

UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA
JOSÉ SIMEÓN CAÑAS



PROYECTO DEMOSTRATIVO DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS.
ELABORACIÓN DE PROPUESTA Y EVALUACIÓN DE SITIOS PARA
REALIZARLO

TRABAJO DE GRADUACIÓN PREPARADO PARA LA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PARA OPTAR AL GRADO DE
INGENIERO (A) CIVIL

POR:

CATHERINE EMILIA ARTOLA ALFARO

JOSÉ LUIS ESCALANTE DÍAZ

WALTER ALEXANDER MALDONADO CHICAS

MAYO 2022

ANTIGUO CUSCATLÁN, EL SALVADOR, C.A.

RECTOR

ANDREU OLIVA DE LA ESPERANZA, S.J.

SECRETARIA GENERAL

SILVIA ELINOR AZUCENA DE FERNÁNDEZ

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

CARLOS ERNESTO RIVAS CERNA

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

SAÚL ERNESTO GRANADA LIZAMA

DIRECTOR DEL TRABAJO

JAIME EDUARDO CONTRERAS LEMUS

LECTORA

JACQUELINE IVETTE CATIVO SANDOVAL

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los ingenieros Jaime Contreras, Jacqueline Cativo y Saúl Granada por su apoyo y guía en este proceso de aprendizaje.

Catherine Emilia Artola Alfaro

José Luis Escalante Díaz

Walter Alexander Maldonado Chicas

DEDICATORIA

Agradezco con mucho cariño a mis padres, Emilia Josefina Alfaro de Artola y Sifredo Artola Miranda, por todo su esfuerzo y sacrificio. A mis hermanas, por su comprensión y cuidados. En fin, a toda mi familia, por su cariño y apoyo incondicional. A mi novio Ricardo Saravia, por estar siempre a mi lado, con quien celebramos logros y compartimos esfuerzos en los momentos más difíciles.

Agradezco también a mis docentes, por su esfuerzo en la construcción de mi conocimiento. En especial a los ingenieros Ricardo Castellanos y Néstor España, así como también a Metzi Aguilar, por las oportunidades de aprendizaje y crecimiento que me brindaron.

Finalmente, agradezco a mis amigos. A Kely y Judith, por su alegría, comprensión y apoyo. También a Eduardo y Elías, con quienes unimos esfuerzos para superarnos y alcanzar nuestras metas.

Catherine Emilia Artola Alfaro

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios y mi Madre María, que me guiaron y protegieron en este largo y difícil camino. A mis padres, José Luis y Sonia Morena, que me demostraron y ejemplificaron el amor y la paciencia a lo largo de mi vida. A mis hermanos Julio, Sonia y Carlos que me apoyaron siempre, cada uno desde su trinchera. A mis abuelos, tíos, primos y sobrinos que siempre fueron agua en mi caminar.

A mis amigos, desde los que conocí en mi infancia hasta los que conocí en esta bonita época universitaria, ya sea que estén conmigo en la tierra o me cuidan desde el cielo. A mis compañeros de carrera, de facultad, compañeros de equipos, selección de fútbol sala y todo el que dejó en mí una huella en este proceso.

José Luis Escalante Díaz

DEDICATORIA

Quiero agradecer a mi madre, por su gran amor y el apoyo inmenso e incondicional que siempre me ha dado, por enseñarme a tener la fortaleza de salir adelante a pesar de los obstáculos, porque me dió la vida, veló por mis sueños y moldeó mi corazón, porque gracias a ella soy un hombre de bien y sobre todo por ser el motor que me impulsa siempre a dar lo mejor de mí. A mi abuela, porque ha sido y será siempre un ejemplo de sabiduría, apoyo, fortaleza y responsabilidad, por apoyarnos incondicionalmente y ser un pilar en nuestra familia. A mi hermano, por su constancia, esfuerzo, por alegrarse de mis éxitos como yo me siento orgulloso de lo que ha logrado hasta el momento y todo lo que logrará en la vida. A mis compañeros de carrera, con los que pasé momentos difíciles, pero siempre tendremos buenas anécdotas que recordar. Finalmente, a mis compañeros de tesis, porque asumieron este reto junto a mí de elaborar un trabajo de graduación con dedicación y responsabilidad.

Walter Alexander Maldonado Chicas

RESUMEN

El presente trabajo contiene una propuesta y evaluación de alternativas para un proyecto de captación de aguas lluvias con el propósito de ahorrar el consumo del servicio proporcionado por ANDA.

En primer lugar, se evaluaron las áreas los edificios por medio de la herramienta Google Earth, investigaciones previas y requisitos específicos, para poder seleccionar 3 alternativas puntuales en todo el campus. Las alternativas seleccionadas fueron: la cafetería y baños del Polideportivo UCA, el Edificio de Energía Neta Cero y la cafetería anexa a la entrada Peatonal de la universidad.

Una vez seleccionadas estas alternativas y realizando esquemas de posibles ubicaciones con el uso de AutoCAD, en los planos proporcionados por la Dirección Administrativa de la universidad, se realizaron cálculos para evaluar el posible ahorro de agua logrado por la captación. Una vez realizados estos, se efectuaron presupuestos preliminares para seleccionar una de las tres alternativas propuestas, resultando seleccionada la opción del Edificio de Energía Neta Cero. Dicha opción es la desarrollada hasta lograr una propuesta con esquemas y presupuesto junto con una calendarización para mantenimiento.

Este documento está dividido en siete capítulos. En el primer capítulo se mencionan los antecedentes, lo cual incluye una investigación acerca de estudios generales previos sobre el desarrollo urbano, sobre cambio climático y su influencia en el comportamiento de escorrentía de aguas lluvias.

En el segundo capítulo se encuentra la teoría y reglamentación necesaria para la comprensión y desarrollo del trabajo. Se definen los Sistemas de Captación, describiendo su funcionamiento y partes. A su vez, se describen los apartados de la reglamentación y principios técnicos aplicables: registro de intensidad de aguas lluvias, características de aguas lluvias, método de cuantificación de la escorrentía generada y también se describen indicaciones aplicables del instructivo Rotoplas “Soluciones para Mejora de Saneamiento. Sistema de Captación Pluvial para Viviendas Ubicadas en Comunidades Rurales”.

El tercer capítulo contiene el desarrollo del sistema. Comenzando por proceso de selección que va desde la clasificación de edificios por pisos y según cantidad de baños hasta la selección de edificio según presupuesto. Luego, se procede a mostrar el modelo conceptual del sistema. El siguiente paso es la Esquematización de la ubicación preliminar. Una vez realizada la esquematización se efectúan

los cálculos pertinentes para obtener la capacidad de drenaje, los datos de filtración, observar el almacenamiento y plantear la redistribución. Se elaboran planos, se plantea un programa de mantenimiento y una estimación de tiempo para construcción.

En el cuarto capítulo se encuentra el análisis de costos. Los costos se dividen en costos de construcción, operación y mantenimiento. Los costos de construcción son dados por materiales y mano de obra para realizar los diferentes elementos que conforman el sistema. Por su parte, los costos de operación y mantenimiento son consecuencia del desgaste del sistema y la limpieza para asegurar la correcta vida útil del mismo.

En el quinto capítulo se presentan los resultados. Se dan a conocer los planos finales de ubicación, planos detalle y especificaciones. Seguidamente se muestra el programa de mantenimiento recomendado y, por último, se da muestra un cronograma de actividades para la construcción.

Para el sexto capítulo se da el análisis de resultados. Comenzando por el resumen de costos de construcción, operación y mantenimiento. A continuación, se analizan los componentes del sistema para, finalmente, hacer una comparación de eficiencia de costo del sistema y una valoración pertinente.

Finalmente, en el séptimo capítulo se encuentran las conclusiones y recomendaciones formuladas con base a lo desarrollado en este trabajo de investigación. Las conclusiones y recomendaciones se establecieron para ser las bases a futuras investigaciones y, a su vez, recomendaciones para mejorar la implementación del sistema.

ÍNDICE

RESUMEN.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
SIGLAS.....	x
NOMENCLATURA	xii
CAPÍTULO 1. GENERALIDADES.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Antecedentes	1
1.2 Objetivos	6
1.3 Límites y alcances.....	6
1.4 Metodología:	7
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Sistemas de captación: funcionamiento, partes y ejemplos	9
2.2 Reglamentación aplicable	10
2.3 Principios técnicos para diseño	16
2.3.1 Registro de precipitaciones promedio de aguas lluvias en la zona del proyecto.....	18
2.3.2 Calidad de aguas lluvias.....	19
2.3.3 Escorrentía generada por las lluvias.....	19
2.3.4 Instructivo “Soluciones para Mejora de Saneamiento. Sistema de Captación Pluvial para Viviendas Ubicadas en Comunidades Rurales” (Rotoplas, 2013)	19
CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL SISTEMA	21
3.1 Proceso de selección	21
3.1.1 Clasificación de edificios por pisos y según cantidad de baños.....	21
3.1.2 Generación de lista de posibles candidatos para el proyecto de ahorro de aguas	21
3.1.3 Presentación de ventajas y desventajas de cada edificio	22
3.1.4 Limitación de candidatos	23
3.1.5 Creación de presupuestos de los 3 últimos candidatos.....	23
3.1.6 Modelo conceptual	24
3.2 Esquema de ubicación preliminar	24
3.2.1 Esquema Preliminar Edificio de Energía Neta Cero.....	24
3.2.2 Esquema Preliminar Polideportivo.....	25

3.2.1 Esquema Preliminar Cafetería Anexa	25
3.3 Selección de edificio según presupuesto	26
3.4 Cálculos	27
3.4.1 Resultados de cálculos.....	29
3.4.2 Capacidad de drenaje.....	29
3.4.3 Filtración	30
3.4.4 Almacenamiento.....	30
3.4.6 Redistribución	31
3.5 Elaboración de planos	32
3.6 Programación de mantenimiento.....	32
3.7 Estimación de tiempo para construcción.....	32
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE COSTOS	35
4.1 Construcción.....	35
4.2 Costos de operación y mantenimiento.....	36
CAPÍTULO 5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	39
5.1 Planos finales: ubicación y detalles.....	39
5.2 Programa de mantenimiento recomendado	41
CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	43
6.1 Resumen de costos de construcción, operación y mantenimiento.....	43
6.2 Análisis sobre componentes del sistema	44
6.3 Comparación de eficiencia de costo del sistema	44
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
7.1 Conclusiones	45
7.2 Recomendaciones.....	45
REFERENCIAS	47
Fuentes electrónicas	48

ANEXOS

ANEXO A: INFORMACIÓN SOBRE EDIFICIOS UCA

ANEXO B: ALTERNATIVAS PRELIMINARES

ANEXO C: ALTERNATIVAS EVALUADAS PARA PROPUESTA

ANEXO D: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA CONSTRUCCIÓN

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Esquema preliminar Edificio Energía Neta Cero.....	24
Figura 3.2 Esquema Preliminar Baños Polideportivo	25
Figura 3.3 Esquema Preliminar Baños Cafetería anexa entrada peatonal	25
Figura 3.4 Propuesta de estructura metálica para elevación de tanque	31
Figura 5.1 Alternativa propuesta para ubicación de tuberías de distribución.....	39
Figura 5.2 Vista frontal Edificio Energía Neta Cero con tanque instalado	40
Figura 5.3 Tanque de 8000 L, vista frontal y en planta.....	40
Figura 5.4 Detalle de instalación bomba y tuberías de salida	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Costo de agua potable para cubrir la demanda faltante en Institución educativa de Antioquia.....	4
Tabla 2.1 Tabla de Consumos Específicos.....	11
Tabla 2.2 Tabla de coeficientes de esorrentía ponderados según área de estudio	16
Tabla 2.3 Promedio de precipitaciones de lluvia mensuales de la estación de Ilopango	18
Tabla 3.1 Comparación de presupuestos de alternativas.....	26
Tabla 3.2 Cálculos de oferta, demanda y potencial de ahorro de edificio “Energía Neta Cero”.....	29
Tabla 3.3 Lista de tanques evaluados para alternativas.....	30
Tabla 4.1 Resumen de costos de construcción de alternativa seleccionada	35
Tabla 4.2 Costo operación de alternativa seleccionada.....	37
Tabla 6.1 Resumen presupuesto para elaboración de sistema.....	43
Tabla 6.2 Costo de operación mensual de la alternativa seleccionada.....	43

SIGLAS

ANDA:	Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados
AMSS:	Área Metropolitana de San Salvador
ALL:	Aguas Lluvias
COAMSS – OPAMSS:	Consejo de Alcaldes y Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador
IHC:	Impacto Hidrológico Cero
IVA:	Impuesto sobre Valor Añadido
RLDOT-AMSS:	Reglamento a la Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del AMSS y Municipios Aledaños
PNUD:	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
SCAPT:	Sistemas de Captación de Agua Pluvial en Techos
SITRACOCS:	Sindicato de Trabajadores De La Construcción y Conexos Salvadoreños
SUDS:	Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible
UCA:	Universidad Centroamericana José Simeón Cañas
PIB:	Producto Interno Bruto
P.U.:	Precio Unitario
PVC:	Poly Vinyl Chloride (Poli Cloruro de Vinilo)

NOMENCLATURA

cm:	Centímetros
cm ² :	Centímetros cuadrados
COP\$:	Pesos colombianos
d:	Día
gal:	Galones
hab:	Habitantes
hp:	Horse power (Caballos de fuerza)
in:	Pulgadas
kg:	kilogramos
l:	Litros
m:	Metros
ml:	Mililitros
mm:	Milímetros
m.c.a.:	Metros de columna de agua
MWh:	Mega watts por hora
m ² :	Metros cuadrados
m ³ :	Metros cúbicos
p:	Personas
psi:	Pounds per Squared Inch (Libras por pulgada cuadrada)
r/s:	Revoluciones por segundo
s:	Segundos
USD\$:	Dólares estadounidenses
Vol:	Volumen
%:	Porcentaje

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES

1.1 Planteamiento del problema

En la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas” (UCA) se observa que el sistema de drenaje de aguas lluvias recibe una demanda cada vez más alta debido a la impermeabilización de áreas por la construcción de infraestructura y la reducción del tiempo de concentración, lo cual impacta las actividades cotidianas y la demanda de escorrentía en la infraestructura en la que desemboca.

La escorrentía generada en la época lluviosa afecta a la comunidad universitaria generando incomodidad al circular por las zonas de tránsito vehicular y peatonal, debido a que estas se inundan. Las mismas dificultades se presentan en gran escala en la ciudad, donde los efectos de las inundaciones son mucho más perceptibles, por lo que resulta urgente aplicar medidas de prevención y mitigación ante estas consecuencias.

También, es de importancia resaltar el potencial que posee el agua lluvia, el cual puede suplir parte de la demanda de agua potable en las instalaciones de la Universidad, para usos como jardinería, limpieza, servicios sanitarios, entre otros.

1.2 Antecedentes

Desarrollo urbano, cambio climático y escorrentía

El Resumen Ejecutivo de la Guía Técnica para el diseño de SUDS (Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible) en el AMSS (Área Metropolitana de San Salvador), (2021), hace una distinción entre el macro drenaje (primario) y micro drenaje (secundario), mientras que el primero se refiere a la escorrentía natural, es decir, ríos y quebradas, el micro drenaje se centra en la infraestructura para la gestión de escorrentía urbana.

También se menciona que la red de micro drenaje del AMSS data de principios del siglo XX, teniendo una ampliación a mediados del siglo pasado, con la instalación de colectores, sin embargo, gran parte de estos se encuentran colapsados, debido principalmente al rápido crecimiento urbano, cumplimiento de la vida útil de las infraestructuras, falta de monitoreo, mantenimiento, contaminación de escorrentía, entre otros.

Captación de aguas lluvias

Para mejorar la gestión de las aguas lluvias, OPAMSS (Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador) desde algunos años atrás, propone la implementación de SUDS, en urbanizaciones, parcelaciones y nuevas edificaciones, teniendo como resultado más de 100 sistemas de diferente naturaleza funcionando con éxito.

Con los SUDS se busca mitigar problemas de drenaje urbano, tales como

- Frecuencia de inundaciones provocadas por la incapacidad del sistema
- Erosión de los cauces receptores de las aguas de escorrentía urbana
- Sobrecostos en la construcción de infraestructuras protectoras aguas abajo
- Descargas de agua contaminada directamente a quebradas
- Degradación de medios naturales y urbanos
- Efecto de “isla de calor”
- Falta de pequeñas zonas verdes en núcleos urbanos
- Escasez de agua en época de sequía

También se han trabajado proyectos con anterioridad por parte del FONAES (Fondo Ambiental de El Salvador), del MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales), de ANDA (Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados), entre otras instituciones públicas y privadas, cuya información se encuentra el Portal de Transparencia del gobierno (2021) y sitio web del MARN (2021). Para los centros educativos, por ejemplo, son comunes los SCAPT (Sistemas de Captación de Agua Pluvial en Techos), la cual es conducida mediante canales y tubos, guiados hacia una pileta o un tanque de almacenamiento. El volumen del depósito varía de entre algunos cientos de litros hasta tanques de 20 m³.

Algunos de los proyectos de las instituciones antes mencionadas son:

- Dotación de 16 sistemas de captación de aguas lluvias, en Centros Escolares de Yoloaquín, San Francisco Gotera, Meanguera, Corinto, San Carlos, Sensembra y Chilanga, Departamento de Morazán, fase IV.
- Dotación de 19 sistemas de captación de aguas lluvias, en Centros Escolares de Delicias de Concepción, Jocoaitique, El Rosario, Perquín, San Fernando, Arambala y Joateca, Departamento de Morazán, fase V.

- Instalación de 10 sistemas de captación de agua lluvia en Centros Escolares de los Municipios de Chalatenango, El Carrizal y Las Vueltas, Departamento de Chalatenango, fase IV.
- Instalación de 11 sistemas de captación de agua lluvia en Centros Escolares de Azacualpa, San Francisco Lempa y San Luis del Carmen, Departamento de Chalatenango, fase I.

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), en conjunto con instituciones gubernamentales, internacionales y con el apoyo de otros países, tienen como parte de sus objetivos el cumplimiento de la Agenda 2030, la cual tiene 4 ejes prioritarios: cambio climático, gestión de riesgos, educación y cultura para la sustentabilidad, transformación productiva y transformación institucional y 131 metas sobre agua, energía, restauración, entre otros.

Asimismo, dentro de sus actividades, el PNUD, incluye la publicación de reportes anuales con los cuales describe los avances alcanzados en el país, entre ellos se mencionan medidas para el mejoramiento de la gestión de recursos naturales, de los cuales cabe mencionar:

- Inversión en proyectos relacionados al Cambio Climático del 1.1% del producto interno bruto (PIB) del 2018 de El Salvador (Informe Anual PNUD, 2018), que equivale aproximadamente a USD\$ 286,626.45, con el 100% equivalente a USD\$ 26,056.95 millones (Ministerio de Economía, 2019)
- En el Informe Anual PNUD del 2019, se comenta el apoyo a 50,000 familias en el “Corredor Seco” para la mejora de sus condiciones de vida por medio de la provisión de equipo e infraestructura social ambiental como sistemas de captación de aguas lluvias, cocinas ahorradoras de leña, construcción de letrinas, módulos de aves, silos para almacenamiento de granos básicos y sistemas de microrriego por goteo, entre otros.”

Factibilidad

Como se menciona en el apartado anterior, la implementación de sistemas para almacenamiento de aguas lluvias, representa una inversión, cuya magnitud puede variar según el alcance del proyecto. A continuación, se presentan dos casos, describiendo sus generalidades y cuáles han sido sus costos respectivos:

- **Monografía “Propuesta de un Sistema de Aprovechamiento de Agua Lluvia, como Alternativa para el Ahorro de Agua Potable, en la Institución Educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquia”**

En esta monografía, la ingeniera Natalia Castañeda presenta un diseño de sistema de captación de aguas lluvias con un tanque interceptor de 2000 l de capacidad para la Institución Educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquia. En la página 52 se detalla que el total de costos directos asciende a noventa y tres millones novecientos cuarenta mil doscientos veintisiete pesos colombianos (COP\$ 93'940.227), siendo un equivalente a veintitrés mil seiscientos setenta y siete dólares estadounidenses y 87 centavos (USD\$ 23,677.87). Otro dato que se menciona es el valor por metro cúbico de agua potable, que es de mil setenta y cinco con noventa y dos pesos colombianos (COP\$ 1,075.92) lo cual equivale a veintisiete centavos de dólar estadounidense (USD\$ 0.27).

En la tabla 1, presentada a continuación, se encuentra un costo de agua potable para cubrir la demanda faltante, los datos son una comparación del volumen de agua potable para cubrir demanda, en metros cúbicos y el costo por metro cúbico de agua potable para los meses de febrero, marzo y abril. Un total de volumen de agua por año de quinientos cincuenta punto sesenta y ocho metros cúbicos (550.68 m³) y un costo total por año de quinientos noventa y dos mil cuatrocientos ochenta y ocho pesos colombianos (COP\$ 592,488), equivalentes a ciento cuarenta y nueve dólares estadounidenses con cuarenta y tres centavos (USD\$ 149.43).

Tabla 1.1 Costo de agua potable para cubrir la demanda faltante en Institución educativa de Antioquia

Mes	Volumen de agua potable para cubrir la demanda (m³)	Costo por m³ de agua potable (USD\$/mes)
Febrero	151,14	162.315
Marzo	181,06	194.806
Abril	218,48	235.067
Total, al año	550,68	592,488

Fuente: Tomada de Propuesta de un Sistema de Aprovechamiento de Agua Lluvia, como Alternativa para el Ahorro de Agua Potable, Castaneda, N., (2010) y modificada.

La institución tiene el gasto anual de cinco millones ochocientos ochenta y cuatro mil ochocientos sesenta y ocho pesos colombianos (COP\$ 5,884,868.00), equivalente a mil cuatrocientos ochenta y tres dólares estadounidenses con 30 centavos (USD\$ 1,483.30), por el servicio de acueducto.

Finalizado el primer año, el gasto ascenderá aproximadamente a noventa y cuatro millones quinientos treinta y dos mil setecientos quince pesos colombianos (COP\$ 94,532,715.00), equivalentes a veintitrés mil ochocientos veintisiete dólares estadounidenses con veintiún centavos (USD\$ 23,827.21). El tiempo estimado de recuperación para la inversión inicial será de por lo menos 16 años.

La autora afirma, entonces, que el sistema planteado no logra ser de bajo costo, por lo que resulta necesario contar con la adecuada financiación externa para desarrollar el proyecto.

- **Informe Final de la Consultoría para el diseño de Sistemas de Reutilización de aguas Lluvias en Proyectos de Viviendas, San Salvador, El Salvador**

En este informe, el ingeniero Oscar Torres presenta presupuestos para varios tipos de vivienda. A destacar se encuentran los Presupuestos de Vivienda de Tipo Horizontal, para Zona Urbana y Zona Rural.

En la página 51, se presenta un presupuesto típico de una vivienda urbana horizontal con partidas que incluyen: Instalaciones hidráulicas, Caseta para equipo de bombeo, Tubería de captación y Rebalse, Tubería de Reúso de Aguas Lluvias, Anexos a Instalaciones hidráulicas, Instalaciones eléctricas, así como, Costos Indirectos e Impuesto sobre el Valor Agregado (IVA). El valor del presupuesto total para este tipo de viviendas asciende a cuatro mil cuatrocientos treinta y cuatro dólares estadounidenses con un centavo (USD\$ 4,434.01).

Por otra parte, en la página 52, se encuentra un presupuesto típico de una vivienda rural horizontal, se aprecian las mismas partidas que para el presupuesto para vivienda urbana. Se hace énfasis en que para este tipo de vivienda (rural) podría existir una reducción de costos al considerar una elevación de agua hacia un tanque sobre el techo al eliminar apartados de sistemas eléctrico y mecánico. El presupuesto total calculado para viviendas rurales refleja un valor de tres mil cuatrocientos setenta y cuatro dólares americanos con ochenta y dos centavos (USD\$ 3,474.82).

1.2 Objetivos

Objetivo general

Desarrollar una propuesta para un sistema de captación de aguas lluvias para la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”.

Objetivos específicos

- Abordar antecedentes sobre desarrollo urbano, el cambio climático y la escorrentía relacionadas a la problemática de la investigación.
- Recopilar las especificaciones técnicas para el diseño de un sistema de captación de aguas lluvias en la UCA, tomando de referencia reglamentos, descripción de principios técnicos de diseño aplicables, información de las áreas de captación y propiedades de materiales y equipo a utilizar.
- Desarrollar una propuesta de diseño de un sistema de captación de aguas lluvias, analizando posibles ubicaciones, capacidad de almacenamiento y requisitos técnicos investigados.
- Realizar un presupuesto detallado con los costos de los componentes del sistema según precios recientes del mercado.
- Elaborar esquemas para la instalación, especificaciones y propuesta de operación y mantenimiento del sistema.
- Estimar el impacto generado por el sistema para el área a seleccionar.

1.3 Límites y alcances

Este proyecto consiste en el desarrollo de una iniciativa para el reúso de agua, se limita al almacenamiento y distribución de esta para usos que no requieran contacto humano, por ello se omite la determinación de parámetros de la calidad del agua recolectada y, asimismo, se omite también el desarrollo de un sistema de infiltración, detalles estudios de suelo y verificación de estabilidad estructural e hidráulica, lo cual requiere el seguimiento de requisitos técnicos adicionales demasiado extensos para una etapa de evaluación de alternativas, sin embargo, estos deben ser verificados para el correcto desempeño de la obra.

El diseño incluirá el uso de uno o más tanques recolectores, ubicados de forma estratégica para obtener la mejor calidad de agua posible. La capacidad y distribución de los elementos del sistema serán determinados según los cálculos en la etapa de diseño para lograr el mayor ahorro de agua posible de manera que se simplifique la instalación y se reduzcan sus costos, asimismo estos aspectos serán limitados por el espacio disponible, accesibilidad y ubicación estética.

Se harán estimaciones de costos con precios disponibles durante la elaboración de la propuesta, otros cambios del diseño o de precio deberán ser considerados en el momento de implementación del proyecto.

El proyecto se limitará a presentar como resultados, esquemas generales para construcción e instalación del sistema, recomendaciones de operación y mantenimiento y desglose de costos estimados. Se incluirá un cronograma de actividades de construcción para estimar el tiempo necesario para su implementación.

1.4 Metodología:

Generalidades

Desarrollo de búsqueda bibliográfica en informes, publicaciones, entre otros, de ministerios y otras instituciones que analizan y reportan estadísticas sobre el desarrollo urbano, cambio climático, aguas lluvias, sistemas de captación e información relacionada, para describir la problemática de estudio

Marco teórico

Desarrollo de búsqueda bibliográfica para recopilar lo siguiente:

- Características y descripciones de otros sistemas de captación implementados previamente.
- Apartados de normativa aplicable al sistema.
- Descripciones de los principios técnicos a usar en durante el diseño.
- Información adicional (planos de áreas de análisis, materiales a utilizar, coeficientes de escorrentía, entre otros).

Diseño del sistema

Elaboración de la propuesta de diseño verificada con cálculos, para obtener dimensiones, materiales y equipo necesarios para su construcción, además de una recopilación de medidas de mantenimiento de acuerdo con la investigación del marco teórico, incluyendo elaboración de planos con ayuda de programas de diseño digital y un programa recomendado para mantenimiento con base en investigación previa de equipo y materiales a utilizar.

Análisis de los costos

Desglose de los componentes del sistema diseñado, con ayuda de esquemas para la determinación de cantidades de materiales, cotizaciones de precio de materiales y mano de obra a utilizar, teniendo de referencia catálogos de proveedores, compendio de precios de mano de obra, entre otros.

Presentación de resultados

Elaboración de planos con detalles y especificaciones del diseño respecto a la construcción y/o montaje del sistema.

Análisis de resultados

Resumen y comentarios sobre costos para la construcción, operación y mantenimiento. Incluyendo una estimación del impacto en la escorrentía y demanda de uso de agua que tendrá el sistema.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones sobre resultados y análisis principales del diseño del sistema que servirán para evaluar sus ventajas y desventajas, además de recomendaciones respectivas al funcionamiento, construcción, mantenimiento e implementación de este y futuros sistemas de captación de aguas lluvias.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 Sistemas de captación: funcionamiento, partes y ejemplos

Como su nombre lo indica, se trata de un sistema en el cual se aprovechan las aguas lluvias para ahorrar agua potable o, en dado caso, abastecer agua para distintos usos, que van desde usos agrícolas hasta el agua para consumo humano (Reyes & Rubio, 2014).

La mayoría de los sistemas constan de tres componentes básicos:

- Captación
- Conducción
- Almacenamiento

Pero también puede contar con:

- Filtro o Pretratamiento (Si es un sistema para aprovechamiento de agua potable)
- Sistema de control

Para el presente proyecto, se consideran únicamente los tres componentes básicos, debido a que el sistema que se quiere proponer para la universidad debe ser económico y sencillo sin perder eficiencia en su funcionamiento.

El Resumen Ejecutivo de la Guía Técnica para el diseño de SUDS en el AMSS (COAMSS/OPAMSS, 2021) describe estos sistemas como “elementos integradores del paisaje y la hidráulica urbana, cuya misión es capturar, filtrar, retener, transportar, almacenar e infiltrar parte de la escorrentía urbana, tratando de reproducir el ciclo natural del agua de la forma más fiel posible”, en esta misma guía se presentan diferentes sistemas que incluyen una parte o la totalidad de las características mencionadas, entre ellos, los tanques de almacenamiento.

2.2 Reglamentación aplicable

Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA, 2020)

- **Norma Técnica para Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillados de Aguas Negras**

En esta norma se detallan especificaciones para redes de agua potable y alcantarillados, sin embargo, según la naturaleza del proyecto, solo resultan aplicables algunos de los apartados de la primera sección, que se muestran a continuación:

Período de diseño

Se plantea que la fuente de abastecimiento de agua para distribución, materiales a utilizar en el sistema y recursos de financiamiento deben de tener una vida útil de al menos 20 años. Para el caso, la oferta proviene de aguas lluvias, para ello, se cuenta con el promedio de registros de los años 1965 a 2012, aunque estas cantidades varíen en el futuro, en el apartado de cálculos se observa que, en la estación lluviosa, la oferta es suficiente para llenar por completo el tanque de almacenamiento seleccionado durante la época lluviosa.

Por otro lado, se estima cierta vida útil para los elementos de mayor costo del sistema con base en la garantía provista por fabricantes y distribuidores, estas pueden tomarse en consideración), siempre y cuando se tenga una instalación, uso y mantenimiento adecuados. Esto debe ser verificado al momento de la ejecución de la obra, además, de que estas garantías pueden variar en el tiempo. Se encontraron tiempos de garantía, como sigue:

- Para tanques y sus respectivos filtros, dependiendo de las marcas y proveedores, se pueden considerar garantías, por ejemplo, de 3 años (Rotoplas, 2021), 5 años (Durman, 2007) y hasta garantías de por vida (Rototec, 2019).
- Para la bomba centrífuga, en ferreterías locales, se puede encontrar un mínimo de garantía de un año.

Finalmente, para canaletas, tuberías y otros accesorios, que son materiales de bajo costo, se estima que, con limpiezas periódicas o reemplazo eventual de algunas partes, el sistema puede seguir funcionando de manera correcta, sin un costo de mantenimiento considerable.

Población futura, población de diseño y distribución de esta

La estimación de la población futura (tomándose la población de diseño como un 100% de la población futura) se calcula de forma análoga a la especificación sobre urbanizaciones, se considera la cantidad fija de asientos y dimensiones de los edificios y cantidad estimada de personas que transitan estos lugares, además áreas verdes con una extensión prácticamente invariable, para definir una demanda constante en el tiempo.

Consumo de agua

Se utiliza como referencia el trabajo de graduación “Modelaje de un Sistema Hidráulico a Presión en Sistemas de Información Geográfica (SIG), para Optimizar su Operación y Mantenimiento” (Lucero Galdámez & Olivar Durán, 2015), en cual en su anexo D “Tabla para cálculo de caudales en cada edificio” incluye una lista con todos los edificio de la universidad, construidos hasta la fecha de publicación del documento, con números de asientos, área del edificio y cantidad de personas que transitan en cada uno de ellos para el cálculo de la demanda, acorde a la Tabla de Consumos Específicos en la página 6 de la Norma Técnica de ANDA, mostrada a continuación:

Tabla 2.1 Tabla de Consumos Específicos

Descripción	Dotación	Unidades
Escuelas		
Externos	40	l/alumno/d
Personas no residentes	50	l/p/d
Clínicas		
Médicas	500	l/consultorio/d
Otros		
Jardines	1.5	l/m ² /d

Fuente: Tomada de Norma Técnica para Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillados de Aguas Negras (1998) y modificada

Esta norma también especifica que se debe considerar un incremento de 20% en el consumo estimado, por lo que se incluyó este aumento, en el desarrollo de la propuesta.

El área verde por suplir es el área de los jardines aledaños, para la cual no se considera demanda durante la estación lluviosa, pero quedará delimitada en la estación seca, al agua que quede recolectada en el tanque en ese periodo.

Variaciones de consumo

En el desarrollo de la propuesta, por simplicidad, no se consideran variaciones diarias u horarias, su lugar, se realizan cálculos con caudales totales para almacenamiento y distribución.

Calidad del agua

A pesar de que la norma especifica verificar la calidad del agua a distribuir, con base en parámetros toxicológicos, hidrobiológicos, bacteriológicos, físicos y químicos, el uso del agua en el presente sistema no lo requiere, debido a que su uso no será para consumo, sino que será en sanitarios, mingitorios y para riego de áreas verdes.

Obras de captación (Aguas superficiales)

Esta norma especifica que el sistema debe ubicarse de manera que reduzca o elimine la contaminación del agua a almacenar, se debe verificar la estabilidad hidráulica y estructural del sistema, verificar que el sistema de bombeo tenga espacio suficiente para instalación y mantenimiento, y esté protegido contra inundaciones y otros riesgos, cuando el equipo no sea de intemperie.

Para el caso, se recolecta el agua de lluvia, donde la superficie de captación es un techo, precisamente para eliminar fuentes de contaminación. Se consideran diámetros de tubería según los mínimos establecidos por esta norma y otros instructivos, y la construcción de una losa de concreto para distribuir el peso del tanque de manera más uniforme en el suelo.

Debido, nuevamente, al alcance del proyecto, por simplificación se han omitido los cálculos de para verificar la estabilidad hidráulica y estructural del sistema (para el caso, estabilidad del suelo y desarrollo de propuesta de una estructura metálica), sin embargo, se deja planteado el funcionamiento

y partes del sistema, para que, al evaluar posibles alternativas para la ejecución del proyecto, se verifique que los componentes que cumplan estos requerimientos, o sean reemplazados por productos de similares características.

Presión de trabajo

Se consideran los criterios de este apartado para la redistribución de agua hacia el edificio y su uso en riego de áreas verdes. En primer lugar, se especifica una presión mínima de 10 m.c.a. y máxima de 50 m.c.a., este se busca cumplir con el uso de la bomba conectada en la salida del tanque. Otra alternativa considerada fue la elevación del tanque por medio de una estructura metálica, sin embargo, el valor de esta estructura adicional, según la estimación de costo del ing. Portillo, puede “ascender a un monto aproximado de USD\$ 5,000 , el cual es un muy costo elevado al compararlo con el resto del sistema” (E. Portillo, ingeniero civil, gerente “Scon Ingenieros”, comunicación personal, 2 de diciembre de 2021), por lo que se descarta esta opción, pero se presenta una esquema de esta estructura en el apartado 3.4.6 (Figura 4.2), en caso sea necesario considerarla para la ejecución de la obra.

Se especifica la profundidad de las redes de agua potable para tener una altura mínima de relleno de 0.60 m, para pasajes peatonales. Sin embargo, según especificaciones de redes existentes, y como caso desfavorable, se considera que la conexión con la tubería que abastece los inodoros y mingitorios se encuentra a 1.00 m de profundidad. Adicionalmente, se establece que las tuberías para acometidas domiciliarias deben ser de al menos 0.5 pulgadas, por ello se incluye en el diseño y cálculo de costos, tuberías de este diámetro.

Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador (OPAMSS)

- **Reglamento a la Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del AMSS y Municipios Aledaños (COAMSS-OPAMSS, 2017)**

En este reglamento se enlistan las especificaciones que se deben seguir para las construcciones en el AMSS, incluyendo los estudios de factibilidad, diseño, calidad de materiales, construcción, solicitudes y permisos, y sanciones aplicables. Debe verificarse que se cumplan estos requisitos durante las etapas de la ejecución del proyecto, pero de momento se mencionan los más pertinentes a considerar durante las etapas de esta propuesta:

Obras para el Control de Esguerrimiento Pluvial (Parte Quinta, Título II, Capítulo 1, Art. V.14)

Este artículo indica la detención o retención de esgurrentía para una condición de “Impacto Hidrológico Cero” (IHC) como responsabilidad del propietario, la cual, aunque no se logra completamente con el presente proyecto, se busca implementar mediante el reúso de las aguas lluvias, aunque debido a las limitaciones del proyecto, se omite la evaluación de infiltración.

Se especifica que los estudios hidrológicos para áreas menores a 2.5 km² debe utilizarse el método racional, que es el mismo que se especifica en el Resumen Ejecutivo de la Guía para diseño de SUDS (COAMSS/OPAMSS, 2021), analizada posteriormente en este documento.

Sistemas de agua potable, aguas negras y aguas lluvias (Parte Quinta, Título II, Capítulo 4, Art. 62 - 65)

Para aguas lluvias se especifica que las tuberías deben tener una pendiente mínima de 0.5% salvo en casos especiales, se utiliza este dato, para estimar una pendiente en el canal que transporta el agua del techo hacia las tuberías para su almacenamiento. Para agua potable, se remite a la norma técnica de ANDA, descrita anteriormente.

Excavaciones y Rellenos (Parte Sexta, Título IV, Capítulo II, Art. VI.51)

Durante el desarrollo de este trabajo, no se contó con planos de obras hidráulicas existentes, por lo que se presentan alternativas en el Anexo C para la ubicación de tuberías para redistribución. Por tanto, se debe tener en cuenta la ubicación de tuberías u otras obras existentes, de acuerdo con las especificaciones del artículo VI. 51, para evitar peligros, daños o inconvenientes al momento de realizar excavaciones, instalaciones y rellenos.

Concreto simple y reforzado (Parte Sexta, Título IV, Capítulo V, Art. VI.56 - 72)

En estos artículos, el reglamento especifica que elementos de concreto a incluir deben tener una resistencia de al menos 140 kg/cm², debe elaborarse con materiales de calidad suficiente, con una proporción y revenimiento adecuados, de tal manera que cumpla con los requisitos de resistencia. Asimismo, el acero de refuerzo debe estar limpio y en buen estado para su uso.

Estas especificaciones deben ser verificadas con el diseño estructural del sistema y durante la ejecución de la obra. De forma análoga a las propuestas de ubicación de tuberías, para el estimado de costos se plantea una losa de concreto de 10 cm de espesor, de 3 m por 3 m, con acero con diámetro de 6/8 in a cada 20 cm. Sin embargo, esta propuesta debe ser luego verificada y modificada según lo requiera el diseño.

De la Ejecución (Parte Séptima, Título II, Capítulo III, Art. VII. 13)

Según este artículo se debe verificar la calidad del suelo y materiales según ensayos recomendados por especialistas en cada área de diseño, en este caso, ensayos de suelo, materiales del concreto y mezcla, acero y pruebas para el funcionamiento hidráulico del sistema. Estos deben realizarse en conjunto con las etapas de diseño respectivo para hacer las modificaciones pertinentes.

- **Propuesta para modificación del reglamento V.14 – (COAMSS/OPAMSS, 2021)**

En este documento se presentan lineamientos muy parecidos a los reglamentos de 1995, sin embargo, una diferencia a tomar en cuenta son los valores recomendados de coeficiente de escorrentía, que se muestran en la tabla 2.2. Dado que en la universidad se tiene un mantenimiento periódico de las instalaciones, puede utilizarse el coeficiente de escorrentía máximo para techos, siendo estos de un material impermeable.

Tabla 2.2 Tabla de coeficientes de escorrentía ponderados según área de estudio

Uso de suelo	Coeficientes de escorrentía		
	Mínimo	Recomendado	Máximo
Comercio	0.80	0.90	0.95
Residencia alta densidad	0.70	0.75	0.80
Residencia media densidad	0.45	0.55	0.60
Residencia baja densidad	0.35	0.45	0.50
Industrial más del 70% impermeable	0.70	0.80	0.90
Industrial hasta el 70% impermeable	0.60	0.70	0.80
Parques y cementerios			
Área verde permeable mayor al 80%	0.20	0.25	0.25
Área verde permeable entre 40% y 80%	0.30	0.35	0.40
Área verde permeable menor al 40%	0.50	0.65	0.75
Pavimentos, parqueos, vías pavimentadas	0.85	0.90	0.95
Áreas peatonales	0.80	0.85	0.85
Techos	0.80	0.90	0.95
Techos verdes con capa de drenaje			
Con base granulada drenada > 20 cm	0.65	0.70	0.75
Sin base granular o con base granular no drenada	0.55	0.60	0.65

Fuente: Tomada de Propuesta para modificación del reglamento V.14 – OPAMSS (2021) y modificada

2.3 Principios técnicos para diseño

- **Resumen Ejecutivo de la Guía Técnica para el diseño de SUDS en el AMSS. (COAMSS/OPAMSS, 2021)**

Ya que en el presente trabajo se trata únicamente los sistemas de recolección de lluvia, a continuación, se presenta información a tomar en cuenta para el diseño de estos.

El diseño consta de cinco etapas, para cualquier sistema SUDS que se esté considerando, desde la descripción preliminar del sitio para evaluar la factibilidad y permisos necesarios, hasta la entrega de documentación para proceder a la ejecución de la obra. Estas etapas son:

Definición de los objetivos de diseño

Se define como objetivo del diseño la captación de aguas lluvias para su posterior uso, así como también la iniciativa en las instalaciones de la universidad para la reducción de escorrentía superficial, dentro de esta y en el AMSS.

Fase 1 en el diseño: Caracterización de la zona de proyecto

Según la extensión del proyecto, que es menor a 500 m², los datos mínimos a recopilar para el proyecto son: pluviometría, planos (catastrales y constructivos). Donde, los datos de pluviometría son los que se mencionan en el apartado 2.3.1 de este proyecto. Y como planos se utiliza el esquema de la universidad y colindancias que se encuentra en el anexo A.

Para este proyecto, no se considera la infiltración del agua captada, por lo que no se realizan ensayos de este tipo. En general, esta etapa tiene el objetivo de tener la mayor cantidad posible de información para la elaboración de propuestas.

Adicional a la información a recopilar se indica el cálculo de caudales o volúmenes de almacenamiento y/o infiltración y la evaluación de que la ubicación del proyecto respeta colindancias o taludes cercanos.

Fase 2 en el diseño: Creación de un modelo conceptual

En esta etapa se busca determinar la cantidad de agua a almacenar y el uso que se le dará a esta, el sistema de traslado de la escorrentía y la cadena de gestión del agua según los componentes del sistema. Se recomienda el aprovechamiento de estructura existente para minimizar la cantidad, mantenimiento y costos de la obra a ejecutar y buscar incrementar el valor paisajístico del lugar.

En el capítulo 3, por medio de la metodología de la “Guía de Diseño para Captación del Agua de Lluvia” (Cepis, 2004), se calculan los volúmenes de almacenamiento para cada mes del año, según los registros mensuales de lluvia obtenidos. El uso del agua a almacenar, como se ha mencionado antes, tiene como objetivo la reducción de demanda de agua potable en los servicios sanitarios y el riego de áreas verdes aledañas al sistema.

Fase 3 en el diseño: El proyecto SUDS

Habiendo seleccionado la gestión de escorrentía, se debe hacer una evaluación hidrológica del sistema y determinar los materiales a utilizar. Para esta propuesta, además de calcular el volumen de escorrentía se consideraron requisitos de normas investigadas, como la no reducción de diámetros o pendientes, sin embargo, para la ejecución de la obra se debe hacer un estudio para verificar la estabilidad hidráulica de este o cambiar componentes según sea necesario.

En cuanto a los materiales, se evaluó los componentes disponibles por medio de fabricantes o distribuidores, para el dimensionamiento del sistema, además de su verificación de vida útil y cálculo de costos para construcción y mantenimiento.

Informe final de diseño

Se indica como documentación la elaboración fichas técnicas con las especificaciones de funcionamiento y materiales de cada sistema a ser incluido en un proyecto, donde según el tamaño, se puede desarrollar una sola ficha, haciendo uso de planos y especificaciones para construcción.

2.3.1 Registro de precipitaciones promedio de aguas lluvias en la zona del proyecto

Con los datos de precipitación se busca estimar el volumen de agua a recolectar. Por ello, se utilizaron los registros de intensidad mensual promedio, desde el año 1965 al 2012, proporcionados por el ing. Jaime Contreras, para realizar los cálculos de oferta de agua respectivos. El promedio de cada mes para el total de años de los registros se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2.3 Promedio de precipitaciones de lluvia mensuales de la estación de Ilopango

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total, anual
Promedio (mm)	3	1	10	41	167	281	317	318	330	221	44	8	1741

Fuente: Proporcionada por el ing. Jaime Contreras y modificada

2.3.2 Calidad de aguas lluvias

Debido a las limitaciones del proyecto, no se ha realizado estudios para evaluar la calidad del agua de lluvia, según el uso que se le dará al agua (no contacto humano) se considera que se pueden omitir estos estudios. Sin embargo, son recomendables según se considere necesario si surgen problemas de mantenimiento u obligatorios, en caso se busque cambiar posteriormente el uso del agua almacenada

2.3.3 Escorrentía generada por las lluvias

En el Resumen Ejecutivo de la Guía Técnica para el diseño de SUDS en el AMSS (COAMSS/OPAMSS, 2021) recomienda estimar el volumen de agua a recolectar según la fórmula:

$$\text{Volumen de recolección: } Vol = A \times P \times C \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Donde:

A: son los m² de superficie de captación de agua, independiente de su forma e inclinación

P: Pluviometría media de la ubicación

C: Coeficiente de rendimiento o escorrentía, en función del tipo de superficie

Para los datos de área se utilizó el área de techo de los edificios considerados, según los planos provistos. Para los datos de pluviometría media se utilizaron el promedio de cada mes, ponderando para el total de años registrados. El coeficiente de escorrentía utilizado en todos los cálculos es de 0.95, según la tabla presente en el reglamento de la OPAMSS y material de techo de los edificios considerados.

2.3.4 Instructivo “Soluciones para Mejora de Saneamiento. Sistema de Captación Pluvial para Viviendas Ubicadas en Comunidades Rurales” (Rotoplas, 2013)

Como su nombre lo indica, este instructivo presenta indicaciones para la instalación de sistemas de captación en viviendas, aun así, se considera aplicable debido a la magnitud de este proyecto. Dentro de las indicaciones incluye la ubicación de uno o más tanques respecto a las pendientes de techos, colocación de canaleta y soportes para esta, ubicación altimétrica del tanque e instrucciones para excavación, finalizando con la conexión a una bomba para la distribución del agua. Estas medidas se describen a continuación:

En primero lugar, la ubicación del tanque no debe sobrepasar 3 m, medidos desde la bajada de aguas lluvias hasta el centro del tanque (o desde el punto medio entre dos bajadas y el centro del tanque para techos de dos aguas), en las alternativas se plantea la ubicación del tanque cuidando haya espacio suficiente para instalación y mantenimiento, pero que no exceda de la distancia recomendada.

Para la instalación de canaletas, se plantea que esta tenga su punto más alto en un extremo del techo y tenga una pendiente de 0.33% como mínimo, con tapaderas en cada extremo y soportes a cada metro de longitud. Para el diseño se considera la pendiente mínima según el reglamento de la OPAMSS de 0.5%, con la cual se cumple también la recomendación de este instructivo. También se consideran las tapaderas y los soportes en el diseño según lo indicado.

La ubicación altimétrica se considera según la altura de la bajada de agua y del recorrido de la tubería que la conecta con el tanque, que debe tener una inclinación de 1.5% como mínimo, para que el agua pueda abastecer el tanque por gravedad, sin necesidad de enterrar el tanque, y solo se modularon las distancias según esquemas por medio de software.

Finalmente, se especifica la conexión de cada tanque a una bomba, para que el agua distribuida tenga la presión necesaria para su uso. La bomba que plantea el instructivo cuenta también con la instalación de un grifo para regular el agua a utilizar. En este proyecto se tomó en cuenta una bomba centrífuga de 1 hp, conectada con tubería a la salida del tanque, y posteriormente, a una tubería bifurcada, donde una rama conecta a un grifo para el riego de áreas verdes, y otra rama deriva en una tubería enterrada para luego conectarse a la red que abastece los inodoros y mingitorios del edificio.

CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL SISTEMA

3.1 Proceso de selección

3.1.1 Clasificación de edificios por pisos y según cantidad de baños

Como primer punto, se determinó el área de techo de todos los edificios que se podrían adaptar para ser el proyecto piloto de ahorro de agua mediante el almacenamiento de aguas lluvias. Con el programa AutoCAD se determinaron las áreas de techo en los planos proporcionados por la oficina de Dirección Administrativa de la universidad. Se clasificó esta lista en un documento Excel para ordenarlos de mayor a menor área y de esta manera verificar con que edificios se puede obtener una mayor captación de agua durante el año.

También fue importante tener en cuenta, para la elección de las posibles locaciones, que se descartaran parqueos, vías vehiculares y los edificios cuyo techo fuera parte de una terraza, como es el caso de los salones de psicología o la librería que se encuentra frente de las aulas C, para descartar fuentes de contaminación. Asimismo, se comparó el área de techo con los baños disponibles dentro del edificio. El cálculo de los áreas y caudales de los edificios fue verificado con ayuda del trabajo de graduación “Modelaje de un Sistema Hidráulico a Presión en Sistemas de Información Geográfica (SIG), para Optimizar su Operación y Mantenimiento” (Lucero Galdámez & Olivar Durán, 2015) presentados en el anexo A.

3.1.2 Generación de lista de posibles candidatos para el proyecto de ahorro de aguas

Para generar una lista de alternativas se evaluó cada edificio usando 3 criterios:

- El edificio debe tener un máximo de 2 pisos debido a que se tiene que asegurar que el mantenimiento del sistema se pueda realizar de una manera fácil y accesible. Con un edificio como el ICAS, por ejemplo, el agua recolectada sería un gran volumen, pero, el mantenimiento al sistema sería complicado por la altura que conlleva realizarlo en ese edificio.
- Se buscó también que el edificio cuente servicios sanitarios para intentar aprovechar el agua en estos, además del uso en el área verde en los alrededores.
- Tener suficiente área disponible a su alrededor para colocar un tanque sobre el suelo o en una estructura metálica.

Luego de evaluar 20 edificaciones con estos criterios se llegó a la siguiente lista:

- Edificio “Cero Energía Neta”: ubicado frente al edificio ICAS, próximo a la entrada por el blvr. La Sultana.
- Cafetería y zona de baños del Polideportivo: ubicado al lado izquierdo de la entrada por el blvr. Los Proceres.
- Parroquia Jesucristo Liberador y Centro Monseñor Romero: ubicado frente a Módulo A de Profesores.
- Cafetería Anexa: ubicada al lado derecho del acceso peatonal, en medio de una zona verde para los alumnos.

3.1.3 Presentación de ventajas y desventajas de cada edificio

Las cuatro opciones mencionadas anteriormente poseen similitudes de espacio, pero presentan algunas diferencias que las hacen destacar con respecto a los otros edificios estas se detallan a continuación:

Edificio “Energía Neta Cero”

Posee área alrededor uniforme y nivelada, debido a que antes de la construcción de este, el espacio estaba dedicado a parqueo adoquinado. Además, el inmueble cumple con la filosofía de ahorro energético, si se realiza el proyecto en él se convertiría en el edificio dentro de la universidad que además de contar con un sistema de paneles solares para el uso de energía obtendría un sistema de captación de agua para el ahorro del recurso.

Cafetería y zona de baños del polideportivo

Esta parte del Polideportivo de la universidad presenta un alto flujo de personas no solo por estudiantes de la institución, sino también por personas ajenas a la universidad que a hacen uso de las instalaciones. Sin embargo, alrededor de la zona de los baños hay poco espacio para la colocación del tanque de almacenamiento.

Parroquia Jesucristo Liberador y Centro Monseñor Romero

En esta zona, también se presenta un alto flujo de personas no solo por estudiantes de la institución, sino también por personas ajenas a la universidad que hacen uso de las instalaciones. Al ser edificaciones alejadas de la mayoría de las actividades académicas, la construcción, revisión y mantenimiento puede realizarse con fácil acceso y sin interrumpir demasiado las actividades. Sin embargo, esta parte de la universidad tiene restricciones administrativas distintas de otros edificios, por lo que sería más complicado la organización de ejecución y mantenimiento.

Cafetería Anexa

Es uno de los edificios que tiene un flujo alto de personas debido al uso y posee tanto un baño para hombres como uno para mujeres, el ahorro de agua dentro de los meses con mayor volumen de lluvia sería notable. Pero, por el contrario, posee un espacio reducido para la ubicación del tanque a su alrededor.

3.1.4 Limitación de candidatos

De esta lista de posibles ubicaciones se dejó fuera de consideración la Parroquia Jesucristo Liberador y Centro Monseñor Romero debido a que estos tienen una jurisdicción diferente a los otros edificios que de la Universidad. Y, por tanto, realizó un presupuesto cada una de las opciones restantes.

3.1.5 Creación de presupuestos de los 3 últimos candidatos

Se utilizaron los mismos criterios para cada una de las posibles ubicaciones y los mismos precios para los elementos considerados. Dentro de los criterios considerados se tiene:

- Costo de excavación y compactación del terreno para nivelación
- La ubicación de la bajada en una de las esquinas de cada edificio
- Distancia máxima entre la bajada al centro del tanque de 3 m
- Tuberías de 4 in para conexión entre bajada y tanque
- Capacidad de almacenamiento de 8,000 l con un solo tanque
- Tuberías de 0.5 in para redistribución
- Colocación de bomba centrífuga de 1 hp
- Sistema de filtración de agua e instalaciones eléctricas para equipo de bombeo

3.1.6 Modelo conceptual

Dentro de la evaluación de alternativas, se ubicó un tanque al lado de cada edificio, se verificó que la distancia entre el centro del tanque y bajadas existentes o tentativas fuera menos de 3 m. En los esquemas del apartado siguiente se puede apreciar las ubicaciones tentativas de los tanques, simbolizadas con círculos. Luego, utilizando la metodología descrita en el apartado 3.4, aplicada para cada edificio, se realizó el dimensionamiento de los tanques, seleccionándose una capacidad de 8000 l, con esta información es que luego se determinaron el resto de los componentes, tanto para el dimensionamiento, como para presupuestos y selección de la alternativa final.

3.2 Esquema de ubicación preliminar

3.2.1 Esquema Preliminar Edificio de Energía Neta Cero

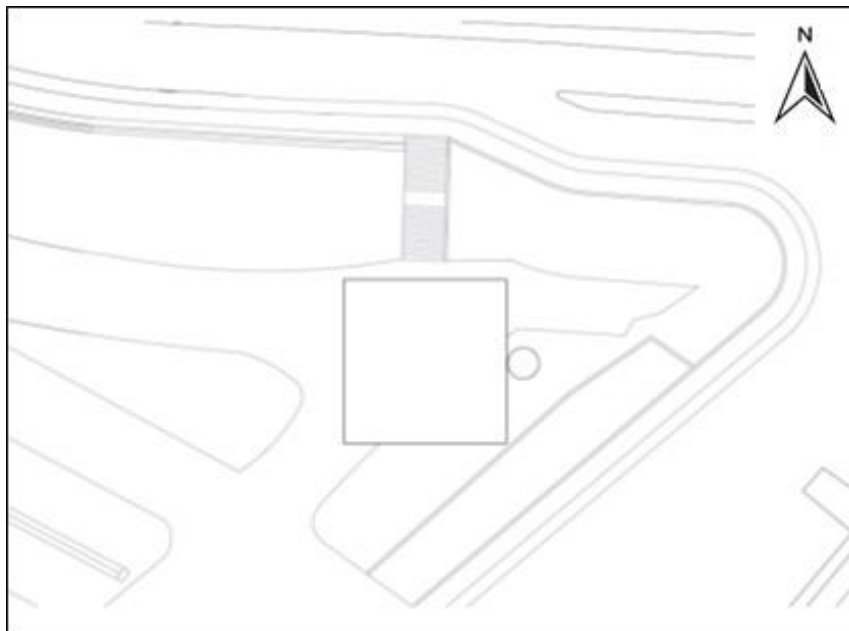


Figura 3.1 Esquema preliminar Edificio Energía Neta Cero

3.2.2 Esquema Preliminar Polideportivo

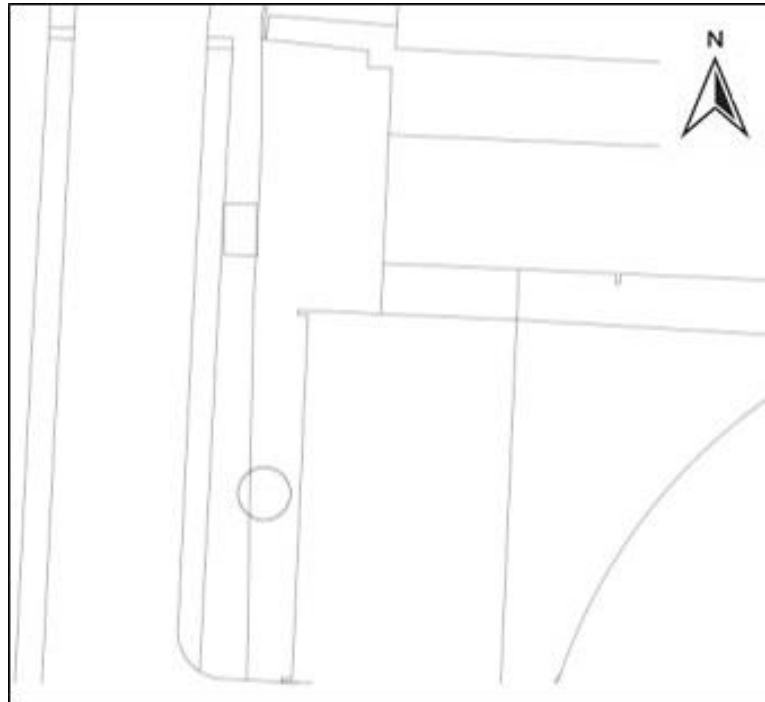


Figura 3.2 Esquema Preliminar Baños Polideportivo

3.2.1 Esquema Preliminar Cafetería Anexa



Figura 3.3 Esquema Preliminar Baños Cafetería anexa entrada peatonal

3.3 Selección de edificio según presupuesto

A continuación, se presenta una tabla comparativa de las 3 propuestas con el total para cada una de ellas en la que se puede ver que la opción de mayor costo es la Cafetería y zona de baños del Polideportivo, y la más económica es el Edificio Cero Energía Neta. (Véase Tabla 3.1)

Tabla 3.1 Comparación de presupuestos de alternativas

Descripción	Unidad	P.U. (USD \$)	Edificio Volt		Cafetería Anexa		Baños Polideportivo	
			Cantidad	Subtotal (USD \$)	Cantidad	Subtotal (USD \$)	Cantidad	Subtotal (USD \$)
Obra Civil Instalaciones hidráulicas								
Excavación	m3	6.33	0	0.00	9.48	60.01	9.48	60.0084
Compactación	m3	9.50	0	0.00	9.48	90.06	9.48	90.06
Suelo-cemento 20:1	m3	24.91	0	0.00	9.48	236.15	9.48	236.1468
Desalojo	m3	7.01	0	0.00	12.324	86.39	12.324	86.39124
Tubería de captación y Rebalse								
Válvula de bola 2"	Unidad	44.95	1	44.95	1	44.95	1	44.95
Tubería 4" PVC 100 psi	M	35.90	5	35.90	5	35.90	5	35.90
Bajada ALL 4" con filtro de hojas	M	23.27	1	23.27	1	23.27	1	23.27
Tubería de Reuso de Aguas Lluvias								
Tubería de 1/2" PVC 315 psi	M	12.50	12	25.00	12	25.00	9.5	19.79
Grifo para riego	Unidad	5.95	1	5.95	1	5.95	1	5.95
Captación y bombeo								
Tanque 8000 l	Unidad	1,395.00	1	1,395.00	1	1,395.00	1	1395
Equipo de bombeo	Unidad	454.00	1	454.00	1	454.00	1	454
Anexos a Instalaciones Hidráulicas								
Sistema de filtración	c/u	90.05	1	90.05	1	90.05	1	90.05
Instalaciones Eléctricas								
Instalaciones eléctricas para equipos de bombeo	sg	122.38	1	122.38	1	122.38	1	122.38
Otros								
Adicionales (5%)				109.83		133.46		133.19
		Sumatoria		2,196.50		2,802.56		2,797.09
		Indirectos 20%		439.30		560.51		559.42
		SubTotal		2,635.80		3,363.07		3,356.51
		IVA		342.65		437.20		436.35
		TOTAL		2,978.45		3,800.27		3,792.86

Fuente: Elaboración propia

Debido a que se seleccionó la ubicación del proyecto del edificio “Energía Neta Cero”, posteriormente solo se muestran los cálculos aplicados a este, sin embargo, en el anexo B, se presentan también los cálculos aplicados en los otros edificios, que fueron parte de esta evaluación preliminar.

3.4 Cálculos

Como primer punto para realizar los cálculos se siguió la metodología de la Norma Técnica, utilizando el dato de dotación de 30 l/m²/día, y con el área de techo del edificio se obtuvo el caudal de demanda en litros por día, como se puede observar en la ecuación 3.1. Luego se determinó, a través de la ecuación 3.2, la demanda en l/s.

$$Q = \left(30 \frac{\text{l}}{\text{día} \cdot \text{m}^2}\right) * 147.66 \text{ m}^2 * 1.2 = 5315.76 \frac{\text{l}}{\text{d}} \quad (\text{Ec. 3.1})$$

$$Q = 5315.76 \frac{\text{l}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas} * 3600 \text{ segundos/hora}} = 0.0615 \frac{\text{l}}{\text{s}} \quad (\text{Ec. 3.2})$$

Se ordenaron los meses como se detalla en la metodología del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (Cepis, 2004) para el posterior cálculo de oferta y demandas acumuladas para determinar la cantidad de agua a suplir y el potencial de ahorro del sistema. En este caso, el mes con la mayor precipitación es septiembre debido a que posee 330 mm de precipitación promedio, superando al resto de los meses. A continuación, se desarrollarán los cálculos para este mes:

Se parte de que septiembre tiene 30 días, por lo tanto, se calcula su demanda a través de la ecuación 3.3, luego, al ser la primera línea de cálculo, la demanda acumulada coincide con la demanda del mes, como se puede observar en la ecuación 3.4:

$$\text{Demanda} \left(\frac{\text{l}}{\text{mes}}\right) = (30 \text{ días}) * \left(5315.76 \frac{\text{l}}{\text{día}}\right) = 159472.8 \left(\frac{\text{l}}{\text{mes}}\right) \quad (\text{Ec. 3.3})$$

$$\text{Demanda acumulada} = 159472.8 + \text{demanda del mes predecesor} = 159472.8 \quad (\text{Ec. 3.4})$$

Para los cálculos de la oferta también se inicia con el mes de septiembre, pero utilizando el método racional especificado previamente por las normas investigadas, es decir, multiplicando la intensidad

de lluvia promedio, por el área de la superficie de captación y por el coeficiente de escorrentía de la superficie para estimar el volumen a almacenar (véase ecuación 3.5); asimismo se calcula oferta acumulada como se expresa en la ecuación 3.6.

$$Oferta = \left(330 \frac{\text{mm}}{\text{mes}}\right) * 147.66 \text{ m}^2 * 0.95 * \left(\frac{1\text{m}}{1000\text{mm}}\right) * \left(\frac{1000\text{l}}{1\text{m}^3}\right) = 46291.4 \frac{\text{l}}{\text{mes}} \quad (\text{Ec. 3.5})$$

$$Oferta acumulada = 46291.4 \frac{\text{l}}{\text{mes}} + oferta del mes predecesor = 46291.4 \frac{\text{l}}{\text{mes}} \quad (\text{Ec. 3.6})$$

Debido a que en la mayoría de los meses el agua lluvia que se puede almacenar es mayor a la capacidad del tanque propuesto, por ejemplo: en el mes de septiembre el agua proveniente de lluvia es alrededor de 45000 l y el tanque solo puede almacenar 8000 l, se hizo una corrección para dejar como límite máximo la capacidad de almacenamiento del tanque en los meses que esto se ve superado.

Luego se restaron los volúmenes de demanda acumulada, de las demandas acumuladas, para los cuales en todos los meses se obtuvieron resultados negativos, indicando que en ningún mes del año se puede suplir completamente la demanda. (Véase ecuación 3.7)

$$Capacidad oferta = 8000 - 159,472.8 = -121,472.8 \frac{\text{l}}{\text{mes}} \quad (\text{Ec. 3.7})$$

También se obtuvo el parámetro de potencial de ahorro, que es la división entre la oferta y la demanda acumuladas, con este valor se cuantifica el ahorro de agua al implementar el sistema en cada uno de los meses. (Véase ecuación 3.8)

$$Potencial de ahorro = \left(\frac{\text{Oferta acumulada}}{\text{Demanda acumulada}}\right) \times 100\% = \left(\frac{8000}{159472.8}\right) \times 100\% = 5\% \quad (\text{Ec. 3.8})$$

3.4.1 Resultados de cálculos

Tabla 3.2 Cálculos de oferta, demanda y potencial de ahorro de edificio “Energía Neta Cero”

Mes	Demanda			Oferta				Potencial de ahorro (%)
	Días	Demanda (l/mes)	Demanda acumulada (l)	mm / mes	l / mes	Oferta acumulada (l)	Volumen (l)	
Septiembre	30	159,472.8	159,472.8	330	8,000.0	8,000.0	-151,472.8	5
Octubre	31	164,788.6	324,261.4	221	8,000.0	16,000.0	-308,261.4	5
Noviembre	32	170,104.3	494,365.7	44	6,172.2	22,172.2	-472,193.5	4
Diciembre	33	175,420.1	669,784.8	8	1,122.2	23,294.4	-646,491.4	3
Enero	34	180,735.8	850,521.6	3	420.8	23,715.2	-826,806.4	3
Febrero	35	186,051.6	1,036,573.2	1	140.3	23,855.5	-1,012,717.7	2
Marzo	36	191,367.4	1,227,940.6	10	1,402.8	25,258.3	-1,202,682.3	2
Abril	37	196,683.1	1,424,623.7	41	5,751.4	31,009.6	-1,393,614.0	2
Mayo	38	201,998.9	1,626,622.6	167	8,000.0	39,009.6	-1,587,612.9	2
Junio	30	159,472.8	1,786,095.4	281	8,000.0	47,009.6	-1,739,085.7	3
Julio	31	164,788.6	1,950,883.9	317	8,000.0	55,009.6	-1,895,874.3	3
Agosto	31	164,788.6	2,115,672.5	318	8,000.0	63,009.6	-2,052,662.8	3

Fuente: Elaboración propia

3.4.2 Capacidad de drenaje

Se propone un cambio en la canaleta existente por medio de la modificación de los soportes y conexión entre los tramos, para ubicar bajada en esquina del edificio más cercana al tanque. En cuanto al diámetro de tuberías, según fotos disponibles del edificio en la web, se estima que son tuberías de 4 in, por lo que es de este mismo diámetro que se estiman las tuberías para alimentación del tanque.

Según reglamentos, no se puede disminuir el diámetro o pendiente en tramos consecutivos, por lo que se mantiene este diámetro de 4 in en toda la tubería hacia el tanque, con las alineaciones de tramos según el instructivo para Sistemas de Captación Pluvial (Centro de Información y Documentación del MARN, 2021). Para la ejecución de la obra, es necesario verificar la estabilidad hidráulica del sistema, por lo que puede ser necesario aumentar el diámetro, aun así, los costos no variarán demasiado con este aumento de diámetro.

3.4.3 Filtración

En el catálogo del fabricante, en la sección de Construcción - Tanques y Cisternas para Agua - Línea Premium (Rototec, s.f.), se incluye como producto opcional en la compra, una llave de paso de $\frac{3}{4}$ in y un filtro con cartucho lavable de $\frac{3}{4}$ in, con el cual no se incurre en gastos adicionales de repuestos de cartuchos. En el sitio web de una ferretería local donde se promociona este producto, no se consideran elementos adicionales al tanque, por lo que es necesario verificar los costos y material incluido al momento de la compra con uno u otro distribuidor (Vidrí, s.f.).

Otras alternativas son:

- El uso de una “Boquilla para canoa” con filtro incluido.
- Instalación de una malla en la “Boquilla para canoa”
- Uso de un sistema adicional de filtro instalado en las tuberías que alimentan el tanque

3.4.4 Almacenamiento

Se enlistaron tanques de almacenamiento disponibles con proveedores locales, desde 1100 l a 8000 l, según la tabla 3.3, de esta lista se seleccionó la capacidad de 8000 l para los presupuestos iniciales, ya que con esta se logra el mayor potencial de ahorro, con un precio y necesidad de espacio accesibles, sin embargo, esta selección se puede modificar al momento de la implementación.

Tabla 3.3 Lista de tanques evaluados para alternativas

Alternativas tanques			
Capacidad (l)	Precio (USD \$)	Cantidad	Diámetro (m)
1100	165.00	1	1.2
2500	300.00	1	1.3
3100	530.00	1	1.7
4100	660.00	1	1.7
6000	1,155.00	1	2.3
8000	1,395.00	1	2.3

Fuente: Elaboración propia

3.4.6 Redistribución

Como primera alternativa se considera el uso de una bomba para la distribución del agua almacenada hacia las tuberías de los sanitarios y según el uso de llaves de paso y grifos también es posible el uso de mangueras para el uso del agua en áreas verdes aledañas, además de una bifurcación con tubería enterrada para la conexión con las tuberías de abastecimiento de inodoros y mingitorios.

Adicionalmente se consideró la elevación del tanque por medio de una estructura metálica, sin embargo, “esta presenta algunas desventajas, en primer lugar, el incremento de costos”, según las observaciones del ing. Portillo, el costo de una estructura metálica en este proyecto “puede alcanzar los \$5,000, lo cual, resulta más del doble del presupuesto planteado, encareciendo excesivamente la obra” (E. Portillo, ingeniero civil, gerente “Scon Ingenieros”, comunicación personal, 2 de diciembre de 2021).

También, como se puede observar en la figura, la elevación máxima que se le puede dar al tanque para que se siga abasteciendo por gravedad, es de 1.75 m, lo cual podría generar presión suficiente para la distribución de esta al primer piso, pero podría ser muy errática para los baños del segundo piso.

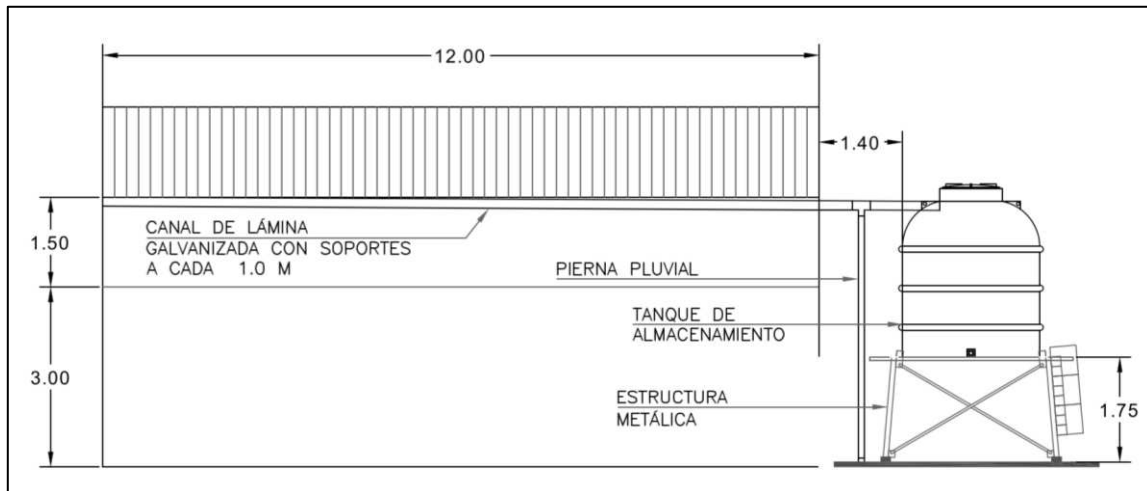


Figura 3.4 Propuesta de estructura metálica para elevación de tanque

3.5 Elaboración de planos

Como punto inicial se consultó el esquema del campus proporcionado por la universidad para poder evaluar potenciales alternativos de dónde colocar un tanque. Una vez seleccionadas las mejores alternativas, se elaboró esquemas preliminares, de cada edificio seleccionado, a mano para enlistar los componentes y cantidades necesarios de estos, por ejemplo, accesorios para tuberías. Luego, al seleccionar la alternativa a desarrollar, de acuerdo con los costos, se procedió a elaborar esquemas en computadora en formato dwg en el software AutoCAD para poder tener medidas exactas y de esta manera precisar más los presupuestos preliminares. Los esquemas resultantes pueden apreciarse, en particular, en el capítulo 5 de este trabajo, otros esquemas de alternativas resultantes pueden encontrarse en otros apartados, como la figura 3.2, mostrada previamente, o en los anexos.

3.6 Programación de mantenimiento

En primer lugar, se consultó una marca que posee tanques con la mismas características y materiales que el usado en la propuesta, se incluye información para el “Antes” de la implementación y durante el uso del tanque en el sistema. Dicha marca recomienda que la preparación del tanque sea una limpieza debido a que puede contener partículas en el interior por su elaboración, manipulación y el transporte (Durman, 2019).

En virtud de que el tanque se utilizará para almacenar agua lluvia y poseerá un sistema de filtración, el mismo manual mencionado anteriormente recomienda que el mantenimiento de este se realice cada 6 meses, consiste en girar las válvulas de cierre hasta que estén selladas para poder retirar el conjunto de filtración, de esta manera se obtendrá por separado todas las partes que conforman este sistema y sin usar ni jabón ni detergente se puede limpiar completamente solo usando agua con presión de un chorro. Por último, se arma el sistema de filtración, se coloca nuevamente en el tanque y se abren todas las llaves.

3.7 Estimación de tiempo para construcción

Se ha elaborado una programación de 3 días, dadas las distintas tareas a realizarse en la construcción e instalación del sistema. Las tareas empiezan en el primer día con la remoción de los adoquines y excavación por la mañana y para la jornada de la tarde se efectuará la colocación y compactación de grava. Para el segundo día se realizan trabajos de armadura y colocación de molde, para la base de concreto del tanque, y se procede al colado de concreto, tomando en cuenta el correcto curado del

mismo. Finalmente, para el tercer día por la mañana se instala la bomba, el canal, el botaguas con láminas, pegamento y pernos.

CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE COSTOS

4.1 Construcción

Como primer punto, retomando la propuesta seleccionada como se detalla en el capítulo 3, apartado 3.1., que es el edificio de energía neta cero. En primer lugar, según la ubicación del tanque, se tiene la necesidad de mover las bajantes de agua lluvia existentes para que la distancia entre estas y el centro del tanque no supere los 3 m y no se dificulte la entrada al edificio.

El edificio en cuestión posee servicios sanitarios en la primera y segunda planta, por lo tanto, para evaluar los costos de construcción fue necesario identificar la manera más económica de abastecer estos. Las dos posibles alternativas fueron el uso de una bomba, o la elevación del tanque con una estructura metálica, sin embargo, esta última aumenta bastante el precio de todo el sistema, por lo que se optó por la primera.

En cuanto a la mano de obra, la implementación de la base para el tanque de captación se puede realizar por dos personas para elaborar toda la construcción relacionada con la obra gris, un albañil calificado y un auxiliar de albañilería serían los encargados de estas actividades.

A continuación, se presenta un resumen de costos como se puede observar en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Resumen de costos de construcción de alternativa seleccionada

Descripción	Sub-total (USD \$)
1. Terracería	13.99
2. Estructuras de concreto armado	332.59
3. Instalaciones hidráulicas	2,116.63
4. Instalaciones eléctricas	100.00
Total	2,563.22

Fuente: Elaboración propia

4.2 Costos de operación y mantenimiento

4.2.1. Costos de operación

Para determinar el costo que conlleva el funcionamiento de un sistema de ahorro de agua como el propuesto en este documento, se partió de la bomba eléctrica a utilizar, que posee 1 hp de potencia lo que equivale aproximadamente a 746 Watts y, según el sitio web de Copelco, una bomba con un motor de 1 hp consume por hora 746 Watts, que en este caso coinciden ambos valores. Luego, se procedió a revisar el Pliego Tarifario, actualizado a la fecha, de la empresa DELSUR, que es la entidad encargada de distribución de esta en Antiguo Cuscatlán, el cual corresponde al periodo del 15 de Julio de 2021 al 14 de Octubre de 2021.

Del pliego tarifario se extrajo el promedio, el cual resultó de 139.8 US\$/MWh. Tomando en cuenta que la dotación según la Norma Técnica para el edificio es de 30 l/m²/día, conociendo que el área del edificio es de 147.66 m², resulta un caudal de 4429.8 l/día, y agregando un 20% por fugas, se obtiene que el edificio consume un valor de 5315.76 l/día.

De la página web de Franklin Electric (Franklin Electric, 2022), creadores de la serie VersaJet de bombas eléctricas, se puede extraer el rendimiento mínimo que es de 12 l/m. Realizando el siguiente cálculo se puede determinar el tiempo que tiene que pasar encendida la bomba para obtener 5315.76 l/día:

$$\left(\frac{5315.76 \text{ l}}{12 \text{ l/min}}\right) = 442.98 \text{ min} \approx 443 \text{ min} \approx 7.38 \text{ horas} \quad (\text{Ec. 4.1})$$

Tomando 7.38 horas (equivalente a 7 horas con 23 minutos) como el tiempo de funcionamiento de la bomba, se obtiene que el costo por día es de USD 0.77 y para 30 días de USD 23.09.

Tabla 4.2 Costo operación de alternativa seleccionada

Costo de operación	
Descripción	Sub-total
Consumo en Watts por hora	746
Consumo en Megawatts por hora	0.000746
Promedio de precio de la energía DELSUR (USD\$/MWh)	139.816667
Precio de 746 Watts por hora	USD 0.10
Precio de 746 Watts por 7.38 horas	USD 0.77
Precio de 746 Watts 30 días	USD 23.09

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Costo de mantenimiento

Para el mantenimiento para el sistema el proceso consiste en limpiar las canaletas y el tanque al menos dos veces al año como lo menciona el Manual Durman (Durman, 2019), para estas actividades se puede encargar a un auxiliar de servicio por el nivel de dificultad de estas y pagando por el tiempo de trabajo, si se tratara de un empleado de la universidad, este pago estaría contemplado en el salario que se devengue y. para dichas actividades, se estima media jornada lo que equivale a \$5.40 según el Contrato Colectivo de Trabajo del Sindicato de Trabajadores De La Construcción Y Conexos Salvadoreños (SITRACOCS).

CAPÍTULO 5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se encuentran esquemas que representan la propuesta desarrollada y alternativas seleccionadas. Se inicia con la ubicación recomendada del tanque respecto al edificio “Energía Neta Cero”, que incluye la ubicación de la bomba a utilizar y ubicación estimada de tubería de reconexión utilizada para el cálculo de costos.

Luego se encuentra una vista frontal del sistema, con la cual se puede localizar y cuantificar materiales para cambios en la canaleta existente, bajada, tuberías y pierna pluvial. También se incluye una imagen con detalles del tanque evaluado y, finalmente, un esquema de la instalación de la bomba, grifos y tubería para redistribución.

5.1 Planos finales: ubicación y detalles

- Alternativa para ubicación de tanque y tuberías de distribución. Vista en planta

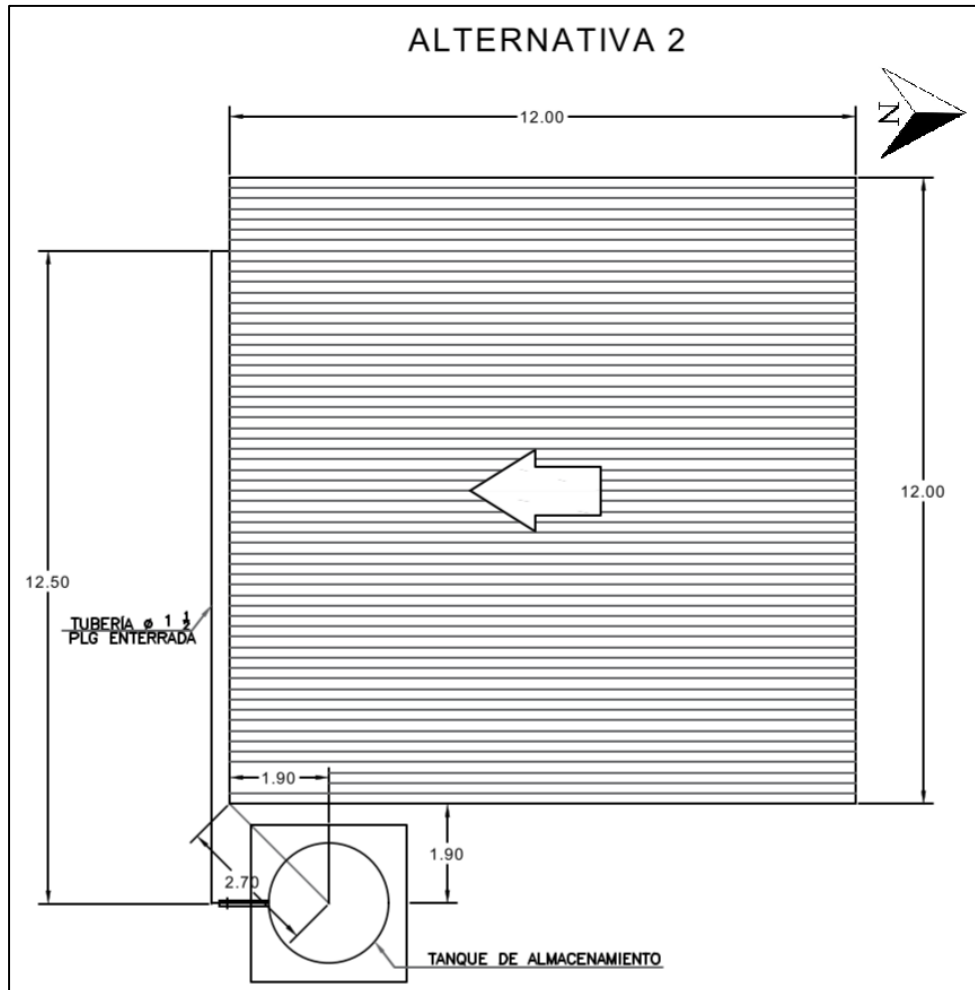


Figura 5.1 Alternativa propuesta para ubicación de tuberías de distribución

- Vista frontal

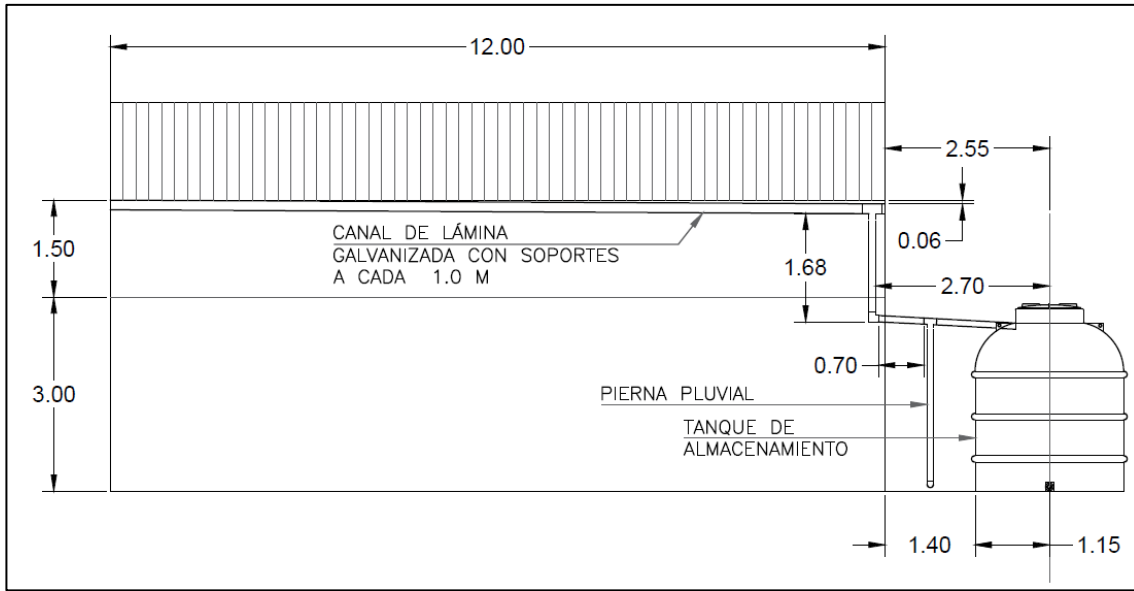


Figura 5.2 Vista frontal Edificio Energía Neta Cero con tanque instalado

- Tanque de 8000 L

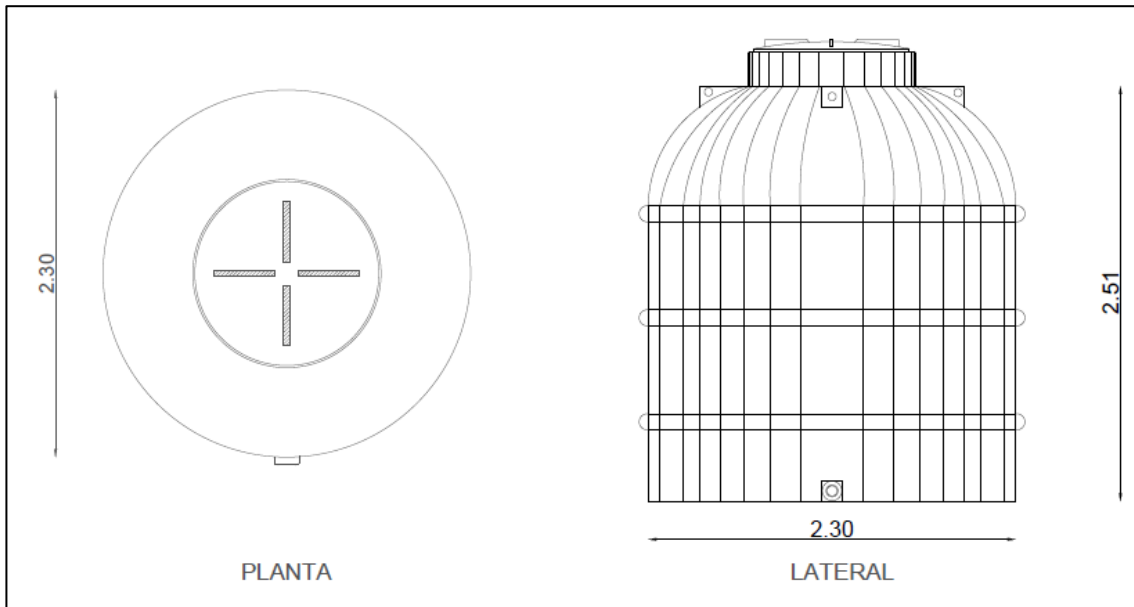


Figura 5.3 Tanque de 8000 L, vista frontal y en planta

- Bomba

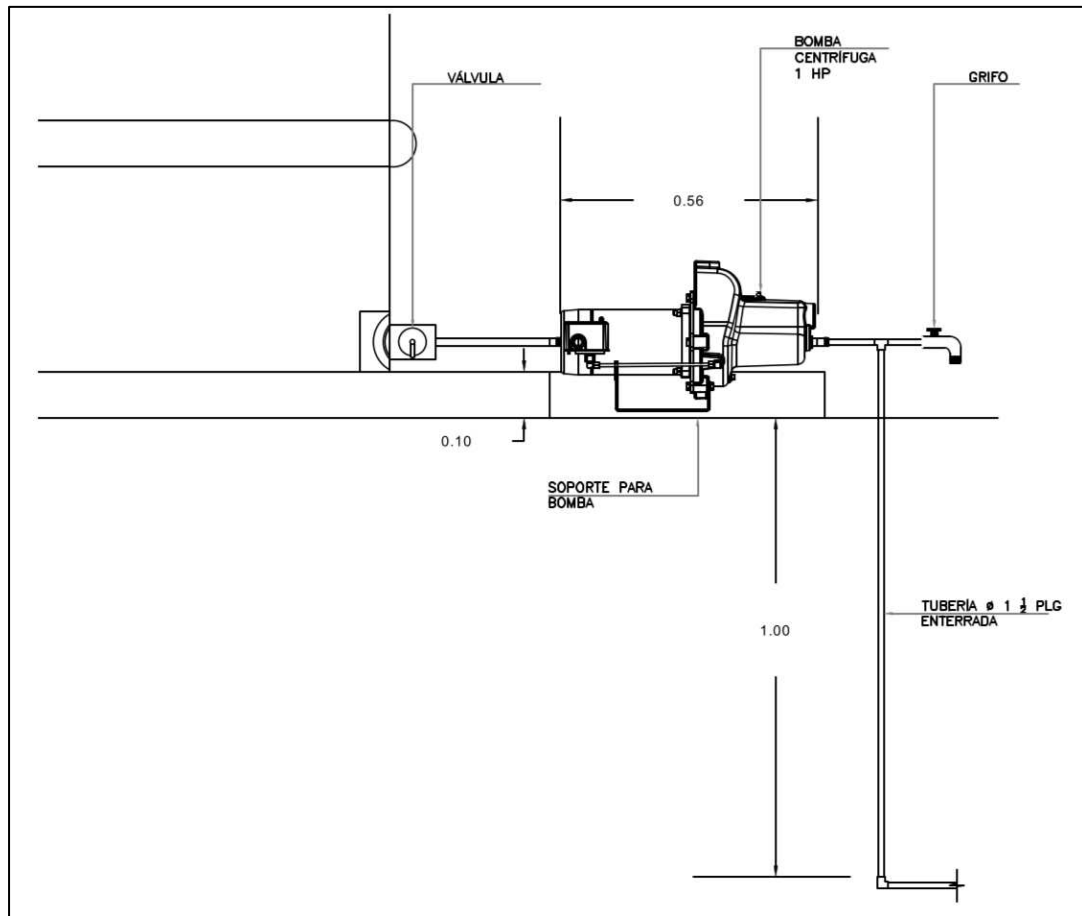


Figura 5.4 Detalle de instalación bomba y tuberías de salida

5.2 Programa de mantenimiento recomendado

Para el mantenimiento del canal se debe de realizar una limpieza de hojas y sedimentos que puedan llegar a obstruir la salida del agua y, de esta manera, evitar daños al mismo. Dicha limpieza se debe realizar, por lo menos, una vez cada seis meses. Siendo realizada por un auxiliar de servicio.

Para el mantenimiento del tanque, de igual manera que para el canal, se debe realizar una limpieza cada seis meses para asegurar la longevidad de este y sus accesorios. Dicha limpieza será realizada por la misma persona que realice la limpieza del canal.

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1 Resumen de costos de construcción, operación y mantenimiento

A continuación, se presenta un resumen de los costos con los detalles de las subpartidas presupuestadas para la implementación del sistema, de tal manera el total estipulado en la tabla 6.1 este ligado a los precios a la fecha y a los materiales utilizados, sin embargo, dichos precios pueden variar con el tiempo según el proveedor. Los costos de mano de obra están basados en el Contrato Colectivo de trabajo, cuyo periodo de validación corresponde al periodo entre Enero 2020 a Diciembre 2022.

Tabla 6.1 Resumen presupuesto para elaboración de sistema

Descripción	Sub-total (USD \$)	Porcentaje (%)
1. Terracería	13.99	1
2. Estructuras de concreto armado	332.59	13
3. Instalaciones hidráulicas	2,116.63	83
4. Instalaciones electricas	100.00	4
Total	2,563.22	100

Fuente: Elaboración propia.

El costo de operación del sistema de ahorro de agua está calculado con respecto a una bomba eléctrica de 1 hp, por lo tanto, su costo está directamente relacionado al producto proporcionado por los proveedores, por el precio del objeto a la fecha de consulta, y por el precio por hora de la energía eléctrica y por la entidad encargada de proveerla en la zona.

Tabla 6.2 Costo de operación mensual de la alternativa seleccionada

Costo de operación mensual	
Descripción	Sub-total
Costo energía eléctrica para la bomba	USD \$ 23.09

Fuente: Elaboración propia.

Como se mencionó en el capítulo 4, al costo para el mantenimiento del sistema se le da un valor de USD\$ 5.40, ya que el pago por jornada a un auxiliar es de USD\$ 10.80, sin embargo, en la Universidad ya se contempla la limpieza de canaletas como parte de su plan de mantenimiento para

todos los edificios que posee la institución, entonces el Edificio de Cero Energía Neta ya está incluido en el mantenimiento por lo tanto se puede prescindir de este costo.

6.2 Análisis sobre componentes del sistema

Según la Norma Técnica de Abastecimiento de ANDA, se debe diseñar con componentes que tengan una vida útil de 20 años, sin embargo, algunos fabricantes de tanques proveen una garantía de por vida en sus tanques cisterna y, por último, las canaletas, tuberías y accesorios de PVC, con limpiezas periódicas y el mantenimiento según lo planeado en los capítulos anteriores, el funcionamiento de estos no se verá afectado a lo largo de la vida del sistema.

6.3 Comparación de eficiencia de costo del sistema

La inversión inicial para el sistema asciende USD\$ 2,563.22, con el costo del tanque de USD\$ 1,395.00 se aprecia que este componente abarca un 54% del costo total. Con el costo de producción de agua potable de ANDA en Antiguo Cuscatlán es de USD \$0.97 por metro cúbico y tomando en cuenta el porcentaje de ahorro de cada mes, se llega a un ahorro anual de USD\$ 12.70. Con este dato de ahorro anual, se calcula que se necesitarían 202 meses, aproximadamente 17 años, para recuperar la inversión inicial.

En 2010, Castañeda ha indicado que en los países de nuestro continente los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia son opciones que de manera técnica son viables, pero como desventaja presentan una alta inversión inicial. Los resultados de esta tesis indican un alto tiempo de retorno de inversión para la Institución Educativa de su investigación como en el edificio de energía neta cero, este es de 16 años aproximadamente (Castañeda, 2010).

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- La inversión inicial para implementar el Sistema de recolección de aguas lluvias asciende USD\$ 2,563.22, cantidad que puede variar dependiendo del contratista. El cual es un monto relativamente bajo, y que puede reducirse aún más si se logra financiamiento externo para ello. Sin embargo, como desventaja se tiene que, según el costo del agua y la cantidad de agua a ahorrar, se recupera la inversión inicial en 17 años. De acuerdo con Castañeda el periodo de retorno de estos sistemas ronda los 16 años aproximadamente debido al pequeño monto de ahorro al mes comparado con la alta inversión para la implementación del sistema (Castañeda, 2010).
- Debido a que la fuente de energía del Edificio de Energía Neta Cero es solar y, por lo tanto, renovable, el sistema de captación de agua lluvia puede no generar un costo extra de gasto energético para la Universidad si se conecta su funcionamiento a esta fuente.
- Por la disponibilidad de agua lluvia se utilizará un tanque de 8000 litros de capacidad, con medidas de dos con treinta metros (2.30 m) de diámetro y dos con cincuenta metros (2.50 m) de altura con un sistema de bombeo. Sin embargo, pueden evaluarse otras alternativas de tanques u otras opciones para el uso más eficiente del agua.
- Como tiempo estimado para la correcta implementación se estiman tres días, por tanto, la obra será de rápido desarrollo si las condiciones climatológicas así lo permiten y sin ningún tipo de atraso por parte del contratista.
- Debido a que el sistema propuesto es meramente de captación y uso de agua lluvia, el uso del servicio de ANDA para el Edificio de Energía Neta Cero de la universidad se verá reducido en un porcentaje promedio anual de 3%.

7.2 Recomendaciones

- Para el mantenimiento del canal se recomienda que el mismo personal de la universidad se encargue de la tarea, debido a que, no es una tarea de alta complejidad. Dicho mantenimiento se reduce a la limpieza del canal, liberar las canaletas y tuberías de posibles tapones de hojas, ramas pequeñas, polvo, entre otros pequeños estorbos, los cuales pueden llegar a obstruir la alimentación del tanque. Con respecto a la programación de la limpieza del canal se

recomienda efectuarla por lo menos antes de cada invierno para que, con el tiempo, no se dañe el mismo y no haya problemas de rebalse en este.

- Debido a que el mantenimiento del tanque no es una tarea tan sencilla se recomienda ponerse en contacto con el fabricante. O en su defecto, la universidad debe asumirlo con personal capacitado y empleando las indicaciones por parte del fabricante, en general: una limpieza cada seis meses, una limpieza antes de cada estación seca, puesto que, son los meses más calurosos y habrá más proliferación de patógenos; y la adición de un filtro de sedimentos.
- La bomba recomendada a utilizar no requiere mayor mantenimiento aparte de la limpieza que indique el fabricante en el manual. Se encontrarán tres tamaños de boquillas que modifican la potencia del motor debido a la presión que generan las mismas. Se hace énfasis que la bomba solo necesita agua para lubricarse y que en ninguna circunstancia debe de usarse la bomba en seco.
- En el presente trabajo se propuso que la bomba se conecte al sistema de energía solar del Edificio de Energía Neta Cero para no generar un gasto extra en el ámbito energético a la universidad. Sin embargo, se recomienda que se consulte a un ingeniero electricista para observar la factibilidad de una implementación de otro panel solar para el edificio y poder llevar de forma más eficiente el consumo de energía eléctrica por parte del sistema.
- El sistema consta con un botagua para evitar que el agua se filtre dentro del edificio. Se recomienda implementar una fascia para mejorar la estética de edificio, tomando en cuenta que sería un costo extra considerable. “Dicho costo es de \$45.00, precio de metro cuadrado, de fascia instalada con materiales y mano de obra. Si se considera una fascia de 60 centímetros de alto y 12 metros de largo, su costo asciende a \$324.00” (Arq. B. Flores, Construtecho Centroamérica, comunicación personal, 08 de febrero de 2022).
- Debido a simplificaciones consideradas para la elaboración de propuestas y alternativas, algunos componentes podrán o deberán ser cambiados para asegurar la estabilidad hidráulica y estructural del sistema. Para ello se recomienda verificar más detalladamente los diámetros de tuberías que alimentarán el tanque, las condiciones de suelo debajo de este, el funcionamiento de la losa de concreto ante solicitaciones y, en caso se reconsidere la adición de la estructura metálica, se debe incluir un análisis estructural para esta también.

REFERENCIAS

ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS (ANDA) (1998). Normas Técnicas para Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillados de Aguas Negras [Versión electrónica]. Consultado el 27 de agosto de 2021

CASTAÑEDA, N. (2010). Propuesta de un Sistema de Aprovechamiento de Agua Lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la Institución Educativa María Auxiliadora De Caldas, Antioquia. [Versión electrónica]. Universidad De Antioquia Escuela Ambiental. Consultado el 08 de enero de 2022.

CONSEJO DE ALCALDES Y OFICINA DE PLANIFICACIÓN DEL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR (COAMSS - OPAMSS) (1995). Reglamento a la Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del AMSS y Municipios Aledaños (RLDOT-AMSS). (Consulta: 26/08/2021)

CONSEJO DE ALCALDES Y OFICINA DE PLANIFICACIÓN DEL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR (COAMSS - OPAMSS) (2021) Resumen Ejecutivo de la Guía Técnica para el diseño de SUDS en el AMSS. (Consulta: 26/08/2021)

CONSEJO DE ALCALDES Y OFICINA DE PLANIFICACIÓN DEL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR (COAMSS - OPAMSS) (2021) Propuesta Reglamento V.14 OPAMSS. (Consulta: 07/02/2021)

LUCERO, A. Y OLIVAR, V. (2015). Trabajo de graduación: Modelaje de un Sistema Hidráulico a Presión en Sistemas de Información Geográfica (SIG), para Optimizar su Operación y Mantenimiento [Versión electrónica]. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. Consultado el 19 de octubre de 2021.

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD) (2019). El Salvador, Informe Anual 2018. [Versión electrónica]. Consultado el 4 de octubre del 2021.

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD) (2020). El Salvador, Informe Anual 2019. [Versión electrónica]. Consultado el 4 de octubre del 2021.

Sindicato de Trabajadores De La Construcción y Conexos Salvadoreños (SITRACOCS) (2020) Contrato Colectivo de Trabajo, 2020 a 2022. [Versión electrónica]. Consultado el 29 de noviembre de 2021.

TORRES, O. (2019). Informe Final de la Consultoría para el diseño de Sistemas de Reutilización de Aguas Lluvias en Proyectos de Viviendas. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Consultado el 28 de noviembre de 2021.

UNIDAD DE INTELIGENCIA ECONÓMICA (UIE), MINISTERIO DE ECONOMÍA DE EL SALVADOR (MINEC) (2019). Producto Interno Bruto (PIB) 2018 [Versión electrónica]. Consultado el 25 de octubre de 2021

Fuentes electrónicas

<https://www.anda.gob.sv/pliego-tarifario/>. (Consulta: 03/01/2022)

https://www.transparencia.gob.sv/institutions/fonaes/executing_works?page=1. (Consulta: 20/09/2021).

<https://www.siget.gob.sv/wp-content/plugins/download-manager/viewer/viewer.php?dl=https://www.siget.gob.sv/wp-content/uploads/download-manager-files/Precios%20de%20Energia%20-%20Julio%202021.pdf>. (Consulta: 05/01/2022).

<https://franklinagua.com/productos/residencial-superficie/bombas-jet/serie-versajet.aspx#OrderInfoTab2>. (Consulta: 06/01/2022).

<https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/guia-practica-de-captacion-de-agua-lluvia/>. (Consulta: 20/09/2021).

CEPIS (s.f). Metodología del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Guía de diseño para captación del agua de lluvia. <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/guia-de-diseno-para-captacion-del-agua-de-lluvia/>.(Consulta: 08/01/2022)

COPELCO (s.f). Consumo de artefactos eléctricos. <https://copelnet.com.ar/informacion-de-interes/energia/consumo-de-artefactos-electricos>. (Consulta: 08/01/2022)

DURMAN (s.f.) Guía de instalación y mantenimiento. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiRgLGmVpN1AhUvSjABHcFDDxQQFnoECAIQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.durman.com%2Fdescargas%2FRotomoldeo%2Fguia%2Fguiatanquesold.pdf&usg=AOvVaw3YNDNY-jFZQIJRm3ET0s1p>. (Consulta: 26/01/22)

DURMAN (s.f.), Manual y Guía de Instalación para Tanque Cisterna. <https://www.durman.com/descargas/Rotomoldeo/GI%20Cisterna.pdf>. (Consulta: 03/01/2022).

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (MARN) (2018). Guía práctica de captación de agua lluvia. <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/guia-practica-de-captacion-de-agua-lluvia/>. (Consulta: 17/10/2021)

MINISTERIO DE ECONOMÍA (2019). Producto interno bruto (PIB) 2018. <http://docplayer.es/196642230-Producto-interno-bruto-pib.html>. Consulta: 4 de octubre del 2021.

ROTOPLAS (2014) Soluciones para Mejora de Saneamiento. Sistema de Captación Pluvial para Viviendas Ubicadas en Comunidades Rurales. https://issuu.com/ferick87/docs/instructivo__captacion_pluvial_roto (Consulta: 17/10/21)

ROTOPLAS (2021) Ficha técnica 6, 15, 22, y 25 L. <https://rotoplascentroamerica.com/catalogo/tanques-de-almacenamiento/>. (Consulta: 26/01/22)

ROTOTEC (s.f). Construcción - Tanques y Cisternas para Agua - Línea Premium. <https://www.rototec.com.gt/l-nea-premium>. (Consulta 20/11/2021).

SUPERINTENDENCIA GENERAL DE ELECTRICIDAD Y TELECOMUNICACIONES (SIGET) (s.f.), Precios de la energía eléctrica a trasladar a las tarifas de las distintas empresas distribuidoras. <https://www.transparencia.gob.sv/institutions/siget/documents/otra-informacion-de-interes>. (Consulta: 08/01/2022)

REYES, M., RUBIO, J. (2014) Descripción de los Sistemas de Recolección y Aprovechamiento de Aguas Lluvias [Versión electrónica]. <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2089/1/Recoleccion-aguas.pdf>. (Consulta: 27/08/2021)

VIDRÍ (s.f). Catálogo de productos en línea. <https://www.vidri.com.sv/>. (Consulta: 20/11/2021)

ANEXO A
INFORMACIÓN SOBRE EDIFICIOS UCA

ANEXO A
INFORMACIÓN SOBRE EDIFICIOS UCA



Figura A- 1 Plano de ubicaciones y catastral UCA. Provisto por la oficina de Dirección Administrativa y modificado

Tabla A - 1 Cálculo de Caudales en Cada Edificio

Nombre del edificio	Dotación (l/alumno/día)	Alumnos	Caudal (l/día)	Dotación (l/m ² /día)	Área (m ²)	Caudal (l/día)	Dotación (l/asiento/día)	Asientos	Caudal (l/día)	Caudal Total (l/día)	Caudal Total (l/s)
Martín Baró	40	280	11200	6	104.8	628.68				11828.6	0.137
Taller de arquitectura				6	324	1944				1944	0.022
ICAS	40	900	3600	6	135	810	3	300	900	37710	0.436
Cafetería ICAS				15	85.8	1287				1287	0.015
Administración (se agrega dotación de clínica con 1 consultorio o 500 L/día)				6	3422	20532				21032	0.243
Magnas	40	1000	40000							40000	0.463
Centro de Cómputo				6	819.2	4915.26				4915.26	0.057
Cafetería Central				50	461.1	23055				23055	0.267
Auditorio Ignacio Ellacuría							3	500	1500	1500	0.017
Biblioteca				6	4433	26598.3				26598.2	0.308
Edificio Francisco Suarez				6	841	5045.76				5045.76	0.058
Ed. Ciencias Fluidicas	40	240	9600	6	2034	12203.6				21803.6	0.252
Ed. John de Cortina y Ed. D	40	1050	42000	6	4579	27472				69472.2	0.804
IUDOP				6	854.5	5126.76				5126.76	0.059
CMR				6	3322	11929.6				19929.6	0.231
Capilla							3	70	210	210	0.002
Cubiculo A Profesores				6	1308	7848.96				7849.2	0.091
Cubiculo B Profesores				6	2643	15859.2				15859.2	0.184
Servicio Social				6	751.2	4507.2				4507.2	0.052

Nombre del edificio	Dotación (l/alumno/día)	Alumnos	Caudal (l/día)	Dotación (l/m ² /día)	Área (m ²)	Caudal (l/día)	Dotación (l/asiento /día)	Asientos	Caudal (l/día)	Caudal Total (l/día)	Caudal Total (l/s)
CAE				6	168.48	1010.88				1010.88	0.012
Publicaciones				6	323.76	1942.56				1942.56	0.022
Cafetería Anexa				30	81.6	2448				2448	0.028
Edificio Comunicaciones	40	100	4000	6	2406.2	14438.08				18437.1	0.213
Cubículo de Instructores				6	350	2100				2100	0.024
Clínica Dental										1000	0.012
Aulas A	40	800	32000							32000	0.37
Aulas B	40	800	32000							32000	0.37
Laboratorio de Psicología				6	511	3066				3066	0.035
Librería				6	363.3	2179.8				2179.8	0.025
Aulas C	40	400	16000							16000	0.185
Polideportivo (se suman otros caudales por otros usos)				6	151.8	3217.8				3217.8	0.037
Cafetería Polideportivo				15	69.2	1038				1038	0.012
LEG				20	539.66	10793.2				10793.2	0.125
Mantenimiento				6	2942.7	17656.2				17656.2	0.204
Despensa				15	290.68	4360.2				4360.2	0.05
Oficinas MINED				6	976.82	5860.92				5860.91	0.068
Chorros				0.001 l/s/chorro	33 chorros						0.33
										Total	5.46

Fuente: Tomada del trabajo de graduación “ Modelaje de un Sistema Hidráulico a Presión en Sistemas de Información Geográfica (SIG), para Optimizar su Operación y Mantenimiento” (2015) y modificada.

ANEXO B
ALTERNATIVAS PRELIMINARES

ANEXO B
ALTERNATIVAS PRELIMINARES

Tabla B - 1 Cálculos de oferta, demanda y potencial de ahorro de la Cafetería Anexa

Mes	Demanda			Almacenamiento				
	Días	Demanda (l/mes)	Demanda acumulada (l)	mm / mes	l / mes	Oferta acumulada (l)	Volumen (l)	Potencial de ahorro (%)
Septiembre	30	39060	39060	330	8000.0	8000.0	-31060.0	20%
Octubre	31	40362	79422	221	8000.0	16000.0	-63422.0	20%
Noviembre	30	39060	118482	44	1814.1	17814.1	-100667.9	15%
Diciembre	31	40362	158844	8	329.8	18144.0	-140700.0	11%
Enero	31	40362	199206	3	123.7	18267.7	-180938.4	9%
Febrero	28	36456	235662	1	41.2	18308.9	-217353.1	8%
Marzo	31	40362	276024	10	412.3	18721.2	-257302.8	7%
Abril	30	39060	315084	41	1690.4	20411.6	-294672.4	6%
Mayo	31	40362	355446	167	6885.4	27297.0	-328149.0	8%
Junio	30	39060	394506	281	8000.0	35297.0	-359209.0	9%
Julio	31	40362	434868	317	8000.0	43297.0	-391571.0	10%
Agosto	31	40362	475230	318	8000.0	51297.0	-423933.0	11%

Fuente: Elaboración propia

Tabla B - 2 Cálculos de oferta, demanda y potencial de ahorro de la Polideportivo

Mes	Demanda			Oferta				
	Días	Demanda (l/mes)	Demanda acumulada (l)	mm / mes	l / mes	Oferta acumulada (l)	Volumen (l)	Potencial de ahorro (%)
Septiembre	30	134100	134100	330	8000.0	8000.0	-126100.0	6%
Octubre	31	138570	272670	221	8000.0	16000.0	-256670.0	6%
Noviembre	30	134100	406770	44	6228.2	22228.2	-384541.8	5%
Diciembre	31	138570	545340	8	1132.4	23360.6	-521979.4	4%
Enero	31	138570	683910	3	424.7	23785.3	-660124.8	3%
Febrero	28	125160	809070	1	141.6	23926.8	-785143.2	3%
Marzo	31	138570	947640	10	1415.5	25342.3	-922297.7	3%
Abril	30	134100	1081740	41	5803.6	31145.9	1050594.2	3%
Mayo	31	138570	1220310	167	8000.0	39145.9	1181164.2	3%
Junio	30	134100	1354410	281	8000.0	47145.9	1307264.2	3%
Julio	31	138570	1492980	317	8000.0	55145.9	1437834.2	4%
Agosto	31	138570	1631550	318	8000.0	63145.9	1568404.2	4%

Fuente: Elaboración propia

ANEXO C
ALTERNATIVAS EVALUADAS PARA PROPUESTA

ANEXO C
ALTERNATIVAS EVALUADAS PARA PROPUESTA

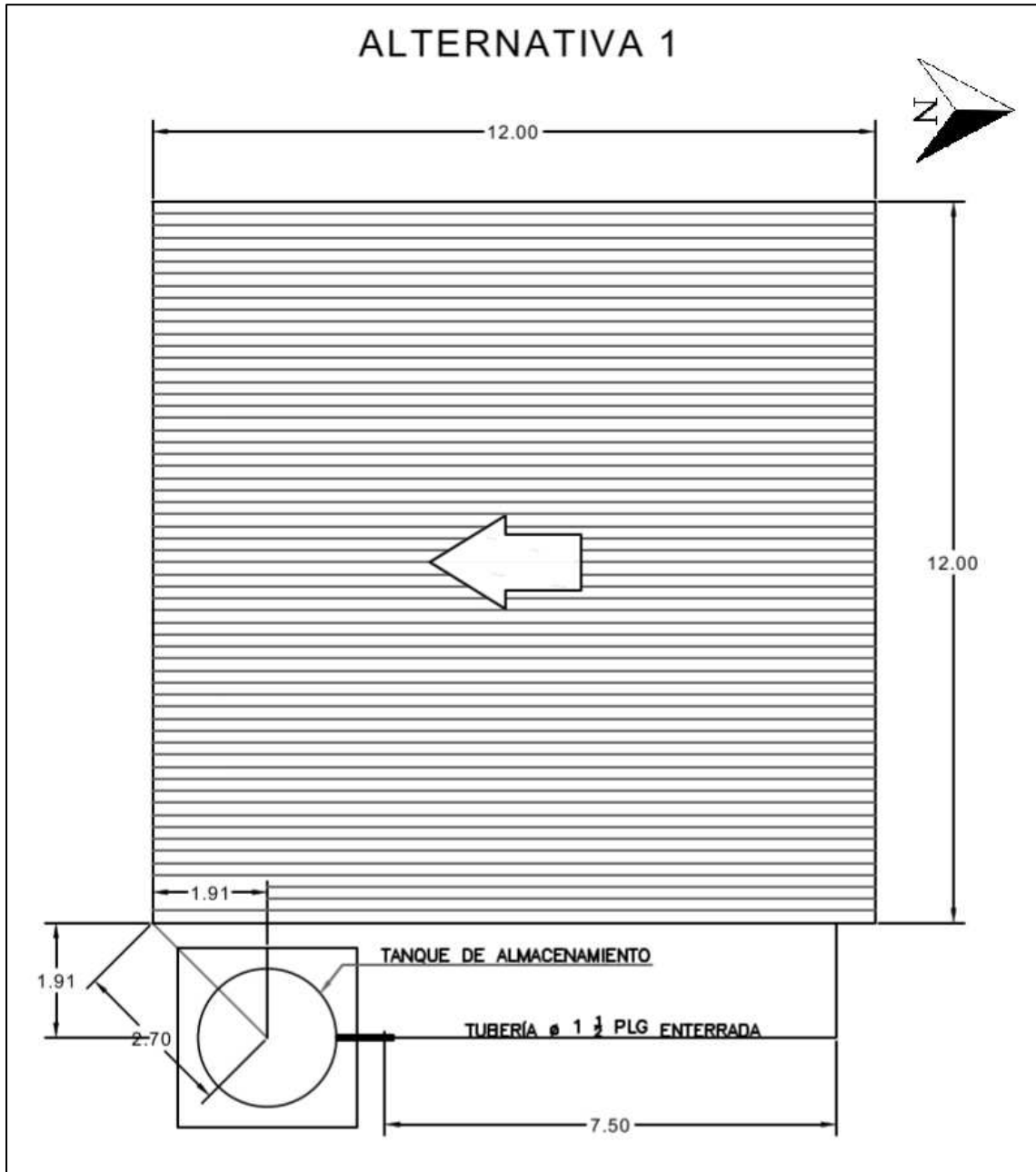


Figura C - 1 Alternativa 1 para ubicación de tuberías de distribución

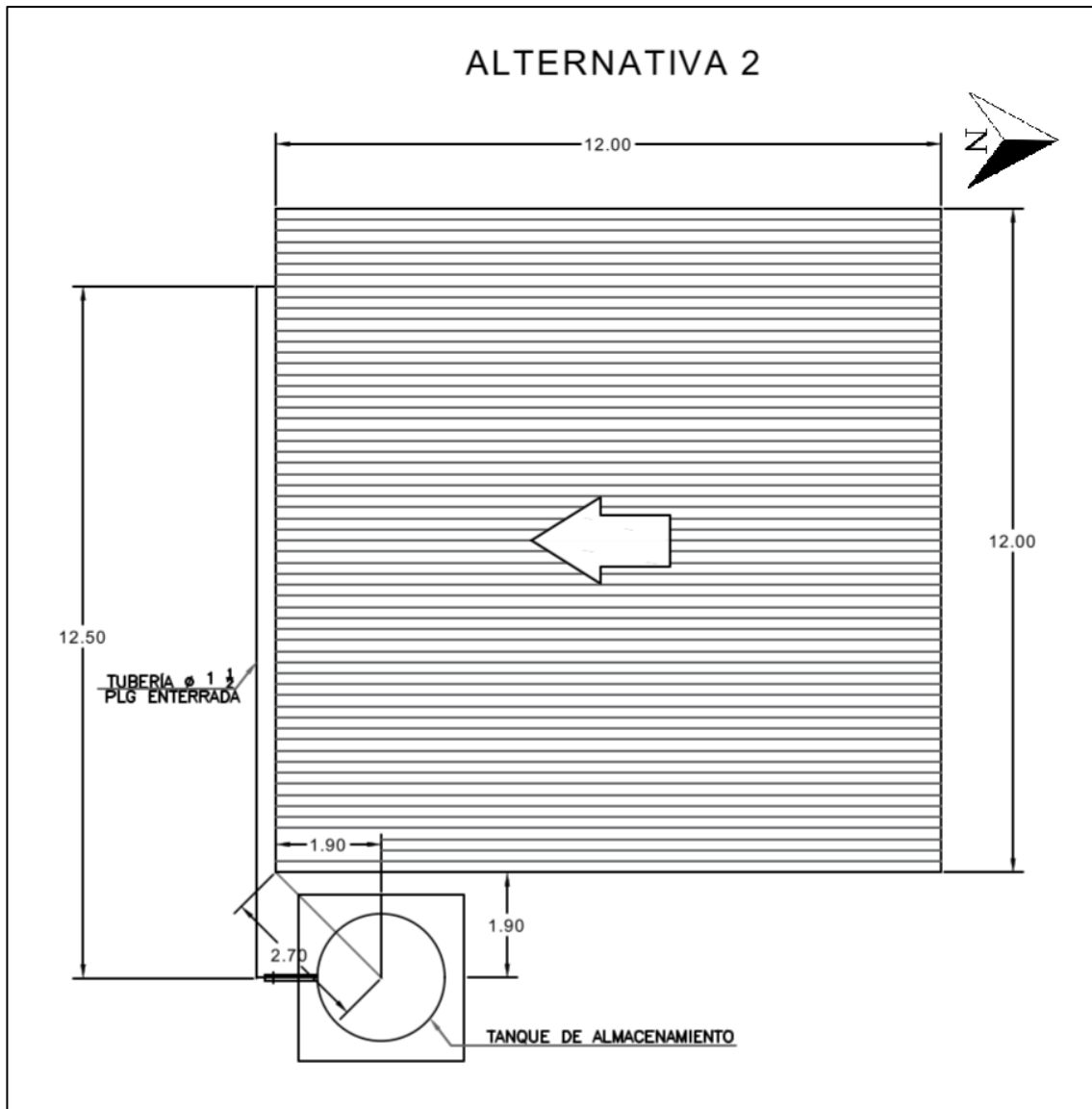


Figura C - 2 Alternativa 2 para ubicación de tuberías de distribución

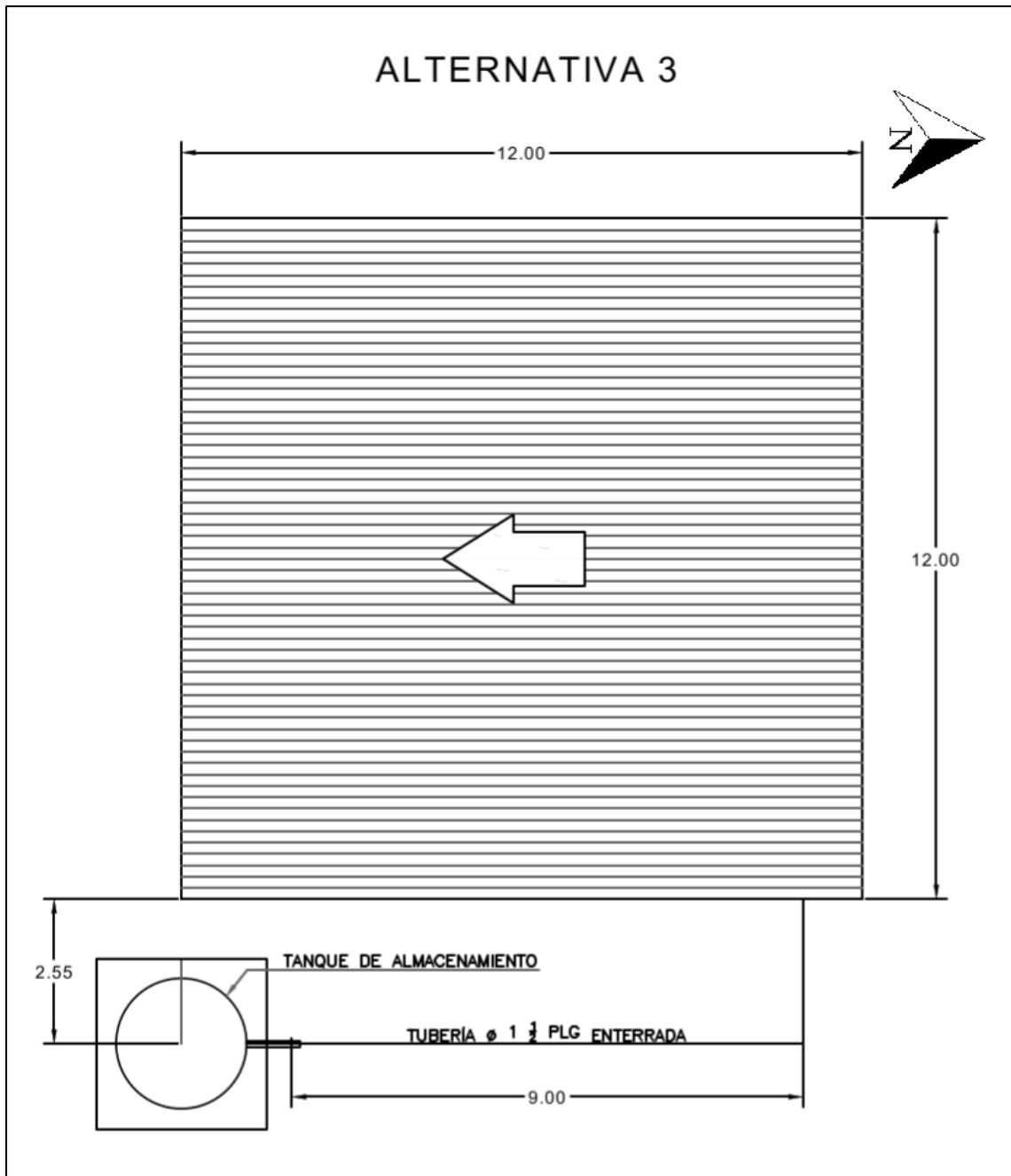


Figura C - 3 Alternativa 3 para ubicación de tuberías de distribución

ALTERNATIVA 4

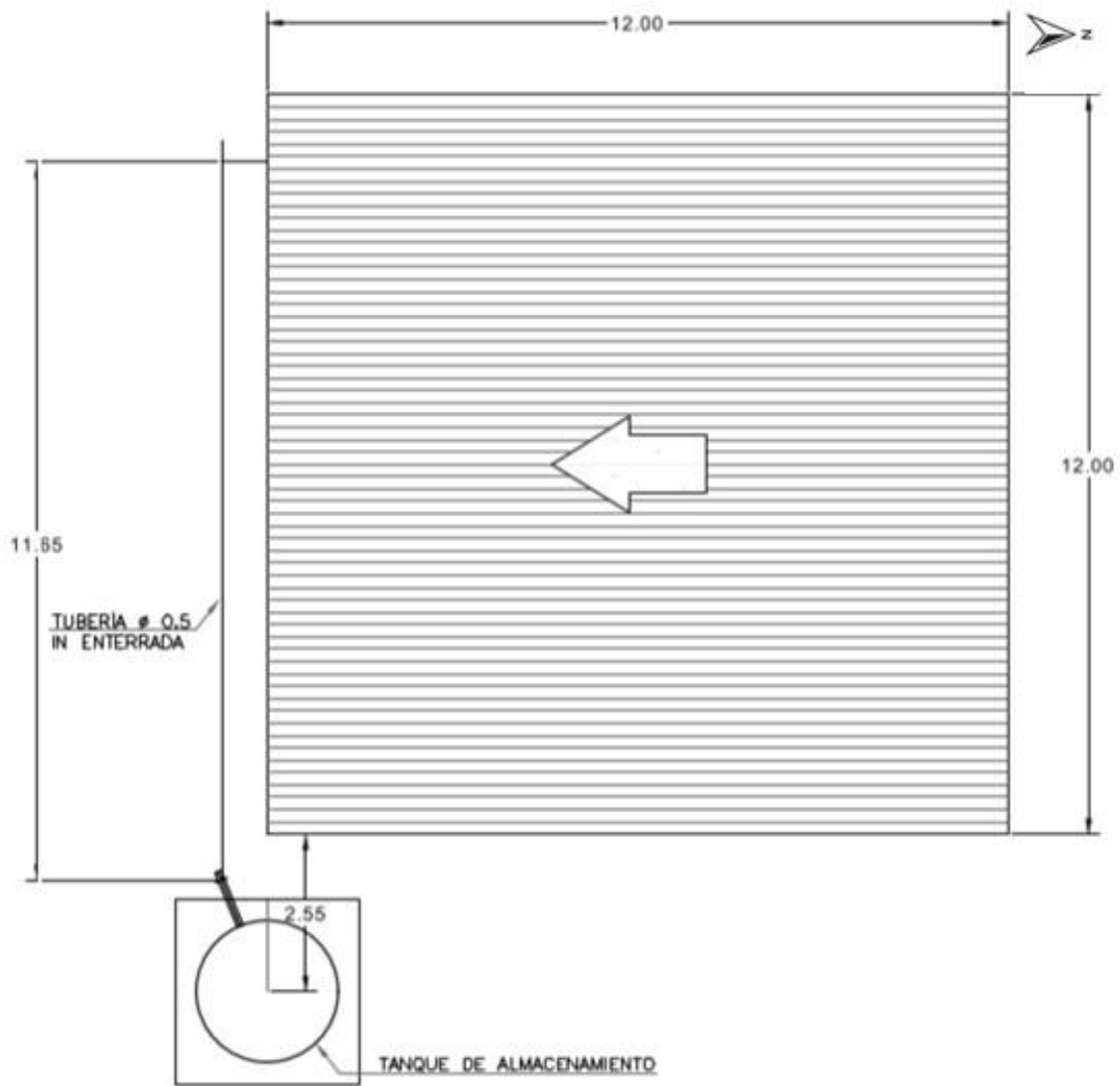


Figura C - 4 Alternativa 4 para ubicación de tuberías de distribución

ANEXO D
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA CONSTRUCCIÓN

ANEXO D
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA CONSTRUCCIÓN

Tabla D - 1 Cronograma de Actividades para Construcción

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES				
	Descripción	día 1	día 2	día 3
		8:00 AM a 4:00 PM		
A	Remoción de adoquines	■		
B	Excavación		■	
C	Colocación y compactación de grava		■	
D	Armaduría y colocación de molde		■	
E	Elaboración y colado de concreto		■	
F	Curado de concreto			
G	Colocación de tanque y tubería			■
H	Colocación de bomba			■
I	Colocación canal, botagua; lámina, pegamento y pernos			■

Fuente: Elaboración propia