



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CAMPUS I**



**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS, OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO DEL PROYECTO DE DRENAJE PLUVIAL DE LA
4ª. CALLE ORIENTE SUR EN TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS”**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA CON FORMACIÓN EN
CONSTRUCCIÓN**

PRESENTA

VÍCTOR HUGO RUIZ HERNÁNDEZ 13012029

DIRECTOR DE TESIS:

DR. MOISÉS NAZAR BEUTELSPACHER

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; Abril de 2024.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE INGENIERÍA C-I



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
15 de abril del 2024
Oficio No. F.I.01.669/2024

C. VICTOR HUGO RUIZ HERNÁNDEZ
EGRESADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CON FORMACIÓN EN CONSTRUCCIÓN
PRESENTE.


Con base en el Reglamento de Evaluación Profesional para los egresados de la Universidad Autónoma de Chiapas, y habiéndose cumplido con las disposiciones en cuanto a la aprobación por parte de los integrantes del jurado en el contenido de su Tesis Titulada:

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL PROYECTO DE DRENAJE PLUVIAL DE LA 4ª CALLE ORIENTE SUR EN TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS”.


CERTIFICO el **VOTO APROBATORIO** emitido por este jurado, y autorizo la entrega de tesis digital elaborada a través del Programa Institucional para la Obtención del Grado Académico (PIGA), para que sea sustentado en su Examen de grado de Maestro en Ingeniería con Formación en Construcción.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
“POR LA CONCIENCIA DE LA NECESIDAD DE SERVIR”


DR. OMAR ANTONIO DE LA CRUZ COURTOIS
DIRECTOR



 Ccp. Dr. Humberto Miguel Sansebastián García. Coordinador de Investigación y Posgrado. Facultad de Ingeniería, Campus I. UNACH.
Archivo/minutario
OACC/HMSG/lcpg*





Código: FO-113-05-05

Revisión: 0

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LA TESIS DE TÍTULO Y/O GRADO.

El (la) suscrito (a) Víctor Hugo Ruiz Hernández, Autor (a) de la tesis bajo el título de Análisis Comparativo de Costos, Operación y Mantenimiento del Proyecto de drenaje pluvial de la 4ª calle oriente sur en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas presentada y aprobada en el año 2024 como requisito para obtener el título o grado de Maestro en Ingeniería con Formación en Construcción, autorizo licencia a la Dirección del Sistema de Bibliotecas Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH), para que realice la difusión de la creación intelectual mencionada, con fines académicos para su consulta, reproducción parcial y/o total, citando la fuente, que contribuya a la divulgación del conocimiento humanístico, científico, tecnológico y de innovación que se produce en la Universidad, mediante la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Consulta del trabajo de título o de grado a través de la Biblioteca Digital de Tesis (BIDITE) del Sistema de Bibliotecas de la Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH) que incluye tesis de pregrado de todos los programas educativos de la Universidad, así como de los posgrados no registrados ni reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad del CONACYT.
- En el caso de tratarse de tesis de maestría y/o doctorado de programas educativos que sí se encuentren registrados y reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Consejo Nacional del Ciencia y Tecnología (CONACYT), podrán consultarse en el Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma de Chiapas (RIUNACH).

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; a los 23 días del mes de abril del año 2024.

Víctor Hugo Ruiz Hernández

Nombre y firma del Tesista o Tesistas

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma de Chiapas

Por la oportunidad que me brindó para obtener mi tan anhelado grado Académico.

A la Facultad de Ingeniería

Por las enseñanzas y los conocimientos recibidos durante mis estudios, a través de los catedráticos que trabajaron en mi formación, primero en la Licenciatura y ahora en el Posgrado.

Al programa PIGA

Al Dr. Carlos Ignacio López Bravo, coordinador del programa, por su valioso apoyo, su sabiduría y su paciencia; e indudablemente a la Maestra Claudia Olivia Ichín Gómez, por todo su conocimiento, experiencia y enorme apoyo, para que con toda su paciencia, pudiera culminar esta investigación.

A mi Director de Tesis

Dr. Moisés Nazar Beutelspacher, por su dedicación, sapiencia, orientación, y enorme apoyo durante la revisión y seguimiento de este trabajo, gracias a los cuales pude concluir la investigación de mi tesis.

A mis asesores de Tesis

Dr. Juan José Cruz Solís
Dr. Alexander López González
Por la importante aportación a esta investigación, con la revisión, comentarios y apoyo incondicional, para dejar un mejor trabajo.

Dedicatorias

A Dios

Por haberme dado la vida y permitirme cumplir este logro académico.

A mis padres

Joel Ruiz García (+) y

Luvia Hernández Acevedo (+)

Por todos los sacrificios y esfuerzos que tuvieron que realizar para mi formación profesional, que a la postre fue la base que me permitió concluir hoy en día, el grado académico de Maestría, grado con el cual, estoy seguro que donde estén, se sentirán muy orgullosos de mí.

A mi esposa y mis hijos

Rosario, Hugo Abraham y Monserrat
Porque son la motivación de mi vida y la razón de mi existencia, por ustedes seguiré adelante, esforzándome cada día por ser mejor.

.

INDICE

Introducción.....	1
Antecedentes	1
Justificación	2
Problema	2
Objetivos.....	3
General	3
Específicos	3
Marco Teórico.....	4
El sistema pluvial	4
El objetivo y las funciones del sistema Pluvial	5
Cómo funciona el Drenaje Pluvial	5
Factores por considerar en el diseño del sistema de alcantarillado pluvial	6
Reconocimiento de campo.	6
Aspectos hidrológicos.....	7
Determinación del área de drenaje de la cuenca.....	7
Determinación del área de drenaje de cada colector.	7
Intensidad de lluvia y duración.....	7
Evaluación del caudal de diseño.	7
Sistemas de Alcantarillado Pluvial.....	8
Alcantarillado Pluvial Particular.	8
Alcantarillado Pluvial General.....	8
Alcantarillado Pluvial Municipal.	8
Materiales de las alcantarillas:	9
El concreto (prefabricado y colado en obra).	9

El metal:	10
El plástico:	10
Las propiedades de los materiales	11
Clasificación de las Alcantarillas	11
Tratamiento de los extremos de las alcantarillas.	11
Muros de cabecera y muros laterales:.....	12
Extremo en inglete:	12
Extremo saliente:	12
Delantales:.....	12
Disipadores de energía:	12
Consideraciones medioambientales	12
Criterios de diseño y mantenimiento de sistemas de drenaje urbano sostenible	13
Diseño hidrológico:.....	13
Selección de materiales:	13
Mantenimiento:.....	13
Sostenibilidad en el diseño	13
Rehabilitación y mantenimiento de alcantarillas	14
Revestimiento deslizante:	14
Forro enrollado en espiral:	14
Revestimiento curado en sitio (CIP):	15
Las camisas CIP.....	15
Revestimiento de PVC en rollo:	15
Revestimiento de PEAD deformado-reformado:.....	15
Revestimiento con mortero de cemento proyectado:	15

Tuberías	16
La tubería de polietileno de alta densidad o tubería PEAD	16
Características	17
Durabilidad	17
Flexibilidad	18
Resistencia a la corrosión	18
Estable a las variaciones térmicas:	18
Baja conductividad eléctrica:	18
Ausencia de toxicidad:	18
Uniones:	18
Alta resistencia a la abrasión:	18
Ligereza:	19
Resistente a productos químicos:	19
Estabilidad térmica:	19
Propiedades químicas:	19
Poca rugosidad:	19
Desventajas	19
Accesorios	20
Metodología	21
Métodos	21
Enfoque cuantitativo:	21
Enfoque cualitativo:	22
Enfoque Mixto:	22
Procedimientos.	23
<input type="checkbox"/> Paso 1:	24

<input type="checkbox"/> Paso 2:.....	24
<input type="checkbox"/> Paso 3:.....	24
<input type="checkbox"/> Paso 4:.....	24
<input type="checkbox"/> Paso 5:.....	24
<input type="checkbox"/> Paso 6:.....	24
Limitaciones.	24
Participantes.	24
Muestra.	25
Técnicas.	25
Instrumentos.	25
Materiales y herramientas.	25
Resultados y Discusión.....	26
Conclusiones.....	33
Lista de Obras Consultadas	34
Apèndice (ANEXOS).....	36

Índice de Tablas

Tabla 1. Análisis comparativo de costos de cada sistema.	28
---------------------------------------------------------------	----

Índice de Figuras

Figura 1 Sección de Tramo del canal de concreto armado.....	27
Figura 2 Croquis de la sección de tramo de canal de concreto de Drenaje Pluvial..	27

Índice de graficas

Gráfica 1. Comparativa entre Dren y Tubería	29
----------------------------------------------------------	----

Índice de Imágenes

Imagen 1. Tubo de polietileno PADS de alta densidad de 24" corrugado con campana para dren pluvial.	31
Imagen 2. Canal de concreto armado.....	32

Resumen

En esta investigación se realizó un análisis de los costos de construcción, operación y del mantenimiento posterior a la ejecución del proyecto del dren pluvial en la zona oriente sur de la Colonia Terán de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, específicamente en la 4ª calle oriente sur, que a lo largo de los años ha afectado seriamente a los vecinos de esta calle en particular, sabiendo que cada año las precipitaciones pluviales generan una gran cantidad de agua, y que necesariamente tiene que circular por las calles, La pavimentación en las partes altas de la ciudad contribuye a que estos escurrimientos sean cada vez más abundantes y, por ende, se presenten más afectaciones en las partes bajas.

El objetivo de esta investigación es el de calcular los costos de construcción, de operación y del mantenimiento de los sistemas de drenaje pluvial, con la finalidad de tratar de manera correcta este problema, asegurando que tanto el proceso inicial de diseño y creación, como el de mantenimiento, sean los apropiados, convenientes y sostenibles, evaluando el estado, materiales, rendimientos y métodos, desde un punto de vista hidráulico y económico.

Para llevar a cabo el proceso de investigación, se definió el problema central, se establecieron los objetivos, y se realizó una investigación documental, la cual se expone en el marco teórico; definiendo términos que fueron de utilidad para la comprensión de los datos que necesitamos entender y relacionar durante el proceso de esta investigación. Habiéndose realizado la investigación, y la comparativa entre los sistemas de conducción para las aguas pluviales en un tramo de 12.00 metros de longitud, y después de estudiarse e interpretarse en los resultados y la discusión, podemos afirmar que la mejor opción para el diseño, elaboración y creación, así como de la aplicación y del mantenimiento de un dren pluvial, es el uso de tubería de polietileno de Alta Densidad corrugada con campana ADS, por su durabilidad, flexibilidad y estabilidad a variaciones técnicas y con resistencia suficiente a diferentes elementos, sin descartar que esta investigación podrá continuarse, tomándose en cuenta otros marcos de referencia, o los mismos, solo que con diferentes criterios de análisis .

Introducción

El Análisis Comparativo de Costos, Operación y Mantenimiento en el Proyecto de Drenaje Pluvial de la 4° calle oriente sur de la Colonia Terán en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas es el tema de estudio que se llevó a cabo en esta investigación, para lo cual se presenta en este trabajo el análisis de las opciones más convenientes para la realización de este tipo de infraestructura pluvial.

Antecedentes

Según lo señalado por el INEGI (2010), El municipio de Tuxtla Gutiérrez cuenta con un área de 412.40 km², localizado sobre la depresión central de Chiapas, a una altitud media de 600 msnm, entre dos sistemas fisiográficos importantes: sierra Madre del Sur y sierra del Norte de Chiapas. El área urbana se adentra en la zona central del valle; la superficie urbanizada es de 140 km², que representa el 34 % del total de la superficie del municipio.

El Blog México Turista (2023) indica que Tuxtla Gutiérrez es la capital del estado de Chiapas y es conocida por su hermoso clima tropical durante todo el año. Este clima es un gran atractivo turístico para la ciudad, ya que permite a los visitantes y a los mismos ciudadanos disfrutar de actividades al aire libre en cualquier época del año.

Tuxtla Gutiérrez tiene un clima tropical húmedo con temperaturas cálidas durante todo el año. La temperatura promedio es de alrededor de 27 grados Celsius (81 grados Fahrenheit) durante todo el año, lo que significa que nunca hace demasiado frío o demasiado calor.

El clima de Tuxtla Gutiérrez tiene un gran impacto en la vida diaria de sus habitantes. La temporada de lluvias en Tuxtla Gutiérrez comienza en mayo y termina en octubre. Durante este período, la ciudad experimenta fuertes lluvias, que pueden durar varias horas. Durante esta temporada, la ciudad puede experimentar inundaciones y deslizamientos de tierra, lo que dificulta el tráfico y la movilidad en la ciudad. Además, las fuertes lluvias pueden afectar la agricultura y la producción de alimentos en la región.

Justificación

En épocas de lluvia, y a causa de ondas tropicales que generan precipitaciones intensas, desembocando en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, tiene como consecuencia que cada año las calles y caminos se deterioren, provocando afectaciones como encharcamientos, inundaciones y vehículos arrastrados por las fuertes corrientes.

De igual manera, provoca inseguridad en la circulación de los peatones y vehículos, y genera gastos continuos del municipio y Gobierno del Estado, para la reparación y mantenimiento de las calles.

De continuar con este problema, al no tratarlo de manera correcta y desde su origen, las consecuencias serían: calles de la zona intransitables, daños viales en calles aledañas, riesgo a la seguridad de la ciudadanía, deterioro de la estética de la ciudad y un innegable aumento de inversión en reparación de calles, vías y drenajes.

Es por ello por lo que es necesario que se trabaje desde antes de la temporada de lluvias, en el arreglo correcto de los sistemas de drenaje pluvial de toda la ciudad, tomando en cuenta que esta es una de las razones principales de inundaciones en la ciudad.

Por lo mismo, es importante investigar acerca de las opciones más viables en el proyecto de alcantarillado pluvial, cerciorándose que tanto el proceso inicial de diseño y creación, como el de mantenimiento, sean los apropiados y convenientes.

Problema

En esta investigación se realizó un análisis de los costos de construcción, operación y del mantenimiento posterior a la ejecución del proyecto del dren pluvial en la zona oriente sur de la Colonia Terán de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, específicamente en la 4ª calle oriente sur, en un tema que a lo largo de los años ha afectado seriamente a los vecinos de esta calle en particular. Si bien es cierto, que cada año las precipitaciones pluviales generan una gran cantidad de agua, que necesariamente tiene que circular por las calles, la pavimentación en las partes altas de la ciudad contribuye a que estos escurrimientos sean cada vez más abundantes y, por ende, se presenten más afectaciones en las partes bajas.

Objetivos

General

Analizar los sistemas de drenaje pluvial a base de tubería circular y con canal de concreto armado.

Específicos

1. Calcular los costos de construcción de los sistemas de drenaje pluvial con tubería circular y con canal de concreto armado
2. Cuantificar los costos de operación de los sistemas de drenaje pluvial con tubería circular y con canal de concreto armado.
3. Obtener los costos de mantenimiento de los sistemas de drenaje pluvial con tubería circular y con canal de concreto armado.
4. Obtener datos de los dos sistemas de construcción empleados en la obra realizada.

Esta Tesis está dividida en capítulos que explican detalladamente el proceso que se llevó a cabo durante esta investigación.

En el primer capítulo se presenta el Marco Teórico, en donde después de hacer una investigación en diferentes bibliografías, (libros, publicaciones periódicas, tesis o documentos multimedia), se fundamenta teóricamente la investigación, con la finalidad de tener una idea más clara de los términos, conceptos y categorías de análisis que servirán como la base que cimiente nuestro objeto de estudio.

En el segundo capítulo, referente a la Metodología de la investigación, se exponen las características de la investigación de manera más específica, identificando los métodos, procedimientos, técnicas e instrumentos que se usarán con la muestra de estudio, para conseguir la información y datos requeridos.

En el capítulo de los Resultados y Discusiones se interpretan los resultados obtenidos a través del análisis cuantitativo de los datos recopilados; comparándose con hallazgos anteriores presentados en el marco teórico y enfatizando en los nuevos.

En el capítulo de las conclusiones se presentan de manera clara, los resultados obtenidos, destacando los aspectos más importantes del desarrollo de la investigación.

Finalmente, en las Referencias se indican todas aquellas fuentes de información que utilizamos en el marco teórico o durante la investigación; y en el apartado de anexos, se exhibe el catálogo de conceptos de la obra, en la que se pueden apreciar los conceptos, volúmenes y costos, así mismo, los planos utilizados con detalles de armado, en el caso del canal de concreto; así como las secciones, en el caso del tramo en el que se colocó la tubería.

Marco Teórico

En este capítulo se hace referencia a las investigaciones o trabajos realizados previamente y que puedan contribuir de manera importante a la investigación que se hace en esta tesis, mismas que analizan, tanto el tema de drenes pluviales empleándose tuberías, como utilizando canales rectangulares de concreto armado, para el mismo fin de conducir las aguas pluviales, para lo cual, y a manera de tener claro los conceptos que se manejarán durante esta investigación, de manera inicial, se definirán los conceptos básicos, con el fin de asimilar más fácilmente el objetivo de esta investigación.

El sistema pluvial

El tema central de esta investigación se refiere básicamente al análisis de un sistema pluvial, por lo cual es importante definirlo de la manera más clara posible, para poder entenderlo, por lo que podemos recurrir a la descripción que hace la revista española IAGUA MAGAZINE en su publicación 47 del año 2018, quien lo define como un sistema de tuberías, colectores e instalaciones complementarias que recolectan agua de las precipitaciones pluviales, que permiten su recolección para su vertido y evitar de esta manera, daños materiales y humanos; en la misma tesitura, en la edición 2007 del Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la Comisión Nacional del Agua, define a “Un sistema de alcantarillado, como el que está constituido por una red de conductos e instalaciones complementarias que permiten la operación, mantenimiento y reparación del mismo.

Tomando en cuenta estas descripciones, podemos concluir que un sistema de alcantarillado pluvial es una red de conductos, estructuras de captación y estructuras

complementarias, cuyo objetivo es conducir de manera controlada las aguas pluviales que caen sobre las calles, edificaciones, áreas verdes, etc.

El objetivo y las funciones del sistema Pluvial

La función principal de un sistema de drenaje pluvial es la conducción del agua de lluvia a través de tuberías o canales, hacia un punto donde no cause problemas de inundación a las personas que habiten en la zona o zonas aledañas.

Su objetivo es la evacuación de las aguas pluviales, que escurren sobre calles y avenidas, evitando con ello su acumulación y propiciando el drenaje de la zona a la que sirven. De ese modo se impide la generación y propagación de enfermedades relacionadas con aguas contaminadas.

En los Criterios y Lineamientos Técnicos para factibilidades de Alcantarillado Pluvial S/A del 2011, se señala que el alcantarillado pluvial tiene como su principal función el manejo, control y conducción adecuada de la escorrentía de las aguas de lluvia en forma separada de las aguas residuales. Y llevarla o dejarla en sitios donde no provoquen daños e inconvenientes a los habitantes de las ciudades.

Cómo funciona el Drenaje Pluvial

El principio básico del funcionamiento de un drenaje pluvial está determinado por la gravedad, ya que es la que rige este principio de funcionamiento, desde las alcantarillas que recogen las aguas pluviales hasta las tuberías que conducen estas aguas de forma descendente.

Para cumplir su función, debe partir de ciertos componentes:

- Estructuras de captación:

Se recolectan las aguas pluviales a través de sumideros, evitando que el agua circule de manera descontrolada.

- Estructuras de conducción:

Se transportan las aguas captadas y recolectadas a través de conductos con pendiente (facilitando la evacuación y limpieza) hasta las estructuras de descargas.

- Estructuras de conexión y mantenimiento:
Se permite la conexión de tuberías de conducción facilitando el espacio en las cámaras verticales para el acceso del personal de mantenimiento.
- Estructuras de descarga:
Estructuras que permiten que el vertido de las aguas captadas no genere daños en la parte final del alcantarillado, controlando los riesgos de inundación, erosión y sedimentación de los cauces.
- Disposición final:
En el caso de las aguas pluviales no requieren de tratamiento antes de su vertido en cauces o fines agrícolas, debido a la baja concentración de contaminantes. Aunque, según los fines de reutilización, el agua pluvial debe llegar a una planta de tratamiento.

Tomándose en cuenta lo anteriormente descrito podemos resumir, que para que un sistema de alcantarillado pluvial funcione correctamente se necesita que la estructura de captación tenga las dimensiones correctas, cuidándose que el agua de lluvia transite a través del mismo de manera controlada y sea conducida por las tuberías o canales diseñados para tal fin; con cajas o estructuras de mantenimiento y la pendiente correcta, a manera de que el agua pluvial que circule por estas estructuras, transite con las pendientes necesarias, sin que estas pongan en riesgo a los habitantes del lugar o de los puntos de desfogue, así mismo el agua pluvial que circule por estos sistemas pluviales deberá descargar en zonas controladas, a manera que se evite, tanto la erosión, como la sedimentación de material, caso contrario puede generar situaciones descontroladas, como inundaciones y afectaciones, por este tipo de descontrol.

Factores por considerar en el diseño del sistema de alcantarillado pluvial

Reconocimiento de campo.

Es indispensable para el diseñador realizar el recorrido del trazado del camino, poniendo atención en todos los elementos que identifican los cruces de los cursos de agua por la vía propuesta. Lo más adecuado es hacerlos durante el período de lluvia, en donde las evidencias son mayores, sin embargo, en el período seco,

también se pueden observar señales de los cruces de agua, como la socavación, erosión, deposición de sedimentos y materiales de arrastre, etc.

Aspectos hidrológicos.

Los estudios hidrológicos permiten determinar el caudal de diseño de la estructura, el cual está en correspondencia con el tamaño y características de la cuenca, su cubierta de suelo y la tormenta de diseño.

Determinación del área de drenaje de la cuenca.

El trazado del área de drenaje de una cuenca debe partir del sitio de localización de la estructura propuesta. Lo primero que debe hacerse es el trazado de la red de drenaje, en un papel o lámina transparente, repintar los diferentes cursos de agua que pertenecen al cauce en estudio. Los cursos del agua se trazan siguiendo la parte cóncava de las curvas de nivel hacia arriba. La red hidráulica definirá los límites de la cuenca.

Determinación del área de drenaje de cada colector.

El trazado de la red de alcantarillado pluvial sigue la topografía del terreno y la dirección de las escorrentías, de acuerdo con las curvas de nivel de los planos topográficos de la localidad. La determinación del gasto para el diseño de cada colector se obtiene en función de su área aportadora, construyendo diagonales y bisectrices, determinando así el área.

Intensidad de lluvia y duración.

La intensidad de lluvia y la duración son dos conceptos asociados entre sí. La intensidad se expresa como el promedio de la lluvia en mm/hora para un periodo de retorno determinado y una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca.

Evaluación del caudal de diseño.

En general puede ser empleado cualquier modelo de lluvia-escorrentía. Para superficies menores de 1,300 Ha se recomienda utilizar el método racional, dada su simplicidad. Sin embargo, para áreas mayores de 1,300 Ha se deberá utilizar un modelo del hidrograma unitario u otro método similar.

Como primer paso al diseñar un sistema de alcantarillado pluvial, es indispensable tomar en cuenta los aspectos y elementos fundamentales que ayudarán a el proceso de diseño correcto, por ejemplo, realizarlo durante el periodo que ayude a que los resultados sean más factibles; los aspectos hidrológicos del sitio que previamente se trazó y determinó; los factores externos como la lluvia y su duración, y finalmente una evaluación final, indicando el modelo a utilizar.

Sistemas de Alcantarillado Pluvial.

Un sistema de drenaje pluvial es un sistema de tuberías, colectores e instalaciones complementarias que recolectan agua de escorrentía de precipitaciones pluviales que permite su recolección para su vertido y así, evitar daños materiales y humanos, existen diferentes tipos de alcantarillado pluvial, por ejemplo:

Alcantarillado Pluvial Particular.

A este tipo de alcantarillado se le considera como la red de instalaciones pluviales que se encuentran dentro de un predio, finca o edificio, que capta y conduce los escurrimientos pluviales que se generan dentro del mismo hasta disponerles en un sistema de infiltración, retención y/o detención, así como de algún canal o tubería dentro de los límites de la propiedad, de acuerdo con las condiciones particulares del proyecto.

Alcantarillado Pluvial General

Este alcantarillado es la red que capta y conduce los escurrimientos de las aguas pluviales que ocurren dentro de las áreas comunes de los conjuntos habitacionales, centros comerciales, industriales, deportivos, de servicios, fraccionamientos privados, etc., hasta disponerlos en un sistema de infiltración, retención y/o detención, así como de algún conducto como canal o tubería dentro de los límites de la propiedad y de acuerdo con las condiciones particulares del proyecto.

Alcantarillado Pluvial Municipal.

Es el sistema o red que recolecta y conduce las aguas pluviales que escurren en su gran mayoría sobre la ciudad y zona metropolitana, disponiéndolas en

estructuras de infiltración, filtración, retención, detención y/o conduciéndolas mediante canales o tuberías hasta descargar a los cuerpos de agua naturales existentes.

De los tres tipos de alcantarillado pluvial, el que nos atañe en esta investigación es el tercer sistema, el Alcantarillado Pluvial Municipal, ya que los dos primeros se enuncian como referencia de sistemas existentes y que para esta investigación no serán tratados.

Como se define en la Conferencia General CSCE (2014) Las alcantarillas se fabrican en diferentes tamaños, formas de sección transversal y materiales en función de los criterios de diseño, las condiciones del emplazamiento diseño y las condiciones del lugar.

A menudo se utilizan distintas formas de sección transversal y tamaños de alcantarilla para satisfacer requisitos hidráulicos específicos. Además, las alcantarillas se fabrican con distintos materiales en función de la resistencia estructural necesaria y de las condiciones ambientales.

Materiales de las alcantarillas:

Los materiales más comunes para las alcantarillas son:

El concreto (prefabricado y colado en obra).

Las alcantarillas de concreto se utilizan ampliamente en proyectos de aguas subterráneas y presentan varias características ventajosas que las hacen adecuadas para aplicaciones a largo plazo. Si se diseña adecuadamente, el concreto puede tener una vida útil de hasta 75 años.

Las alcantarillas de concreto se consideran rígidas y no requieren presión lateral de la tierra para su estabilidad estructural. Suelen reforzarse con barras de acero para resistencia estructural y al agrietamiento. Las alcantarillas de concreto suelen fabricarse en varios tamaños, en formas circulares y rectangulares, y pueden ser moldeadas en el sitio o prefabricadas.

Las alcantarillas de concreto son propensas a deficiencias tales como ataques químicos, corrosión de la armadura, agrietamiento y desprendimiento.

Las alcantarillas de concreto suelen ser fabricadas en secciones con longitudes estándar y se montan en el lugar con equipos de excavación estándar.

El metal:

En comparación con otros materiales para alcantarillas, el acero y el aluminio tienen mayor ductilidad y resistencia a la tensión, lo que los hace adecuados para una mayor variedad de formas y tamaños de alcantarillas. Las alcantarillas de tubo y arco suelen ser de metal.

Las alcantarillas metálicas suelen construirse a partir de tubos de metal corrugado o ensambladas a partir de placas estructurales corrugadas. El corrugado de las alcantarillas se utiliza para mejorar la rigidez estructural de la alcantarilla aumentando el momento de inercia de las paredes en la dirección de la flexión.

Las alcantarillas metálicas son propensas a una serie de defectos como la corrosión, la deformación permanente grietas y conexiones sueltas.

Existen varios métodos para proteger las alcantarillas metálicas contra la corrosión, como el revestimiento resistente a la corrosión, la protección anticorrosiva, el revestimiento de material plástico y cemento y la galvanización.

Las alcantarillas de aluminio son más resistentes a la corrosión que las de acero. Sin embargo, presentan menos resistencia estructural y ductilidad en comparación con las alcantarillas de acero.

El plástico:

El cloruro de polivinilo (PVC) y el polietileno de alta densidad (PEAD) son los tipos de tuberías de plástico más utilizados en aplicaciones de alcantarillas.

Las alcantarillas de plástico se consideran tuberías flexibles y se prefieren en muchos proyectos debido a su baja densidad y relativamente alta resistencia (alta relación resistencia/densidad).

Por lo general, se afirma que las tuberías de plástico son más duraderas que las de acero y hormigón, pero la vida útil de las alcantarillas de PEAD y PVC puede variar considerablemente en función de las condiciones del lugar y de la calidad de la instalación.

A pesar de que se ha demostrado gracias a Plumer que los materiales de las tuberías de PEAD y PVC duran aproximadamente 100 años. Las alcantarillas construidas con estos materiales a menudo no son capaces de soportar ciclos de carga, ciclos de congelación y descongelación y la luz solar directa.

Las propiedades de los materiales

Las propiedades de los materiales más importantes para los diseñadores son:

- La resistencia estructural.
- El coeficiente de rugosidad de la superficie.
- La resistencia a la corrosión.
- El ataque químico
- La abrasión.
- La corrosión.
- Los cambios drásticos de temperatura,
- La estética.

Clasificación de las Alcantarillas

Las alcantarillas se clasifican en:

- Rígidas: Las rígidas están hechas de materiales como hormigón o mampostería y tienen suficiente rigidez para resistir las cargas superpuestas.
- Flexibles: Las flexibles pueden deformarse bajo carga sin agrietarse ni romperse. Mantienen su forma estructural gracias a la presión de la tierra del relleno circundante.

Tratamiento de los extremos de las alcantarillas.

Los tratamientos de los extremos de las alcantarillas son elementos instalados en los bordes de una estructura de alcantarilla que se utilizan para mejorar el rendimiento de la alcantarilla.

Se utilizan para mejorar la eficiencia hidráulica, controlar la socavación, soportar y retener el material de relleno circundante, proteger el tambor de la alcantarilla, filtrar sedimentos y residuos de gran tamaño y proporcionar estabilidad adicional a los extremos de la alcantarilla. Los tipos más comunes de tratamiento de los extremos son:

Muros de cabecera y muros laterales:

Muros de concreto, piedra, mampostería, metal o plástico instalados alrededor de la entrada o salida de una alcantarilla para mejorar la eficacia hidráulica y la capacidad de retención y apoyo de los alrededores, retener y sostener los terraplenes circundantes y rellenar y proteger los muros de contención contra la erosión y la socavación.

Extremo en inglete:

El extremo de la alcantarilla se corta para adaptarlo a la pendiente del terraplén. Este tipo de tratamiento también puede utilizarse en combinación con muros de cabecera y muros de contención para aumentar la estabilidad.

Extremo saliente:

El tubo de la alcantarilla se extiende más allá del terraplén sin apoyo adicional.

Delantales:

Losas de concreto o escolleras instaladas en la entrada y/o salida de una alcantarilla para proteger el tramo contra la socavación.

Disipadores de energía:

Bloques de concreto, escollera o cuencos amortiguadores utilizados para disipar la energía del agua que fluye con velocidades más altas para proteger la zona de salida de la alcantarilla contra la socavación del lecho del arroyo.

Consideraciones medioambientales

Las alcantarillas pueden tener un gran impacto ambiental. Estas permiten el movimiento de muchos tipos de vida acuática de diferentes masas de agua.

Una alcantarilla debe diseñarse teniendo esto en cuenta, por ejemplo, asegurándose de que la alcantarilla esté empotrada bajo el fondo del arroyo para garantizar que no haya interrupciones del flujo que puedan impedir el movimiento de los peces. Las alcantarillas también pueden tener un gran impacto en los humedales.

Cuando se diseña una alcantarilla al servicio de humedal, es importante asegurarse de que la alcantarilla no tendrá un efecto adverso en el drenaje del humedal.

Una alcantarilla demasiado grande puede hacer que un humedal drene demasiado deprisa y se seque, mientras que una alcantarilla demasiado pequeña puede hacer que los niveles de agua se mantengan elevados durante periodos prolongados, perjudicando el ecosistema.

Criterios de diseño y mantenimiento de sistemas de drenaje urbano sostenible

Para garantizar el correcto funcionamiento de los sistemas de drenaje urbano sostenible, se deben considerar algunos criterios de diseño y mantenimiento, como:

Diseño hidrológico:

Se debe realizar un diseño hidrológico adecuado para dimensionar correctamente los sistemas de drenaje sostenible y garantizar su eficacia.

Selección de materiales:

Se deben seleccionar los materiales adecuados para garantizar la durabilidad y eficacia del sistema de drenaje sostenible.

Mantenimiento:

Se debe realizar un mantenimiento periódico de los sistemas de drenaje sostenible para garantizar su buen funcionamiento y evitar su obstrucción.

Sostenibilidad en el diseño

En general, cuando se diseña una alcantarilla, es prudente considerar cómo funcionará en el futuro y cuáles serán sus impactos.

Es importante considerar si las propiedades de la línea divisoria de aguas a la que da servicio la alcantarilla cambiarán a lo largo de la vida útil de ésta. Si se prevén cambios, puede ser prudente diseñar la alcantarilla en consecuencia, al tiempo que se garantiza que la alcantarilla prestará un servicio adecuado a la cuenca en el presente.

Rehabilitación y mantenimiento de alcantarillas

Antes de tomar la decisión de rehabilitar una alcantarilla, es necesario realizar una evaluación de su estado para determinar el alcance de los defectos y el rendimiento general de la alcantarilla.

Durante la evaluación deben tenerse en cuenta el rendimiento hidráulico, la estabilidad estructural y la eficiencia de la alcantarilla.

Una vez evaluado el estado de la alcantarilla y establecidas la capacidad y las características necesarias de la misma, pueden emplearse métodos de rehabilitación para mejorar una alcantarilla existente.

Existen varios métodos de rehabilitación que pueden utilizarse en función del estado de la alcantarilla y de la gravedad de los defectos. Para las alcantarillas en muy mal estado, la sustitución puede ser la opción más económica. Para las alcantarillas con defectos menores a moderados, las opciones comunes de rehabilitación incluyen el revestimiento, la reparación local y la limpieza.

A continuación, se describen algunos de los métodos de revestimiento más utilizados:

Revestimiento deslizante:

Las secciones de tubería de revestimiento de pared rígida se introducen o tiran en la alcantarilla existente mediante gatos o equipo de construcción común. Los tramos se introducen de uno en uno y se fusionan mediante adhesivos o acoplamientos. Los materiales del revestimiento rígido incluyen concreto, PEAD, PVC y acero.

Forro enrollado en espiral:

Las tiras entrelazadas se enrollan a través de una máquina bobinadora que fuerza a las tiras a entrelazarse y formar un tubo de revestimiento liso y continuo. El material más utilizado para el revestimiento en espiral es el PVC. Las costuras se sellan con un adhesivo que se aplica durante el proceso de entrelazado.

Revestimiento curado en sitio (CIP):

Normalmente se inserta un revestimiento de polímero impregnado con resina termoendurecible en una existente utilizando agua o aire a presión o tirando de ella con un cabrestante. El revestimiento flexible se coloca o se empuja hasta su lugar y se deja fraguar a temperatura ambiente o aplicando calor mediante aire o agua.

Las camisas CIP

Se fabrican en tamaños estándar y deben adoptar la forma de la tubería existente, por lo que el diámetro de la sección transversal resultante es mayor que el de otros tipos de mangas.

Revestimiento de PVC en rollo:

El revestimiento de PVC enrollado en una bobina de forma plana se introduce en la tubería existente y se taponan en los extremos. Tras taponar los extremos, el interior del tubo se presuriza con vapor caliente durante el cual el revestimiento adopta la forma de la tubería existente. A continuación, el vapor se sustituye por aire frío para que la manga se endurezca. Una vez fraguado el revestimiento, se retiran los tapones y se cortan los extremos al tamaño de la alcantarilla existente.

Revestimiento de PEAD deformado-reformado:

El revestimiento de tubería de PEAD de pared sólida se deforma mecánicamente (se pliega) y se introduce en la alcantarilla existente. A continuación, se introduce vapor a presión en el revestimiento para ajustarlo a la alcantarilla existente.

Revestimiento con mortero de cemento proyectado:

El mortero de cemento se proyecta sobre la superficie interior de la alcantarilla existente utilizando una máquina de proyección de hormigón de cabezal giratorio. El grosor del revestimiento puede controlarse durante su aplicación. Una vez aplicado el mortero, se utiliza una llana de arrastre giratoria o cónica para crear un acabado liso.

Tuberías

Las tuberías comerciales más usuales, se fabrican de los siguientes materiales y diámetros:

- Tuberías de concreto simple, en diámetros de 30, 38 y 45 cm.
- Tuberías de concreto reforzado, con diámetros de 61, 76, 91, 107, 122, 152, 183, 213 y 244 cm. La unión que se emplea para los dos tipos de tubería mencionados es por medio de espiga y campana, o de espiga y caja.
- Tuberías de fibro-cemento. Se fabrican en longitudes de 5 m, en clases B-6, B7.5, B-9 y B-12.5, de acuerdo con las Normas Mexicanas (CONAGUA, 2007). El dígito indica la relación entre la carga y el diámetro de la tubería, la primera en kg/m y la segunda en mm. Se fabrican en diámetros de 30, 35, 40, 45, 50, 60, 75, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190 y 200 cm.
- Tuberías de PVC. Se fabrican en diámetros de 20, 25 y 30 cm. Este tipo de tubería posee alta resistencia a la corrosión, es flexible y su coeficiente de rugosidad es bajo.
- Tuberías de polietileno de alta densidad. Se fabrican en clases RD-9, RD-11, RD-13.5, RD-17, RD-21, RD-32.5 y RD-41 mencionándose de la tubería más gruesa a la más delgada. El término RD, es la abreviatura de "Relación de Dimensiones", refiriéndose a la proporción que existe entre el diámetro exterior y el espesor mínimo de pared del tubo (CONAGUA, 2007). Se fabrican en diámetros de 32.4, 35.6, 40.6, 45.7, 50.8, 55.9, 61.0.0, 66.2, 71.1, 76.2, 80.0, 81.2, 86.3, y 91.4 cm.

La tubería de polietileno de alta densidad o tubería PEAD

De acuerdo a la información obtenida a través de Soluciones Ambientales Integrales (SAI), La búsqueda del balance entre el costo, funcionalidad y vida de servicio, para alcanzar el mayor beneficio de la inversión en la construcción de redes de conducción, ha llevado a un análisis minucioso durante la etapa diseño de cualquier construcción, considerando varias aspectos; desde el tipo de uso que se dará a la red, las características particulares de los fluidos o materiales a conducir, así como las condiciones a las que estará sujeta la red para su funcionamiento.

Para esta investigación, se hablará del uso específico del Tubo corrugado de doble pared de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) para alcantarillado pluvial o sanitario en aplicaciones residenciales privados, industriales, comerciales y carretero.

Por esta razón, profundizaremos en el uso, características y funcionalidad de este. La tubería de polietileno de alta densidad o tubería PEAD se fabrica por medio de extrusión de polietileno, el cual es un termoplástico no polar, semi-cristalino con distintos grados de reticulación, que se obtiene por medio de la polimerización del gas etileno, producto del craqueo de la nafta del petróleo, y plastificantes, los cuales incluyen negro de humo para protección solar.

Durante los últimos años el uso de tubería PEAD se ha incrementado debido a sus propiedades y ventajas en comparación con otros materiales tradicionales como acero, concreto, PVC, entre otros. Por motivos técnicos y económicos el notable desarrollo y amplia difusión de las conducciones a base de polietileno se puede atribuir a las características especiales del material.

Características

El polietileno de alta densidad es uno de los plásticos más valorados por la industria por sus muchos beneficios y aplicaciones. De hecho, muchos productos cotidianos se fabrican con este material: bolsas, recipientes, depósitos de gasolina, botellas. las tuberías PEAD presentan muchos beneficios. Entre ellos destacan los siguientes.

Durabilidad

Está diseñada para una vida útil mínima de 50 años considerando que trabajaran enterradas a 20° C, sin embargo, se puede concluir que su vida útil es mucho mayor, considerando que a partir de 0.80 m de profundidad dejan de influir sobre ésta, las condiciones de temperatura ambiental.

Flexibilidad

Permite sensibles variaciones de dirección con curvaturas en frío sin necesidad de accesorios, adaptándose a trazados quebrados. Se acomoda al terreno sinuoso y se ahorra en curvas y codos.

Resistencia a la corrosión

Siendo un material termoplástico la tubería PEAD, por su resistencia a la corrosión y a las incrustaciones, manteniendo constante su sección original, elimina el efecto de pérdida de capacidad de la red por disminución de su diámetro interno, evitando así la necesidad de mantenimiento y el uso de sistemas de protección catódica, disminuyendo de esta manera los costos.

Estable a las variaciones térmicas:

Es resistente a los rayos ultravioleta, mediante su estabilización por su contenido de negro de humo, lo que lo hace adecuado para redes expuestas a la luz solar.

Baja conductividad eléctrica:

Son insensibles a las corrientes subterráneas, como podía esperarse debido a su composición química su conductividad eléctrica es pequeña, baja permisividad, y su resistencia dieléctrica es elevada

Ausencia de toxicidad:

No contiene sales de metales pesados a diferencia de otros plásticos, son inodoras

Uniones:

Requiere pocas conexiones, estas se ejecutan fácil y rápidamente mediante diversos sistemas, destacando; la soldadura a tope, soldadura por electro fusión y unión con accesorios mecánicos.

Alta resistencia a la abrasión:

Se ha demostrado que la tubería PEAD al ser sometida a flujos abrasivos, posee una mayor resistencia al desgaste en comparación con tuberías de acero y concreto, es por esto, que en los últimos años, su uso en la industria minería se ha incrementado.

Ligereza:

Es fácil de manejar, lo cual permite su transporte y montaje en un menor tiempo, incluso en ocasiones no requiriendo maquinaria para su manipulación, lo que se traduce en ahorros económicos para su transporte e instalación.

Resistente a productos químicos:

Es resistente a la mayor parte de agentes químicos, tales como álcalis, aceites, alcoholes, detergentes, lejías, etc., excepto disolventes. No obstante, en aplicaciones para conducción de estos agentes se deberá comprobar su comportamiento con el fabricante.

Estabilidad térmica:

La baja conductividad térmica de la tubería PEAD, disminuye el peligro de heladas de los fluidos en las redes. En caso de helarse el agua de su interior, el aumento de volumen provoca un incremento de diámetro, sin llegar a romperse, recuperándose después del deshielo el diámetro original.

Propiedades químicas:

Está formada por uno de los polímeros más estables e inertes como podía esperarse de su estructura sustancialmente parafínica.

Poca rugosidad:

Las paredes del tubo pueden considerarse hidráulicamente lisas y ofrecen una resistencia mínima a la circulación del fluido, produciendo pérdidas de carga inferiores a las tuberías de materiales tradicionales

Desventajas

- Baja resistencia a las sobrecargas excesivas.
- Susceptibles a las dilataciones térmicas.
- Problemas con conexiones plásticas a base de resina acetilica.
- No permiten encolado ni unión roscada.

La ADS mexicana indica que los tubos se acoplan mediante un sistema integrado de unión espiga-campana con empaque elastomérico, que cumple con la hermeticidad

de conformidad con las normas de laboratorio ASTM D3212 y NMX-E-205-CNCP-2011 método A, también cumple el requisito de hermeticidad indicado en la norma NOM-001-CONAGUA-2011 siempre y cuando la tubería sea instalada de acuerdo con las recomendaciones de ADS mexicana y la norma de instalación ASTM D2321.

Accesorios

Los accesorios de ADS mexicana mantienen la capacidad hidráulica, la integridad total y la funcionalidad de la tubería. Solamente se deberán utilizar accesorios suministrados o recomendados por el fabricante.

La determinación del material para el proyecto se deberá basar en el análisis de la resistencia a la corrosión, la fuerza estructural, las características hidráulicas, y vida útil entre otros aspectos, siendo el polietileno uno de los materiales que cumple satisfactoriamente con las propiedades anteriores, para su uso en proyectos de redes de gas, agua potable, sanitarias, eléctricas, sistemas de riego y minería entre otros.

Metodología

Desde los conocimientos de la Ingeniería civil, se ha identificado un problema que por muchos años han padecido los habitantes de la Cuarta Calle Oriente Sur de la colonia Terán, en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, en donde año con año, estos han sufrido fuertes inundaciones durante la temporada de lluvias, las cuales han afectado de manera importante a las personas que habitan y transitan por esta calle.

Por esta razón, se ha realizado una Investigación y Estudio Comparativo que involucra los Costos, Operación y Mantenimiento de un Programa de Rehabilitación del Drenaje Pluvial realizado en la 4ª calle oriente sur de la colonia Terán en la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Métodos

Como menciona Cortés León (2005) La Metodología de la Investigación o Metodología de la Investigación Científica es aquella ciencia que provee al investigador de una serie de conceptos, principios y leyes que permiten cruzar de un modo eficiente y tendiente a la excelencia el proceso de la investigación científica.

Identificar que enfoque tiene nuestra investigación nos ayudará a seleccionar los instrumentos correctos para aplicarlos en la búsqueda de la obtención de resultados.

Así mismo, Hernández, Fernández y Baptista definen que los enfoques cuantitativo, cualitativo y mixto constituyen posibles elecciones para enfrentar problemas de investigación y resultan igualmente valiosos. Son hasta ahora, las mejores formas diseñadas.

Enfoque cuantitativo:

Toma como centro de su proceso de investigación a las mediciones numéricas, utiliza la observación del proceso en forma de recolección de datos y los analiza para llegar a responder sus preguntas de investigación. Utiliza la recolección, la medición de parámetros, la obtención de frecuencias y estadígrafos de la población que investiga para llegar a probar las Hipótesis establecidas previamente. En este enfoque se utiliza necesariamente el Análisis Estadístico, se tiene la idea de investigación, las preguntas de investigación, se formulan los

objetivos, se derivan las hipótesis, se eligen las variables del proceso y mediante un proceso de cálculo se contrastan las hipótesis. Este enfoque es más bien utilizado en procesos que por su naturaleza puedan ser medibles o cuantificables.

Enfoque cualitativo:

Es una vía de investigar sin mediciones numéricas, tomando encuestas, entrevistas, descripciones, puntos de vista de los investigadores, reconstrucciones los hechos, no tomando en general la prueba de hipótesis como algo necesario. Se llaman holísticos porque a su modo de ver las cosas las aprecian en su totalidad, como un todo, sin reducirlos a sus partes integrantes. Con herramientas cualitativas intentan afinar las preguntas de investigación. En este enfoque se pueden desarrollar las preguntas de investigación a lo largo de todo el proceso, antes, durante y después. El proceso es más dinámico mediante la interpretación de los hechos, su alcance es más bien el de entender las variables que intervienen en el proceso más que medirlas y acotarlas. Este enfoque es más bien utilizado en procesos sociales.

Enfoque Mixto:

En un enfoque mixto el investigador utiliza las técnicas de cada uno por separado, se hacen entrevistas, se realizan encuestas para saber las opiniones de cada cual sobre el tema en cuestión, se trazan lineamientos sobre las políticas a seguir según las personas que intervengan , etc., además esas encuestas pueden ser valoradas en escalas medibles y se hacen valoraciones numéricas de las mismas, se obtienen rangos de valores de las respuestas, se observan las tendencias obtenidas, las frecuencias, se hacen histogramas, se formulan hipótesis que se corroboran posteriormente. En este enfoque mixto se integran ambas concepciones y se combinan los procesos para llegar a resultados de una forma superior.

Para la realización de esta investigación, que puede ser conceptualizada como un tema obligatoriamente técnico-operativo, ya que necesariamente se obtendrán resultados técnicos que competen directamente al área de la ingeniería civil, será empleado el método cuantitativo, ya que, como se mencionó anteriormente, se utilizaron

datos numéricos, medibles y cuantificables que permiten la apreciación, comparación y distinción de los datos con los que se trabajó, los cuales corresponden a la utilización de la tubería y del canal de concreto.

Sin embargo, también se espera obtener datos que podrán investigarse y ser obtenidos a través de la investigación cualitativa, pues cabe la posibilidad de la existencia de información que pueda respaldar la investigación, enfocando más ampliamente la situación problema e integrar para su abordaje aspectos que consideremos relevantes para el caso, estos aspectos serán vinculados, condicionados y hasta retroalimentadores de diferentes maneras, a fin de tener una visión esquemática que será obtenida a través de herramientas propias de la investigación cualitativa, lo cual finalmente permitirá de manera complementaria tomar decisiones de la misma investigación.

Después de haber determinado el tipo de enfoque, se debe determinar también que tipo de herramientas se utilizarán para la recolección de datos, así como definir qué necesitamos saber, y elaborar de ese modo una guía que nos indique dónde y que tipo de información, referencias y fuentes bibliográficas y documentales necesitamos para respaldar la información.

Se decidirá también que tipo de método se utilizará (la investigación documental, la investigación descriptiva y el método de caso). Revíselas y quédese con la que mejor respalde su investigación. De todos modos, platíquelo con su asesor.

Una vez definido el tipo de enfoque que tendrá la investigación, las fuentes bibliográficas y las herramientas, métodos y técnicas propias del enfoque, se debe tomar en cuenta que una investigación se lleva a cabo a través de una serie de pasos que deben seguirse para iniciar y terminar con éxito la investigación; se debe comenzar en orden a las fases y etapas de la investigación, puesto que como mencionan Hernández, Fernández y Baptista, Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar o eludir” pasos, el orden es riguroso, aunque, desde luego, podemos redefinir alguna fase.

Procedimientos.

Se ha propuesto para la investigación el siguiente procedimiento, que se divide en 6 pasos:

- **Paso 1:**
Reunir información del proyecto ejecutado, referente a la obra de drenaje pluvial realizado con tubería ADS y del realizado con canal de concreto armado.
- **Paso 2:**
Realizar análisis de los costos de la obra de drenaje pluvial estableciendo el parámetro de costo por metro cuadrado del área hidráulica que desaloja cada tipo de sistema constructivo, es decir, realizado con tubería ADS y con canal de concreto armado, para una longitud unitaria de drenaje.
- **Paso 3:**
Hacer una comparación económica entre los dos sistemas constructivos para tener el dato de los dos sistemas.
- **Paso 4:**
Se revisará la norma existente al respecto de los sistemas de drenaje pluvial en el país.
- **Paso 5:**
Se realizará el análisis de las ventajas y desventajas de ambos sistemas constructivos.
- **Paso 6:**
Se harán las conclusiones de la investigación.

Limitaciones.

Dado que el análisis se realiza para un caso en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, los resultados se limitan a este espacio geográfico, ya que los costos pueden ser afectados por variables tales como las distancias de acarreo de los materiales. En el espacio temporal, los costos y las tecnologías disponibles son variables en el tiempo, por lo que su aplicación se limita al año en que se realizó la obra, siendo posible aprovechar la información generada para otros años, haciendo las consideraciones necesarias.

Participantes.

Para este análisis, aunque se realiza de manera personal, se cuenta con el apoyo de asesoría de los docentes:

- Dr. Moisés Nazar Beutelspacher.
- Dr. Juan José Cruz Solís.
- Dr. Alexander López González.

Muestra.

Siendo un análisis de caso, se efectúa el estudio considerando el caso de una obra de drenaje pluvial ubicada en la 4ª calle oriente sur de la Colonia Terán en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Técnicas.

Para la estimación de los costos de las dos alternativas estudiadas, se emplea la técnica de análisis de costos por precios unitarios, considerando los materiales, mano de obra y equipos como costos directos, más los costos indirectos que incluyen la administración de campo, administración central y utilidad.

Instrumentos.

Se utiliza la hoja de cálculo Excel, para realizar el análisis de los precios unitarios y los presupuestos de cada alternativa.

Materiales y herramientas.

Se emplean herramientas de medición básicas de campo:

- Cinta métrica.
- Flexómetro.
- Cámara fotográfica

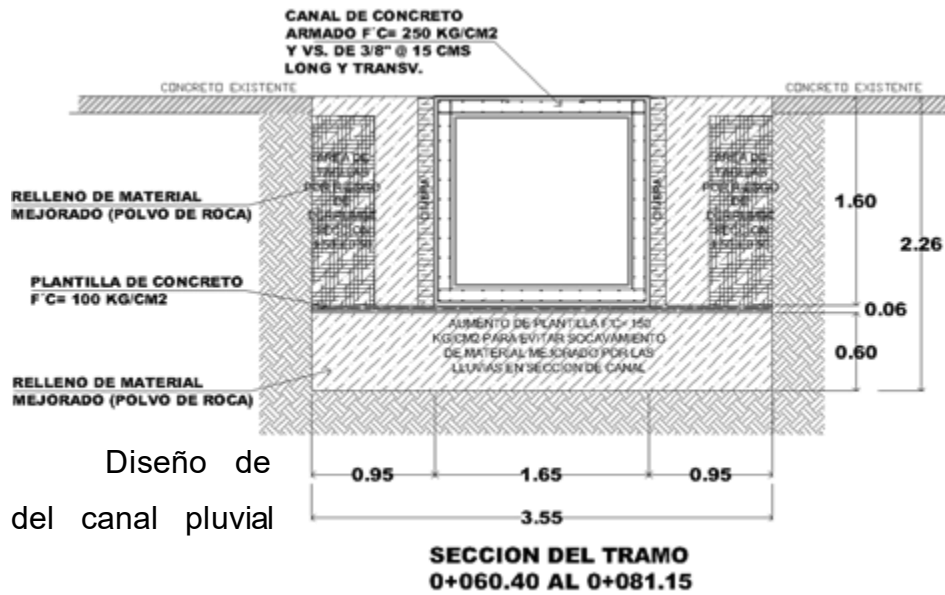
Resultados y Discusión

Después de haber realizado las actividades de esta investigación, basada en la comparativa entre las dos opciones planteadas para la conducción de las aguas pluviales, que de manera abundante escurre por a 4° calle oriente, en la zona sur de la Colonia Terán, se pueden presentar los resultados que se generaron desde el punto de vista hidráulico y económico, el factor que inclina la balanza y que normalmente se impone en la solución de una problemática.

En la investigación realizada se determinó hacer la comparativa entre dos sistemas de conducción para las aguas pluviales, haciéndose el análisis del costo de construcción en un tramo de 12.00 metros de longitud, medida que se determinó tomando en cuenta que el acero de refuerzo (varilla de acero) que se utiliza en el canal de concreto armado y que es la misma que se utiliza para todo tipo de construcción en el país, se produce con una longitud de 12.00 metros de largo y que la tubería ADS se produce en tramos de 6.00 metros de largo; se hizo el razonamiento que en un tramo de 12 metros de conducción se utilizan varillas completas y en la misma longitud de los 12 metros se utilizan 2 tramos de tubo ADS de 6.00 m. cada uno, con este razonamiento estamos en condiciones de establecer de alguna manera, una igualdad de circunstancias, tanto en el sentido de obtener el costo, como en el sentido de mermar en lo posible el desperdicio en los materiales básicos utilizados en ambos sistemas, esta comparativa de costos se refleja en la tabla No. 1

Para estar en condiciones de entender correctamente los resultados obtenidos durante la investigación realizada, es imprescindible tener lo más claro posible, en qué consisten los dos sistemas de conducción analizados, en la figura 1 siguiente se presenta la sección transversal del canal pluvial de concreto armado realizado y analizado en esta investigación.

Figura 1 Sección de Tramo del canal de concreto armado.



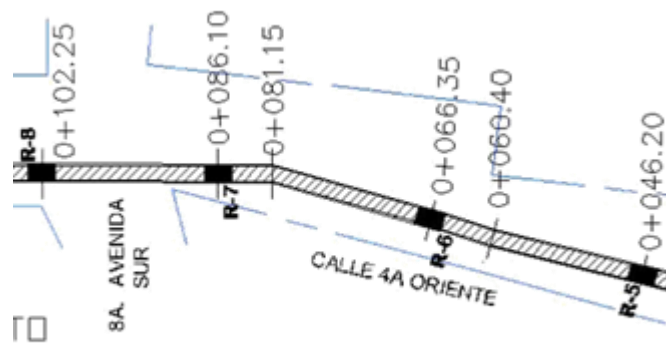
Diseño de
del canal pluvial

Fuente:

plano de sección
(2022).

Así mismo, se expone en la Figura 2, la representación visual del lugar exacto donde será colocado el canal de concreto armado.

Figura 2 Croquis de la sección de tramo de canal de concreto de Drenaje Pluvial



Fuente: Croquis diseñado para marcar la sección de tramo donde se trabajará el canal de concreto (2022).

Para tener un mayor entendimiento acerca de la comparativa de precios, la información se presentará en la Tabla 1

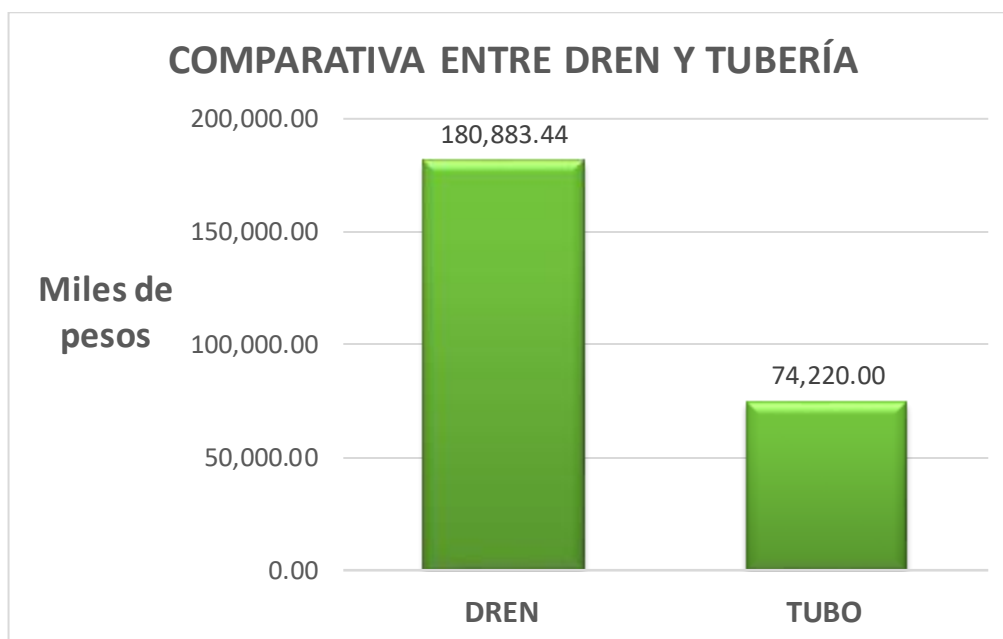
Tabla 1. Análisis comparativo de costos de cada sistema.

SISTEMA	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO CON IVA INCLUIDO	TOTAL
Suministro y colocación de tubo de polietileno PADS de alta densidad de 24 pulgadas, corrugado con campana y empaque para dren pluvial, incluye acarreo, limpieza, nivelación, maniobras, herramienta menor, excavación y rellenos, acarreo y todo lo necesario para su buen funcionamiento	M	12	6,185.00	74,220.00
Construcción de dren pluvial con concreto hidráulico $F'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ y armado con acero de refuerzo del no.3 al 12 $FY = 4,200 \text{ kg/cm}^2$. Incluye suministros, acarreo, habilitado, colocado y todo lo necesario para su correcta ejecución; trazo y nivelación; excavación con máquina para zanjas en material "B"; acarreo en camión con carga mecánica del producto de las excavaciones; relleno apisonado y compactado con material de banco en capas de 0.20m; plantilla de concreto $F'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ hecho en obra con un espesor de 6 cm. incluye: Suministro en obra, acarreo, habilitado, colocación; cimbra para cimentación con madera de pino de 3a; impermeabilizante integral "FESTERGRAL"; bombeo de achique con bomba autocebante.	M	12	15,073.62	180,883.44

Fuente: Presupuesto diseñado para la obra de Drenaje Pluvial de la 4ª. Calle oriente sur de la Colonia Terán en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

La comparativa de costos de cada sistema pluvial, tomándose en cuenta todos los trabajos o conceptos de obra que se tienen que ejecutar en cada sistema, se puede visualizar en la tabla No. 1, en la cual podemos tener una visión muy clara, sobre qué sistema es más económico, sin embargo, este factor no debe tomarse a la ligera, ya que es también importante realizar otros comparativos, a fin de valorar la conveniencia de cada sistema.

Gráfica 1. Comparativa entre Dren y Tubería



Fuente: Presupuesto diseñado para la obra de Drenaje Pluvial de la 4ª. Calle oriente sur de la Colonia Terán en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Esta gráfica comparativa se diseñó con la finalidad de contrastar más directamente los costos de cada uno de los sistemas de drenaje Pluvial.

Puede observarse que el resultado del uso del sistema de drenaje pluvial con concreto hidráulico y armado con acero de refuerzo como opción viable para su utilización, generaría un costo de \$180,883.44 (Ciento ochenta mil ochocientos ochenta tres pesos cuarenta y cuatro centavos).

En cambio, el costo del sistema pluvial con tubería de polietileno de Alta densidad corrugado con campana ADS, como una opción viable para su utilización, generaría un costo de \$74,220.00 (setenta y cuatro mil doscientos veinte pesos).

Como se mencionó en el marco teórico, y de acuerdo con la información obtenida a través de Soluciones Ambientales Integrales (SAI), se ha buscado un balance entre el costo, funcionalidad y vida de servicio, para alcanzar el mayor beneficio de la inversión en la construcción de redes de conducción, así mismo, toman a la de tubería de polietileno de Alta densidad corrugado con campana ADS como una opción con durabilidad, flexibilidad, estable a variaciones técnicas y con resistencia suficiente a diferentes elementos. Por lo cual, con base a la comparativa de costos que se realizó, se presentan las dos opciones para su definición correspondiente.

Las herramientas utilizadas para la interpretación de los resultados obtenidos y el análisis comparativo entre los mismos, fue realizado con apoyo del software Microsoft Excel, donde se agruparon los datos cuantitativos que sirvieron para poder efectuar los elementos de apoyo visual, como fueron las tablas, gráficas e imágenes adjuntas en esta discusión y resultados.

Los costos por financiamiento, utilidad, suministros, y todos los elementos para la correcta ejecución de la colocación de dren y tubería, fueron expuestos en la Tabla No. 1, con la finalidad de detallar los elementos que otorgaría trabajar con cada uno de los sistemas de drenaje pluvial

Para llevar a cabo la construcción del proyecto de drenaje pluvial sustentable establecido, se requiere un tiempo total de 90 días, sin considerar imprevistos por la

presencia de elementos de infraestructura existente, en los tramos donde se hagan las excavaciones del proceso constructivo, y que requiera ser transferida o modificada, así como la posible presencia de lluvias.

Sin duda alguna, los tiempos de construcción de las obras son un factor muy importante, en la actualidad los sistemas constructivos de cualquier tipo de obra tienden a reducir al máximo sus tiempos de ejecución, los factores son diversos, desde el económico, que es el primordial para cualquier tipo de empresa, dependencia gubernamental o iniciativa privada que realiza este tipo de obras de infraestructura, hasta los de operación y mantenimiento, que es un factor que también debe tomarse en cuenta para la toma de decisiones.

Con el fin de poner tener lo más claro posible en qué consisten los dos sistemas analizados, podemos observar la diferencia entre ambas en la imagen 1 y la imagen 2.

Imagen 1. Tubo de polietileno PADS de alta densidad de 24” corrugado con campana para dren pluvial.



Imagen 2. Canal de concreto armado.



En esta imagen se puede visualizar el acero de refuerzo del dren pluvial, a base de canal de concreto armado, con el cimbrado de la losa que cubrirá la sección del canal, a base de cimbra aparente de 16 mm. acabado aparente.

Conclusiones

La comparativa de los resultados obtenidos entre las opciones planteadas en esta investigación para la conducción de las aguas pluviales en la calle referenciada previamente, nos permite concluir, que en base a los costos obtenidos y que se reflejan en las tablas presentadas, desde los puntos de vista analizados, que son los costos de construcción, operación y mantenimiento, el sistema más viable para este proyecto es el que se hace a base de colocación de tubería ADS, ya que aparte de ser el sistema más económico, es el que se desarrolla en menos tiempo que el realizado a base de canal de concreto armado.

Los parámetros analizados nos permiten visualizar, que la diferencia entre los tiempos de ejecución y los costos, representan los factores más importantes, en la determinación de la mejor opción para su ejecución.

Cabe mencionar que también se tomó en cuenta el factor que determina, qué tipo de sistema es el más apropiado, desde el punto de vista del mantenimiento al sistema pluvial, ya que, si bien es cierto que en un canal de concreto, el mantenimiento del mismo puede realizarse con personal y con sistemas más tradicionales, como es el de limpieza con personal que ingresa a darle mantenimiento a los canales, con el sistema a base de tubería ADS, se determina más práctico, realizar estas actividades de limpieza y desazolve con equipos hidroneumáticos, que aunque son sistemas relativamente más caros, en definitiva son más rápidos.

Con base a lo anteriormente descrito podemos concluir, que el Sistema analizado más conveniente a realizar, es el que se lleva a cabo con Tubería de polietileno de alta densidad corrugada con campana ADS.

Cabe hacer mención que esta investigación puede continuarse, tomándose en cuenta diversos factores, que el investigador considere pertinente, por lo que no se considera limitativa.

Lista de Obras Consultadas

Comisión Nacional del Agua (2007). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Ciudad de México, México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

<https://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAPDS-29.pdf>

Coronado Aguirre, C. R. (2020). Análisis de costos del Sistema de Drenaje Pluvial Sustentable en la universidad de sonora, campus Hermosillo [Tesis de maestría, Universidad de Sonora.].

De la Cruz, A. O., Chávez, C. R. Á., y Llano, D. C. O. (2020). Drenaje Pluvial Sostenible. Una Alternativa de Gestión del Agua de Lluvia en la Universidad de Sonora. Revista de la Facultad de Arquitectura Universidad Autónoma de Nuevo León, 14(20).
<https://doi.org/10.29105/contexto14.20-4>

García, H. Y. C., Montoya, L. N. J., y Rodríguez H. D. I. (2013). Diseño del sistema de drenaje pluvial para el casco urbano del municipio de la Concepción-Masaya. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua Unan -Managua.]

García, B. M., Nucamendi, H. S., y Ávila, F. O. (2021). Condiciones de habitabilidad ante inundaciones: el caso de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

https://www.researchgate.net/publication/361133041_Condiciones_de_habitabilidad_ante_inundaciones_el_caso_de_Tuxtla_Gutierrez_Chiapas_Mexico

Hernández, J. M. D. (2018). Diseño del drenaje pluvial y evaluación de impacto ambiental en Urb. El Chical de la Ciudad de Piura. [Tesis de licenciatura, Universidad de PIURA.].

Hernández S. R., Fernández C. C., y Baptista. L. P. (2014) Metodología de la Investigación. (6.º ed). MCGRAW-HILL.

iAgua, R. (2023, 29 abril). ¿Qué son los Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDS)? iAgua.

<https://www.iagua.es/respuestas/que-son-los-sistemas-drenaje-urbano-sostenible-suds>

Iglesias, L. M., y Cortés, C. M. E. (2005). Generalidades Sobre Metodología de la Investigación. Universidad Autónoma del Carmen.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2010). Compendio de información geográfica municipal de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Sistema Nacional de información estadística y Geográfica.

https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/07/07101.pdf

Mexicana, A. D. S. (2023, julio 4). ¿Qué es un sistema de drenaje pluvial y para qué sirve? Adsmexicana.com.

<https://blog.adsmexicana.com/qu%C3%A9-es-un-sistema-de-drenaje-pluvial-y-para-qu%C3%A9-sirve>

Salazar, C. S., y Suarez, C. (1977). Costo y tiempo de edificación. Limusa.

Turista, M. (2023, 1 abril). Clima en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas: todo lo que necesitas saber. Descubre México.

<https://mexicoturista.com/clima-en-tuxtla-gutierrez-chiapas-todo-lo-que-necesitas-saber/>

Valdivielso, A. (2020, 8 octubre). ¿Qué es un sistema de drenaje pluvial? iAgua.

<https://www.iagua.es/respuestas/sistema-drenaje-pluvial>

Apéndice (ANEXOS)

- 1.- Catálogo de Conceptos
- 2.- Plano 1.- Planta y Perfil
- 3.- Plano 2.- Rejillas
- 4.- Plano 3.- Detalles de rejillas
- 5.- Plano 4.- Detalles de armado de canal
- 6.- Plano 5.- Secciones de canal