



FACULTAD DE POST-GRADO

TESIS DE POSTGRADO

**APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN
CONSTRUCCIONES DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN
SANTA ROSA DE COPÁN**

SUSTENTADO POR:

FANY GABRIELA NAVARRO MANCÍA

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE MÁSTER EN
GESTIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES
SAN PEDRO SULA, CORTÉS, HONDURAS, C.A**

JULIO, 2020

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

UNITEC

FACULTAD DE POSTGRADO

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

MARLON BREVE REYES

SECRETARIO GENERAL

ROGER MARTÍNEZ MIRANDA

VICERRECTORA ACADÉMICA

DESIREE TEJADA CALVO

VICEPRESIDENTE CAMPUS SPS

CARLA MARÍA PANTOJA

**APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN
CONSTRUCCIONES DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN
SANTA ROSA DE COPÁN**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS
REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE MÁSTER
EN**

GESTIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES

ASESOR METODOLÓGICO

EDUARDO VALLE VEGA

ASESOR TEMÁTICO

ANA MILENA RIVERA

MIEMBROS DE LA TERNA

CARLOS TRIMINIO

MAURICIO MELGAR

TULIO BUESO

DERECHOS DE AUTOR

© Copyright 2020

FANY GABRIELA NAVARRO MANCIA

Todos los derechos son reservados.



FACULTAD DE POST-GRADO

APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN CONSTRUCCIONES DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN SANTA ROSA DE COPÁN.

**MAESTRANTE:
FANY GABRIELA NAVARRO MANCÍA**

RESUMEN

Este proyecto de tesis tiene como finalidad generar una alternativa de solución para la necesidad de abastecimiento de agua en las viviendas unifamiliares en Santa Rosa de Copán. Por tanto, el propósito es diseñar un sistema de aprovechamiento de las aguas lluvias, obteniendo un beneficio ecológico y económico. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo y un alcance descriptivo. Los factores de demanda, técnicos y financieros fueron las variables de las que depende la evaluación del proyecto. El diseño que se propuso cumple con las diferentes normas aplicables en los elementos que lo conforman, utiliza los factores climáticos para su funcionamiento y presenta un ahorro mensual de 19% del consumo de agua de la red municipal que supone una reducción de 280.8kg de CO₂ al año. La propuesta es una alternativa para implementar en las viviendas para aminorar el déficit en el suministro del agua.

Palabras clave: aprovechamiento de agua, climáticos, déficit, demanda, ecológico.



FACULTAD DE POST-GRADO

APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN CONSTRUCCIONES DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN SANTA ROSA DE COPÁN.

**MAESTRANTE:
FANY GABRIELA NAVARRO MANCÍA**

ABSTRACT

The purpose of this thesis project is to generate an alternative solution for the need for water supply in single-family homes in Santa Rosa de Copán. Therefore, the purpose is to design a rainwater harvesting system, obtaining an ecological and economic benefit. The research had a quantitative focus and a descriptive scope. Demand, technical and financial factors were the variables on which the evaluation of the project depends. The proposed design meets the different standards applicable to the elements that make it up, uses climatic factors for its operation and presents a monthly saving of 19% of the water consumption of the municipal network, which means a reduction of 280.8kg of CO₂ year. The proposal is an alternative to implement in homes to reduce the deficit in water supply.

Key words: water use, climate, deficit, demand, ecological.

DEDICATORIA

Le dedico este logro a Dios por poner el querer como el hacer en mi vida y poner personas en el camino que me han dado fuerzas y apoyo en el transcurso de esta maestría. En especial a mis padres y hermanas que siempre me han apoyado en cada decisión de mi vida y me han fomentado el deseo por adquirir nuevos conocimientos en este mundo que cambia constantemente. A mi esposo que con amor y paciencia me ha ayudado y motivado a seguir adelante cuando he querido rendirme. Como dedicatoria especial a mis compañeros Dayana García y Ronny Reyes que en el transcurso de la maestría se han convertido en mis amigos, que juntos compartimos conocimientos y hemos alcanzado llegar hasta el final con el apoyo mutuo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser el guía espiritual de mi vida. Por brindarme salud, sabiduría y dirección en mis pasos. Agradezco al Máster Eduardo Valle por su compromiso y toda la ayuda que me brindó en el periodo de ejecución de la tesis, por ser mi asesor metodológico y darme directrices a seguir para culminar con éxito mi postgrado. Agradezco a mi asesora temática Ana Milena Rivera por compartir sus conocimientos y brindarme su ayuda incondicional para el buen desarrollo del presente proyecto.

Agradezco a todos mis catedráticos de postgrado que contribuyeron en mi enseñanza y me ayudaron a formarme para ser una mejor profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	1
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA	2
1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	4
1.3.4 OBJETIVO GENERAL	5
1.3.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.3.6 HIPÓTESIS	5
1.3.7 JUSTIFICACIÓN	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	7
2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	7
2.1.1 ANÁLISIS DEL MACRO ENTORNO DEL SUMINISTRO Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA	7
2.1.2 ANÁLISIS DEL MICRO ENTORNO DEL SUMINISTRO Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA	9
2.1.3 SITUACIÓN DEL PAÍS DEL SUMINISTRO Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA	10
2.2 TEORÍA DE SUSTENTO	11
2.3 CONCEPTUALIZACIÓN	13
2.4 MARCO LEGAL	13
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	15
3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA	15
3.1.1 MATRIZ METODOLÓGICA	15
3.1.2 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	16
3.1.3 HIPÓTESIS	18
3.2 ENFOQUE Y MÉTODO	18
3.2.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	18
3.2.2 EVALUACIÓN DE PROYECTOS	19
3.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	20
3.4 FUENTES DE INFORMACIÓN	20
3.4.1 FUENTES PRIMARIAS	20
3.4.2 FUENTES SECUNDARIAS	20
CAPITULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS	21
4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	21

4.1.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	21
4.1.2 LÍNEA BASE.....	22
4.1.3 FACTORES DE DISEÑO	22
4.1.3.1 DEMANDA DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR.....	22
4.1.3.2 FACTORES TÉCNICOS DEL DISEÑO	25
4.1.4 ANÁLISIS DE RIESGO	32
4.1.5 DISEÑO DEL SISTEMA.....	33
4.2 COSTOS	35
4.2.1 PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	36
4.2.2 COSTOS DE MANTENIMIENTO	36
4.3 ASPECTOS FINANCIEROS	37
4.3.1 COSTO DE INVERSIÓN.....	37
4.3.2 AHORROS.....	37
4.4 ASPECTOS AMBIENTALES.....	38
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	39
5.1 CONCLUSIONES.....	39
5.2 RECOMENDACIONES.....	40
CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD.....	41
6.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA.....	41
6.2 INTRODUCCIÓN.....	41
6.3 CONSUMO DE LA RED.....	41
6.4 BENEFICIO ECOLÓGICO.....	41
BIBLIOGRAFÍA	42
ANEXOS	45
ANEXO 1. FLUJO DE EFECTIVO	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz metodológica.....	15
Tabla 2. Operacionalización de las variables.....	17
Tabla 3. Cuadro de la demanda de agua proyectada acueducto de SRC.....	23
Tabla 4. Data histórico de precipitación Santa Rosa de Copán.....	27
Tabla 5. Coeficiente de escorrentía según el material.....	28
Tabla 6. Secciones de canaletas en función de la superficie evacuada.....	29
Tabla 7. Dimensión de tubos de bajantes de Desagüe Pluvial.....	31
Tabla 8. Presupuesto sistema de captación de agua lluvia.....	36
Tabla 9. Costo de mantenimiento.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Climograma Santa Rosa de Copán.....	4
Figura 2. Diseño de la investigación.....	19
Figura 3. Gráfico de data histórico de precipitación de SRC.....	27
Figura 4. Detalle de canal metálico.....	30

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se muestra la estructura general de la investigación y los elementos que contiene. Se plantea la problemática a estudiar, sus antecedentes, así como los objetivos y justificación del tema a investigar.

1.1 INTRODUCCIÓN

El agua es una necesidad básica para el ser humano, así como fundamental para el sostenimiento y la reproducción de la vida en el planeta ya que constituye un factor indispensable para el desarrollo de los procesos biológicos que la hacen posible. El acceso al agua potable es cada vez más escaso en muchas regiones del país, tal como es el caso de estudio de la ciudad de Santa Rosa de Copán.

La ciudad de Santa Rosa de Copán ha tenido un crecimiento constante en los últimos años, pero lamentablemente sin una planificación urbana adecuada, lo que ha generado un déficit en los servicios básicos de agua y saneamiento para toda la población.”. Como consecuencia, la población padece de constantes racionamientos, pues la Empresa Municipal Aguas de Santa Rosa no tiene la capacidad de abastecer en partes iguales el suministro de agua, sin embargo, hay una fuente de agua proveniente de las precipitaciones de lluvia que puede ser aprovechado para su uso.

Con la planificación adecuada y un debido sistema de captación de las aguas lluvias en Santa Rosa de Copán, ayudará a disminuir esa brecha entre la oferta y la demanda, mejorando la calidad de vida de sus habitantes.

1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

El sistema de captación de agua potable en Santa Rosa de Copán está compuesto por 8 pozos de extracción de agua subterránea y dos fuentes superficiales: Rio Higuito y microcuenca La Hondura. De estas fuentes superficiales, Rio Higuito comenzó a funcionar en el año 2005, con tres estaciones de bombeo y una capacidad de 1200 galones por minuto, en el que el agua era elevada a 700 m de altura a través de una línea de bombeo de aproximadamente 8km (Empresa Municipal Agua de Santa Rosa, 2020). Sin embargo, a partir del año 2006, las galerías de infiltración de esta fuente dejaron de funcionar por las características geológicas de la región y las altas precipitaciones

pluviales. El problema era que el sedimento arrastrado por el río obstruía la entrada de agua a la primera estación de bombeo, lo que forzó a la remoción de las galerías y, por consecuencia, a la entrada de agua cargada con sedimento a la cisterna de almacenamiento de agua. Debido a esto, se elevaron los costos de operación y mantenimiento del Río Higuito, haciendo inviable la operación continua de este proyecto y, por ende, la población sigue experimentando racionamientos del agua debido a la escasez. (Bautista & Martínez).

En cuanto a la microcuenca La Hondura, ésta es una fuente superficial con una capacidad de 350 galones por minuto en el invierno, que, en comparación con Río Higuito, suministra sólo a una pequeña parte de la población. En el verano la capacidad baja a 90 galones por minuto debido a las condiciones climáticas (Empresa Municipal Agua de Santa Rosa, 2020). Esto contribuye de manera importante, al problema de escasez de agua por el bajo suministro y la variabilidad de ésta a lo largo del año.

Para inicios del año 2015 el abastecimiento de agua a la población no era regular, lo que ha obligado a una familia promedio a comprar aproximadamente L 4,200 al año por agua cruda, no necesariamente potable, para poder cubrir la carencia de recurso; sumando a este valor la tarifa mensual que debe pagar por el agua potable suministrada. (Bautista & Martínez)

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En este apartado se detalla la problemática identificada y que se busca resolver con la investigación. Se centra en el contexto del sistema de suministro de agua en la ciudad de Santa Rosa de Copán. Así como la posible utilización de fuentes naturales para el suministro de agua a la población.

1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

La escasez de agua es una problemática en la ciudad de Santa Rosa de Copán, al igual que en otras partes del mundo, hacer frente a este problema repercute en elevados costos operativos y de equipos especializados como los sistemas de bombeo. Uno de estos costos es relacionado

además con el consumo de energía eléctrica que en, 2012 ascendía a más de L. 20,000,000.00. (Canelo, 2013)

El objetivo número seis de los objetivos de desarrollo sostenible es: ‘Asegurar, de aquí a 2030, la disponibilidad de agua y el saneamiento equitativo para toda la población’ (ONU, 2015). Este abastecimiento de agua debe ser suficiente para cubrir sus necesidades personales y domésticas. Así mismo, debe procurarse la accesibilidad en los servicios de agua y saneamiento. Es decir, estos deben situarse dentro o en la inmediatez de la vivienda, el lugar de trabajo o las infraestructuras de educación y salud. Además, debe ser accesible para todos. El agua es una necesidad y, por tanto, su coste debe ser asequible para toda la población. (Bautista & Martinez)

Según la Organización Mundial de la Salud, existen enfermedades relacionadas a la escasez de agua, como ser la diarrea, el cólera o la poliomielitis, así mismo la falta de agua puede producir deshidratación. La ACNUR (2020) señala que la escasez del agua puede afectar a la agricultura, la ganadería y la industria y producir escasez de alimentos y hambre. Esto también supone el desplazamiento de las personas a otros países o regiones para encontrar lugares seguros en los que vivir.

La población de Santa Rosa de Copán ha ido en incremento, para el año 2001 era de 39,001 habitantes, para el año 2018 de 68,016 habitantes, (Instituto Nacional de Estadística, 2020). Para el año 2013 la demanda de agua en Santa Rosa de Copán era de 2,656,051 galones (10,061m³) por día, mientras que la oferta ascendía a tan solo 1,494,120 galones (5,660m³) por día. Dejando ver un déficit en el servicio del agua del 44%, mismos que se estima que incremente un 2% anual, en promedio (Canelo, 2013). El 14% de la población no está conectado a la red municipal ni privado, lo que ha provocado la manera de abastecerse de vertientes de ríos, vendedores de agua o de pozos malacates. (Instituto Nacional de Estadística, 2020)

En la ciudad de Santa Rosa de Copán la probabilidad de días mojados en la ciudad varía considerablemente durante todo el año. La temporada de lluvia dura 9.4 meses, del 27 de marzo al 9 de enero. La mayor cantidad de lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 15 de junio, con una acumulación total promedio de 136 milímetros. (Canelo, 2013)

CLIMOGRAMA SANTA ROSA DE COPÁN

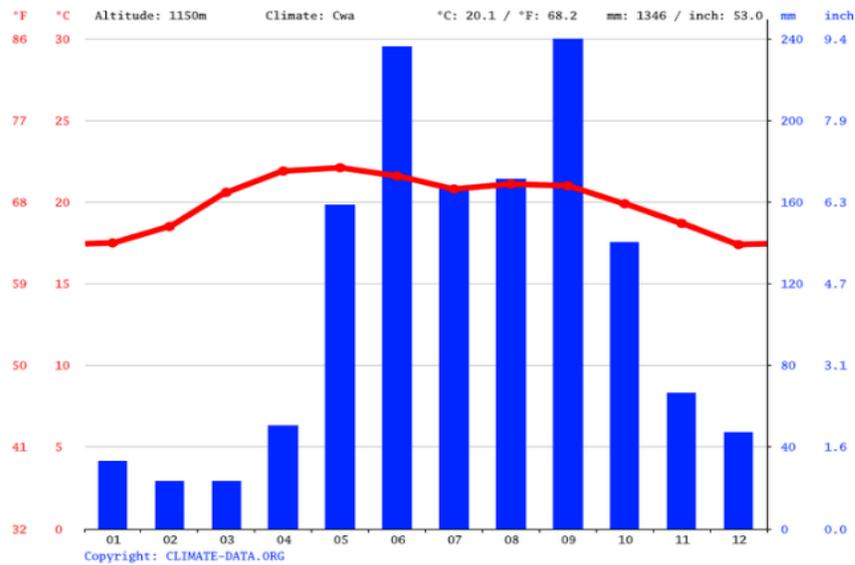


Figura 1. Climograma Santa Rosa de Copán.

Fuente: (CLIMATE-DATE.ORG, 2020)

Considerando la necesidad del abastecimiento de agua en la ciudad de Santa Rosa de Copán y la disponibilidad de precipitación de lluvia, el propósito de este estudio es evaluar el diseño de un sistema para el aprovechamiento de las aguas lluvias.

1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En Santa Rosa de Copán, a causa de la diferencia existente entre la oferta y la demanda de agua en la ciudad, se ha generado una escasez, transmitida en racionamientos del suministro a la población. Por su ubicación geográfica, cuenta con precipitación de lluvia durante la mayor parte del año, recurso que no se está aprovechando para el consumo de la población.

1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿Cómo elaborar un diseño adecuado para un sistema de captación de las aguas lluvias?
- ¿Cuánto es la reducción en la demanda de agua de la red por el uso de un sistema de captación de aguas lluvias?

- ¿Cuál es el beneficio económico de contar con un sistema de captación de aguas lluvias en una vivienda unifamiliar?
- ¿Cuáles son los beneficios ecológicos que tendría el diseño de un sistema de aprovechamiento de las aguas lluvias?

1.3.4 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema para el aprovechamiento de las aguas lluvias en las construcciones de viviendas unifamiliares en urbanizaciones de Santa Rosa de Copán, para disminuir el déficit en el suministro de agua.

1.3.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar un diseño adecuado para un sistema de captación de las aguas lluvias.
- Determinar la reducción en la demanda de agua de la red por el uso de un sistema de captación de aguas lluvias.
- Demostrar el beneficio económico de contar con un sistema de captación de aguas lluvias en una vivienda unifamiliar.
- Describir el beneficio ecológico que tendría el diseño de un sistema de aprovechamiento de las aguas lluvias.

1.3.6 HIPÓTESIS

Ho= No es posible reducir el consumo de agua de la red municipal de una vivienda unifamiliar en un 20% con la implementación de un sistema de captación de agua lluvia.

H1= Es posible reducir el consumo de agua de la red municipal de una vivienda unifamiliar en un 20% con la implementación de un sistema de captación de agua lluvia.

1.3.7 JUSTIFICACIÓN

En todo el mundo, alrededor de 3 de cada 10 personas, o 2,100 millones de personas carecen de acceso a agua potable y disponible en el hogar, y 6 de cada 10, o 4,500 millones, carecen de un

saneamiento seguro. (Organización Mundial de la Salud, 2017). La conclusión fundamental es que todavía hay demasiadas personas que no tienen acceso al agua, sobre todo en las zonas rurales.

El agua afecta todos los aspectos del desarrollo y se relaciona con la mayoría de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Además, impulsa el desarrollo económico, apoya los ecosistemas saludables y es fundamental para la vida. El cambio climático se manifiesta a través del agua. Nueve de cada diez desastres naturales se relaciona con el agua. Los riesgos climáticos vinculados con el agua se extienden en cascada a través de los sistemas alimentarios, energéticos, urbanos y ambientales. Si se quiere lograr los objetivos relacionados con el clima y el desarrollo, el agua debe estar en el centro de las estrategias de adaptación. (Banco Mundial, 2019)

El aprovechamiento de las aguas lluvias, aunado a otras estrategias de uso eficiente del agua podrían potenciar los beneficios ambientales para contribuir a la conservación de mantos acuíferos y reducir el consumo de energía eléctrica en sistemas de bombeo para hacer llegar el agua potable a los puntos de consumo en zonas urbanas. (Leon, Robles, & Del Rio Galvan, 2014)

Un sistema de captación de agua lluvia, constituye una solución complementaria que podría ayudar a combatir la escasez de agua en poblaciones rurales y urbanas. Estos sistemas son una importante fuente alterna de abastecimiento, cuyo fomento contribuiría a enfrentar de manera eficaz el problema de acceso y disponibilidad de agua. (Escamilla)

Considerando las características de precipitación de lluvia de la ciudad de Santa Rosa de Copán, los problemas presentados a raíz del cierre del proyecto Rio Higuito y el crecimiento poblacional, antes descritos, realzan la importancia de poder aprovechar el agua lluvia para el consumo de la población y así disminuir el déficit entre la oferta y la demanda del suministro de agua por parte de la Empresa Municipal Aguas de Santa Rosa.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Es importante conocer el problema a resolver desde un contexto externo, así como interno para analizar los resultados obtenidos a partir de la implementación de una solución y que tan viable es su aplicación en el contexto que se está planteando y de esta manera obtener las teorías de sustento que ayudaran a realizar la investigación.

2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El aprovechamiento del agua lluvia es el aspecto fundamental que define esta investigación, y al mismo tiempo son alternativas que se están usando a nivel global para solventar la problemática de la escasez de agua en muchas regiones y así contrarrestar los impactos del cambio climático también.

2.1.1 ANÁLISIS DEL MACRO ENTORNO DEL DÉFICIT EN EL SUMINISTRO DE AGUA Y EL APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS LLUVIAS

El agua como elemento es muy abundante en la Tierra, sin embargo, la escasez de la misma es una problemática a nivel mundial, debido a que el 97.5% del total del agua está formado por agua salada, pertenecientes a mares y océanos. El elemento realmente escaso es el agua dulce, es decir, aquella que es imprescindible para el desarrollo de la vida terrestre, debido a que solo constituye un 2.5% del total del agua presente en el planeta y el 68.7% de la misma se encuentra en los glaciales. (Rodriguez, 2016) .

La escasez de agua potable es una de las consecuencias del cambio climático; misma que se incrementa por el aumento del nivel del mar, que provoca una expansión de las zonas de salinización de las aguas subterráneas y de los estuarios, así como la alteración de los ecosistemas en las zonas costeras. La falta de agua potable en el mundo hace que se le considere como el "oro azul" de nuestros tiempos. (Nieto, 2011)

Nieto en su artículo (2011) expreso que el porcentaje de agua accesible para el uso humano es escaso, se prevé que la insuficiencia de este líquido estará afectando casi al 48% de la población mundial, que representa al menos a 3.5 mil millones de personas.

En el informe final de la ONU titulado “Agua limpia para un mundo sano” (2010) se indica que la necesidad básica por persona y por día es de 20 a 40 litros. Actualmente, una de cada cinco personas (20%) de la población mundial no tiene acceso al agua potable del mundo, y se prevé que para el año 2025, dos tercios de la población mundial, es decir 66.6%; enfrentará problemas de insuficiencia de agua, y un tercio de la población global (33.3%) vivirá en escasez absoluta. Para el 2030 se proyecta que uno de cada cinco países en el mundo enfrentará penurias de agua.

Por otra parte, (Nieto) expuso en la revista Política y Cultura que la demanda de agua a escala mundial es de 64 mil millones de metros cúbicos, misma que va ir aumentando con el crecimiento de la población, para algunos gobiernos esto los ha llevado a declararse en estrés por la obtención del líquido, mientras que para otros la situación es ya de escasez declarada, por ejemplo: Etiopia y Somalia.

Como una medida para tratar de contrarrestar la escasez del agua es el aprovechamiento de aguas lluvias, en Dublín, Irlanda, se buscó la aplicación de estas estrategias por el agotamiento de fuentes hídricas con el paso de los años y el aumento excesivo de habitantes. (Agatón, Córdoba Ruiz, & Carreño Sayago, 2015)

Según el artículo publicado en la revista Tecnura (2015) , la demanda de agua se ha duplicado a nivel mundial cada 21 años, el artículo revela también que solo el 6% del agua suministrada es destinada para las necesidades básicas, como beber y cocinar; el porcentaje restante es usado en lo que los autores denominan “aumento del nivel de vida”, es decir, higiene personal: en una casa típica el mayor volumen de agua es utilizada en aseo, ducha, inodoros, lavadoras y lavado de vajillas, este volumen es mucho mayor al requerido para beber y cocinar.

En algunas regiones del mundo se están implementando sistemas de captación de aguas lluvias, como ser en Berlín, Alemania con el proyecto Belss-Luedecke-Strasse Building State que consiste en un diseño con un área de 7,000 metros cuadrados de cubiertas para la recolección del agua y con otro sistema en los escurrimientos de las calles, los espacios de parqueaderos y las vías peatonales del conjunto que aportan otros 4,200 metros cuadrados de área disponible, esta agua captada se almacena en una cisterna de 160 metros cúbicos y después de un tratamiento de varios pasos, se utiliza para descargas y riegos. (Ballén, Galarza, & Ortiz, 2006). Se estima que con este

sistema se ahorre un 58% del agua local y con un modelo basado en 10 años de simulación, se estimó un ahorro en el consumo de agua de la red de 2,430m³ por año.

En Toronto, Canadá se encuentra el Healthy House, una estructura de 158 metros cuadrados; que es autosuficiente en su abastecimiento de agua potable, utilizando agua lluvia, por medio de una estructura de techos de recolección, canales y tanque de almacenamiento y tratando el agua con diferentes equipos para obtener una mejor calidad de agua, esto constituye una estructura autosuficiente. (Agatón, Córdoba Ruiz, & Carreño Sayago, 2015)

2.1.2 ANÁLISIS DEL MICRO ENTORNO DEL DÉFICIT EN EL SUMINISTRO DE AGUA Y EL APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS LLUVIAS

Centroamérica es una región que cuenta con grandes recursos hídricos, sin embargo, por la mala gestión del agua, impide que se logre abastecer las necesidades básicas de la población y que pierda el 50% del líquido por fugas en sus redes. (EFE News Service; Madrid, 2017).

En el artículo ‘‘La problemática del agua en Nicaragua’’ (2016) resalta que los habitantes de la región centroamericana cuentan con 23,000 metros cúbicos por año, esto supera el promedio mundial de disponibilidad del agua. A pesar de contar con abundante disponibilidad de agua, no se encuentra distribuida de manera uniforme, países como Panamá o Belice cuentan con más disponibilidad con respecto a Guatemala y El Salvador. De acuerdo con la CEPAL (2015) en Centroamérica el agua se distribuye en dos vertientes, la del océano Pacífico y la del Mar Caribe Atlántico, que presentan variaciones debido a las diferencias geográficas en cuanto a las precipitaciones y sus patrones interanuales (Rodríguez, 2016).

Según datos proporcionados por Global Water Partnership (2013), la región cuenta con suficiente agua para abastecer la demanda de su población, la oferta se estima que es de 723,072 mm³/año y una demanda de 58,414 mm³/año aproximadamente; sin embargo, la región ha sido evaluada con escasez económica de agua, por Interamerican Network of Acedemies of Sciences (2012); esto a consecuencia de la falta de recursos financieros para utilizar y poder mantener las fuentes de agua con la calidad adecuada para el consumo humano. (Rodríguez, 2016). De acuerdo

con El Nuevo Diario (2014) se estima que la escasez de agua en Centroamérica, provoca que un 17% de la población (7.8 millones de personas) no tenga acceso al agua potable.

La región, aunque no contribuye significativamente al cambio climático, está sumamente expuesta a las consecuencias del mismo, esto impactara en la disminución del régimen de precipitaciones en la región. (Rodriguez, 2016).

2.1.3 SITUACIÓN DEL PAÍS EN EL DÉFICIT EN EL SUMINISTRO DE AGUA Y EL APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS LLUVIAS

Desde la década de los 60, en Honduras el modelo de organización del sector ha sido altamente centralizado, con una empresa estatal, el SANAA, encargada de la planificación, financiación, desarrollo de servicios a las poblaciones; la misma empresa fungía, además, como operador. Este modelo centralizado de organización se empezó a revisar desde 1992, con algunas acciones de devolución de sistemas a sus respectivas municipalidades. Por ejemplo, en algunos municipios del país el servicio de agua es privado tal es el caso de San Pedro Sula que desde el 2001 cuenta con Aguas de San Pedro, concesionaria encargada de los sistemas de servicio de agua y alcantarillado. Caso similar sucedió en Choluteca que desde 2002 cuenta con Aguas de Choluteca.

A finales de 2003 se promulgo una nueva Ley Marco del Sector, y unos meses después (2004) el Reglamento que la acompaña. Al SANAA se le instruye a que proceda a la devolución de los sistemas que en ese momento operaba, cerca de 30, incluyendo los servicios de agua y alcantarillados de Tegucigalpa. En cambio, la institución se convertiría en un ente proveedor de asistencia técnica a todas las municipalidades y juntas de agua en el país. (LaFleur, 2014)

Por otra parte, entre 2008 y diciembre de 2012, se ejecutó el ‘Programa Conjunto Gobernanza Económica Agua y Saneamiento’, a través del cual se pusieron en marcha cerca de 30 proyectos de inversión en seis asociaciones de municipios, entre los que destacan los proyectos de manejo de desechos sólidos que mejorarán las condiciones de saneamiento de estas zonas y darán trabajo a 50 familias. Además, casi 35,000 personas obtuvieron acceso a agua y saneamiento en el país. (LaFleur, 2014)

En Tegucigalpa, en los barrios Israel Norte y Villa Nueva, existen viviendas que cuentan con un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias, pero sus condiciones son precarias, algunas deficiencias se deben a la falta de mantenimiento y limpieza. Sin embargo, aun con las deficiencias que presentan, logran mejorar el nivel de vida de los habitantes, logrando captar el agua lluvia y utilizándola para el uso diario. (Suárez, Galarza García, & Ortiz Mosquera, 2006).

2.2 TEORÍA DE SUSTENTO

Las teorías de sustento contienen los supuestos bajo los cuales se pretende explicar y respaldar el anteproyecto.

Captación de agua: Se calcula el volumen medio de agua a captar en un mes por medio de la ecuación: $V_{i,j} = P_i * A_j * C_t$, considerando el promedio histórico de precipitación de cada mes y el área de captación; donde: $V_{i,j}$ es el volumen del mes i , captado en el área j (m^3); P_i es la precipitación histórica media del mes i (m); A_j es el área j para la captación de lluvia (m^2), y C_t es el coeficiente de escurrimiento, que representa la fracción de agua que puede ser captada con respecto a la precipitada, se recomienda un coeficiente de escurrimiento de 0.9. (Solórzano Villarreal, Gómez Núñez, & Peñaranda Osorio, 2019)

Almacenamiento de agua: El método de almacenamiento puede variar dependiendo las necesidades y condiciones existentes en el sitio, pueden ser: Depósito, Tanque de agua o silo de agua o un sistema de almacenamiento subterráneo de agua. Un depósito, puede ser del tamaño que se requiera, almacenando una gran cantidad de agua, pero tiene la desventaja que requiere de mucho espacio. Un tanque de agua o silo tiene la ventaja de ser compacto y se puede instalar tanto en interior como exterior. También existe el almacenamiento de manera subterránea, como un acuífero. Los últimos dos métodos se pueden diseñar con un sistema de rebalse en caso que la oferta de agua sea mayor a la demanda. El tamaño del almacenamiento va depender del volumen de agua a captar. (DALSEM, 2020)

Comportamiento del almacenamiento: Se hace una simulación del funcionamiento del almacenamiento en situaciones de llenado y derrame, aplicando la siguiente ecuación:

$$V_a^n = V_c^n + V_a^{n-1} - D_o^n; \text{ Si } V_a^n \geq T_a \text{ entonces } V_a^n = T_a$$

Donde, V_a^n es el volumen almacenado en el día n (m3); V_c^n , el volumen promedio de agua lluvia captado en el día n (m3); V_a^{n-1} , el volumen de agua almacenado al final del día anterior al n (m3); D_o^n , la demanda de agua en el día n (m3), y T_a es la capacidad máxima del tanque de almacenamiento (m3). (Solórzano Villarreal, Gómez Núñez, & Peñaranda Osorio, 2019)

Demanda de agua: Es la sumatoria de la demanda mensual de todos los equipos en los que se usara el agua lluvia, como ser servicio sanitario, riego, lavado. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2020)

Estimación uso del servicio sanitario: 2 usos / día / 1 persona x 14lts x 30 días.

Estimación lavado y riego, 1.5m3/mes o 5.4% del consumo total de agua al mes.

Diseño de bomba: Para un correcto dimensionamiento de una bomba existente varios requerimientos necesarios para el cálculo como ser: el caudal (Q), la cota de nivel, que corresponde a la altura a la que deberá elevarse el líquido bombeado; la longitud de la tubería de presión, el material y diámetro de la tubería de presión. Para aguas sucias que contienen arena debe garantizarse una velocidad de flujo de por lo menos 2.5m/s. (Wacker Neuson, 2020)

Costo-Beneficio: Se basa en el ahorro de agua en un tiempo determinado versus la inversión requerida. Lo podemos obtener con la siguiente ecuación:

$$NPV = \frac{SWt * WPt - Lt - MCt}{(1 + r)^t}$$

Donde, SWt es el ahorro de agua en el período t (m3), WPt es el precio del agua en t periodo (D/m3), Lt es la inversión necesaria en el periodo t (D), MCt es el mantenimiento y los costos de operación en el periodo t (D), n es el tiempo de vida del sistema, t el año del funcionamiento del sistema y r es la tasa de descuento. (Agatón, Córdoba Ruiz, & Carreño Sayago, 2015)

2.3 CONCEPTUALIZACIÓN

Son aquellos conceptos fundamentales de los que parten esta investigación.

Precipitación: En meteorología se conoce como la caída de agua sólida o líquida como consecuencia de la condensación del vapor sobre la superficie terrestre, la importancia de la misma se debe a que es un medio por el cual llega agua dulce al planeta. (Ucha, 2011)

Recolección de agua lluvia: Recolectar y capturar agua lluvia en una superficie determinada.

Sistema de captación: Es un conjunto de elementos que se utilizan para el aprovechamiento del agua lluvia, consiste en una cubierta o techo, canales y tuberías que llevan el agua hasta un depósito, filtros para evitar suciedades, todo esto conectado a una red de tubería de agua potable que va alimentar ciertos equipos de una vivienda.

Costo-beneficio: Es una herramienta financiera que compara el costo de un sistema versus el beneficio que esta entrega para evaluar de forma efectiva la mejor decisión a tomar en términos de implementación.

2.4 MARCO LEGAL

En Honduras no existe una ley dirigida a los sistemas de aprovechamientos de aguas lluvias, sin embargo, existen las siguientes leyes referentes a la gestión del agua:

1. Ley General de Aguas: Aprobada por decreto No. 181-2009, es el instrumento que establece los principios y regulaciones aplicables al manejo adecuado del recurso agua para la protección, conservación, valorización y aprovechamiento del recurso hídrico para propiciar la gestión integrada de dicho recurso a nivel nacional.

2. Ley constitutiva del SANAA: Aprobado por el decreto No. 91. El servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados, tendrá por objeto, promover el desarrollo de los abastecimientos públicos de agua potable y alcantarillados y pluviales de todo el país.

3. Ley marco del sector agua potable y saneamiento: Aprobada por decreto No. 118-2003, establece las normas aplicables a los servicios de agua potable y saneamiento en el territorio nacional como un instrumento básico en la promoción de la calidad de vida en la población y afianzamiento del desarrollo sostenible como legado generacional.

No existen incentivos o financiamientos por parte de instituciones nacionales e internacionales para este tipo de proyectos.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

En este capítulo se muestra la congruencia metodológica que debe existir en toda la investigación, así como el enfoque y método de la investigación y los estudios a nivel de anteproyecto para obtener los objetivos planteados.

3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA

Este es un aspecto muy importante a tener en cuenta en la metodología, en este apartado se establece la coherencia entre las diferentes variables de estudio y la hipótesis planteadas a partir del enunciado del problema, las preguntas de investigación y los objetivos.

3.1.1 MATRIZ METODOLÓGICA

Se muestra resumida en una matriz (Tabla 1), en ella se organizan con coherencia los elementos de diseño de la investigación, desde la formulación del problema hasta las variables de estudio.

Tabla 1. Matriz Metodológica.

Título	Aprovechamiento de aguas lluvias en construcciones de viviendas unifamiliares en Santa Rosa de Copán				
Problema	Objetivo General	Preguntas de investigación	Objetivos Específicos	Variables Independientes	Variable Dependiente
		¿Cómo elaborar un diseño adecuado para un sistema de captación de aguas lluvias?	Determinar un diseño adecuado para un sistema de captación de las aguas lluvias.	Técnica.	

Continuación tabla 1. Matriz Metodológica

Título	Aprovechamiento de aguas lluvias en construcciones de viviendas unifamiliares en Santa Rosa de Copán				
Problema	Objetivo General	Preguntas de investigación	Objetivos Específicos	Variables Independientes	Variable Dependiente
¿Cómo se puede aprovechar las aguas lluvias en las nuevas construcciones de viviendas unifamiliares en urbanizaciones de Santa Rosa de Copán, para disminuir el déficit en el suministro de agua y que represente un beneficio ecológico, económico y social?	Diseñar un sistema para el aprovechamiento de las aguas lluvias en las nuevas construcciones de viviendas unifamiliares en urbanizaciones de Santa Rosa de Copán, para disminuir el déficit en el suministro de agua.	¿Cuánto es la reducción en la demanda de agua de la red por el uso de un sistema de captación de aguas lluvias?	Determinar la reducción en la demanda de agua de la red por el uso de un sistema de captación de aguas lluvias.	Demanda.	Costo-Beneficio del sistema
		¿Cuál es el beneficio económico de contar con un sistema de captación de aguas lluvias en una vivienda unifamiliar?	Demostrar el beneficio económico de contar con un sistema de captación de aguas lluvias en una vivienda unifamiliar.	Financiera	
		¿Cuáles son los beneficios ecológicos y sociales que tendría un sistema de aprovechamiento de las aguas lluvias?	Describir el beneficio ecológico y social que tendría un sistema de aprovechamiento de las aguas lluvias.	Técnica	

Fuente: (Elaboración propia).

3.1.2 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Las variables del estudio constituyen los aspectos a evaluar en la investigación y cuáles son los resultados que se esperan de las mismas.

Tabla 2. Operacionalización de las variables.

Variable	Definición		Dimensión	Indicador	Unidades	Técnica
	Conceptual	Operacional				
Demanda	Es la optimización de los recursos con el objetivo de disminuir el desabastecimiento de agua.	Es la diferencia en consumo de la red al implementar el sistema de captación de aguas lluvias.	Consumo de agua	Consumo promedio de vivienda unifamiliar.	Galones	Reducción del consumo de agua de la red.
Técnica	Son los elementos que condicionan desde una perspectiva científica y tecnológica la obtención del diseño de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias. Así mismo los bienes generados al medio ambiente a través de la optimización de los recursos naturales.	Elementos que validan la obtención del diseño del sistema en base al cumplimiento de la demanda a necesaria a cubrir. Beneficios generados al medio ambiente a través del aprovechamiento del agua lluvia.	Factores de diseño del sistema.	Diámetro de tubería de bajantes.	Pulgadas (Plg)	Plano del sistema de recolección de aguas lluvias.
				Dimensiones de canal.	Metros (m)	
				Cantidad de bajantes.	Unidad	
				Capacidad de tanque.	Galones (Gl)	
			Beneficio ecológico	Galones recolectados por precipitaciones	Galones (Gl)	Cuantificación de galones recolectados y aprovechados por el sistema.
Financiera	Es el valor monetario por la adquisición del equipo, materiales y mano de obra.	Es la inversión del sistema con el fin de aprovechar los recursos alternos.	Flujo de efectivo.	Flujo de efectivos positivos.	Moneda (L.)	Prefactibilidad del sistema
				Flujo de efectivos negativos.		
				Inversión.		
			Costo capital	Tasa activa	Porcentaje (%)	
	Utilidad					

Fuente: (Elaboración propia).

3.1.3 HIPÓTESIS

La hipótesis son respuestas o resultados tentativos a las preguntas que se plantean en la investigación, son ideas con base teórica y están sujetas a investigación.

Para estudiar la variable de demanda se formulan las siguientes hipótesis:

H₀= No es posible reducir el consumo de agua de la red municipal de una vivienda unifamiliar en un 20% con la implementación de un sistema de captación de agua lluvia.

H₁= Es posible reducir el consumo de agua de la red municipal de una vivienda unifamiliar en un 20% con la implementación de un sistema de captación de agua lluvia.

3.2 ENFOQUE Y MÉTODO

Es de enfoque cuantitativo, ya que son datos cuantitativos que se recolectan y se analizan. Se efectuarán mayormente mediciones de las variables de estudio y se orienta a conseguir un resultado determinado que es el diseño de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias, cabe mencionar que las variables de estudio no estarán sujetas a manipulación por parte de los investigadores.

3.2.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Con el diseño de la investigación se busca dar respuesta a las preguntas planteadas, definiendo la forma de recolección de datos. Este estudio tiene un enfoque descriptivo, como menciona (Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio) en su libro Metodología de la Investigación; “busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice, (...) únicamente pretender medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables” (p.92). El diseño es anidado ya que la recolección de los datos cuantitativos y cualitativos es al mismo tiempo. Según la intervención es no experimental, es decir no hay manipulación de las variables. Por el tiempo de estudio es transversal ya que la recolección de los datos se hará en un solo momento.

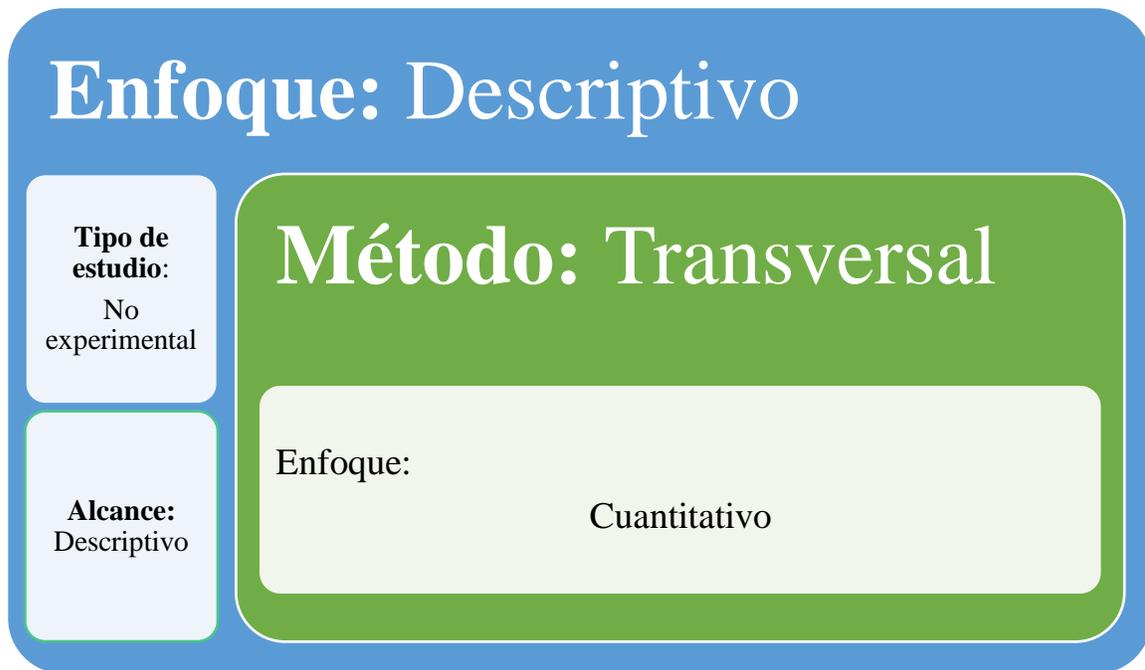


Figura 2. Diseño de la investigación.

Fuente: (Elaboración propia).

3.2.2 EVALUACIÓN DE PROYECTOS

El proyecto se evaluará de forma que cumpla con los requerimientos de un anteproyecto, como lo menciona Gabriel Baca en su libro (Evaluación de Proyectos), “este estudio profundiza el examen en fuentes secundarias y primarias en investigación de mercado, determina los costos totales y la rentabilidad económica del proyecto.”

Incluyendo el estudio del mercado que consta de la cuantificación de la oferta y demanda, en este proyecto se hará en base al consumo y suministro de agua, que nos dará como resultados las necesidades reales a suplir. Así mismo se hará un estudio técnico del proyecto que nos ayudará a determinar el diseño del sistema a partir de distintos indicadores y el beneficio ecológico del mismo.

Para concluir con el anteproyecto se hará un estudio financiero del proyecto que nos dará como resultado la prefactibilidad del proyecto a partir del costo de capital y los flujos de efectivo.

3.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se recolecto información de artículos técnicos realizados en diferentes de países de Europa y América, que cuentan con proyectos de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias en edificaciones.

3.4 FUENTES DE INFORMACIÓN

Las fuentes de información son importantes para el cumplimiento de los objetivos del proyecto ya que estas nos dan la información necesaria para tener una investigación más amplia y detallada acerca de la problemática y así poder desarrollar un proyecto capaz de suplir una necesidad.

3.4.1 FUENTES PRIMARIAS

Son las fuentes principales de información, de donde se toman directamente los datos que aportan mayormente a la investigación y sus objetivos. Pueden ser a través de una persona u organización que tenga conocimientos sobre la problemática a atender.

Para esta investigación las fuentes primarias de información son:

- 1) Aguas de Santa Rosa
- 2) Municipalidad de Santa Rosa de Copán

3.4.2 FUENTES SECUNDARIAS

Para las fuentes secundarias se consultaron investigaciones previas, informes y revistas científicas que dan sustento a la investigación.

CAPITULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se recopilan, muestran y analizan los resultados obtenidos en el estudio, que llevan al diseño del sistema de aprovechamiento de aguas lluvias. Las variables de estudio que determinaron el diseño son: factores técnicos y factores de demanda.

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Resume los aspectos importantes a tomar en cuenta para la obtención del diseño del sistema, una línea base como guía para poder tener un panorama completo desde la problemática hasta la solución propuesta.

4.1.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

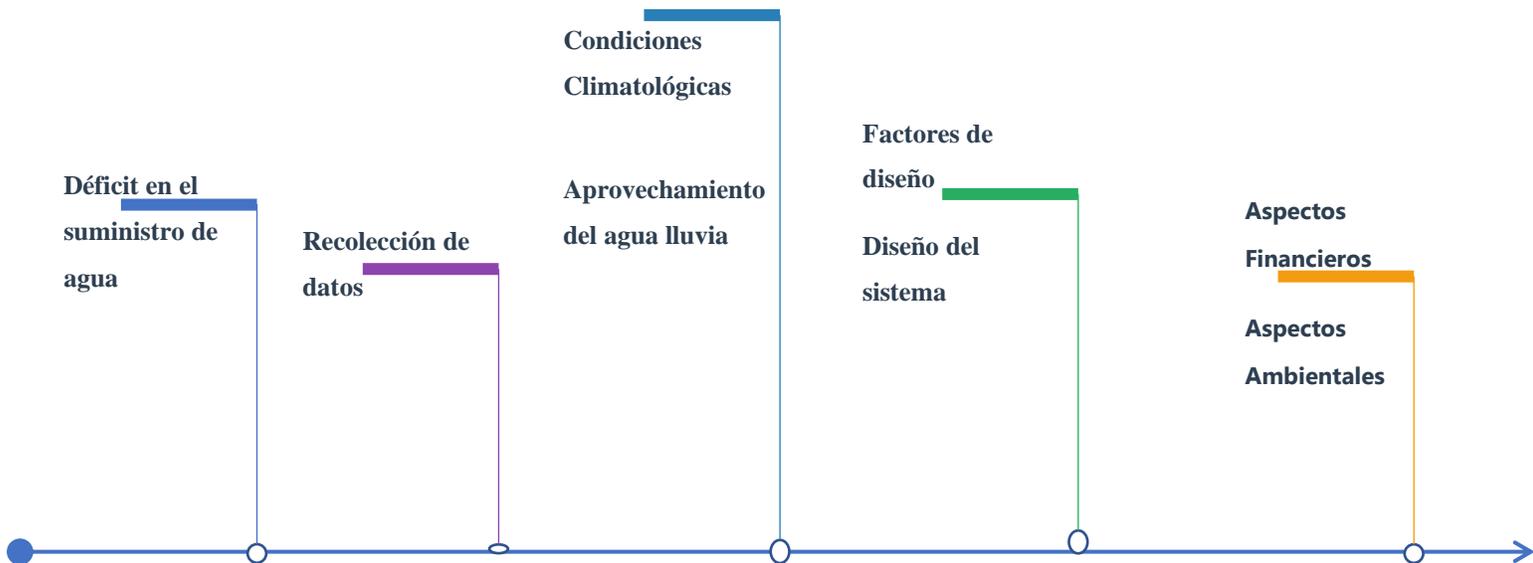
Desde inicios del año 2015 a raíz del crecimiento de la población y la falta de aprovechamiento de las fuentes de naturales de agua, la escasez de agua afecta a los habitantes de la ciudad de Santa Rosa de Copán con un déficit del 44% en el suministro de la misma y se estima que irá creciendo en un 2% anual. (Canelo, 2013)

Considerando las condiciones climatológicas de la ciudad, con una temporada de lluvia de 9.4 meses al año que deja en promedio 136 milímetros de agua lluvia al mes, nos da la oportunidad de aprovechar dicho recurso con un sistema de captación de agua lluvia para las nuevas viviendas unifamiliares que se construyan en la ciudad. (Canelo, 2013)

La ciudad en su legislación no cuenta con ninguna clase de incentivos para la implementación de este tipo de sistemas, solamente hace mención en su Plan de Desarrollo Urbano del 2009, como una alternativa de solución al déficit. Sin embargo, recientemente la municipalidad comenzó a solicitar como requisito para la aprobación del permiso de construcción de nuevas edificaciones, una propuesta para el manejo de las aguas lluvias. (Municipalidad de Santa Rosa de Copán, 2019)

4.1.2 LÍNEA BASE

En línea base se incorporan de manera general cuales fueron los pasos para definir el proyecto desde la definición del problema hasta el desarrollo de la propuesta optima.



4.1.3 FACTORES DE DISEÑO

Este apartado comprende todos los aspectos relacionados con el diseño del sistema, que asegure la obtención de un sistema eficiente y que cumpla con las diferentes normativas y regulaciones que rigen cada una de sus partes

4.1.3.1 DEMANDA DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

Según proyecciones de la ERSAPS, el consumo de agua por persona al día es de 55 galones, para el año 2020 la demanda de agua asciende a 19,586.88 m³ por día (Fálope, 2007).

Tabla 3. Cuadro de la demanda de agua proyectada acueducto de Santa Rosa de Copán

CUADRO DE LA DEMANDA DE AGUA PROYECTADA					
ACUEDUCTO DE SANTA ROSA DE COPÁN					
Año	Población Proyectada	Dotación	Q. Med. D.	Q. Max. D.	Demanda
		lppd	lps	lps	m³ por día
2006	35,472	200	82.11	123.17	10,641.89
2015	52,507	200	121.54	182.31	15,751.58
2020	65,290	200	151.13	226.70	19,586.88
2025	81,185	200	187.93	281.90	24,356.16
2030	100,950	200	233.68	350.52	30,284.93

Fuente: (Fálope, 2007).

Los resultados de la última encuesta permanente de hogares señalan que en una vivienda residen 4.4 personas en promedio. (Instituto Nacional de Estadística, 2020)

Una vivienda unifamiliar se entiende como aquella en la que una única familia ocupa la vivienda en su totalidad. Para efectos de los cálculos que se realizarán para el diseño del sistema, se tomarán 5 personas por vivienda unifamiliar con un consumo de 55 galones por persona al día.

Demanda mínima promedio estimada de una vivienda:

Gppd x Cantidad de personas x cantidad de días [Ecuación 1]

$$Dt = (55gppd) * (5 personas) * (30)$$

$$Dt = 8,250 galones al mes$$

Donde:

Dt = Demanda total

Gppd= Galones por persona al día (55gppd)

Demanda aplicable a agua no potable:

De la demanda total (Dt) de una vivienda, el agua lluvia almacenada será usada en agua no potable, como ser el suministro a sanitarios, riego y lavandería.

Demanda de sanitarios:

$$Ds = (U) * (Gpd) * (No\ personas) * (cant.\ días) \quad [Ecuación\ 2]$$

$$Ds = (2) * (3.70) * (5) * (30)$$

$$Ds = 1,110\ gal/mes$$

Donde:

Ds = Demanda de sanitarios

U = Usos al día, se estiman 2 usos

Gpd = Galones por descarga, son 3.70 Gal para un sanitario convencional

Demanda de riego y lavandería:

$$Dr = (5.4\% \text{ c. t. m}) * (Dt) \quad [Ecuación\ 3]$$

$$Dr = (5.4\%) * (8,250\ Gal)$$

$$Dr = 445.5\ gal/mes$$

Donde:

Dr = Demanda riego y lavandería

Dt = Demanda total, es 8,250 Gal

El porcentaje de consumo (5.4% c.t.m) es un dato fijo para una vivienda de 5 personas.

Demanda total a cubrir:

$$Dc = Ds + Dr \quad \text{[Ecuación 4]}$$

$$Dc = (1,110) + (445.5)$$

$$Dc = 1,545.5 \text{ gal/mes}$$

Donde:

Dc = Demanda a cubrir al mes

Ds = Demanda en riego y lavandería

Dr= Demanda en sanitarios

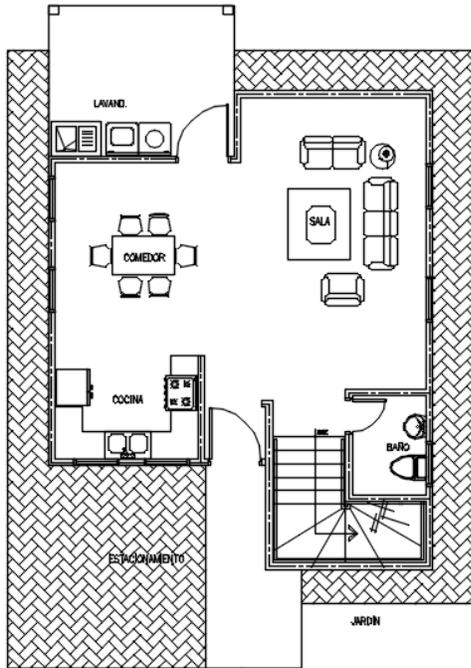
4.1.3.2 FACTORES TÉCNICOS DEL DISEÑO

Estos son los elementos que validan la obtención del diseño del sistema en base al cumplimiento de abastecer la demanda requerida. Así mismo podemos ver cuál es el beneficio generado al medio ambiente a través del aprovechamiento del agua lluvia.

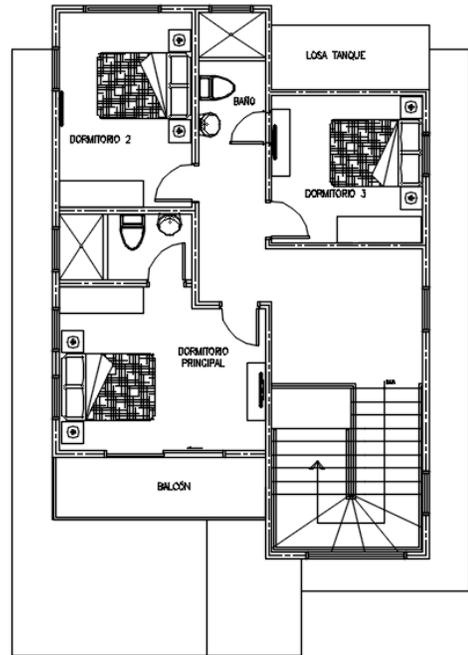
Vivienda Tipo

El modelo de la vivienda tipo para una urbanización consta de un área de construcción de 173m², distribuidos en dos niveles. El primer nivel está integrado por los siguientes espacios: sala, comedor, cocina, ½ baño de visitas, 5 área de lavandería y gradas. En el segundo nivel se encuentran: tres dormitorios, dos baños y en la parte exterior una losa para el tanque de almacenamiento. El techo tiene una pendiente de 35% con un área inclinada de 154.72 m².

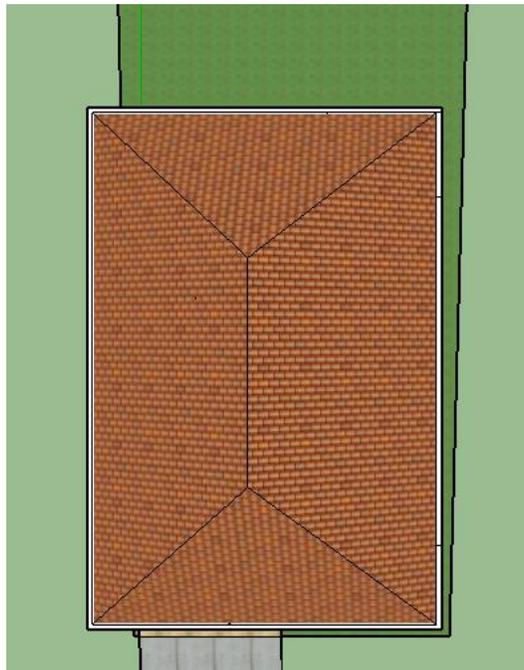
PLANTA 1ER NIVEL



PLANTA 2DO NIVEL



PLANTA DE TECHOS



Datos climatológicos de Santa Rosa de Copán:

El comportamiento de la precipitación promedio mensual en la ciudad de Santa Rosa de Copán obtenidos de la data histórica de precipitación mensual en los últimos 7 años, nos ayuda a identificar los meses con mayor y menor precipitación en la ciudad.

Tabla 4. Data histórica de precipitación Santa Rosa de Copán.

DATA HISTÓRICO DE PRECIPITACIÓN SANTA ROSA DE COPÁN												
MES												
PRECIPITACIÓN PROMEDIO [mm]												
AÑO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2011	34.04	22.35	26.35	106.93	139.96	289.58	367.51	172.71	258.83	99.04	42.93	101.01
2012	36.18	22.1	24.9	48	272.8	122.43	114.3	373.12	128.02	175.7	67.06	48.42
2013	36.83	19.53	48.27	28.42	133.85	116.81	208.52	168.4	288.8	236.72	57.4	27.92
2014	58.93	10.66	73.14	13.97	98.8	223.25	48.5	276.61	348.47	301.24	118.86	112.28
2015	27.92	39.12	19.31	16.24	59.44	165.36	49.78	119.13	479.83	263.39	74.92	35.45
2016	25.31	33.8	15.49	15.82	37.85	343.12	107.71	175.26	282.46	48.78	92.32	40.89
2017	28.94	31.5	20.57	82.05	265.16	530.62	302.5	183.4	304.31	137.92	65.28	36.06
	35.5	25.6	32.6	44.5	144.0	255.9	171.3	209.8	298.7	180.4	74.1	57.4

Fuente: (Tutiempo Network, S.L., 2020)

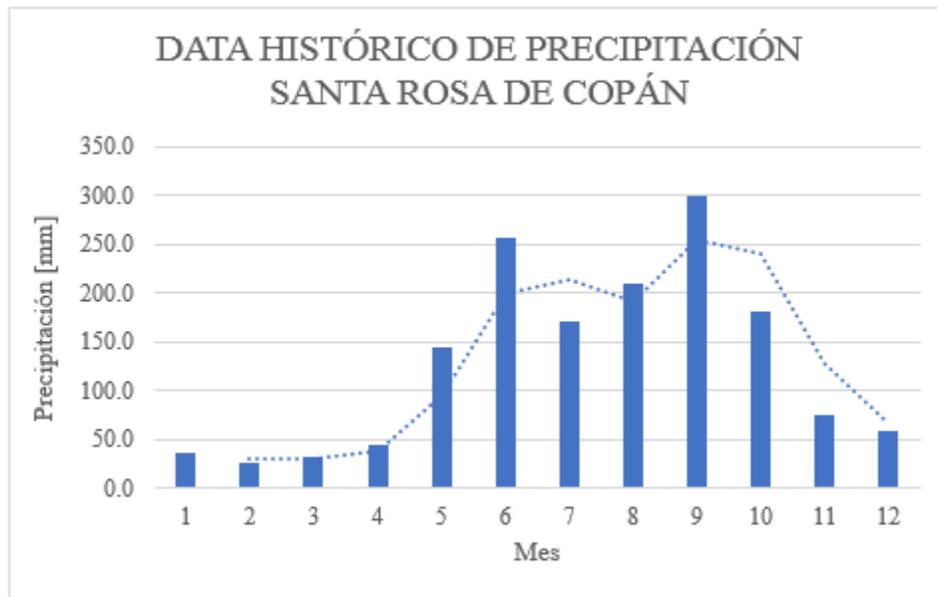


Figura 3. Gráfico de data histórica de precipitación Santa Rosa de Copán.

Fuente: (Elaboración propia).

Los datos obtenidos de acuerdo al Sistema Meteorológico Nacional a partir de la estación meteorológica de Santa Rosa de Copán (MHSR), indica que la intensidad máxima probable en 1 hora con un periodo de retorno de 25 años es de 85mm/h. Utilizando 100mm/h para efectos de diseño de este proyecto.

Captación de agua lluvia:

Para calcular la cantidad de agua a captar, se usará la siguiente ecuación (ecuación 5, ver pág.25):

$$V_{i,j} = P_i * A_j * C_t \quad \text{[Ecuación 5]}$$

Donde:

$V_{i,j}$ es el volumen del mes i , captado en el área j (L)

P_i es la precipitación media del mes i (136 l/m²)

A_j es el área j para la captación de lluvia (154.72 m²)

C_t es el coeficiente de escorrentía, se utilizará 0.9 ya que el material de techo es lámina.

Tabla 5. Coeficiente de escorrentía según el material.

Material	Coeficiente de Escorrentía
Calamina Metálica	0.9
Tejas de arcilla	0.8 - 0.9
Madera	0.8 - 0.9
Paja	0.6 - 0.7

Fuente: (OPS/CEPIS/UNATSABAR, 2004).

$$V_{i,j} = \left(136 \frac{l}{m^2}\right) * (154.72 m^2) * 0.9$$

$$V_{i,j} = 18,937.73 L$$

$$V_{i,j} = 5,003.36 \text{ Gal/mes}$$

Dimensiones del canal

Las canaletas son la mejor forma de captación de agua lluvia para el techo de una vivienda. Si la sección del canal es muy pequeña, no podrá transportar el agua captada, por otra parte, una canaleta demasiado grande incrementará el costo del sistema y provocará un estancamiento en el agua captada.

Para determinar la sección del canal se usará la siguiente tabla:

Tabla 6. Secciones de canaletas en función de la superficie evacuada.

Secciones de canaletas en función de la superficie evacuada	
Superficie del techo en m² (proyección horizontal)	Sección de la canaleta en cm²
hasta 25 m ²	125
de 26 a 75	200
de 79 a 170	250
de 171 a 335	300
de 336 a 500	400

Fuente: (Donnell, 2009)

A partir de la tabla 6, se determinó que la sección del canal es de 250cm², que nos da el siguiente detalle de 200cm x 150cm.

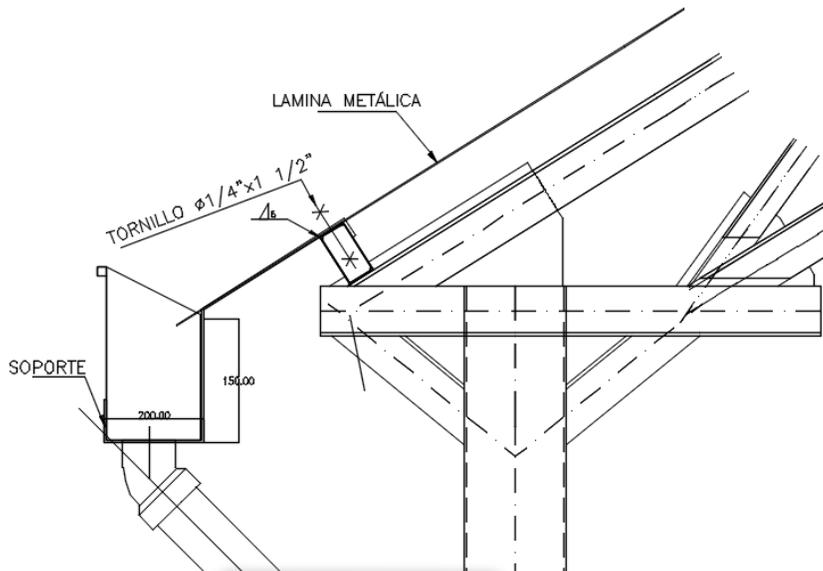


Figura 4. Detalle de canal metálico.

Fuente: (Elaboración propia).

Cantidad de bajantes

La intensidad del proyecto es de 100mm/h convirtiéndola a pulgadas/hora se obtiene como resultado:

$$I = 100 \frac{mm}{h} * \frac{1 \text{ in}}{25.4mm} = 4 \text{ pulgadas/hora} \quad [\text{Ecuación 6}]$$

De acuerdo a la tabla del IPC (International Plumbing Code 2006) para calcular la cantidad mínima de bajantes de aguas lluvias de techo:

-Intensidad de lluvia de 4 pulgadas/hora.

-Bajantes de Ø4" con un área de desagüe pluvial de 4,600 pies²

Tabla 7. Dimensión de tubos de bajantes de Desagüe Pluvial.

**TABLA 1106.2
DIMENSIÓN DE CONDUCTOS Y TUBOS DE BAJADA DE DESAGÜE PLUVIAL**

DIÁMETRO DEL TUBO DE BAJADA (pulgadas) ^a	ÁREA DE TECHO PROYECTADA HORIZONTALMENTE (pies cuadrados)											
	Tasa de precipitación (pulgadas por hora)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	2,880	1,440	960	720	575	480	410	360	320	290	260	240
3	8,800	4,400	2,930	2,200	1,760	1,470	1,260	1,100	980	880	800	730
4	18,400	9,200	6,130	4,600	3,680	3,070	2,630	2,300	2,045	1,840	1,675	1,530
5	34,600	17,300	11,530	8,650	6,920	5,765	4,945	4,325	3,845	3,460	3,145	2,880
6	54,000	27,000	17,995	13,500	10,800	9,000	7,715	6,750	6,000	5,400	4,910	4,500
8	116,000	58,000	38,660	29,000	23,200	19,315	16,570	14,500	12,890	11,600	10,545	9,600

Para SI: 1 pulgada = 25.4 mm, 1 pie cuadrado = 0.0929 m²

a. Las dimensiones indicadas son para el diámetro de tubería circular. Esta tabla es aplicable para tubería de otras formas mientras que la forma de la sección transversal incluya totalmente un círculo del diámetro indicado en esta tabla.

Fuente: (International Code Council, 2006)

Número mínimo de bajantes necesarios para evacuar el agua pluvial:

$$\# \text{ mínimo bajantes} = \frac{\text{Área tributaria de techo (pie}^2\text{)}}{\text{Área tributaria de bajante (pie}^2\text{)}} \quad [\text{Ecuación 7}]$$

$$\# \text{ mínimo bajantes} = \frac{832.80 \text{ pie}^2}{4600 \text{ pie}^2} = 0.18 = 1 \text{ bajante}$$

Se tiene dos áreas tributarias de 832.80 pie², por lo tanto, la cantidad mínima de bajantes es de 2 bajantes de Ø4”.

Se usarán 4 bajantes de PVC de Ø4”, de acuerdo al IPC, es más de la cantidad mínima requerida para el área tributaria, pero se busca que la velocidad de evacuación sea óptima para evitar rebalses en el canal.

Capacidad del tanque

Se determino según los resultados de la ecuación 5, el volumen de captación de agua lluvia, considerando el promedio mensual de precipitación, es de 5,003 Gal (18,937.73 L). La demanda de agua no potable para una vivienda unifamiliar conformada por 5 personas es de 1,545.5 Gal al mes (5,849.72 L) (ecuación 4).

Considerando las dimensiones comerciales de tanques para el almacenamiento del agua, se estableció el uso de un tanque cisterna prefabricado de 660.50 Gal (2,500 L). Tomando en cuenta la demanda mensual y la capacidad del tanque, el agua que se recolecta durante el mes por concepto de lluvia debe ser suficiente para abastecer 2.3 veces la capacidad del tanque. La capacidad de la bomba centrífuga es de ½ hp.

4.1.4 ANÁLISIS DE RIESGO

Es un análisis para determinar cual es el escenario mas critico que se puede tener en la captación y suministro de agua.

Escenario crítico

Se evaluará el escenario más crítico en cuanto a volumen de agua que se pueda captar y suministrar al sistema a partir de la data histórica de precipitación promedio mensual de la Tabla 4.

La precipitación más baja es en febrero con un promedio de 25.6mm al mes, la más alta es en septiembre con 298.7mm. Se hará la evaluación de riesgo con el dato del mes más bajo, 25.6mm.

Captación de agua lluvia:

$$V_{i,j} = \left(25.6 \frac{l}{m^2}\right) * (154.72 m^2) * 0.9 \quad \text{[Ecuación 8]}$$

$$V_{i,j} = 3,564.75 L$$

$$V_{i,j} = \mathbf{941.8 Gal/mes}$$

Analizando lo anterior se determina que, en los meses de periodos secos, existe el riesgo de no poder captar el volumen necesario de agua, por lo que se deberá contar con el suministro de la red o la compra de agua cruda.

Precipitación mínima para suplir la demanda:

$$P_{min} = \frac{D_c}{A_j * C_t} \quad \text{[Ecuación 9]}$$

Donde:

P_{min} es la precipitación mínima del mes

D_c es la demanda a cubrir al mes (5849.72 l)

A_j es el área j para la captación de lluvia (154.72 m²)

C_t es el coeficiente de esorrentía, se utilizará 0.9 ya que el material de techo es lámina.

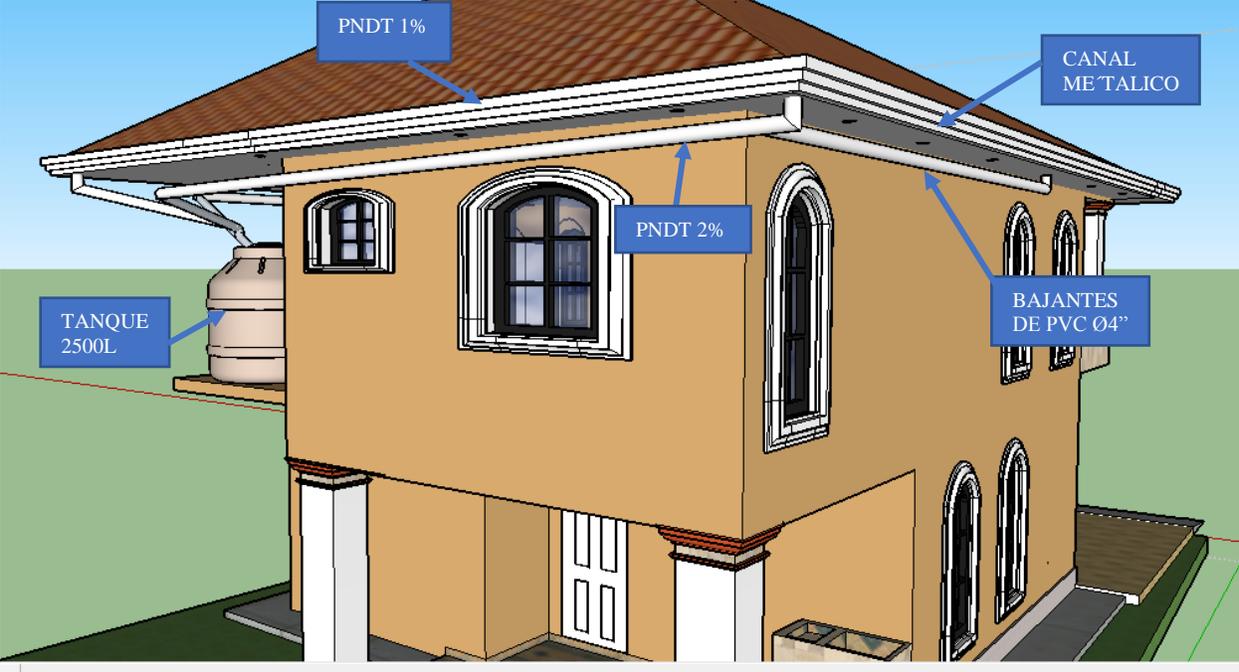
$$P_{min} = \frac{5849.72 \text{ Gal}}{154.72 \text{ m}^2 * 0.9}$$

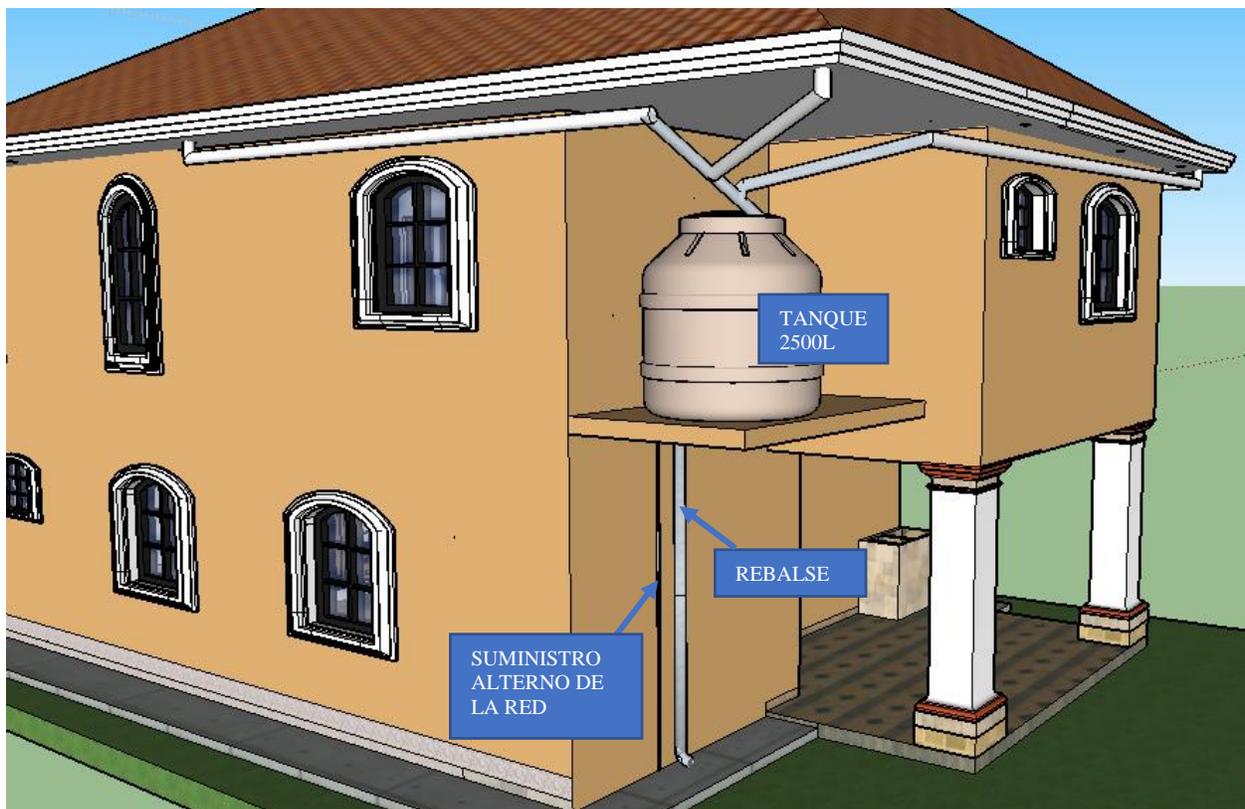
$$P_{min} = 42.11 \text{ mm}$$

4.1.5 DISEÑO DEL SISTEMA

Se consideró dejar una derivación de la red de suministro de agua potable con conexión al tanque de almacenamiento de aguas lluvias para que sirva de respaldo en el caso que la cantidad de agua almacenada no cubra con la demanda total en algún momento específico.

Existen alternativas para a la ubicación del tanque, sin embargo, la variación en los montos a invertir no es significativa ya que se necesitarían los mismo equipos y capacidades planteadas en el diseño propuesto de la vivienda tipo. Por lo tanto, el sistema es funcional en distintos tipos de viviendas.





4.2 COSTOS

Este apartado contempla el costo total del sistema de captación, así como el mantenimiento del mismo para su correcto funcionamiento

4.2.1 PRESUPUESTO DEL PROYECTO

El presupuesto del sistema contempla la mano de obra y los materiales necesarios para su implementación de acuerdo a los cálculos realizados. La construcción de una vivienda incluye el sistema de recolección y evacuación del agua lluvia, por eso los elementos, canales y bajantes no son considerados dentro del presupuesto del sistema.

Tabla 8. Presupuesto sistema de captación de agua lluvia.

Descripción del proyecto: Presupuesto para instalación y puesta en marcha del sistema de recolección de aguas lluvias para reutilizar en sanitarios, lavandería y llaves de patio.	Núm de concurso:
	Fecha de propuesta: 21/may/2020
Ubicación: , ,	Inicio de obra: 21/may/2020
	Fin de obra: 21/may/2020
Cliente:	Duración en días: 1
	Página: 1/1

Presupuesto					
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total:
A.	SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS.				
A.2	Equipo de almacenamiento y bombeo.				
A.2.1	Instalación de tanque de almacenamiento prefabricado de 2500L. Incluye accesorios de instalación.	und	1.00	12,795.00	12,795.00
A.2.2	Instalación de bomba centrífuga de 1/2HP para impulsión de agua a tubería.	und	1.00	3,110.00	3,110.00
A.2	Total de Equipo de almacenamiento y bombeo.				15,905.00
A.3	Obras civiles complementarias.				
A.3.1	Losa de concreto para soporte de tanque. Incluye estructuras de vigas para anclaje.	m2	5.10	1,926.20	9,823.62
A.3	Total de Obras civiles complementarias.				9,823.62
A.	Total de SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS.				25,728.62
	Total de Presupuesto				25,728.62

Fuente: (Elaboración propia).

4.2.2 COSTOS DE MANTENIMIENTO

Este tipo de sistemas no requiere de un mantenimiento constante y minucioso, necesita de limpieza del tanque y canales una vez cada seis meses también se considera una revisión y mantenimiento al año a la bomba. En el año el costo de mantenimiento es de L. 1,150.00.

Tabla 9. Costos de mantenimiento

Costos de Mantenimiento	
Limpieza de canales y bajantes y tanque	L. 425.00
Revisión y mantenimiento de bomba	L. 300.00
Total al año	L. 1,150.00

Fuente: (Elaboración propia)

4.3 ASPECTOS FINANCIEROS

Para poder determinar el costo-beneficio del sistema se hace un estudio financiero a partir del flujo de efectivo considerando la inversión inicial, los ahorros y gastos para obtener los resultados financieros.

4.3.1 COSTO DE INVERSIÓN

El costo total de la inversión es de L. 25,728.62, a partir de este dato podemos obtener el flujo de efectivo que nos dará el tiempo de retorno de la inversión, la TIR y la VAN.

Se considero una tasa de descuento del 9% a partir del interés bancario para la construcción de viviendas en el mercado.

Como resultado se obtuvo que el tiempo de retorno de la inversión es de 11 años, con una TIR del 8%, siendo menor que la tasa de descuento, y una VAN de L. 24,754.80.

4.3.2 AHORROS

La demanda de agua no potable es suministrada por el agua captada de la lluvia, esto representa que mensualmente se estará dejando de pagar L. 64.05 a la empresa Aguas de Santa Rosa. Igualmente, se estima que dejarán de comprar agua en un 70%, que representa un ahorro de L. 260.00 mensuales. El ahorro mensual sería de L. 324.05.

4.4 ASPECTOS AMBIENTALES

Con la implementación del sistema de captación de aguas lluvias, se logra aprovechar el 31% del agua lluvia al mes, esto representa un 19% en el consumo de agua de una vivienda unifamiliar.

En el proceso de captación, impulsión, potabilización, depuración y distribución del agua potable se utilizan equipos especializados que en su mayoría funcionan a base de energía eléctrica como ser las bombas, plantas generadoras de energía etc. que contribuyen a la emisión de CO₂ al ambiente. Este proceso supone una emisión de 4kg de CO₂ por m³ de agua consumida al mes, esto quiere decir que con el aprovechamiento del agua lluvia que representan 70.2m³ al año, se podrían dejar de emitir 280.8 kg de CO₂ al año.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este apartado se darán los resultados obtenidos del estudio de las variables del proyecto, dando respuesta a las preguntas de investigación planteadas en el Capítulo I. Así mismo se presentarán una serie de recomendaciones al respecto.

5.1 CONCLUSIONES

La propuesta de diseño del sistema de aprovechamiento del agua lluvia es una alternativa para aminorar el déficit en el suministro de agua de una vivienda. Representa una opción con potencial para la implementación en las nuevas viviendas a construir en la ciudad de Santa Rosa de Copán.

En cuanto a los objetivos específicos se plantean las siguientes conclusiones:

- 1) El diseño de un sistema de captación de aguas lluvias se elabora a partir de analizar las condiciones climatológicas de la zona, requerimientos técnicos y las necesidades a satisfacer, para obtener un adecuado funcionamiento del sistema. Concluyendo que desde el enfoque de factores técnicos que conlleva el diseño, la implementación del sistema es factible.
- 2) Con la implementación del sistema, la reducción en la demanda de agua de la red para una vivienda unifamiliar sería del 19%, misma que se puede ver reducida en los meses de enero a marzo, donde se presenta la mínima de precipitación pluvial.
- 3) Existe un ahorro anual en el pago de la factura de agua a la empresa Aguas de Santa Rosa y compra de agua cruda de L. 3,888.60.
- 4) Con la implementación del sistema de captación de agua lluvia se colabora a la reducción de CO₂ al ambiente. Por cada m³ de agua consumida de la red se generan 4kg de CO₂ al mes, con el sistema se estaría consumiendo 5.85m³ de agua lluvia que al año serían 70.2m³, dejando de emitir 280.8 kg de CO₂ al año, equivalentes a 7 árboles plantados anualmente. Así mismo se logra un aprovechamiento del 31% del agua lluvia.
- 5) En base a la hipótesis planteada en la investigación y de acuerdo a los resultados obtenidos se acepta la hipótesis nula, ya que no es posible reducir en un 20% el consumo

de agua de la red municipal con la implementación del sistema de captación de agua lluvia.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un estudio para un diseño del sistema, para viviendas en zonas rurales donde el acceso al agua es menor.

Realizar un estudio a nivel municipal sobre el impacto que tendría este tipo de sistemas de captación de agua lluvias, en la reducción de la demanda de agua de la red.

Es importante impulsar a través de incentivos económicos la implementación de dicho sistema, pudiendo ser reflejados en el pago del permiso de construcción o una tasa de financiamiento preferencial.

Es necesario promover este tipo de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia para reducir el impacto ambiental que genera la producción y distribución de agua en las ciudades. Se recomienda realizar un estudio de dicho impacto a nivel municipal.

CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD

En el presente capítulo, se propone un proyecto, para implementar las recomendaciones previamente expuestas en base a las conclusiones brindadas de la presente investigación.

6.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA

Sistema De Aprovechamiento De Agua Lluvia A Nivel De Urbanización En Santa Rosa De Copán.

6.2 INTRODUCCIÓN

Se plantea el escenario de la aplicación del sistema de captación de agua lluvia en una urbanización de 50 viviendas unifamiliares, considerando una vivienda tipo con un área de captación de 154.72 m² y una familia tipo de 5 integrantes, se determinará el ahorro en el consumo de agua de la red y el beneficio ecológico que implica.

6.3 CONSUMO DE LA RED

En una urbanización se estarían dejando de consumir 77,275 gal/mes de agua de la red municipal.

$$\text{Consumo total} = \text{Demanda a cubrir} * 50 \text{ viviendas}$$

$$\text{Consumo total} = 1,545.5 \frac{\text{gal}}{\text{mes}} * 50 \text{ viviendas}$$

$$\text{Consumo total} = 77,275 \text{ gal/mes}$$

6.4 BENEFICIO ECOLÓGICO

Con la implementación del sistema de captación de agua lluvia en una urbanización de 50 viviendas unifamiliares se logra captar 250,168 gal/mes de agua lluvia. Que representa el consumo de 3,510m³ de agua al año, dejando de emitir 14,040kg de CO₂ al año, equivalentes a 350 árboles plantados en un año.

BIBLIOGRAFÍA

- ACNUR Comité Español. (4 de Junio de 2020). *UNHCR ACNUR*. Obtenido de La Agencia de la ONU para los Refugiados comité español: https://eacnur.org/blog/escasez-agua-en-el-mundo-tc_alt45664n_o_pstn_o_pst/
- Agatón, A. L., Córdoba Ruiz, J., & Carreño Sayago, U. F. (2015). Revisión del estado de arte en captación y aprovechamiento de aguas lluvias en zonas urbanas y aeropuertos. *Tecnura*, 20(50), 14.
- Ballén, J. A., Galarza, M., & Ortiz, R. (2006). Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. *Seminario llevado a cabo en el VI Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua (SEREA)*. Joao Pessoa, Brasil.
- Banco Mundial, B. (2019). *Agua, Panorama General*.
<https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview>.
- Bautista, J. M., & Martínez, N. (s.f.). Santa Rosa de Copán; una nueva propuesta hacia una nueva gestión del agua. *IIES*, 10.
- Canelo, N. (2013). *Análisis de la capacidad de representamiento de agua en la microcuenca La Honduras como una alternativa para cubrir el déficit proyectado a 10 años del sistema de agua potable de la ciudad de Santa Rosa de Copán*. Santa Rosa de Copán.
- Castañeda, N. P. (2010). Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable, en el institución educativa Maria Auxiliadora de Caldas, Antioquia. *Gestión y Ambiente*, 25-39.
- CLIMATE-DATA.ORG. (2020). *CLIMATE-DATA.ORG*. Obtenido de <https://es.climate-data.org/america-del-norte/honduras/copan/santa-rosa-de-copan-3787/>
- Cortés, J. (s.f.). *Solidaritat*. Obtenido de Observatori:
<http://www.solidaritat.ub.edu/observatori/esp/itinerarios/agua/agua.htm>

- DALSEM. (21 de Febrero de 2020). *DALSEM*. Obtenido de <https://www.dalsem.com/es/Almacenamiento-de-agua>
- Donnell, I. H. (2009). Toda la Obra en el Papel. *Vivienda, La revista de la construcción*, 113-117.
- EFE News Service; Madrid. (30 de Octubre de 2017). Centroamerica desperdicia más del 50% del agua potable por fugas en redes.
- Empresa Municipal Agua de Santa Rosa. (2020). Santa Rosa de Copán: <http://www.aguasdesantarosa.org/infraestructura/redes-de-distribucion>.
- Escamilla, P. D. (s.f.). *Captación de agua lluvia, alternativa sustentable*.
- Fálope, I. G. (2007). *Diagnóstico Situacional del Acueducto y Alcantarillado Sanitario de Santa Rosa de Copán*. Santa Rosa de Copán.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2020).
- Instituto Nacional de Estadística, I. (2020).
- International Code Council, I. (2006). *International Plumbing Code*. International Code Council.
- LaFleur, M. T. (2014). *Determinantes del acceso a fuentes de agua y saneamiento mejorados y los Objetivos de Desarrollo del Milenio en Honduras*. New York, USA : Department of Economic and Social Affairs United Nations.
- Leon, R. C., Robles, F., & Del Rio Galvan, C. (2014). Beneficios ambientales derivados de la captación de agua lluvia en tanques elevados y optimización del tamaño de los tanques. *AIDIS*, 200.
- Municipalidad de Santa Rosa de Copán. (2019). *Requisitos Permisos de Construcción*. Santa Rosa de Copán.
- Nieto, N. (2011). La gestión del agua: tensiones globales y latinoamericanas. *Política y Cultura*, 157-176.

- OPS/CEPIS/UNATSABAR. (2004). *Guía de diseño para captación del agua lluvia*. Lima.
- Organización de las Naciones Unidas. (2010). *Agua limpia para un mundo sano*. Zaragoza.
- Organización Mundial de la Salud, O. (2017). *Progresos en materia de agua potable, saneamiento e higiene: informe de actualización de 2017 y evaluación de los ODS*.
- Rodriguez, E. (2016). La problemática del agua en Nicaragua. *Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas, Faculta de Ciencias Económicas, UNAN-Managua*, 261-285.
- Sampieri, R. H., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (s.f.). *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill Education .
- Solórzano Villarreal, J. O., Gómez Núñez, J., & Peñaranda Osorio, C. V. (2019). Metodología para estimar la relación de consumo y captación de agua lluvia en un edificio en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, México. *Técnología y Ciencias del Agua*, 178-196.
- Suárez, J. A., Galarza García, M. Á., & Ortiz Mosquera, R. O. (2006). Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. *VI SEREA - Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua*, (págs. 1-12). João Pessoa, Brasil .
- Tutiempo Network, S.L. (22 de 5 de 2020). *Tu Tiempo.Net*. Obtenido de <https://www.tutiempo.net/clima/ws-787170.html>
- Ucha, F. (Mayo de 2011). *Definición ABC*. Obtenido de <https://www.definicionabc.com/medio-ambiente/precipitacion.php>
- Urbina, G. B. (2013). *Evaluación de Proyectos*. México: Mc Graw Hill.
- Wacker Neuson. (21 de Febrero de 2020). *Wacker Neuson*. Obtenido de https://www.wackerneuson.at/fileadmin/user_upload/images/Products/Brochures_Title_Pictures/Flyer_Pumps_Calc_Example_WR_2__3/ES_WN_Bombas_calculo.pdf

ANEXOS

ANEXO 1. FLUJO DE EFECTIVO

Tarifa ASR	L.	10.95	Tarifa ENNE	L.	4.25	Tasa de descuento	9%	
Aumento tarifa		2%	Aumento tarifa		2%			
FLUJO DE EFECTIVO								
Año	ENTRADAS			SALIDAS			SALDO	FLUJO DE EFECTIVO
	Consumo en agua no potable(m3)	Ahorro Anual (Pago ASR)	Ahorro en compra de agua anual (L)	Mantenimiento tubería, tanque y bomba	Consumo de energía (kWh/año)	Pago energía eléctrica-Bomba		
0							L. -25,728.62	L. -25,728.62
1	74.25	L. 813.04	L. 3,100.00	1150.00	132.48	563.36	L. 2,199.68	-23528.94
2	74.25	L. 829.30	L. 3,162.00	1150.00	132.48	574.63	L. 2,266.67	-21262.27
3	74.25	L. 845.88	L. 3,225.24	1150.00	132.48	586.12	L. 2,335.01	-18927.26
4	74.25	L. 862.80	L. 3,289.74	1150.00	132.48	597.84	L. 2,404.71	-16522.55
5	74.25	L. 880.06	L. 3,355.54	1150.00	132.48	609.80	L. 2,475.80	-14046.75
6	74.25	L. 897.66	L. 3,422.65	1150.00	132.48	621.99	L. 2,548.32	-11498.44
7	74.25	L. 915.61	L. 3,491.10	1150.00	132.48	634.43	L. 2,622.28	-8876.15
8	74.25	L. 933.92	L. 3,560.93	1150.00	132.48	647.12	L. 2,697.73	-6178.42
9	74.25	L. 952.60	L. 3,632.14	1150.00	132.48	660.06	L. 2,774.68	-3403.74
10	74.25	L. 971.66	L. 3,704.79	1150.00	132.48	673.26	L. 2,853.18	-550.56
11	74.25	L. 991.09	L. 3,778.88	1150.00	132.48	686.73	L. 2,933.24	2382.68
12	74.25	L. 1,010.91	L. 3,854.46	1150.00	132.48	700.46	L. 3,014.91	5397.58
13	74.25	L. 1,031.13	L. 3,931.55	1150.00	132.48	714.47	L. 3,098.20	8495.79
14	74.25	L. 1,051.75	L. 4,010.18	1150.00	132.48	728.76	L. 3,183.17	11678.95
15	74.25	L. 1,072.79	L. 4,090.38	1150.00	132.48	743.34	L. 3,269.83	14948.78
16	74.25	L. 1,094.24	L. 4,172.19	1150.00	132.48	758.21	L. 3,358.23	18307.01
17	74.25	L. 1,116.13	L. 4,255.64	1150.00	132.48	773.37	L. 3,448.39	21755.40
18	74.25	L. 1,138.45	L. 4,340.75	1150.00	132.48	788.84	L. 3,540.36	25295.76
19	74.25	L. 1,161.22	L. 4,427.56	1150.00	132.48	804.61	L. 3,634.17	28929.93
20	74.25	L. 1,184.44	L. 4,516.11	1150.00	132.48	820.71	L. 3,729.85	32659.78