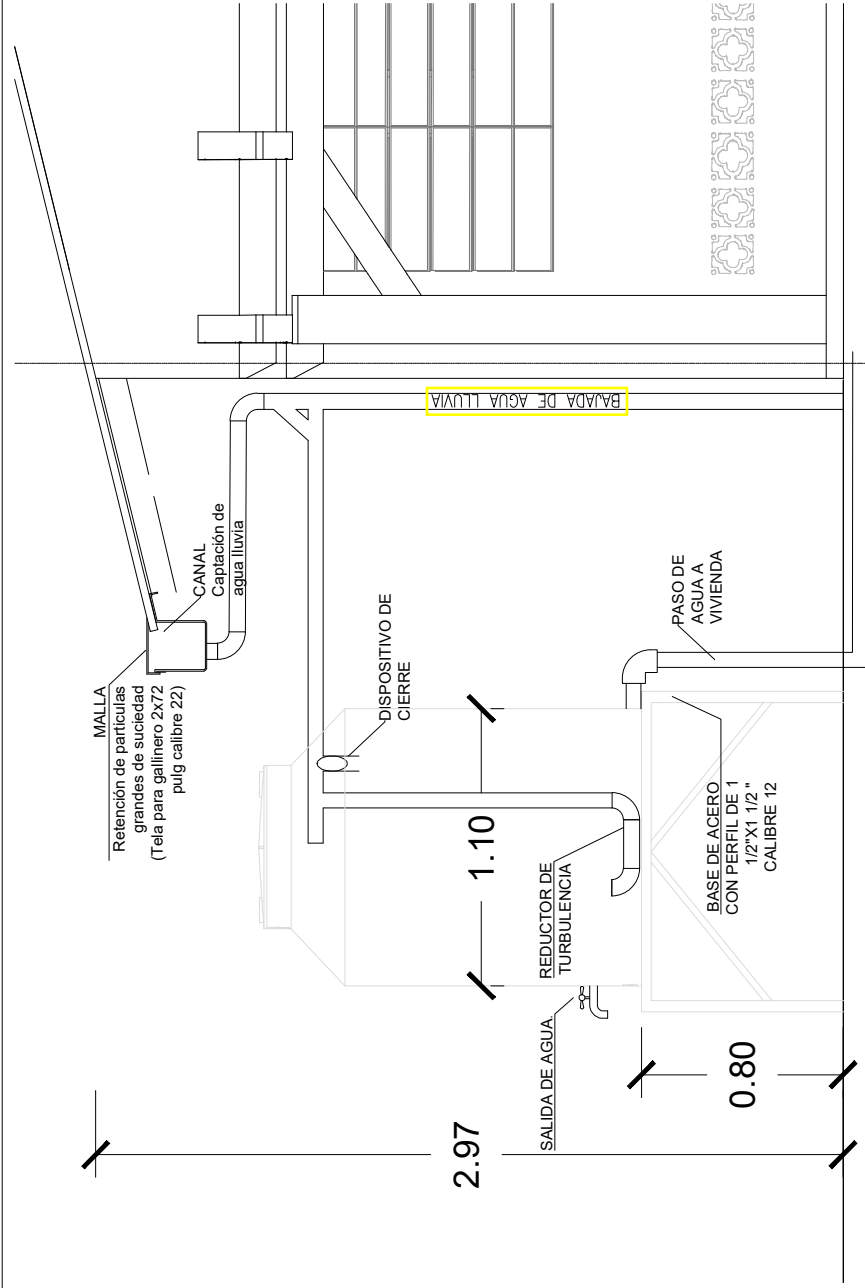
DETALLE DE FILTRO AGUAS GRISAS  
SIN ESCALA



DETALLE DE TRAMPA GRASAS  
SIN ESCALA

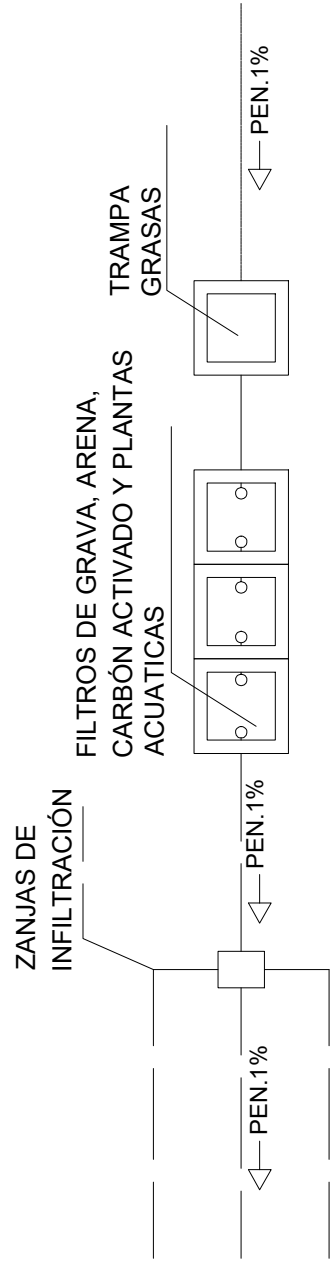
DETALLE DE CAPAS DE  
FILTRO AGUAS SERVIDAS  
SIN ESCALA

PRESENTA:	ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERIA ITCA-FEPADE	
DIBUJO:	ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA	
MATRICULA:	AREA:	72.00 M2
CLAVE CATASTRAL:		85.90 V2
PROYECTO:	VIVIENDA BIOCLIMATICA SOSTENIBLE	
DOMICILIO:		
CONTENIDO:	DETALLES FILTRO DE AGUAS GRISAS	
PROPIETARIO:		
DICIEMBRE 2022	HOJA:	IH-4
INDICADAS		



**DETALLE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS**

Escala 1:30



DETALLE DE CÁMARA SÉPTICA SIN ESCALA

PRESENTA:	ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERIA ITCA-FEPADE	
DIBUJO:	ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA	
MATRICULA:	AREA:	
CLAVE CATASTRAL:		
PROYECTO:		
DOMICILIO:		
CONTENIDO:	DETALLES SISTEMA DE AGUAS GRISAS Y LLUVIAS	
PROPIETARIO:		
DICIEMBRE 2022	HOJA:	IH-5
INDICADAS		







## SEDE CENTRAL Y CENTROS REGIONALES EL SALVADOR



La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, fundada en 1969, es una institución estatal con administración privada, conformada actualmente por 5 campus: Sede Central Santa Tecla y cuatro centros regionales ubicados en Santa Ana, San Miguel, Zacatecoluca y La Unión.

### 1. SEDE CENTRAL SANTA TECLA

Km. 11.5 carretera a Santa Tecla, La libertad.  
Tel.: (503) 2132-7400

### 2. CENTRO REGIONAL SANTA ANA

Final 10a. Av. Sur, Finca Procavia.  
Tel.: (503) 2440-4348

### 3. CENTRO REGIONAL ZACATECOLUCA

Km. 64.5, desvío Hacienda El Nilo sobre autopista a Zacatecoluca.  
Tel.: (503) 2334-0763 y 2334-0768

### 4. CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL

Km. 140 carretera a Santa Rosa de Lima.  
Tel.: (503) 2669-2298

### 5. CENTRO REGIONAL LA UNIÓN

Calle Sta. María, Col. Belén, atrás del Instituto Nacional de La Unión  
Tel.: (503) 2668-4700

[www.itca.edu.sv](http://www.itca.edu.sv)



ISBN: xxx-xxxx-xx-xx-x (Impreso)  
ISBN: xxx-xxxx-xx-xx-x (E-book)