

Hans Adalberto Ical.

PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE RED DE ALCANTARILLADO
SANITARIO EN ZONA 5, SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ.



Asesor general Metodológico:
Ingeniero Agrónomo Carlos Alberto Pérez Estrada

Universidad Rural de Guatemala
Facultad de Ingeniería

Guatemala, octubre de 2022

Hans Adalberto Ical.

PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE RED DE ALCANTARILLADO
SANITARIO EN ZONA 5, SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ.



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Hans Adalberto Ical

En el acto de investidura previo a su graduación como Licenciado en Ingeniería
Civil con énfasis en Construcciones Rurales.

Universidad Rural de Guatemala
Facultad de Ingeniería

Guatemala, octubre de 2022

Informe final de graduación.

PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE RED DE ALCANTARILLADO
SANITARIO EN ZONA 5, SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ.



Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretario de la Universidad:

Licenciado Mario Santiago Linares García

Decano de la Facultad de Ingeniería

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz.

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, octubre de 2022

Esta tesis fue presentada por el autor,
previo a obtener el título universitario de
Licenciado en Ingeniería Civil con énfasis
en Construcciones Rurales.

Prólogo

El presente trabajo de investigación forma parte del proceso formativo integral, previo a obtener el título de Ingeniero Civil en la Universidad Rural de Guatemala. En donde se realizó una propuesta de un proyecto para la construcción de una red de alcantarillado sanitario en zona 5 de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, de esta manera presentar posibles medios de solución a la problemática que afecta a los habitantes de la zona.

Se determinó que el problema central radica en el colapso de la red de drenajes en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz y como efecto a la problemática conllevan a las inundaciones en época de invierno en zona 5.

Luego del análisis de la problemática se logró establecer que la causa principal reside en la inexistencia de proyecto para la construcción de red de alcantarillado sanitario en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, por lo tanto, es necesario la construcción de una red de alcantarillado sanitario basado en el crecimiento poblacional y acorde a un periodo de diseño que permita solventar la problemática de gran manera.

La problemática que tienen los habitantes de esta zona se ha revelado desde más de cinco años, lo cual atribuye a que es necesario establecer objetivos los cuales permitan solventar la problemática que tienen los habitantes de zona 5 de San Pedro Carchá, Alta Verapaz.

Presentación

La investigación se realizó en la Calzada Chixtún zona 5 del municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, durante los últimos meses, debido a las inundaciones que se generan en época de invierno en esta zona.

La problemática encontrada estriba en el colapso del sistema de alcantarillado sanitario debido al crecimiento poblacional y comercial de esta zona, lo cual perjudica grandemente a la población que habita esta área, lo que provoca enfermedades, pérdidas económicas y otros efectos negativos a los residentes de esta zona vulnerable a inundaciones en época lluviosa.

Otros factores que contribuyen a agudizar la problemática es la falta de una red de alcantarillado sanitario en basada en la población actual, así como la falta de mantenimiento hacia el sistema de alcantarillado sanitario existente. Cabe mencionar que la acumulación de basura en los colectores es uno de los principales motivos por los cuales se generan inundaciones en esta zona.

Durante los procesos de investigación se usaron lineamientos del método científico para lograr la obtención del informe final.

Índice general

	Pág.
Prólogo	
Presentación	
I. INTRODUCCIÓN	2
I.1 Planteamiento del problema.....	3
I.2 Hipótesis	4
I.3 Objetivos.....	4
1.3.1 General	4
1.3.2 Específicos	4
I.4 Justificación	4
I.5 Metodología.....	5
I.5.1 Métodos	5
I.5.2 Técnicas	6
I.5.2.1. Técnicas que se utilizaron para la formulación de la hipótesis.....	6
I.5.2.2 Técnicas que se utilizaron para la comprobación de la hipótesis.	7
II. MARCO TEÓRICO	9
II.1.1 Fenómenos Naturales	9
II.1.2 Fenómenos Hidrometeorológicos.....	9
II.1.3 Instituciones Reguladora.....	9
II.1.4 Inundaciones.....	12
II.1.5 Inundaciones en Guatemala.....	20
II.1.6 Amenaza	21
II.1.7 Épocas de lluvia.....	23
II.1.8 Tormentas de Diseño	26
II.1.9 Escorrentía Superficial	26
II.1.10 Hidrología.....	26
II.1.11 División Hidrológica de Guatemala	28
II.1.13 Mitigación de los Efectos Naturales en Sistemas de Alcantarillado	35

II.1.14.1	Tipos de alcantarillado	39
II.1.15	Elementos del Alcantarillado Sanitario y Obras Accesorias.	44
II.1.16	Partes de un sistema de alcantarillado	46
II.1.17	Reconocimiento topográfico.	49
II.1.17.1	Levantamiento topográfico.....	50
II.1.18	Tratamiento para sistemas de alcantarillado sanitario.....	53
II.1.19	Criterios de Diseño.....	56
III.	COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	70
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	81
IV.I	Conclusiones.....	81
IV.2	Recomendaciones	81
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

Índice de cuadros

Cuadro	Pág.
Cuadro 1. Habitantes que confirma la existencia de inundaciones en zona 5 del municipio.....	71
Cuadro 2. Habitantes que han sido afectados por las inundaciones que se generan en la zona 5 del municipio.	72
Cuadro 3. Habitantes que confirma que las inundaciones generan enfermedades para la salud.	73
Cuadro 4. Habitantes que confirma que las inundaciones les perjudican.....	74
Cuadro 5. Habitantes que confirma que desconoce la existencia de alguna propuesta por parte de las autoridades para la disminución de las inundaciones.....	75
Cuadro 6. Técnicos que han contemplado la construcción de una nueva de red alcantarillado sanitario para la zona 5 del Municipio de San Pedro Carchá Alta Verapaz.	76
Cuadro 7. Técnicos que manifiestan que es necesaria la priorización de la construcción de una red de Alcantarillado Sanitario para la zona 5 del Municipio de San Pedro Carchá Alta Verapaz.	77
Cuadro 8. Técnicos que han manifestado la existencia la planificación para la construcción de una red de alcantarillado Sanitario para la zona 5 del Municipio...	78
Cuadro 9. Técnicos que confirman la inexistencia de algún plan para disminuir las inundaciones que se generan en época de invierno en la zona 5 del Municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz.....	79

Cuadro 10. Técnicos que consideran que la construcción de una nueva Red de Alcantarillado Sanitario disminuiría las inundaciones que se generan en época de invierno en zona 5 del Municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz..... 80

Índice de graficas

Gráfica	Pág.
Gráfica 1. Habitantes que confirma la existencia de inundaciones en zona 5 del municipio.....	71
Gráfica 2. Habitantes que han sido afectados por las inundaciones que se generan en la zona 5 del municipio.	72
Gráfica 3. Habitantes que confirma que las inundaciones generan enfermedades para la salud.	73
Gráfica 4. Habitantes que confirma que las inundaciones les perjudican.....	74
Gráfica 5. Población que confirma que desconoce la existencia de alguna propuesta por parte de las autoridades para la disminución de las inundaciones.....	75
Gráfica 6. Técnicos que han contemplado la construcción de una nueva de red alcantarillado sanitario para la zona 5 del Municipio de San Pedro Carchá Alta Verapaz.	76
Gráfica 7. Técnicos que manifiestan que es necesaria la priorización de la construcción de una red de Alcantarillado Sanitario para la zona 5 del Municipio de San Pedro Carchá Alta Verapaz.	77
Gráfica 8. Técnicos que han manifestado la existencia la planificación para la construcción de una red de alcantarillado Sanitario para la zona 5 del Municipio...	78

Gráfica 9. Técnicos que confirman la inexistencia de algún plan para disminuir las inundaciones que se generan en época de invierno en la zona 5 del Municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz..... 79

Gráfica 10. Técnicos que consideran que la construcción de una nueva Red de Alcantarillado Sanitario disminuiría las inundaciones que se generan en época de invierno en zona 5 del Municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz..... 80

Índice de mapas

Mapa	Pág.
Mapa 1. Lluvia máxima diaria periodo de retorno de 2 años.....	21
Mapa 2. Amenaza por inundaciones.	22
Mapa 3. Regiones climatológicas de Guatemala.	25
Mapa 4. Mapa de cuencas y vértices de la República de Guatemala.....	32
Mapa 5. Mapa de estaciones hidrométricas actualmente en operación.	33

Índice de organigramas

Organigrama	Pág.
Organigrama 1. INSIVUMEH	11
Organigrama 2. CONRED	11

Índice de tablas

Tabla	Pág.
Tabla 1. Números de días de lluvia por mes.	18
Tabla 2. Numero de cuencas.	30
Tabla 3. Rango de valores de caudal medio.....	61
Tabla 4. Factor de rugosidad.....	64
Tabla 5. Dimensiones básicas de colector.....	68
Tabla 6. Profundidad mínima de colector	69

Índice de figuras

Figura	Pág.
Figura 1. Pozo de visita.....	47
Figura 2. Conexión domiciliar	49
Figura 3. Sección parcialmente llena	65
Figura 4. Profundidad mínima de colector.....	69

I. INTRODUCCIÓN

Durante años atrás los habitantes de la zona 5 de San Pedro Carchá, Alta Verapaz se han visto afectados debido a las inundaciones producidas en época de invierno, son muchas las razones de esta problemática y así mismo las consecuencias y efectos negativos que les causan a todas las familias que residen en el lugar, las principales consecuencias de las inundaciones pueden ser, la enfermedades, pérdidas económicas y daños a la infraestructura y daños al medio ambiente.

Para poder definir la problemática central fue necesario realizar visitas de campo con el objetivo de recabar toda la información necesaria para definir los objetivos que se desean alcanzar. A través de encuestas fue posible definir el problema central y sobre todo las causas de este.

La construcción de una red de alcantarillado sanitario conlleva una serie de estudios, los cuales permiten definir la planificación y la realización del diseño. Es necesario establecer parámetros que son de suma importancia como pueden ser: la población futura, el periodo de diseño y la topografía del área, lo anterior serviría para garantizar la eficiencia de la red de alcantarillado sanitario.

Basado en los análisis de los resultados se concretó que el medio de solución a esta problemática sería la implementación de una red de alcantarillado sanitario, con lo cual disminuirían las inundaciones en época de invierno y a su vez mejoraría la calidad de vida de los habitantes de la zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz.

I.1 Planteamiento del problema

El colapso de la red de alcantarillado sanitario ha sido el problema que más ha afectado a los habitantes de zona 5 de San Pedro Carchá, Alta Verapaz desde hace más de cinco años, ya que se producen inundaciones en la época de invierno.

Esto viene a perjudicar directamente sobre la calidad de vida de las personas que habitan esta zona, la cual esta anuente a salir perjudicada en la época lluviosa que generalmente se produce durante los meses de mayo a octubre. La calidad de vida de las personas se torna inestable debido a que las inundaciones traen consigo una serie de efectos negativos ya que estos contraen enfermedades, así como gastos económicos debidos que la población se ve obligada a evacuar sus hogares y sus comercios de forma inmediata, lo cual genera pérdidas de sus bienes.

Las inundaciones generan un alto índice de contaminación tanto para la población de esa zona como para el medio ambiente, se ve afectado el medio ambiente al combinarse las aguas residuales con las aguas pluviales, cabe mencionar que en la zona afectada existen expendios de combustible lo cual al no realizar un buen manejo de estos hidrocarburos antes de generarse alguna inundación podría producir una gran contaminación al mezclarse con las aguas pluviales las cuales desembocan al rio Cahabón, por lo que pone en riesgo a todas las personas que dependen de esta cuenca.

Cabe mencionar que, al generarse inundaciones de gran magnitud, los habitantes de la zona cinco quedan incomunicados con los barrios y zonas adyacentes a esta.

I.2 Hipótesis

“Las Inundaciones en época de invierno en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, en los últimos cinco años, por el colapso de la red de drenajes; se debe a la inexistencia de proyecto para la construcción de red de alcantarillado sanitario”.

¿La Inexistencia de proyecto para la construcción de red de alcantarillado sanitario por el colapso de la red de drenajes en los últimos cinco años es causante de las inundaciones en época de invierno en zona 5, San Pedro Carchá Alta Verapaz?

I.3 Objetivos

1.3.1 General

Disminuir las inundaciones en época de invierno en Zona 5 del municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz.

1.3.2 Específicos

Diseñar un sistema de drenajes en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz.

I.4 Justificación

La calidad de vida de los pobladores de la zona 5 de San Pedro Carchá, Alta Verapaz desde hace varios años se ha visto afectada, debido a que en tiempo de invierno esta zona se ve vulnerable por las inundaciones. La población se ve expuesta debido a que las inundaciones traen enfermedades por la contaminación que se genera, así como se generan pérdidas económicas ya que es una zona comercial en la cual existen diversos tipos de comercios.

El funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario se ha visto ineficiente ya que no es capaz de conducir las aguas residuales y las aguas pluviales hacia su destino final, cuando se producen lluvias prolongadas.

Esta problemática lleva varios años sin que exista alguna propuesta o algún plan que contribuya a disminuir las inundaciones o bien darle una solución para mejorar las condiciones de vida de las personas que habitan esta zona.

Basado en la problemática que existe, se pretende mejorar la red de alcantarillado sanitario con la finalidad de disminuir las inundaciones en época de invierno que se generan en la Zona 5 del municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, a través de la propuesta para la construcción de una red de alcantarillado sanitario y de esta manera mejorar las condiciones de vida de los habitantes de esta zona.

I.5 Metodología

I.5.I Métodos

I.5.I.I Métodos utilizados para la formulación de la hipótesis

Método deductivo

Se utilizó este método para poder formular la hipótesis, inicialmente se identificó el problema central que existe en la zona 5 de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, el cual es el colapso de la red de drenajes y el efecto que genera dicha problemática.

Método analítico

A través del método analítico se logró identificar e interpretar los datos que se obtuvieron al generar la hipótesis, la cual permitió definir la causa de las inundaciones que se generan en época de invierno en zona 5 de San Pedro Carchá.

Método marco lógico

Por medio de la matriz de estructura lógica se permite tener una mejor perspectiva sobre la problemática que afecta a los habitantes, este método detalla el plan de trabajo de los objetivos y resultados para tener claramente el alcance que se puede obtener con la realización de este estudio.

I.5.I.2 Métodos utilizados para la comprobación de la formulación de la hipótesis

Método inductivo

Se utilizó el método inductivo para obtener los resultados específicos del problema identificado en el lugar, lo que conllevó a la elaboración de la presentación y análisis de resultados, conclusiones y recomendaciones.

Método estadístico

Este método estadístico ha permitido a través de las boletas de encuestas comprobar la hipótesis y establecer que las inundaciones en época de invierno en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, en los últimos cinco años, por el colapso de la red de drenajes; se debe a la inexistencia de proyecto para la construcción de red de alcantarillado sanitario.

Método sintético

Con la información ya interpretada, se utilizó de manera lógica la síntesis para poder obtener y definir las conclusiones, las recomendaciones y la investigación realizada en campo.

I.5.2 Técnicas

I.5.2.1. Técnicas que se utilizaron para la formulación de la hipótesis.

Lluvia de Ideas

Técnica que se basó en realizar una serie de ideas las cuales logran contribuir para la identificación de los principales problemas que afectan a la población de zona 5 de San Pedro Carchá, Alta Verapaz.

Observación directa

Se realizó la técnica de observación directa con los pobladores y líderes de esta zona donde se logró recabar información para identificar la problemática que afecta a la población.

Investigación documental

Se realizó la técnica de investigación documental por medio de tesis e instituciones de las cuales se logró recabar información en relación a la problemática existente que refiere al colapso de la red de drenajes.

Entrevistas

Se realizó una entrevista con los pobladores del área afectada con el propósito de recabar información exacta y precisa, así mismo se logró sostener un dialogo con el Consejo Comunitario de Desarrollo COCODE, en donde se facilitó definir la problemática por la cual se ven afectados.

I.5.2.2 Técnicas que se utilizaron para la comprobación de la hipótesis.

Censo

Este se utilizó en la comprobación de la causa, se logró con la colaboración de 5 técnicos de la municipalidad de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, del área de planificación técnica.

Cálculo de la muestra

Se utilizó para lograr la comprobación del efecto y el problema central, con 2144 pobladores de zona 5 de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, según el cálculo de la muestra se encuestó a 66 personas.

Encuestas

Se estructuraron tres tipos de encuestas las cuales fueron dirigidas a la población afectada, así como a los técnicos del área de planificación técnica de la municipalidad de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, con el propósito de comprobar las tres variables, como lo son: la variable dependiente, diagnóstico de la problemática y variable independiente.

Técnica de análisis

Esta técnica de análisis se empleó para lograr la obtención de la interpretación de los resultados y a su vez la tabulación de las encuestas obtenidas de la comprobación de las tres variables, conclusiones y recomendaciones.

Coefficiente de Correlación

Se realizó la estadística de coeficiente de correlación para establecer si existe relación entre el efecto y la causa, y así poder realizar la proyección lineal.

Proyección

Al realizar la proyección lineal se logró establecer cuál es el comportamiento de las variables y así se pudo determinar cuál sería la magnitud de la problemática en los próximos años.

II. MARCO TEÓRICO

II.1.1 Fenómenos naturales

Los fenómenos naturales según (Maskrey, 1993) son todos aquellos eventos originados por la atmosfera y origen geológico tales como huracanes, tormentas, sismos, erupciones volcánicas, inundaciones y demás; estos pueden originar desastres, si estos se presentan en áreas con una alta vulnerabilidad y con la intervención del ser humano, en el caso del uso inadecuado de la tierra, falta de un ordenamiento territorial. Los tipos de fenómenos naturales son:

Geológicos

Hidrológicos

Atmosféricos

II.1.2 Fenómenos hidrometeorológicos

Estos son fenómenos que se originan a través del clima los cuales son influenciados por las modificaciones que sufre la atmosfera. Los cuales pueden ser: (Molina, 2017)

Inundaciones

Depósito de sedimentos

Mareas

Sequias

Huracanes

Nevadas

Heladas (Molina, 2017)

II.1.3 Instituciones reguladora

II.1.3.1 Isivumeh

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología INSIVUMEH a través de su portal en internet manifiesta que es una institución técnico-científica altamente calificada que contribuye a la optimización de actividades del sector productivo de la República de Guatemala asociadas a las ciencias

atmosféricas, geofísicas e hidrológicas, la cual coordina servicios con el sector privado y que actúa como asesor técnico del gobierno en caso de desastres naturales.

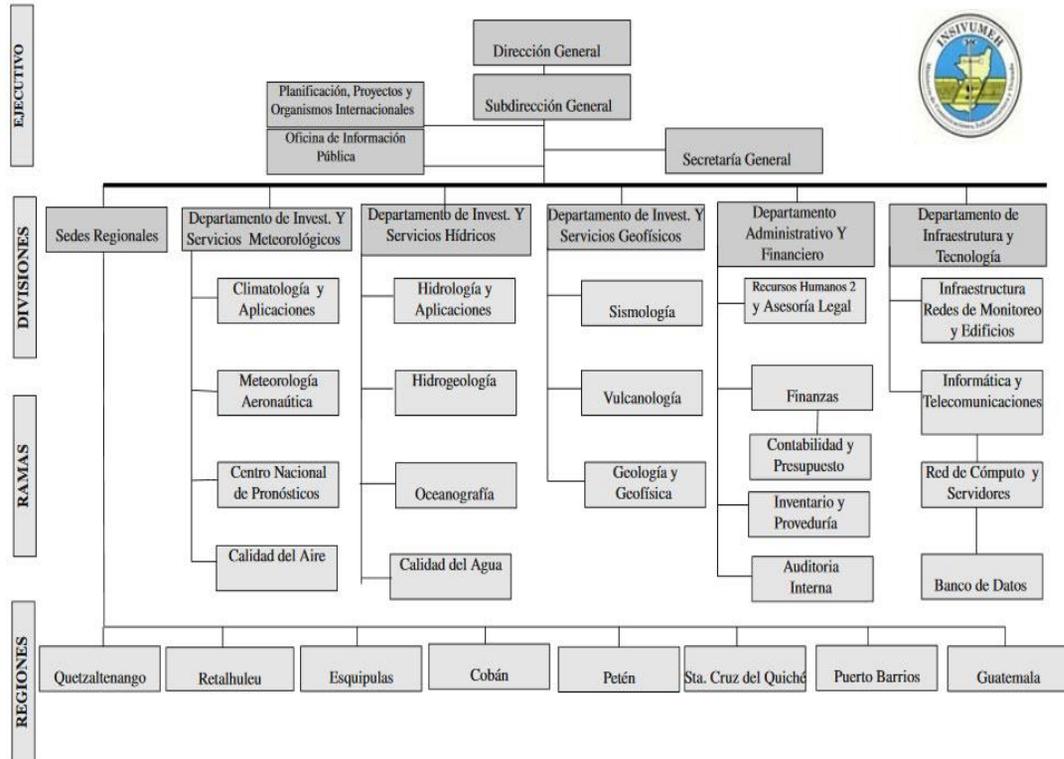
Además, planifica, diseña y ejecuta estudios y monitoreo sistematizados en la tecnología adecuada, por ende, se enriquecen las bases de datos y sistemas de información Geográfica referencial del país. (INSIVUMEH, 2018)

Lo cual contribuye con la modernización y especialización del sector educativo a todo nivel en el campo de su competencia. Y en delegación subsidiaría del estado, lo representa como miembro activo en organismos nacionales e internacionales. (INSIVUMEH, 2018)

Cuenta con un cuerpo técnico y una estructura administrativa fuertes y dinámicas, con los recursos necesarios y la tecnología adecuada que le permiten ser rentable y participar activamente en el desarrollo del país. Brinda el ambiente y condiciones de trabajo adecuados para el desenvolvimiento de sus funciones y un constante estímulo a su personal. Todos los sistemas de vigilancia geofísica funcionan adecuadamente. La institución mantiene un programa de capacitación del personal con el fin de mejorar los productos y servicios que ofrece y brinda una atención profesional al público. (INSIVUMEH, 2018)

Sus instalaciones son propias, modernas y funcionales en donde se desarrollan convenientemente sus actividades científicas, de divulgación, capacitación y educativas. Mantiene excelentes relaciones con instituciones de investigación y universidades nacionales y extranjeras. La institución es respetada y reconocida en el ámbito Nacional e Internacional como un Instituto de Vanguardia en tecnología aplicada en el campo de las ciencias de la tierra. (INSIVUMEH, 2018)

Organigrama 1. INSIVUMEH



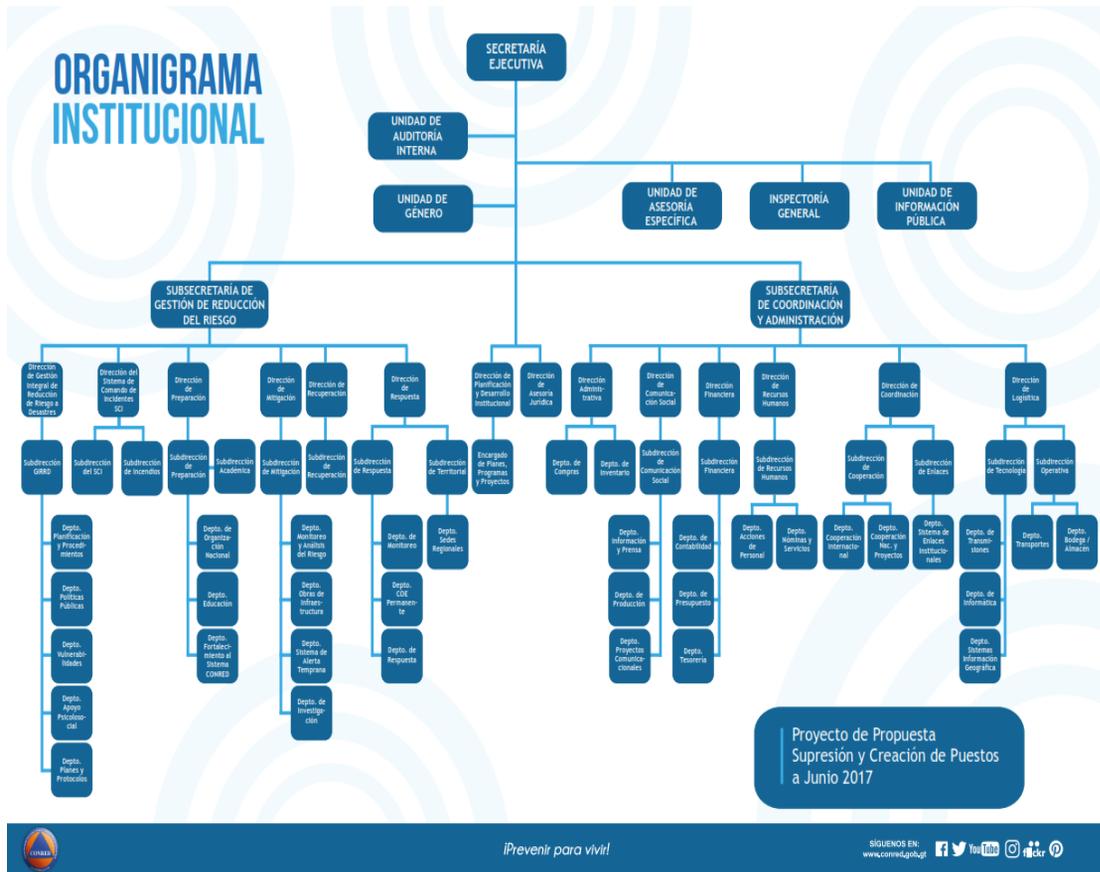
Fuente: Portal del INSIVUMEH

II.1.3.2 CONRED

Como su nombre lo indica, es una Coordinadora, esto significa que su trabajo consiste en reunir a todos los participantes, brindarles información confiable, exacta y oportuna, establecer mecanismos de comunicación eficiente y proporcionar una metodología adecuada para la reducción de desastres. (CONRED, 2018)

Es el órgano responsable de coordinar con las instituciones públicas, privadas, organismos nacionales e internacionales, sociedad civil en los distintos niveles territoriales y sectoriales, la gestión de riesgo a los desastres, como estrategia integral que contribuye al desarrollo sostenible de Guatemala. (CONRED, 2018)

Organigrama 2. CONRED



Fuente: Portal de la CONRED.

II.1.4 Inundaciones

Las inundaciones no son más que una situación en la cual el agua cubre zonas secas o bien zonas pobladas o urbanizadas, es decir zonas que habitualmente no están cubiertas de agua. Las inundaciones pueden generarse en un área pequeña o de afectación extensa la cual podría obligar a las personas a evacuar. (CONRED, 2018)

Las inundaciones son denominadas como desastres naturales, estas generan un tipo de amenaza para cualquier zona en la cual las lluvias sean constantes, así como zonas cercanas a ríos o lagos, es necesario aclarar que las lluvias no son el único factor que produce una inundación. (CONRED, 2018)

Generalmente las inundaciones se generan en un lapso de horas o días, lo cual permite evacuar zonas vulnerables a ser afectas. (CONRED, 2018)

II.1.4.1 Inundaciones según su duración

Inundaciones rápidas o dinámicas:

Suelen producirse en ríos de montaña o en aquellos cuyas cuencas vertientes presentan fuertes pendientes por efecto de lluvias intensas. Las crecidas son repentinas y de corta duración. Son estas las que suelen producir los mayores estragos en la población, sobre todo porque el tiempo de reacción es prácticamente nulo. (Chain, 2016)

Inundaciones lentas o estáticas:

Se produce cuando lluvias persistentes y generalizadas producen un aumento paulatino del caudal del río hasta superar su capacidad máxima de transporte. Entonces el río se sale de su cauce e inunda las áreas planas cercanas. Las zonas que periódicamente suelen quedar inundadas se denominan planicies de inundación. (Chain, 2016)

II.1.4.1 Clasificación de Inundaciones

Inundaciones pluviales:

Son las que se producen por la acumulación de agua de lluvia en un determinado lugar o área geográfica sin que ese fenómeno coincida necesariamente con el desbordamiento de un cauce fluvial. (Chain, 2016)

Este tipo de inundación se genera tras un régimen de precipitaciones intensas persistentes; es decir, por la concentración de un elevado volumen de lluvia en un intervalo muy breve o por la incidencia de una precipitación moderada y persistente durante un amplio período sobre un suelo poco permeable. (Chain, 2016)

Inundaciones fluviales:

Causadas por el desbordamiento de los ríos y los arroyos. Se atribuyen al aumento brusco del volumen de agua más allá de lo que un lecho o cauce es capaz de transportar sin desbordarse, durante lo que se denomina crecida. (Chain, 2016)

Inundaciones por ruptura:

Causadas por la operación incorrecta de obras de infraestructura hidráulica: la rotura de una presa, por pequeña que esta sea, puede llegar a causar una serie de estragos, no solo a la población, sino también a sus bienes, a las infraestructuras y al medioambiente. La propagación de la onda de agua en ese caso resultará tanto más dañina cuando mayor sea el caudal circundante, menor sea el tiempo de propagación y más importante sean los elementos existentes en la zona de afectación. (Chain, 2016)

II.1.4 .2 Causas de la inundaciones

Se define una inundación, de manera sencilla, como la ocupación del terreno por una gran cantidad de agua que no puede ser absorbida o evaporada, ni por el terreno ni las plantas, por tanto, supone un riesgo, ya que no es canalizada por ríos ni es detenida por embalses, diques. (Victores, 2014)

La principal causa de las inundaciones son las lluvias intensas y las temporales que provocan una escorrentía superficial debido a la saturación de los suelos al no poder almacenar más agua. Estos eventos se ven favorecidos por actividades antrópicas como pueden ser: la creciente cantidad de zonas urbanizadas, dónde encontramos asfalto que impermeabiliza el suelo e impide la absorción del agua, y la tala de bosques, que deja el terreno desprovisto de cobertera, lo cual, facilita la escorrentía además de aportar material en suspensión que agrava los efectos de las inundaciones. (Victores, 2014)

Otra causa conocida por todos es el desbordamiento de ríos por crecidas, debidas tanto a los temporales mencionados antes, como a deshielos y fenómenos meteorológicos

como “la gota fría” (formada a consecuencia del vapor de agua liberado por el mar, que al ascender es arrastrado por una inestabilidad atmosférica hasta llegar a la zona fría, donde se condensa rápidamente formándose grandes nubes tormentosas), o relacionados con deslizamientos y avalanchas que obstruyen el cauce dando lugar a la rotura de diques, así como la canalización de las aguas a través de desagües y cunetas hasta los ríos. (Victores, 2014)

Además del desbordamiento propiamente dicho hay otros factores, como la urbanización cerca de los ríos o la asphaltización de antiguos cauces, que debemos tener en cuenta. (Victores, 2014)

Así mismo, la ruptura de presas supone un gran riesgo de inundación debido a las grandes cantidades de agua que en ellas se alberga, sobre todo en determinadas épocas del año. No menos importantes son los huracanes y ciclones que hacen que el agua del mar invada zonas costeras de manera devastadora. Por último, mencionar que en determinadas zonas hay que prestar atención a la actividad tectónica, la cual condiciona el cambio de curso en algunos ríos, la pérdida de la línea de costa y hundimientos en el territorio que favorecen los procesos de inundación. (Victores, 2014)

II.1.4.3 Lluvia

El Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología – INSIVUMEH-, indica a través de su portal en internet que la precipitación se define como el producto de la condensación del vapor de agua que cae desde las nubes y se deposita en la superficie terrestre (OMM, 2008). Se expresa en términos de la profundidad de agua que cubriría una proyección horizontal de la superficie terrestre, generalmente en unidades lineales (mm); y cuando se habla de intensidad de precipitación se expresa en unidades lineales por unidad de tiempo (p. ej. mm/h).

Se llama así a toda forma de agua líquida o sólida que desciende de las nubes debido a que la precipitación es uno de los componentes del ciclo hidrológico. Se clasifica según la fase del agua: (INSIVUMEH, 2018)

Lluvia: está formada generalmente por gotas de agua de una dimensión mayor que las de la lluvia, es decir superior a 0.5mm de diámetro. A pesar de ello, la precipitación de gotas más pequeñas, pero más espaciadas, es clasificada igualmente como lluvia. (INSIVUMEH, 2018)

Nieve: es la precipitación de cristales de hielo. La mayor parte son ramificados, a veces estrellados. (INSIVUMEH, 2018)

Granizo: precipitación de glóbulos o de fragmentos de hielo. Son pedriscos cuando su diámetro es del orden de 5 mm a 50 mm y a veces superior. Las partículas de diámetro inferior de parecido origen, se clasifican como gránulos de hielo. Los Cumulonimbos constituyen un medio favorable para la formación de granizo. Este se produce frecuentemente durante las tormentas y un espectador en el suelo puede no observarlas. (INSIVUMEH, 2018)

Produciéndose a través de la atmósfera, el granizo que desciende debe atravesar varios kilómetros de aire, cuya temperatura es superior a 0° los pedriscos pueden entonces fundirse antes de llegar al suelo. Esto explica probablemente que se observe raras veces granizo en el suelo en las regiones ecuatoriales. (INSIVUMEH, 2018)

La diferencia que existe entre la llovizna y el chubasco o aguacero es la dimensión de la gota de agua que cae, además cada una de esas precipitaciones está asociada a un tipo de nube en particular. Por ese motivo a través de los años, la observación de las nubes ha sido de gran interés. Por ejemplo, la llovizna se origina de una nube

estratificada pero delgada, la lluvia de una nube estratificada, pero de mayor espesor y el chaparrón o aguacero procede de nubes cumuliformes. (INSIVUMEH, 2018)

Se define como el producto líquido o sólido de la condensación del vapor de agua que cae de las nubes o el aire y se deposita en suelo. OMM No. 8, 1996, en nuestro caso sería lluvia y el granizo. En otras latitudes la nieve, la escarcha, la precipitación de la neblina y el rocío. (INSIVUMEH, 2018)

La unidad de la precipitación es la profundidad lineal normalmente en milímetros para la precipitación líquida. OMM NO. 8, 1996, 6.1.2. Se llama precipitación a todo hidrometeoro constituido por una caída de partículas que alcanzan el suelo. Estas partículas se desprenden de la nube, ya en forma de gotas de agua, bajo forma sólida. (INSIVUMEH, 2018)

Medida de las precipitaciones

Las precipitaciones llegan al suelo en forma de lluvia, llovizna, nieve, granizo. Las medidas de las precipitaciones tienen por objeto obtener toda la información posible sobre la cantidad de las mismas que cae en un periodo de tiempo dado, también permiten determinar la distribución de las precipitaciones en el tiempo y el espacio. (INSIVUMEH, 2018)

La cantidad total de precipitación que alcanza el suelo durante un determinado periodo de tiempo se expresa por la altura de la capa de agua que cubrirá el suelo supuesto perfectamente horizontal y si no hubiese pérdidas por filtración o por evaporación. El objetivo primordial de todo método de medida de precipitación es obtener una muestra que sea verdaderamente representativa de la precipitación caída en la región a que se refiere la medición. (INSIVUMEH, 2018)

La cantidad de precipitación debe hacerse de preferencia en milímetros.

El método más sencillo y el más empleada para medir la cantidad de lluvia se basa en el empleo del pluviómetro. (INSIVUMEH, 2018)

Tabla 1. Números de días de lluvia por mes.

Número de días de lluvia, por mes según estación meteorológica, año 2016													
Nombre de la estación	Anual	Mes											
		En	Fe	Ma	Ab	Ma	Ju	Jul	Ago	Sep	Oc	No	Dic
Promedio	130	4	4	4	5	10	20	16	19	21	14	9	7
Máxima	31	17	20	10	12	31	28	27	27	27	30	23	22
Mínima	59	0	0	0	0	2	7	7	14	14	2	1	0
INSIVUMEH	108	2	0	2	4	8	21	15	17	21	8	4	6
San Agustín Acasaguastlán	69	2	1	2	2	3	7	7	15	16	9	3	2
Los Albores	151	12	6	8	6	7	18	15	19	21	18	11	10
Suiza Contenta	110	3	2	1	6	6	22	16	17	21	6	N/D	10
Alameda Icta	111	2	0	5	6	10	21	14	16	22	6	2	7
San Martín Jil.	97	1	0	5	7	10	14	11	17	21	8	3	ND
Sta. Cruz Balanyá	105	1	1	4	5	10	19	15	15	19	8	3	5
Sabana Grande	105	1	1	6	9	19	25	17	SIN OBSERVADOR		13	8	6
Puerto de San José	107	0	0	0	3	12	18	18	17	17	18	2	2
Los Esclavos	135	0	0	4	6	16	21	18	21	23	13	7	6
Santiago Atitlán	112	2	0	7	6	11	23	15	17	20	8	3	0
Sta. María El Tablón	119	1	0	5	6	10	26	17	18	25	8	3	ND

El Capitán	114	1	0	8	6	12	18	15	19	21	9	4	1
Labor Ovalle	102	0	0	4	4	6	22	13	21	21	7	2	2
Mazatenango	111	4	1	3	5	14	18	18	23	25	N D	ND	ND
Retalhuleu	176	2	1	7	9	19	24	24	21	24	25	14	6
Champerico	95	0	0	1	0	10	21	13	14	15	16	5	0
San Marcos	140	0	0	9	10	16	27	14	20	25	12	7	0
Tecún Umán	113	1	0	0	0	11	20	18	16	16	17	12	2
Catarina	203	5	0	4	7	25	26	27	25	27	30	16	11
Huehuetenango	108	1	0	5	7	9	23	12	16	18	7	6	4
Cuilco	88	2	0	2	2	7	21	17. 0	18	23	6	7	0
San Pedro Necta	154	6	2	4	6	13	24	23	24	25	14	11	2
Todos Santos	194	7	10	7	11	18	26	24	25	25	20	14	7
Chinique	141	2	2	4	9	8	27	19	21	22	13	6	8
Chixoy quiché	170	2	6	7	6	8	13	19	23	26	25	15	20
Nebaj	231	5	17	8	8	31	28	24	27	27	21	17	18
Cubulco	136	2	3	5	7	10	23	16	21	22	14	7	6
San Jeronimo	122	7	5	4	4	4	20	15	22	20	9	12	ND
Cobán	239	17	20	10	12	12	25	22	24	25	27	23	22
Sta. María Cahabón	184	10	15	9	5	5	22	21	19	23	22	23	10
Flores	157	11	10	4	6	3	18	16	21	19	15	16	18
Puerto Barrios	193	11	18	7	8	8	16	24	18	21	20	22	20
Las Vegas	156	11	15	6	5	3	17	9	18	20	22	22	8
La Fragua	97	3	3	1	1	3	15	12	18	19	13	2	7
Pasabién	76	3	1	2	2	2	13	8	14	17	9	2	3
La Unión	164	10	10	4	6	3	20	19	21	25	20	19	7
Camotán	109	3	1	2	1	2	14	15	15	24	16	4	12

Esquipulas	166	9	9	6	6	9	20	16	19	26	18	15	13
La Ceibita	59	0	0	0	1	5	11	11	14	14	2	1	N/ D
Potrero Carrillo	120	7	6	5	4	6	17	8	17	14	15	9	12
Asunción Mita	94	0	0	3	2	9	17	16	21	17	4	2	3
Montúfar	94	0	0	1	3	8	18	14	18	15	12	3	2
Quesada	101	0	0	4	1	10	21	18	18	19	5	2	3

Fuente: Portal de la CONRED.

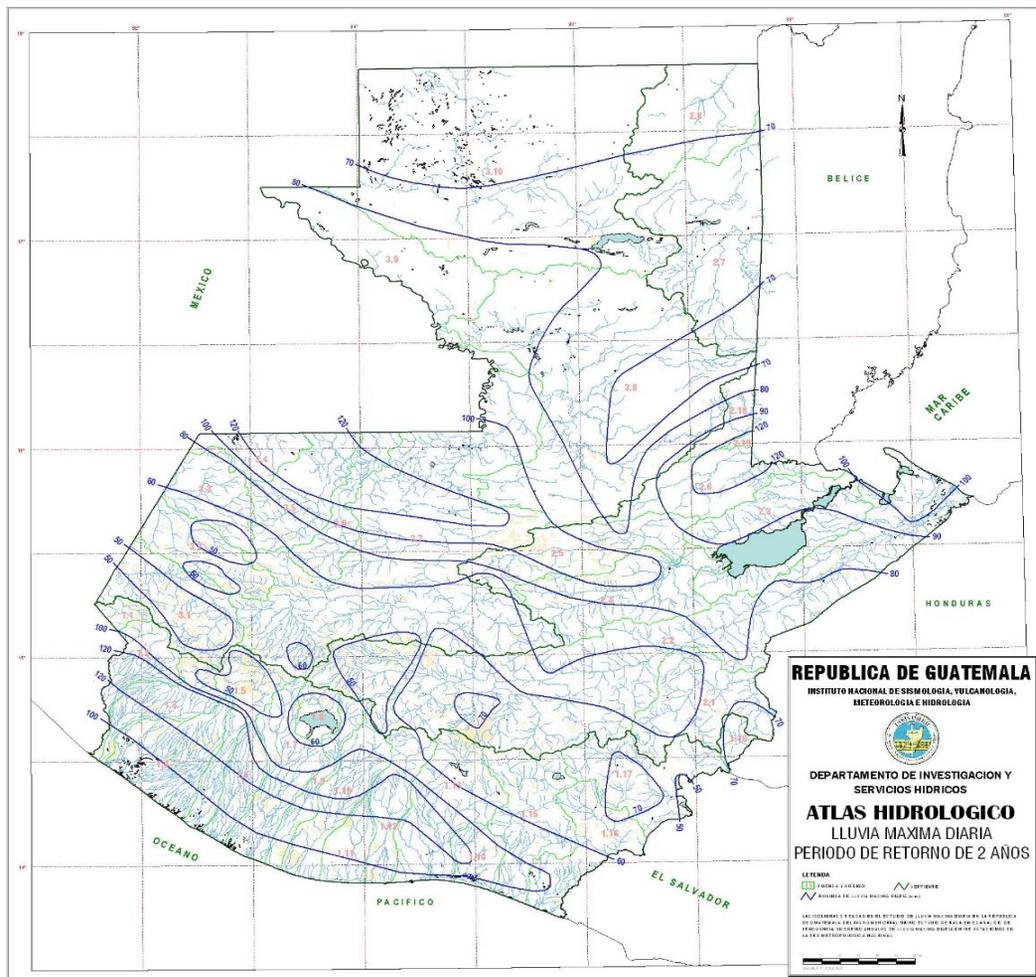
II.1.5 Inundaciones en Guatemala

La Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED) ha dado a conocer que el 50% de las inundaciones que se suscitan por las lluvias son causadas por la basura depositada en las calles y avenidas de la ciudad. (CONRED, 2018)

Como lo indica La Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED) La falta de drenajes o la acumulación de basura en los mismos, genera que al registrarse las primeras lluvias colapsen los drenajes, las cuales causan inundaciones súbitas en cascos urbanos principalmente. La población debe realizar la limpieza de sus drenajes para evitar resultar afectados por inundaciones y las diferentes municipalidades del país deben llevar a cabo la limpieza de calles y avenidas. A las personas se les recomienda no tirar basura en la calle. (CONRED, 2018)

El Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) a través del siguiente mapa indica las zonas con amenaza de inundaciones. (ver mapa 1)

Mapa 1. Lluvia máxima diaria periodo de retorno de 2 años.

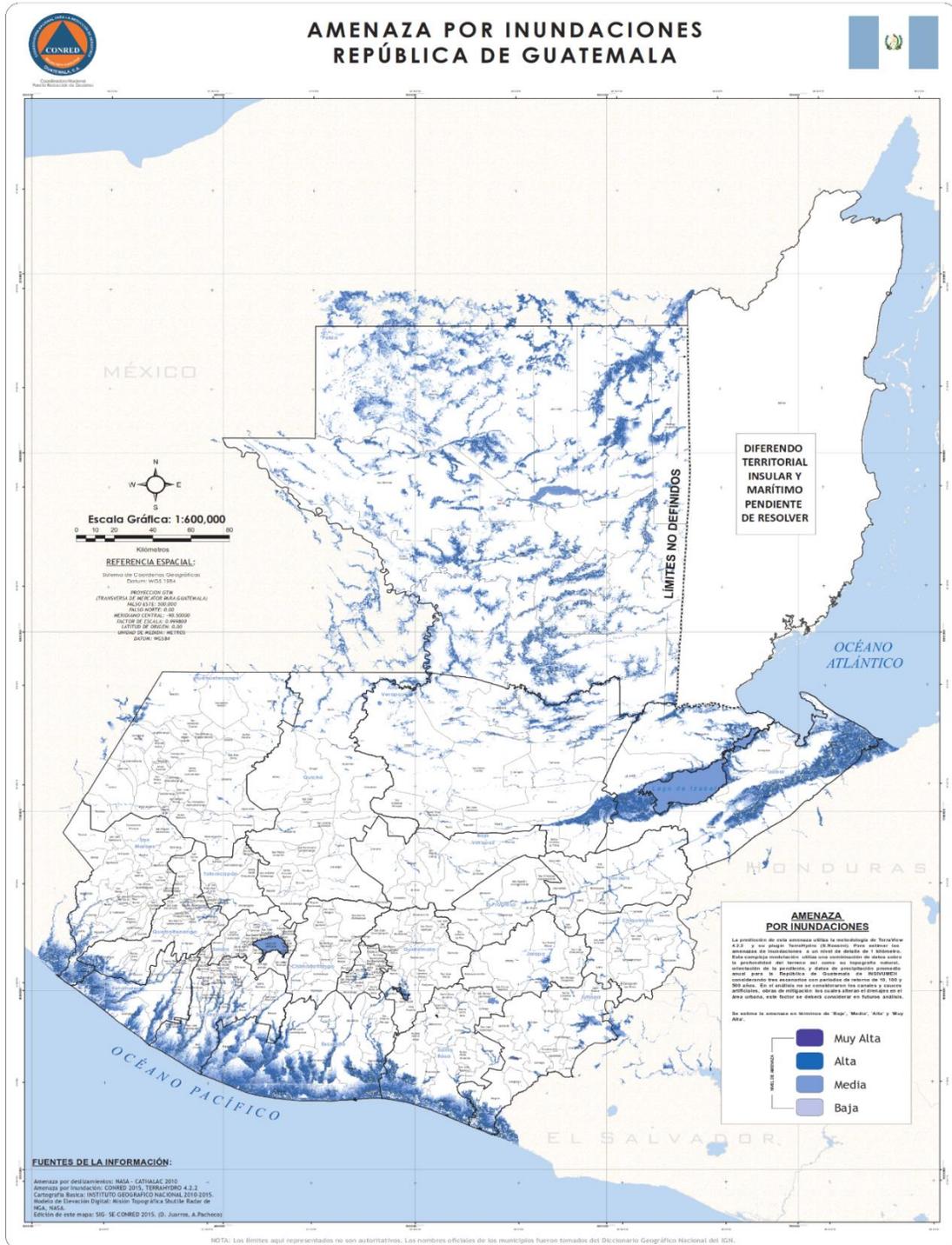


Fuente: Portal del INSIVUMEH

II.1.6 Amenaza

Es la exposición de un peligro, fenómenos externos, actividades humanas o condición peligrosa en donde se ejerce poco o ningún control sobre este, que puede causar la muerte, lesiones, daños materiales, pérdida de medios de sustento, de servicio, ocasionar un trastorno social y económico, o daños ambientales. Este puede ser caracterizado por su ubicación, intensidad, frecuencia y probabilidad, de manera que se logre determinar las acciones para intervenir y disminuir la posibilidad de ocurrencia de un riesgo. (Molina, 2017) (ver mapa 2)

Mapa 2. Amenaza por inundaciones.



Fuente: Portal de la CONRED

II.1.6.1 Vulnerabilidad

Se comprende por el grado de susceptibilidad que presente la sociedad, el ambiente, la infraestructura y demás, la cual depende de la capacidad de absorber la gravedad de la situación y la recuperación de los daños sufridos. (Molina, 2017)

II.1.6.2 Riesgo

Es la combinación de la probabilidad de que ocurra un evento y las consecuencias que provoca un impacto negativo, lo cual afecta a la sociedad, infraestructura o medio ambiente. El escenario del riesgo se presenta un fenómeno que pueda ocasionar daño o peligro y un factor vulnerable o susceptible que se encuentra expuesto, lo que produce pérdidas potenciales a una sociedad, según las condiciones sociales, económicas, culturales, técnicas y ambientales, algunas cuantificables. (Molina, 2017)

Daños sociales, económicos y ambientales causados por un fenómeno de origen natural o provocado, originado por el resultado de una correlación de amenaza y vulnerabilidad, la cual interrumpe el desarrollo de una sociedad. (Molina, 2017)

En él se incluyen la pérdida de vidas humanas, enfermedades, lesiones y efectos negativos en el bienestar físico, mental y social humano, como la destrucción de bienes, servicios y degradación ambiental, estas son las condiciones en las que se nombra una situación en estado de emergencia. (Molina, 2017)

II.1.7 Épocas de lluvia

El Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología - INSIVUMEH- nos indica que el clima de Guatemala se origina a partir de los fenómenos que se generan por efecto de la circulación general de la atmósfera, la influencia oceánica, y este genera características particulares por la posición geográfica y la topografía del país. (INSIVUMEH, 2018)

Las cuatro estaciones que normalmente se marcan en el hemisferio Norte, no se marcan en Guatemala. Si no, que se marcan dos épocas particulares, las cuales son estas: La época lluviosa (mayo a octubre) y seca (noviembre a abril). (INSIVUMEH, 2018)

El ciclo lluvioso se produce cuando se establece el régimen de los vientos Alisios del Nordeste, y subsecuentemente la zona de convergencia Intertropical (ZCTI) se aproxima a nuestras latitudes, se desprenden sistemas nubosos desde las costa africana y son trasladadas por los vientos alisios que adquieren mayor componente del Este (Ondas del Este), a su paso estas ondas del Este van producen lluvia y algunas veces adquieren un componente de vorticidad convirtiéndolas en ciclones tropicales, este fenómeno genera una gran cantidad de lluvia durante su paso. (INSIVUMEH, 2018)

La época lluviosa por lo general da inicio en el mes de mayo, en el mes de junio suelen presentarse días nublados y lluviosos. En julio y parte de agosto se produce un período seco denominado canícula, esto debido a la inversión de los alisios, y al fortalecimiento del anticiclón del Golfo de México, posteriormente al debilitarse y desaparecer vuelve nuevamente las precipitaciones intensas que completan la temporada lluviosa (septiembre y octubre). (INSIVUMEH, 2018)

La época seca da inicio con el incremento de la presión atmosférica y la migración de masas de aire frío proveniente de la zona polar (Frentes fríos), y produce un descenso de la temperatura y un incremento de la velocidad del viento, por lo general se tiene predominancia de viento norte, esta época fría se marca de noviembre a febrero, y posteriormente, se incrementa la temperatura presentándose olas de calor en los meses de abril y abril. Durante esta época se pueden presentar algunas lluvias locales de tipo convectivo, o prefrontales por la influencia de frentes fríos. (INSIVUMEH, 2018)

Las condiciones descritas son de carácter general; pero cada región tiene sus propias características climáticas locales debido al efecto de la topografía regional, vegetación, geología y tipos de suelo, las cuales permiten definir seis regiones perfectamente caracterizadas, las regiones son las siguientes: (INSIVUMEH, 2018)

Región Caribe

Región de los Valles de Oriente

Región de Occidente

Región Boca Costa

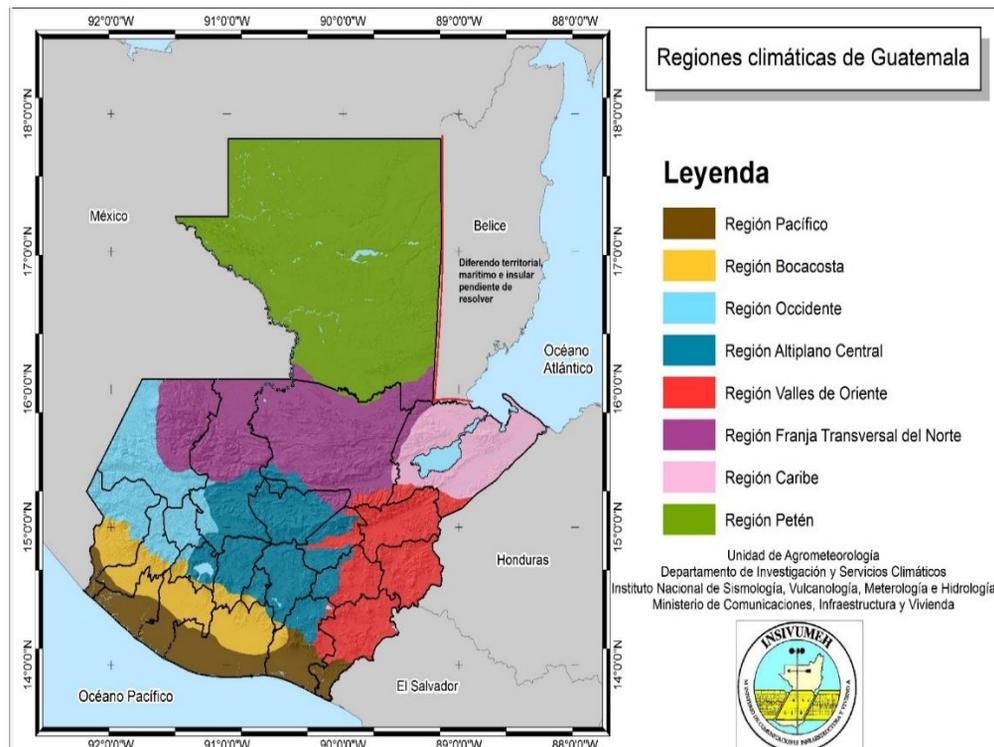
Región Pacífico

Región del Altiplano Central

Región Franja Transversal del Norte

Región Norte (INSIVUMEH, 2018)

Mapa 3. Regiones climatológicas de Guatemala.



Fuente: Portal del INSIVUMEH

II.1.8 Tormentas de diseño

Chow, Maidment y Mays (1994) se refieren a que una tormenta de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico. Usualmente la tormenta de diseño conforma la entrada al sistema, y los caudales resultantes a través de este se calculan para emplear los procedimientos de lluvia – escorrentía y tránsito de caudales.

Una tormenta de diseño puede definirse mediante un valor de profundidad de precipitación en un punto, mediante un hietograma de diseño que especifique la distribución temporal de la precipitación durante una tormenta, o mediante un mapa de isoyetas que especifique el patrón espacial de la precipitación. (Chain, 2016)

Las tormentas de diseño pueden basarse en información histórica de precipitación en un sitio o pueden construirse por medio de la utilización de las características generales de la precipitación en regiones adyacentes. (Chain, 2016)

II.1.9 Escorrentía superficial

Monsalve (1999) describe que la mayoría de los estudios hidrológicos están ligados al aprovechamiento del agua en la superficie y a la protección contra los fenómenos provocados por su movimiento. De la precipitación que alcanza el suelo, parte queda retenida, ya sea en depresiones o como película en torno a partículas sólidas. Del excedente de agua retenida, parte se infiltra y parte escurre superficialmente. Se define como exceso de precipitación, la precipitación total caída al suelo menos la retenida e infiltrada.

II.1.10 Hidrología

Según Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología – INSIVUMEH establece que desde mucho tiempo antes de iniciarse el desarrollo y expansión del ser humano sobre la superficie terrestre, el agua ha jugado un papel muy importante en el moldeado de la corteza terrestre, y su principal exponente el

océano, el cuál abarca más del 90% del agua existente en el planeta, además que en los continentes se han generado distintos tipos de cuerpo de agua, tales como: ríos, lagos, lagunas, etc., todos los cuáles han contribuido en el moldeado de las formas terrestres. (INSIVUMEH, 2018)

Por su lado, a través de la historia humana, se observa un creciente interés en el estudio de los recursos hídricos, principalmente para aprovecharlos en distintas actividades de las que realiza el ser humano en sus actividades normales, por ejemplo: abastecimiento de agua potable, riego, generación de energía, etc., de esta cuenta, se conocen muchos casos donde las grandes ciudades se fundaron cercanas a los cuerpos de agua (ríos, lagos, etc.). (INSIVUMEH, 2018)

Conforme el hombre ha ocupado las áreas aledañas a los ríos y lagos, la importancia del estudio de estos recursos se ha incrementado, principalmente al observar la facilidad con que las mismas pueden agotarse y contaminarse, además de la amenaza por inundaciones y crecidas que ellas pueden significar tanto para las poblaciones como zonas de aprovechamiento aledañas, principalmente durante las épocas de lluvias. (INSIVUMEH, 2018)

En el caso de Guatemala, la investigación y control permanente en los diferentes cuerpos de agua, está a cargo principalmente del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), el cuál a través del Departamento de Investigación y Servicios Hídricos, opera estaciones para mantener un monitoreo constante tanto de los ríos, como de algunos de los lagos y lagunas existentes en el territorio nacional. (INSIVUMEH, 2018)

El departamento se encuentra dividido en las secciones de Hidrometeorología del Norte o Red del Peten, Hidrología Operativa, Aguas Subterráneas, Hidrología Aplicada y Procesamiento de Datos. (INSIVUMEH, 2018)

Actualmente el departamento continúa con la recopilación en el país la información del recurso agua, para la evaluación de la cantidad y calidad, tanto de lo superficial como de lo subterráneo. De lo primero en ríos y lagos principales y de lo segundo, la investigación de acuíferos para la explotación y aprovechamiento para agua potable, irrigación e industria. También la parte norte del territorio nacional, en la que además de medición de caudales superficiales en sus principales ríos y niveles en sus principales lagos, se cuenta con medición de condiciones meteorológicas. (INSIVUMEH, 2018)

También se cuenta con la elaboración de un pronóstico de mareas y unas efemérides solar. Manuales con datos que vienen a ser bastante utilizados por el público y elaborados con programas especiales por personal profesional y técnicos especializados en esta labor. (INSIVUMEH, 2018)

En la parte de hidrología aplicada e investigación se cuenta con estudios de cuencas y aplicación de modelos. Se tiene además investigación de calidad de agua y boletines anuales de datos hidrológicos, como también estudios de balance hídrico superficial por cuenca hidrográfica. (INSIVUMEH, 2018)

II.1.11 División hidrológica de Guatemala

El Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología – INSIVUMEH-manifiesta que, desde el punto de vista hidrológico, el territorio de la República de Guatemala, se puede dividir en tres grandes vertientes de acuerdo al punto donde desembocan finalmente todos los ríos que atraviesan y/o nacen en el territorio nacional. (INSIVUMEH, 2018)

En forma general, los ríos en una misma vertiente son similares, pero cada vertiente tiene condiciones propias que afectan las características de los ríos que están incluidos en ella. (INSIVUMEH, 2018)

Estas vertientes se enumeran a continuación:

Vertiente del Pacífico

Vertiente del Atlántico o Vertiente del Mar de las Antillas

Vertiente del Golfo de México (INSIVUMEH, 2018)

Vertiente del Pacífico

Los ríos que corresponden a la Vertiente del Pacífico, tienen longitudes cortas (110 kms. promedio) y se originan a una altura media de 3000 msnm.

Las pendientes son fuertes en las partes altas de las cuencas, entre el 10% y el 20% lo que produce cambios bruscamente a pendientes mínimas en la planicie costera, lo que genera grandes zonas susceptibles a inundación en esta área. (INSIVUMEH, 2018)

Estas condiciones fisiográficas producen crecidas instantáneas de gran magnitud y corta duración, así como tiempos de propagación muy cortos. Por otro lado, todos los ríos de la Vertiente del Pacífico acarrear grandes volúmenes de material, especialmente escorias y cenizas volcánicas, debido a que la cadena volcánica se encuentra entre los límites de la vertiente. Debido a este arrastre de material los ríos tienen cursos inestables lo que produce daños e inundaciones en la planicie costera. (INSIVUMEH, 2018)

La precipitación en la vertiente del Pacífico tiene períodos de gran intensidad, típica de las zonas costeras con una precipitación media anual de 2200 mm. (INSIVUMEH, 2018)

Vertiente del Atlántico

En el caso de la Vertiente del Atlántico, la longitud de los ríos es mucho mayor e incluye el río más largo del País, el Río Motagua con 486.55 kms. Las pendientes son más suaves y su desarrollo es menos brusco, ya que en la parte montañosa los ríos hacen su recorrido en grandes barrancas o cañones. (INSIVUMEH, 2018)

Las crecidas son de mayor duración y los tiempos de propagación son también mayores. Los caudales son más constantes durante todo el año. Parte del área dentro de esta vertiente tiene muy baja pluviosidad, 500 mm/anales, mientras que en la zona de Puerto Barrios y Morales, la pluviosidad alcanza hasta 3500 mm/anales. (INSIVUMEH, 2018)

Vertiente del Golfo de México

Al igual que los ríos que desembocan en el Atlántico, los ríos que desembocan en el Golfo de México, poseen grandes longitudes. Aquí se encuentran los ríos más caudalosos del País, como lo son el Río Usumacinta, el Río Chixoy y el Río La Pasión. Las crecidas son de larga duración, los cauces son relativamente estables y los recorridos más sinuosos. Las pendientes son relativamente suaves. La precipitación media es de 2500 mm/anales. (INSIVUMEH, 2018) (ver mapa 4)

II.1.11.1 Red hidrológica

Según el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología –INSIVUMEH- declara que la Red de Estaciones Hidrométricas funciona en toda la República, y su principal objetivo es la obtención de los caudales de los principales ríos. En el mapa.5, se muestra un listado completo de las estaciones, así como su localización (para mayor información acerca de las estaciones, se puede acudir a las oficinas del Departamento de Investigación y Servicios Hídricos del INSIVUMEH). (ver mapa 5)

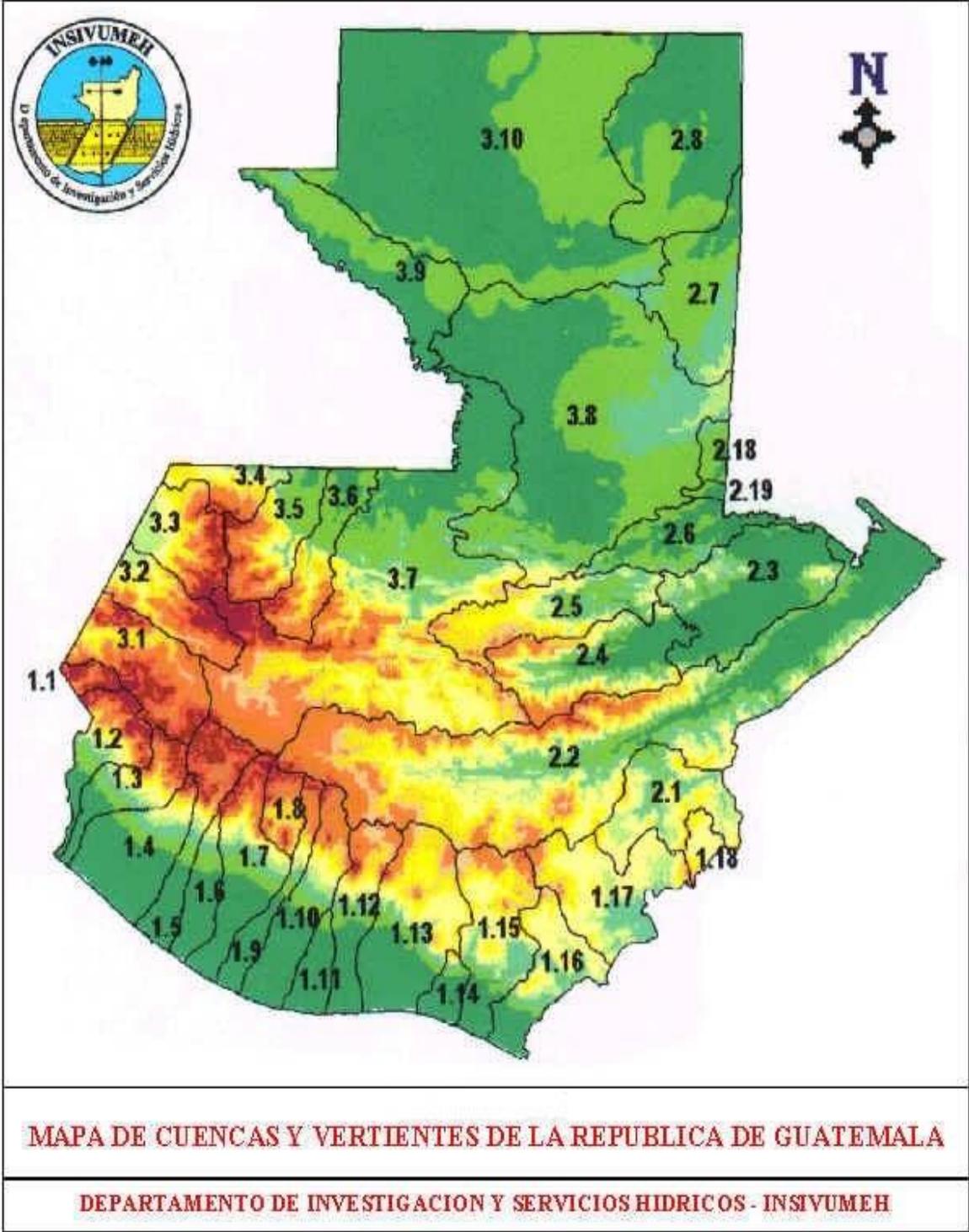
Tabla 2. Numero de cuencas.

No	Cuenca	Estación	Departamento	No	Cuenca	Estación	Departamento
1	1.01	Cunlaj	San Marcos	18	2.01	Ipala	Jutiapa
2	1.02	Malacatán	San Marcos	19	2.01	Camotán	Chiquimula

3	1.02	Pajapita	San Marcos	20	2.02	Morales	Izabal
4	1.02	Meléndrez II	San Marcos	21	2.02	Chiché	Quiché
5	1.03	Coatepeque	Quetzaltenango	22	2.02	Puente Orellana	Progreso
6	1.04	Caballo Blanco	Retalhuleu	23	2.02	Panajax	Progreso
7	1.05	Cantel	Quetzaltenango	24	2.06	Modesto Méndez	Petén
8	1.05	Candelaria	Quetzaltenango	25	3.01	Cuilco	Huehuetenango
9	1.06	La Máquina	Suchitepéquez	26	3.02	Chojil	Huehuetenango
10	1.07	Monte Cristo	Suchitepéquez	27	3.02	Xemal	Huehuetenango
11	1.07	San Miguel moca	Suchitepéquez	28	3.03	La Laguna	Huehuetenango
12	1.10	Puente Coyolate	Suchitepéquez	29	3.07	San Agustín Chixoy	Alta Verapaz
13	1.12	Puente de Itzapa	Chimaltenango	30	3.08	El Porvenir	Petén
14	1.12	San Luis Las Carretas	Sacatepéquez	31	3.10	San Pedro Mactún	Petén
15	1.12	Alotenango	Sacatepéquez	32	3.11	Chachaclún	Petén
16	1.13	El Pino	Santa Rosa	33	3.11	Bethel	Petén
17	1.15	El Portezuelo	Santa Rosa	34	3.11	Tikal	Pet

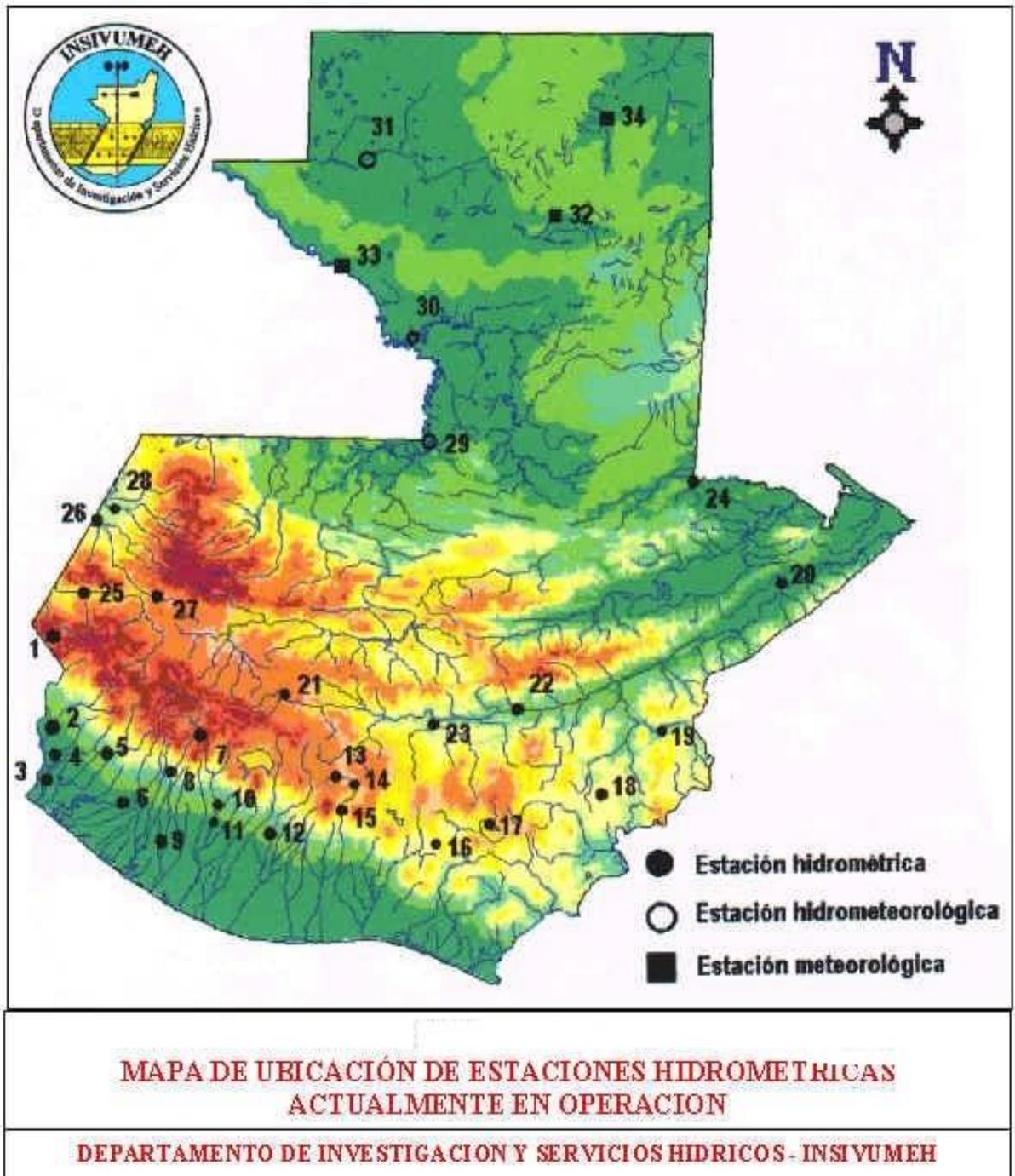
Fuente: Portal del INSIVUMEH

Mapa 4. Mapa de cuencas y vértices de la República de Guatemala



Fuente: Portal del INSIVUMEH

Mapa 5. Mapa de estaciones hidrométricas actualmente en operación.



Fuente: Portal del INSIVUMEH

II.1.12.1 Instituciones Reguladoras

INFOM

El Instituto de Fomento Municipal es una entidad autónoma creada el 04 de febrero de 1957 mediante el Decreto 1132 del Congreso de la República. Su finalidad es promover el desarrollo de los municipios, a través de asistencia técnica, administrativa y financiera de diversa índole a los Gobiernos Locales. El trabajo del instituto se enmarca dentro de tres ejes estratégicos: (INFOM, 2018)

Asistencia Técnica

INFOM asiste en la planificación y financiamiento de obras destinadas a mejorar la prestación de servicios públicos municipales. Así mismo, asistimos en la reparación de catastros, registros y planes reguladores y urbanísticos en apoyo a las municipalidades. (INFOM, 2018)

Asistencia Administrativa

INFOM asiste en la organización de la contabilidad y reduce las operaciones de recaudación, inversión y control de fondos de los bienes municipales para una transparente rendición de cuentas. Así mismo, asistimos en la depuración de inventarios, cortes de caja y verificación de existencia en almacenes y obras públicas municipales. (INFOM, 2018)

Asistencia Financiera

INFOM otorga préstamos para que las municipalidades realicen obras y servicios públicos de carácter municipal, o la explotación de sus bienes o empresas patrimoniales. De la misma forma, asistimos financieramente con el fin de evitar que se interrumpa el ritmo de los servicios municipales o de las obras emprendidas por las municipalidades. (INFOM, 2018)

II.1.13 Mitigación de los efectos naturales en sistemas de alcantarillado

Los sistemas de alcantarillado de las áreas urbanas y rurales son especialmente vulnerables a los peligros naturales. Estos sistemas son extensos y pueden hallarse en mal estado. Cuando el agua potable se contamina como resultado de un desastre o colapso en el sistema de alcantarillado, el riesgo de que la población contraiga enfermedades aumenta y la higiene se deteriora rápidamente. A menudo, resulta difícil valorar las consecuencias indirectas para la salud y el costo de la reparación del sistema es, en general, muy elevado. (Morales J. A., 2010)

Las autoridades encargadas del funcionamiento y mantenimiento de los sistemas de alcantarillado deben contar con estrategias para reducir la vulnerabilidad de estos sistemas a los desastres naturales para restablecer rápida y eficazmente el servicio en tales casos. (Morales J. A., 2010)

Para los establecimientos de salud, el análisis de vulnerabilidad es el primer paso para identificar y cuantificar el impacto potencial de los rendimientos y los componentes del sistema. (Morales J. A., 2010)

El proceso es complicado porque los sistemas de alcantarillado se extienden a lo largo de zonas muy amplias, están compuestos por una variedad de materiales y expuestos a diversos tipos de desastres, tales como las inundaciones, vientos fuertes, erupciones volcánicas o terremotos. (Morales J. A., 2010)

II.1.13.1 Daños producidos por terremotos

El sismo actúa con fuerzas de inercia sobre las construcciones que se levantan sobre el nivel del suelo; en cambio las estructuras enterradas (tuberías) se mueven con el suelo y experimentan deformaciones que pueden provocar daños en sus componentes; para las estructuras aéreas se dan deformaciones sin llegar a la ruptura, gracias a las juntas flexibles y los tensores. (Morales J. A., 2010)

Los terremotos ocasionan daños en las tuberías y/o en sus uniones rígidas; esto implica que se pueden esperar menores daños en las tuberías relativamente más flexibles como el PVC, y mayores en las tuberías rígidas, como las de mortero comprimido, hormigón, hierro fundido, asbesto y cemento, especialmente si tiene uniones rígidas. (Morales J. A., 2010)

Los daños en las tuberías de agua potable y drenaje sanitario producen, por lo común, afloramiento de agua en zonas cercanas a las roturas de tubos o uniones; para determinar su magnitud y alcance y poder hacer las reparaciones habrá que excavar y poner al descubierto las tuberías rotas. (Morales J. A., 2010)

Sin embargo, es posible que la alta permeabilidad del suelo en que se produjeron las roturas o la presión baja del agua oculte zonas de roturas que tal vez se podrían detectar posteriormente. (Morales J. A., 2010)

El análisis de las estadísticas disponibles sobre las amenazas y sus consecuencias conduce a establecer una marcada diferencia entre dos grupos de problemas. El primero es la peligrosidad e intensidad de las acciones esperadas; y el segundo, la vulnerabilidad de las obras hechas por el hombre para soportar, con daños tolerables, tales acciones. (Morales J. A., 2010)

II.1.13.2 Riesgo de alteraciones del agua en las redes de agua

Existe riesgo de alteración del sistema hídrico cuando se rompen simultáneamente las tuberías de las redes de agua potable y las de alcantarillado sanitario, porque es posible que algo de las aguas servidas se mezcle o penetre a la red de agua potable. (Morales J. A., 2010)

Ello se debe a que usualmente las tuberías de agua potable y alcantarillado sanitario se construyen en forma paralela, por las mismas calles y a pocos metros entre sus ejes. (Morales J. A., 2010)

Así, pueden existir roturas cercanas en ambas tuberías que posibiliten la entrada de aguas servidas a la red de agua potable, especialmente si es considerable el volumen de aguas servidas vertidas al terreno. (Morales J. A., 2010)

En algunas oportunidades existen aguas subterráneas superficiales que cubren las redes de agua potable y de alcantarillado. Si el sismo produce roturas o fugas en la red de alcantarillado, se contaminará la capa freática. Por su parte, esa capa superficial puede contaminar el agua potable de la red a través de roturas en la misma o por infiltración hacia la red de agua potable por juntas no herméticas si en esa red se producen presiones negativas. (Morales J. A., 2010)

Todas las infraestructuras son proyectadas sin antes considerar las amenazas naturales de tipo geológico, meteorológico y características del área en el cual se encuentra ubicado el sistema. (Morales J. A., 2010)

Muchos de los problemas relativos a los sistemas se deben a fenómenos naturales que no se consideraron en la etapa de concepción, diseño, construcción y operación del sistema. Por esta razón, es de gran importancia para evaluar la vulnerabilidad de los sistemas existentes y por construir. (Morales J. A., 2010)

Los planes de emergencia se fundamentan en el mejor conocimiento posible de la vulnerabilidad del sistema, en cuanto a las deficiencias en la capacidad de prestación de servicios u operatividad, debilidades físicas de los componentes ante las solicitudes externas y debilidades de organización ante las eventuales emergencias que se puedan ocasionar. (Morales J. A., 2010)

De una manera general, a la identificación y cuantificación de estas debilidades se le denomina Análisis de Vulnerabilidad, y es el proceso mediante el cual se determina el comportamiento esperado del sistema y de su organización, por ejemplo, el personal con experiencia en operación, mantenimiento, diseño y construcción, para atender emergencias. (Morales J. A., 2010)

II.1.14 Red de drenajes

El sistema de drenaje permite la circulación de las aguas estancadas en el terreno, a causa de las depresiones topográficas y controla la acumulación de sales en el suelo, ya que esto puede disminuir la productividad. Si en un terreno no se instala un sistema de este, cuando ocurran estos fenómenos topográficos el agua estancada provocara daños graves a la agricultura. (civilgeeks.com, 2018)

Existen otros orígenes de estas aguas como es por la elevación de las aguas subterráneas, a causa del riego en exceso, o, por la elevación de las aguas del río, otra causa es por el escurrimiento superficial y por la precipitación en el área. El sistema de drenaje conduce las aguas apozadas a otra parte por medio de tuberías o de una red de canales, es importante tener en cuenta que se debe llevar una limpieza periódica en este sistema, es necesario eliminar el fango y malezas los cuales podrían ocasionar que la eficiencia del sistema se pierda y tenga problemas. (civilgeeks.com, 2018)

Principalmente, el sistema de drenaje está compuesto por una red de canales que recogen y conducen las aguas a otra parte, fuera del área a ser drenada, impide al mismo tiempo, la entrada de las aguas externas. Típicamente estos sistemas se hacen necesarios en los amplios estuarios de los grandes ríos y en los valles donde el drenaje natural es deficiente. (civilgeeks.com, 2018)

Cuando la zona a ser saneada se encuentra a una cota inferior a las circundantes, y está disponible un río con un considerable transporte sólido, se puede provocar el llenado

de los terrenos bajos, para permitir el depósito de los sedimentos y así elevar su nivel. (civilgeeks.com, 2018)

II.1.14.1 Tipos de alcantarillado

II.1.14.1.1 Sanitario.

Se denomina alcantarillado o red de alcantarillado sanitario, al sistema que está integrado por tuberías y estructuras complementarias necesarias para recibir y evacuar las aguas residuales de la población. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

El destino final de las aguas servidas podrá ser, previo tratamiento, desde un cuerpo receptor hasta el reusó, lo cual depende del tratamiento que se realice y de las condiciones particulares de la zona de estudio. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

Los desechos líquidos de un núcleo urbano, después de haber pasado por las diversas actividades de una población, se componen esencialmente de agua, más sólidos orgánicos disueltos y en suspensión. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

La mayoría de los alcantarillados en localidades medianas y grandes se han diseñado y construido para funcionar en forma combinada, es necesario considerar las aportaciones pluviales. A través del tiempo se ha observado que esta práctica genera problemas de contaminación y de operación de los sistemas, por la imposibilidad de tratar, en época de lluvias, la totalidad de las aguas captadas. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

Basado en esta experiencia, los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial deben de diseñarse en forma separada. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

La red de alcantarillado se considera un servicio básico, sin embargo, la cobertura de estas redes en las ciudades de países en desarrollo es íntima en relación con la cobertura de las redes de agua potable. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

Esto genera importantes problemas sanitarios. Durante mucho tiempo, la preocupación de las autoridades municipales o departamentales estaba más ocupada en construir redes de agua potable, y para un futuro indefinido la construcción de las redes de alcantarillado. Actualmente las redes de alcantarillado son un requisito para aprobar la construcción de nuevas urbanizaciones. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

II.1.14.2 Pluvial.

Es el conjunto de obras e instalaciones destinadas a descargar las aguas generadas por las precipitaciones pluviométricas, que fluyen superficial y subterráneamente en un área determinada. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

El diseño y construcción de una red de alcantarillado es un trabajo de ingeniería donde se busca la eficiencia y economía. Por ello, se han desarrollado métodos de diseño que involucran los conceptos de hidráulica e hidrología a fin de aplicarlos en conjunto con recomendaciones constructivas que permitan la conservación y mantenimiento de la red de tuberías. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

Dichos métodos pueden tener variables a juicio del proyectista, que cambia especialmente, la forma de calcular la lluvia y los correspondientes gastos de diseño, pero deben atender a la normatividad local existente. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

El diseño de la red abarca en forma general, la determinación de la geometría de la red la cual busca siempre la trayectoria más corta hacia los canales superficiales

existentes, también se incluye el perfil y trazo en planta, los cálculos de diámetro y pendientes de cada tramo y la magnitud de las caídas necesarias en los pozos. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

Los factores determinantes de la capacidad de los elementos de drenaje de aguas lluvias son: (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

La intensidad, duración y frecuencia de las precipitaciones

Topografía del terreno

Tamaño de las áreas tributarias y las características del escurrimiento.

Economía en el diseño (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

La definición de la geometría de la red se inicia con la ubicación de los posibles sitios de vertido y el trazo de colectores y tuberías. Para ello, se siguen normas de carácter práctico, basándose en la topografía de la zona y el trazo urbano de la localidad. Por lo común, se aplican las reglas siguientes: (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

1) Los colectores de mayor diámetro se ubican en las calles más bajas para facilitar el drenaje de las zonas altas con tuberías o colectores de menor diámetro. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

2) El trazo de los colectores y las tuberías se ubica sobre el eje central de las calles, para evitar su cruce con edificaciones. Su trazo debe ser lo más recto posible y se debe procurar que no existan curvas. Si la calle es amplia, se pueden disponer dos tuberías, una a cada lado de la calle. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

3) La red de alcantarillado debe trazarse y buscar el camino más corto al sitio de vertido.

4) Las conducciones serán por gravedad. Se tratará de evitar las conducciones con bombeo.

Durante el diseño se lleva a cabo el cálculo del funcionamiento hidráulico del conjunto de tuberías a fin de revisar que los diámetros y pendientes propuestos sean suficientes para conducir el gasto de diseño de cada tramo. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

Además, se deben tener en cuenta las consideraciones y restricciones que sirven para disminuir los costos de construcción y evitar tanto fallas por razones estructurales como excesivos trabajos de mantenimiento. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

De elaborar múltiples diseños y tal como se verá más adelante, se puede apreciar que el dimensionamiento de las tuberías depende principalmente del tamaño del área por servir y de su coeficiente de escurrimiento, de la intensidad de la lluvia de diseño, y del periodo económico de diseño. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

II.1.1.14.3 Combinados.

Está basado en la combinación del sistema de alcantarillado sanitario y sistema de alcantarillado pluvial, cabe mencionar que el sistema combinado no es el más recomendable para el saneamiento del ambiente, puesto que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) exige el tratamiento previo de las aguas residuales. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

Las alcantarillas combinadas son aquellas que además de transportar aguas residuales, también transportan aguas lluvias, los sistemas de alcantarilla modernos son generalmente separados. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

Las excepciones a esta regla general se encuentran en algunas ciudades grandes y antiguas donde las alcantarillas combinadas fueron construidas en el pasado y donde

nuevas adiciones siguieron a las existentes en la práctica. En muchos casos, estas comunidades se poblaron densamente y tuvieron construcciones de alcantarillas pluviales antes de que la necesidad de alcantarillas sanitarias fuera en general aceptada. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

Los sistemas de alcantarillado modernos son clasificados como sanitarios por conducir solo aguas residuales, pluviales por transportan únicamente aguas producto del escurrimiento superficial del agua de lluvia y combinados si estas conducen simultáneamente las aguas domésticas, industriales y lluvias. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

II.1.14.4 Separativos.

Para este sistema el agua domiciliar y el agua pluvial cuentan con una red de recolección para cada sistema. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

Para estos cuatro sistemas de drenaje las aguas van conducidas hacia un receptor, es necesario que estos pasen por una planta de tratamiento antes de ser evacuados a una cuenca o río. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

Desde la óptica hidráulica los sistemas alcantarillados son clasificados de la siguiente forma: (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

Alcantarillados por gravedad: Se caracterizan por ser del tipo de flujo a gravedad, donde obedece la forma de la topografía del sitio factor que se busca aprovechar para conformar la red en el lugar que se ubique el proyecto; es utilizado para la recolección de aguas residuales de origen doméstico, comercial, industrial e institucional. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

Alcantarillados a presión: Empleado en la recolección de aguas residuales en zonas residenciales donde la construcción de la red por gravedad es problemática, por lo tanto, se hace uso de estaciones de bombeo. Además, se pueden incluir aguas residuales de origen comercial y solo una pequeña fracción de origen industrial. Este tipo de redes son por lo general pequeñas. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

II.1.15 Elementos del Alcantarillado Sanitario y Obras Accesorias.

Todo sistema de alcantarillado consiste principalmente en:

Una red de tuberías o colectores (abiertos y cerrados).

Otras estructuras hidráulicas que se integra de las partes siguientes: (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

Estructuras De Captación

Recolectan las aguas a transportar. En el caso de los sistemas de alcantarillado sanitario, se refieren a las conexiones domiciliarias o acometidas. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

Obras de conducción

Transportan las aguas recolectadas por las estructuras de captación hacia el sitio de tratamiento o vertido. Representan la parte medular de un sistema de alcantarillado y se forman con conductos cerrados y abiertos conocidos como tuberías y canales, respectivamente. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

Generalmente los materiales utilizados para tuberías de aguas residuales de origen doméstico, en El Salvador se fabrican de los materiales siguientes: concreto simple, concreto reforzado, fibrocemento, polietileno, policloruro de vinilo o PVC y hierro fundido estos últimos dos mencionados son los más usados. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

En nuestro medio el que más se utiliza es el PVC rígido, se utiliza para alcantarillas pluviales, conexiones domiciliarias y también para alcantarillas de aguas residuales. Es un material que no se inflama fácilmente y puede unirse con pegamento. Disminuye su resistencia al aumentar la temperatura y se resquebraja cuando ésta disminuye. El hierro fundido es resistente a muchos tipos de residuos químicos y puede soportar cargas externas pesadas. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

Generalmente, las tuberías tienen un revestimiento bituminoso que se adhiere a la superficie. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

Las tuberías de hierro fundido se utilizan para redes de alcantarillado sujetas cargas extremas, al igual que para drenar terrenos normales o agresivos. Son las más adecuadas para la construcción de estructuras, como por ejemplo pasos aéreos, que en algunas ocasiones deben diseñarse en las redes de alcantarillado. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

Todas estas tuberías y estructuras se fabrican con materiales que deben cumplir ciertas especificaciones químicas, mecánicas y estáticas. Dichas condiciones se determinan en base a la calidad de las aguas residuales, el flujo hidráulico, el tipo de suelo y los costos. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

La calidad del agua residual es el factor más importante al momento de seleccionar los materiales de construcción de tuberías y estructuras. Este factor se determina a partir de los tipos de agua residual. La agresividad química se clasifica de acuerdo a la concentración del ión de Hidrógeno o valor de pH. (Jenny Mercedes Alfaro Melgar, 2012)

II.1.16 Partes de un sistema de alcantarillado

II.1.16.1 Colector.

Es el conjunto de tuberías que transportan las aguas residuales o pluviales hacia su desfogeo o disposición final. Normalmente los colectores están ubicados sobre el eje de las calles. (Mayorga, 2005)

II.1.16.2 Pozo de visita.

Sirven para verificar el buen funcionamiento de la red de tubería, así como para efectuar operaciones de limpieza y mantenimiento; se pueden construir de cualquier material, siempre que sea impermeable y duradero, dentro del periodo de diseño. (Mayorga, 2005)

Los pozos de visita son estructuras caras, por lo que deben estudiarse las diversas alternativas que existen para su construcción; el material más utilizado es el ladrillo tayuyo de punta, fundidos en obra, o bien de tubería de 36 pulgadas. (Mayorga, 2005)

Se diseñan pozos de visita para localizarlos en los siguientes casos: (Mayorga, 2005)

Cambio de diámetro.

Cambio de pendiente.

Cambios de dirección horizontal, para diámetros menores de 24”.

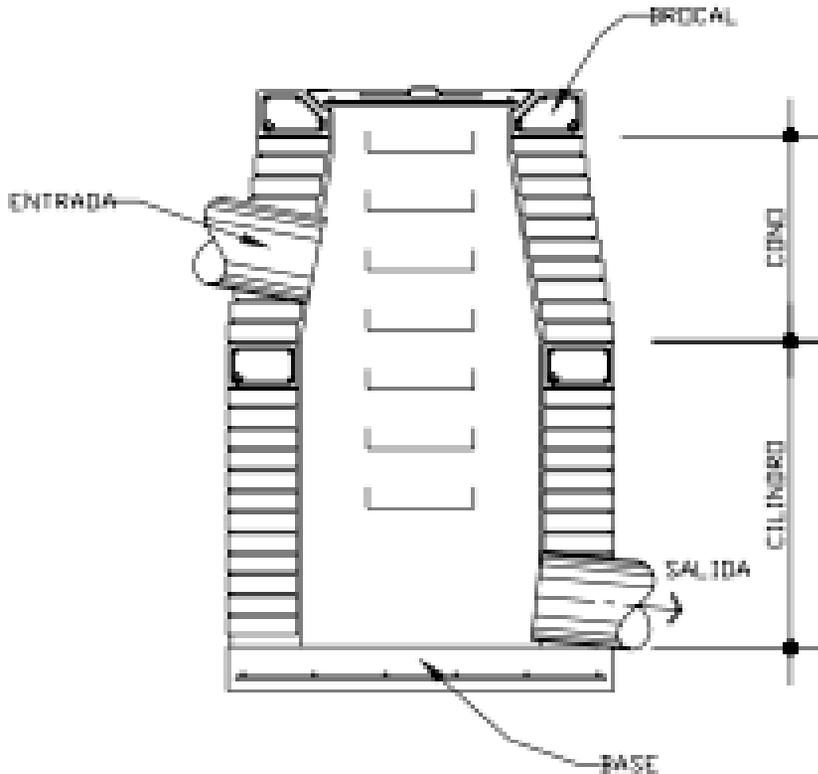
Las intersecciones de dos o más tuberías.

Los extremos superiores de ramales iniciales.

A distancias no mayores de 100 metros en línea recta, en diámetros de hasta 24”.

A distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores a 24”. (Mayorga, 2005)

Figura 1. Pozo de visita



Fuente: Morales, 2,010

II.1.16.3 Conexiones domiciliarias.

Una conexión domiciliar es un tubo que lleva las aguas servidas desde una vivienda o edificio a una alcantarilla común o a un punto de desagüe. (Morales J. A., 2010)

Ordinariamente al construir un sistema de alcantarillado, se acostumbra establecer y dejar prevista una conexión en Y o en T en cada lote edificado o en cada lugar donde haya que conectar un desagüe doméstico. Las conexiones deben taparse e impermeabilizarse para evitar la entrada de aguas subterráneas y raíces. En colectores pequeños es más conveniente una conexión en Y, ya que proporciona una unión menos violenta de los escurrimientos que la que se conseguiría con una conexión en T. (Morales J. A., 2010)

Sin embargo, la conexión en T es más fácil de instalar en condiciones difíciles. Una conexión en T bien instalada es preferible a una conexión en Y mal establecida. Es conveniente que el empotramiento con el colector principal se haga en la parte superior para impedir que las aguas negras retornen por la conexión doméstica cuando el colector funcione a toda su capacidad. (Morales J. A., 2010)

La conexión doméstica se hace por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de cemento colocados en una forma vertical (candelas), en la cual se une la tubería proveniente del drenaje de la edificación a servir, con la tubería que desaguará en el colector principal. La tubería entre la caja de inspección y el colector debe tener un diámetro no menor a 0.15 m (6") y debe colocarse con una pendiente del 2% como mínimo. (Morales J. A., 2010)

II.1.16.3.1 Caja.

Este elemento permite realizar algún tipo de inspección sobre el flujo del caudal de las aguas residuales que provienen de viviendas o edificios hacia la red o colector principal. (Morales J. A., 2010)

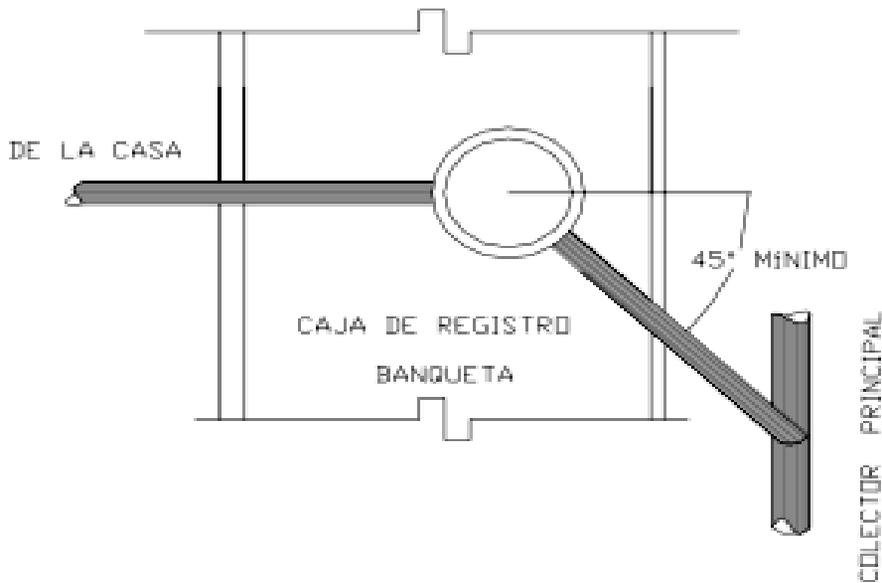
II.1.16.3.2 Tubería secundaria.

Esta tubería realiza la conexión desde la caja de registro hacia la tubería principal, para poder evacuar de manera efectiva el agua residual que proviene de las viviendas. (Morales J. A., 2010)

Al realizar el diseño de alcantarillado deben considerarse las alturas en las cuales se encuentran las viviendas, con relación a la alcantarilla central, y con esto no profundizar demasiado la conexión domiciliar; aunque en algunos casos ésta resulta imposible por la topografía del terreno, para lo que se deberá considerarse otras formas de realizar dicha conexión. (Morales J. A., 2010)

Los sistemas que permitan un mejor funcionamiento del alcantarillado, se utilizarán en situaciones en las cuales el diseñador lo considere conveniente; debido a sus características y a las condiciones físicas donde se construirá. (Morales J. A., 2010)

Figura 2. Conexión domiciliar



Fuente: Morales, 2,010

II.1.17 Reconocimiento topográfico.

Antes de iniciar propiamente los estudios topográficos se requiere de un reconocimiento preliminar para recopilar datos de gran utilidad en el proyecto como lo relacionado con afectaciones, características de ríos, nombre de lugares intermedios, localización de zonas bajas o inundables, niveles de agua en crecientes. (López N. L., 2007)

Existen procedimientos modernos para el reconocimiento como el fotogramétrico electrónico, pero resulta demasiado costoso, muchas veces para el presupuesto que puede tener un camino, también es importante decir que el tipo de vegetación y clima de algunas regiones no permite usar este procedimiento por lo que se tiene que recurrir

al reconocimiento directo que se puede auxiliar por cartas topográficas. (López N. L., 2007)

II.1.17.1 Levantamiento topográfico

Se llama así a la descripción y delineación detallada de la superficie de un terreno de la línea preliminar seleccionada, la cual sigue las señales indicadas en el reconocimiento; el levantamiento consiste en una poligonal abierta, formada por ángulos y tangentes, donde se deberá establecer lo siguiente: (López N. L., 2007)

- Punto de partida.
- Azimut o rumbo de salida.
- Kilometraje de salida. (López N. L., 2007)

Cota de salida del terreno. Para el levantamiento preliminar, se tomó en el campo: tránsito preliminar, niveles de preliminar, secciones transversales de preliminar y referencias. (López N. L., 2007)

En los levantamientos topográficos de la población se debe tener en cuenta el área edificada y de desarrollo futuro, así mismo de debe considerar la localización exacta de todas las calles y zonas, edificadas o no; edificios, carreteras, cementerios; todos los pavimentos, así como su clase y estado; parques públicos, campos de deporte y todas aquellas estructuras naturales y artificiales que guarden relación con el problema a resolver e influyan en los diseños. (Sagastume, 2004)

Altimetría

Es la medición de las alturas de una superficie de la tierra, con el fin de representarlas gráficamente, para que, junto con la planimetría, se defina la superficie en estudio, representada en tres dimensiones. Técnicamente se recomienda el nivel, por ser

fabricado para tal fin, pero las medidas tomadas por el teodolito son correctas si se efectúa un buen levantamiento topográfico. (López N. L., 2007)

El levantamiento alimétrico o nivelación debe hacerse con instrumentos y métodos que permitan una precisión de 1 cm por kilómetro o mejor. Se efectúa sobre el eje de las calles, es necesario tomar elevaciones en cruces de calles, distancias no mayores de 20 m, en los puntos de cambio de pendiente del terreno, etc. Las marcas de nivelación (Bench Marks) deben colocarse con anterioridad a los trabajos de nivelación y de tal forma que se asegure complemente su conservación. Este procedimiento puede efectuarse con precisión por medio del método de nivelación simple y/o nivelación compuesta en el o los tramos que se requiera. (Sagastume, 2004)

Curvas de nivel: las curvas de nivel son la representación gráfica del perfil del terreno sobre un plano; esta representación es en cuanto a elevaciones.

Las curvas de nivel son líneas que unen diferentes puntos de igual altitud sobre el terreno. Las curvas de nivel tienen ciertas características como son: (Sagastume, 2004)

Una curva de nivel no se une con otra de diferente nivel

Una curva de nivel no cruza sobre otra

Una curva de nivel, lo suficientemente amplia, define un plano (Sagastume, 2004)

Levantamientos alimétricos: se pueden realizar mediante los siguientes métodos: nivelación barométrica, nivelación trigonométrica y nivelación geométrica (o directa), la cual puede ser nivelación geométrica simple y nivelación geométrica compuesta. (Godínez, 2003)

El levantamiento altimétrico debe realizarse con instrumentos que permitan una precisión de 1 cm. por kilómetro o menor. Se efectúa sobre el eje de las calles, es importante sacar elevaciones en: (Godinez, 2003)

A distancias no mayores de 20 metros

Todos los cruces de calles

En todos los puntos en que haya cambio de pendiente del terreno

En todos los lechos de quebradas, puntos salientes de terrenos y depresiones

En las alturas máximas y mínimas del agua en el caudal o cuerpo de agua en el que se proyecte efectuar la descarga. (Godinez, 2003)

Se debe de dar importancia a la obtención de cotas de piso de terreno o construcciones, para que no queden por debajo de la cota de la rasante de la calle del frente. (Godinez, 2003)

Planimetría

Ésta se define como el conjunto de trabajos necesarios para representar gráficamente la superficie de la tierra, se debe tomar como referencia el norte para su mejor orientación. El levantamiento planimétrico sirve para localizar la red dentro de las calles; en general, para ubicar todos aquellos puntos de importancia. (López N. L., 2007)

En la medición de la planimetría de dicho proyecto se utilizó el método de deflexiones simples en una poligonal abierta; que consiste en tomar un Azimut inicial referido al norte y fijar éste con una vuelta de campana. En la vista atrás se toma la medida hacia la siguiente estación. Se tomaron puntos intermedios entre estación y estación a cada veinte metros, así como también puntos de referencia en accidentes geográficos (cercos, orillas de calle, postes de luz, etc.). (López N. L., 2007)

Poligonal: el levantamiento planimétrico sirve para localizar la red dentro de las calles, ubicar los pozos de visita y, en general, ubicar todos aquellos puntos de importancia. Para el levantamiento plan métrico, se utilizan diferentes Métodos, como: conservación del azimut, rumbos, distancias; el más común es el de conservación de azimut, con una poligonal cerrada; este método tiene la ventaja de garantizar un buen levantamiento, ya que permite conocer un error de cierre. (Godinez, 2003)

II.1.18 Tratamiento para sistemas de alcantarillado sanitario.

En la problemática de una región existe un factor muy importante si no se tratan las aguas residuales, y es la salud, de la cual depende el bienestar de una población. Además, los materiales que se depositan en los ríos, lagos y mares impiden el crecimiento de plantas acuáticas; los de naturaleza orgánica se pudren, y roban oxígeno al agua, con producción de malos olores y sabores; las materias tóxicas, los compuestos metálicos, los ácidos y los álcalis afectan directa o indirectamente la vida acuática; las pequeñas partículas, suspendidas como fibras, pueden asfixiar a los peces por obstrucción de sus agallas. (Sagastume, 2004)

Para que el volumen de aguas residuales que se descarga a una corriente no ofrezca peligros a la salud es necesario:

Mejorar el poder de purificación de la corriente de agua, lo que se logra:

Disminuir la velocidad del agua en la zona de descarga lo que hace más ancho el cauce.

Regular la formación de depósitos de lodos por canalización del cauce del río

Aumentan la aireación, provoca artificialmente disturbios en el agua por medio de cascada, remolinos, etc.

Evitar que llegue a ella en forma total o parcial la materia acarreada por los sistemas de alcantarillado. (Sagastume, 2004)

Al aplicar los procesos que se conocen como Tratamiento de aguas residuales En este sentido, es importante que, antes de disponer las aguas servidas en ríos, lagos o mares, reciban previamente algún tipo de tratamiento que permita la remoción de parásitos, bacterias y virus patógenos, que son los males endémicos que afectan al país. (Sagastume, 2004)

La importancia del tratamiento de las aguas residuales radica en que debe evitarse, en lo posible, la contaminación de ríos, lagos y mares. (Sagastume, 2004)

II.1.18.1 Procesos de Tratamiento.

Cada etapa del tratamiento tiene una función específica que contribuye, en forma secuencial, al mejoramiento de la calidad del efluente respecto a su condición inicial al ingresar al ciclo de depuración, que va desde el proceso más simple hasta el proceso más complejo. Esto permite separar las etapas; por lo tanto, el análisis de cada una en forma individual, existe siempre una interrelación entre cada una. Asimismo, el criterio a utilizar para la selección y diseño de las respectivas unidades que se proponen depende de la etapa de tratamiento. (Sagastume, 2004)

Todo proceso de tratamiento contiene varias etapas que son: (Sagastume, 2004)

Tratamiento preliminar

Tratamiento primario

Tratamiento secundario

Tratamiento terciario (Sagastume, 2004)

Los dispositivos para el tratamiento preliminar están destinados a eliminar o separar los sólidos mayores o flotantes, los sólidos inorgánicos pesados y eliminar cantidades

excesivas de aceites o grasas. Para lograr estos objetivos se utilizan diversas unidades, entre las que se pueden mencionar: (Sagastume, 2004)

Rejillas

Desarenadores

Primario

Los dispositivos que se usan en el tratamiento primario están diseñados para retirar de las aguas residuales los sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables que se encuentran suspendidos, mediante el proceso físico de sedimentación. La actividad biológica en esta etapa tiene poca importancia. (Sagastume, 2004)

El propósito fundamental de los dispositivos para el tratamiento primario consiste en disminuir lo suficiente la velocidad de las aguas, para que puedan sedimentarse los sólidos que representan la materia tanto orgánica como inorgánica susceptible de sufrir degradación. (Sagastume, 2004)

Las unidades de tratamiento más utilizadas en esta etapa son: (Sagastume, 2004)

Tanques Imhoff

Sedimentadores simples o primarios (Sagastume, 2004)

Secundario

Este término comúnmente se utiliza para los sistemas de tratamiento del tipo biológico, en los cuales se aprovecha la acción de microorganismos presentes en las aguas residuales. La presencia o ausencia de oxígeno disuelto en el agua residual define dos grandes grupos o procesos de actividad biológica: proceso aerobio (en presencia de oxígeno) y proceso anaerobio (en ausencia de oxígeno). (Sagastume, 2004)

Los dispositivos que se usan en esta etapa pueden ser: (Sagastume, 2004)

Filtro goteador con tanques de sedimentación secundario

Tanques de aereación

Filtro percolador (goteador, biofiltro o biológico)

Filtros de arena

Lechos de contacto

Lagunas de estabilización (Sagastume, 2004)

Terciario

Es el grado de tratamiento necesario para alcanzar una calidad física-química-biológica adecuada para el uso al que se destina el agua residual, sin riesgo alguno. En este proceso se le da un pulimento al agua de acuerdo a la reutilización que se le pretenda dar a las aguas residuales renovadas. (Sagastume, 2004)

II.1.19 Criterios de diseño.

Período de diseño

Los sistemas de alcantarillado se proyectan para llenar adecuadamente su función durante un período de 20 a 40 años a partir de la fecha en que se desarrolle el diseño, en función de la capacidad económica del lugar y la vida útil del material. (Sagastume, 2004)

Población futura

Es la proyección de la población actual que determina el aporte de caudales al sistema al final del período de diseño; el método de incremento geométrico es práctico y se define por la ecuación: (Sagastume, 2004)

$$P = P_o * (1 + r)^n$$

Donde:

P = Población futura

P_o = Población inicial

r = Tasa de crecimiento

n = Años transcurridos (Sagastume, 2004)

Determinación del caudal

Caudal

El caudal que puede transportar el drenaje está determinado por el diámetro, pendiente y velocidad del flujo dentro de la tubería. Recorre el drenaje por gravedad como un canal abierto; es decir, no experimenta presión más que la presión atmosférica, y está expresado en m/s o l/s. (Sagastume, 2004)

Velocidad del flujo

La velocidad del flujo está determinada por la pendiente del terreno, el tipo y diámetro de la tubería que se utiliza. La velocidad del flujo se determina por la fórmula de Manning y las relaciones hidráulicas de v/V ; donde “V” es la velocidad a sección llena y “v” es la velocidad de flujo, que por norma debe ser mayor de 0.40 metros por segundo, para que no exista sedimentación en la tubería y por lo tanto algún taponamiento y su valor debe ser menor o igual que 4.0 metros por segundo, para que no exista erosión o desgaste, estos datos se aplican para tubería de PVC. (Morales J. A., 2010)

Tirante o profundidad del flujo

Como ya se mencionó, la altura del tirante del flujo debería ser mayor del 10% del diámetro de la tubería y menor del 75% de la misma; estos parámetros aseguran su funcionamiento como canal abierto, así como su funcionalidad para el arrastre de los sedimentos. (Morales J. A., 2010)

Caudal

El caudal que puede transportar el drenaje está determinado por diámetro, pendiente y velocidad del flujo dentro de la tubería. Por norma se supone que el drenaje funciona como un canal abierto, es decir, que no funciona a presión. El tirante máximo de flujo se obtiene de la relación d/D , donde “d” es la profundidad o altura del flujo y “D” es el diámetro interior de la tubería, esta relación debe ser mayor de 0.10 para que exista arrastre de las excretas y menor de 0.75 para que funcione como un canal abierto. (Morales J. A., 2010)

Caudal domiciliar

Es el agua que ha sido utilizada para limpieza o producción de alimentos, es desechada y conducida a la red de alcantarillado. El agua de desecho doméstico está relacionada con la dotación y suministro de agua potable. (Sagastume, 2004)

Una parte de ésta no será llevada al alcantarillado, como la de los jardines y lavado de vehículos, de tal manera que el valor del caudal domiciliar está afectado por un factor que varía entre 0.70 a 0.90, el cual queda integrado de la siguiente manera: (Sagastume, 2004)

$$Q_{dom} = \frac{No.Hab. * Dot. * F.R}{86,400}$$

Donde:

Q_{dom} = caudal domiciliar (l/s)

No. Hab. = número de habitantes

Dot. = dotación (l/hab/día)

F.R = factor de retorno (Sagastume, 2004)

Caudal industrial

Es el agua desechada proveniente de las industrias, como fábricas de textiles, licoreras, alimentos, etc. Si no se cuenta con un dato de dotación de agua suministrada, se puede estimar entre 1,000 y 18,000 litros/industria/día, lo cual depende del tipo de industria. (Sagastume, 2004)

$$Q_{ind} = \frac{No.Ind. * Dot.}{86,400}$$

Donde:

Q_{ind} = Caudal industrial (l/s)

No. Ind. = Número de industrias

Dot. = Dotación (l/industria/día) (Sagastume, 2004)

Caudal comercial

Es el agua que se desecha de los comercios, restaurantes, hoteles, etc. La dotación comercial varía según el establecimiento a considerarse y puede estimarse entre 600 a 3000 litros/comercio/día. (Sagastume, 2004)

$$Q_{com} = \frac{No.Com. * Dot.}{86,400}$$

Donde:

Q_{com} = Caudal comercial (lts/s)

No. Com. = Número de comercios

Dot. = Dotación (lts/comercio/día) (Sagastume, 2004)

Caudal de conexiones ilícitas

Es producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema de agua pluvial al alcantarillado sanitario sin ninguna autorización. Se estima un porcentaje de viviendas que puedan realizar conexiones ilícitas, que varía de 0.5 a 2.5 por ciento.

Éste se calcula por medio de la fórmula del método racional, ya que tiene relación con el caudal producido por las lluvias. (Morales J. A., 2010)

$$Q_{\text{Conex. Ilic}} = \frac{CiA}{360} = \frac{Ci(A\%)}{360}$$

Donde:

$Q_{\text{conex. ilic}}$ = Caudal (m³/seg).

C = Coeficiente de escorrentía, el que depende de las condiciones del suelo y topografía del área a integrar.

I = Intensidad de lluvia (mm/hora).

A = Área que es factible de conectar (Has).

$A\%$ = Porcentaje de patios y techos. (Morales J. A., 2010)

Caudal por infiltración

Es el caudal que se infiltra en la alcantarilla, el cual depende de la profundidad del nivel freático del agua, de la profundidad y tipo de la tubería y de la permeabilidad del terreno, el tipo de juntas, la calidad de mano de obra utilizada y la supervisión técnica. Su cálculo incluye la longitud de la tubería de las conexiones domiciliarias. Se acepta valor de 6.00 m por cada casa, la dotación de infiltración varía entre 12,000 y 18,000 litros/km/día. (Sagastume, 2004)

$$Q_{\text{Inf}} = \frac{(\text{Long. Tub.} + \text{No. Casas} * 0.006) * \text{Dot.}}{86,400}$$

Donde:

Q_{Inf} = Caudal por infiltración (l/s)

Long. Tub. = Longitud de la tubería del colector en km

Dot. = Dotación (l/kilómetro/día)

No. Casas = Número de casas (Sagastume, 2004)

Caudal medio

Es la suma de los caudales provenientes de viviendas, industrias, comercios, y los dados por conexiones ilícitas e infiltración. Definido así, se descarta todo aquel caudal que, dada la situación o propiedades de la red, no contribuya al sistema; sin embargo, en el caso de conexiones ilícitas es necesario abarcar un dato que represente cualquier caudal ilícito. (Sagastume, 2004)

$$Q_{med} = Q_{dom} + Q_{ind} + Q_{com} + Q_{c.l} + Q_{inf}$$

Factor de caudal medio

Es el factor que registra la cantidad de caudal sanitario por poblador que se produce en un día, y sirve como parámetro de diseño de la red. Está definido por la siguiente ecuación: (Sagastume, 2004)

$$F.Q.M = \frac{Q_{med}}{86,400}$$

Donde:

F.Q.M = Factor de caudal medio

Q_{med} = Caudal medio

Se han establecido rangos para este valor, de acuerdo a las instituciones locales son los siguientes: (Sagastume, 2004)

Tabla 3. Rango de valores de caudal medio

Institución	FQM
Infom	0.0046
Municipalidad de Guatemala	0.0030
Dgop	0.002-0.005

Fuente: Sagastume, 2004

Caudal máximo

Para calcular el caudal máximo que fluye por las tuberías, en un momento dado, hay que afectar el caudal medio por un factor conocido como factor de flujo, el cual suele variar entre 1.5 a 4.5, de acuerdo al tamaño de la población. El cómputo de dicho factor se puede hacer por diversas formas, pero la más usada es el valor obtenido por la fórmula de Hardmond. (Morales J. A., 2010)

Factor de Harmond

Es el valor estadístico, que determina la probabilidad del número de usuarios que harán uso del servicio. Está dado de la siguiente manera: (Sagastume, 2004)

$$F.H = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

Donde:

P = Población futura acumulada en miles

Caudal de diseño

Para realizar la estimación de la cantidad de agua negra que transportará el alcantarillado en los diferentes puntos donde esta fluye, primero se tendrán que integrar los valores que describen en la fórmula siguiente: (Morales J. A., 2010)

$$Q_{Dis} = \text{Núm. Habit.} * FH * Fqm$$

Donde:

Núm. Habit. = número de habitantes futuros acumulados.

FH = factor de Hardmond.

Fqm = factor de caudal medio.

Fundamentos hidráulicos

Ecuación de Manning para flujo en canales

Los valores de velocidad y caudal que ocurren en un canal se han estimado por medio de fórmulas desarrolladas experimentalmente, en las cuales se involucran los factores que más afectan al flujo de las aguas en el canal. Una de las fórmulas empleadas para canales es la de Chezy, para flujos uniformes y permanentes. (Sagastume, 2004)

La ecuación que más se utiliza es la de Manning, definida así:

$$V = \frac{R^{2/3} * \sqrt{S}}{n}$$

Donde:

V = Velocidad m/s

R = Radio hidráulico

S = Pendiente del canal

n = Coeficiente de rugosidad, propiedad del canal (Sagastume, 2004)

Parámetros de diseño hidráulico

Coeficiente de rugosidad

Es un valor adimensional y experimental, que indica cuán lisa o rugosa es la superficie interna de la tubería que se va a utilizar. Varía de un material a otro y se altera con el tiempo. (Sagastume, 2004)

Los valores del factor de rugosidad de algunas de las tuberías más empleadas en nuestro medio son: (Sagastume, 2004)

Tabla 4. Factor de rugosidad

material	factor de rugosidad
Superficie de mortero de cemento	0.011-0.030
Mampostería	0.017-0.030
Tubo de concreto Diám. < 24"	0.011-0.016
Tubo de concreto Diám. > 24"	0.013-0.018
Tubo de asbesto cemento	0.009-0.011
Tubería de PVC	0.006-0.011

Fuente: Sagastume, 2004

Sección llena y parcialmente llena

Para el diseño del alcantarillado sanitario se debe contar con la información correspondiente a los valores de la velocidad y caudal de la sección llena de la tubería que se pretende usar. Para el cálculo de la velocidad se emplea la fórmula siguiente: (Sagastume, 2004)

$$V = \frac{R^{2/3} * \sqrt{S}}{n}$$

El caudal que transportará:

$$Q = A * V$$

Donde:

Q = caudal a tubo lleno (lts/s)

A = área de la tubería (m²)

V = Velocidad a sección llena (m/s)

Las ecuaciones para calcular las características hidráulicas de la sección parcialmente llena del flujo de una tubería circular se presentan a continuación: (Sagastume, 2004)

$$a = D^2/4 * (\theta * \pi/360 * \text{sen} \theta/2)$$

$$p = D/2 * \theta * \pi/360$$

$$v = \frac{r^{2/3} * \sqrt{S}}{n}$$

$$r = D/4 * (1 - 360/2\pi\theta * \text{sen} \theta)$$

$$q = a * v$$

$$d = D/2 * (1 - \cos \theta/2)$$

Donde:

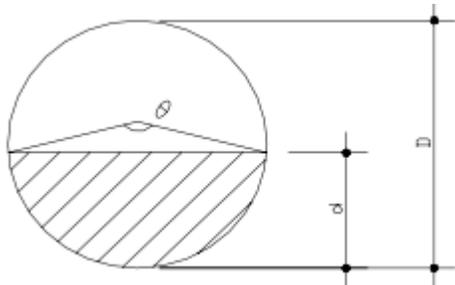
D = Diámetro del tubo

d = Tirante de la sección

v = Velocidad a sección parcial

q = Caudal a sección parcial

Figura 3. Sección parcialmente llena



Fuente: Sagastume, 2004

Pendiente máxima y mínima

Para reducir los costos por excavación, la pendiente de la tubería deberá adaptarse a la pendiente del terreno. Sin embargo, en todos los casos se tiene que cumplir con las especificaciones hidráulicas que rigen también el tirante permitido. (Sagastume, 2004)

Se deben considerar las siguientes especificaciones hidráulicas:

Que $Q_{\text{diseño}} < Q_{\text{lento}}$

La velocidad debe estar comprendida entre:

$$0.30 = v = 3.00 \text{ (m/s)}$$

0.30 = v para facilitar el arrastre de los sólidos

v = 2.40 para evitar el deterioro de la tubería

El tirante debe estar entre:

$$0.10 = d/D = 0.75$$

Para evitar condiciones de presión

Velocidades de arrastre

Velocidad mínima con la que los sólidos no se sedimentan en la alcantarilla. Ésta se obtiene se logra que el tirante se encuentre en un rango de $0.10 < d/D < 0.90$ y una pendiente adecuada. (López N. L., 2007)

Velocidades máximas y mínimas de diseño

Los proyectos de alcantarillado de aguas negras deben diseñarse de modo que la velocidad mínima de flujo, cuando trabaje a cualquier sección, sea 0.40 mts/seg. No siempre es posible mantener esa velocidad, debido a que existen ramales que sirven a sólo unas cuantas casas y producen flujos bastante bajos; en tales casos, se proporcionará una pendiente que dé la velocidad mínima de 0.40 mts/seg., a la descarga máxima estimada, y una velocidad no menos de 0.40 m/seg durante escurrimientos bajos. (López N. L., 2007)

Las velocidades mínimas fijadas no permiten la decantación de los sólidos, pero también, las velocidades altas producen efectos dañinos, debido a que los sólidos en suspensión hacen un efecto abrasivo a la tubería, por tal razón se ha recomienda que la velocidad máxima de diseño sea de 4.00 mts/seg. (López N. L., 2007)

Cálculo de cotas invert

Cuando se trabaje en el diseño se tiene que calcular la profundidad a la que se va a instalar la tubería inicial, para esto se toma en cuenta la profundidad mínima según el reglamento de la Dirección General de Obras Públicas (DGOP) e Instituto de Fomento Municipal (INFOM) el cual será de 1.20 mts. En lugares donde no pasan vehículos pesados y de 1.40 donde transitan vehículos pesados. En el proyecto se ha tomado una profundidad inicial y mínima de 1.20 mts. (López N. L., 2007)

Al tener esta información inicial, el cálculo de las cotas invert se obtienen restando a la cota de terreno la altura inicial del primer pozo para obtener la primera que sería cota invert de salida y para encontrar la cota invert de entrada se obtiene mediante la diferencia de cota invert de salida menos pendiente de diseño por la distancia. (López N. L., 2007)

Diámetro del colector

El diámetro mínimo de tubería que se utiliza para el diseño de alcantarillado sanitario es de 8 pulgadas cuando se trabaja con tubería de concreto; esto se debe a requerimientos de flujo y limpieza, con lo cual se evitan las obstrucciones en la tubería. En tubería de Cloruro de Polivinilo (PVC), el diámetro mínimo es de 6 pulgadas. (Sagastume, 2004)

Tabla 5. Dimensiones básicas de colector

Diámetro nominal D_N		Diámetro interior D_i		Diámetro exterior D_e	
mm	pulgadas	mm	pulgadas	mm	pulgadas
100	4	100.3	3.950	109.2	4.300
150	6	150.1	5.909	163.1	6.420
200	8	200.2	7.881	218.4	8.600
250	10	250.1	9.846	273.9	10.786
300	12	297.6	11.715	325.0	12.795
375	15	364.2	14.338	397.7	15.658
450	18	445.8	17.552	486.5	19.152
600	24	596.1	23.469	649.7	25.580

Fuente: Sagastume, 2004

Profundidad del colector

La profundidad en que descansa la tubería debe ser tal que las inclemencias del tiempo no representen riesgo alguno para la condición física de la tubería; pero, aún más, para evitar las cargas del tráfico transmitidas por el suelo. (Sagastume, 2004)

La profundidad mínima, desde la superficie del terreno hasta la parte superior externa de la tubería, en cualquier punto de su extensión, será determinada de la siguiente manera: (Sagastume, 2004)

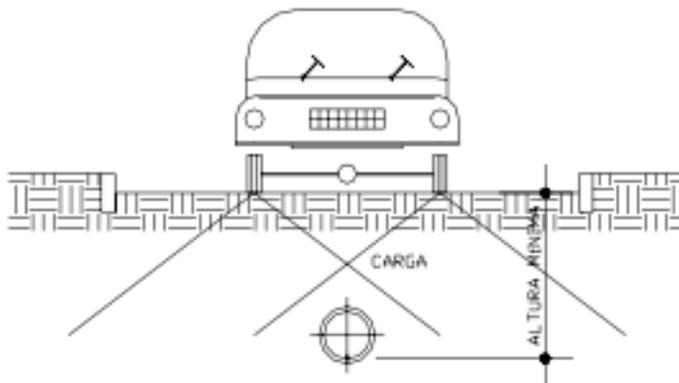
a) Para tráfico liviano (menor a 2 toneladas) = 1.00 m

b) Para tráfico pesado (mayor a 2 toneladas) = 1.20 m (Sagastume, 2004)

Profundidad mínima

De acuerdo a lo anteriormente mencionado, cuenta que existen diferentes diámetros de tubería con los cuales se diseña un drenaje sanitario, se presenta a continuación una tabla que tabula los valores de la profundidad mínima para distintos diámetros y condiciones de tráfico liviano y pesado. (Sagastume, 2004)

Figura 4. Profundidad mínima de colector



Fuente: Sagastume, 2004

Tabla 6. Profundidad mínima de colector

Diámetros	4"	6"	8"	10"	12"	15"	18"	24"
Tráfico liviano	111	117	122	128	134	140	149	165
Tráfico pesado	131	137	142	148	154	160	169	185

Fuente: Sagastume, 2004

III. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

La zona 5 de San Pedro Carchá, Alta Verapaz es una de las zonas con mayor actividad económica debido a que en ella existen diversos comercios y dos estacionamientos de buses los cuales tiene como destino varias aldeas de este municipio, así como el gran número de población que reside en dicho lugar la cual se ve vulnerable a las inundaciones.

Las encuestas fueron pasadas a la población con una muestra de 66 personas con el fin de comprobar la variable independiente (Y) y el problema central, así mismo a través de un censo se encuestó a 5 técnicos de la municipalidad para definir la causa o la variable independiente (X).

Los resultados obtenidos de las encuestas pasadas a la población y técnicos de la municipalidad fueron tabulados y graficados para su posterior análisis, de esta manera poder comprobar la siguiente hipótesis planteada: “las Inundaciones en época de invierno en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, en los últimos cinco años, por el colapso de la red de drenajes; se debe a la inexistencia de proyecto para la construcción de red de alcantarillado sanitario”.

A continuación, se presenta los resultados por medio de cuadros y gráficas con su respectivo análisis para cada una de las encuestas. De la gráfica 1 a la 5 comprueban el efecto o variable (Y) y del número 6 al 10 comprueban la causa principal o variable (X).

III.1. Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable dependiente (Y) o efecto.

Cuadro 1.

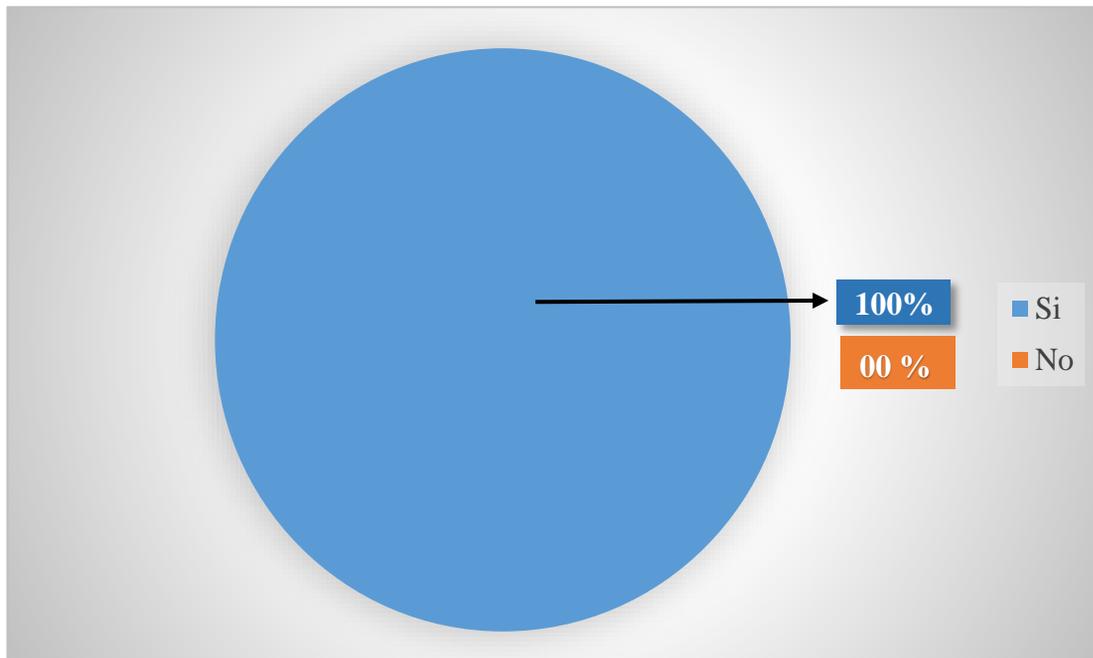
Habitantes que confirma la existencia de inundaciones en zona 5 del municipio.

Respuestas	No. Personas	Valor relativo (%)
Si	66	100
No	0	0
Totales	66	100

Fuente: habitantes de zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

Gráfica 1.

Habitantes que confirma la existencia de inundaciones en zona 5 del municipio.



Fuente: habitantes de zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

Análisis: las inundaciones se manifiestan en la zona 5 con información proporcionada por los habitantes del lugar, por ende, se contribuye a la comprobación del efecto.

Cuadro 2.

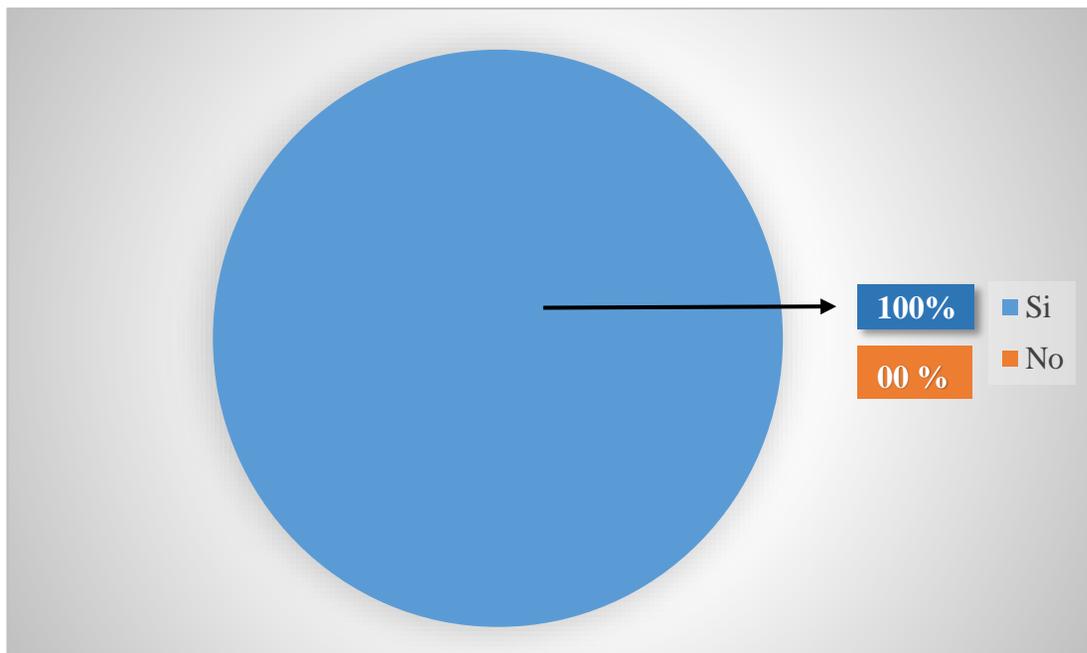
Habitantes que han sido afectados por las inundaciones que se generan en la zona 5 del municipio.

Respuestas	No. Personas	Valor relativo (%)
Si	66	100
No	0	0
Totales	66	100

Fuente: habitantes de zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

Gráfica 2.

Habitantes que han sido afectados por las inundaciones que se generan en la zona 5 del municipio.



Fuente: habitantes de zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

Análisis: Según la información recopilada se auxilia a confirmar el efecto, debido a que la población si ha sido afectada con las inundaciones que se generan en época de invierno en esa zona.

Cuadro 3.

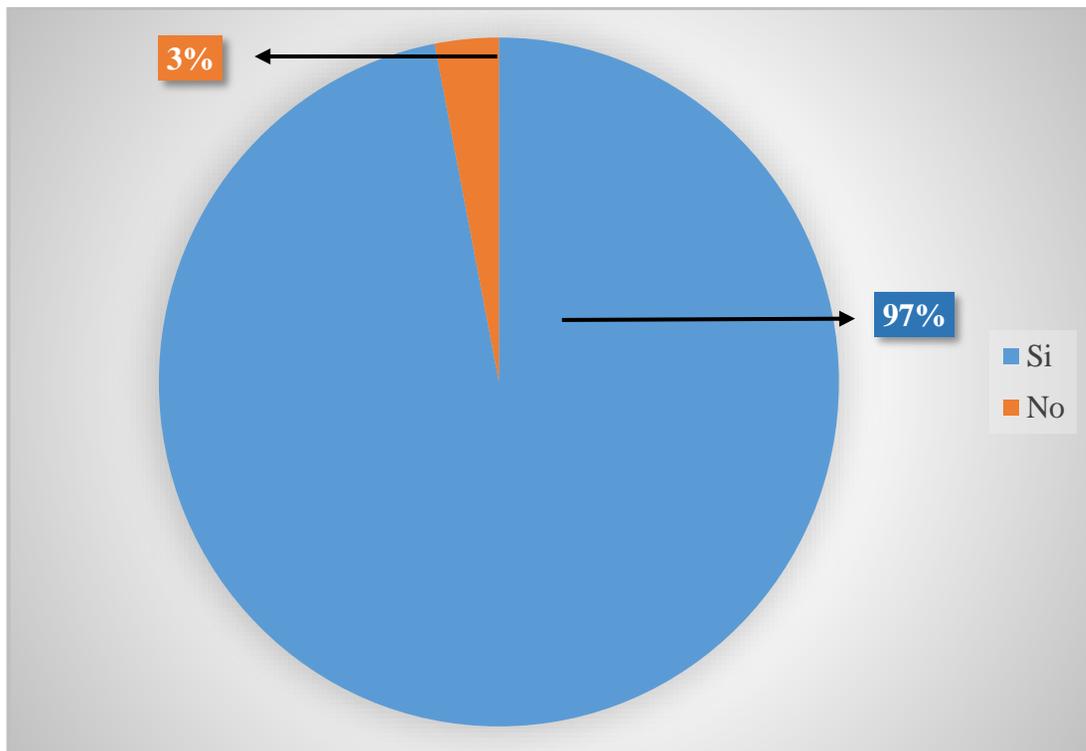
Habitantes que confirma que las inundaciones generan enfermedades para la salud.

Respuestas	No. Personas	Valor relativo (%)
Si	64	97
No	2	3
Totales	66	100

Fuente: habitantes de zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

Gráfica 3.

Habitantes que confirma que las inundaciones generan enfermedades para la salud.



Fuente: habitantes de zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

Análisis: las inundaciones en época de invierno generan enfermedades las cuales traen consigo otras consecuencias, esto manifestado por los habitantes lo cual contribuye a comprobar el efecto.

Cuadro 4.

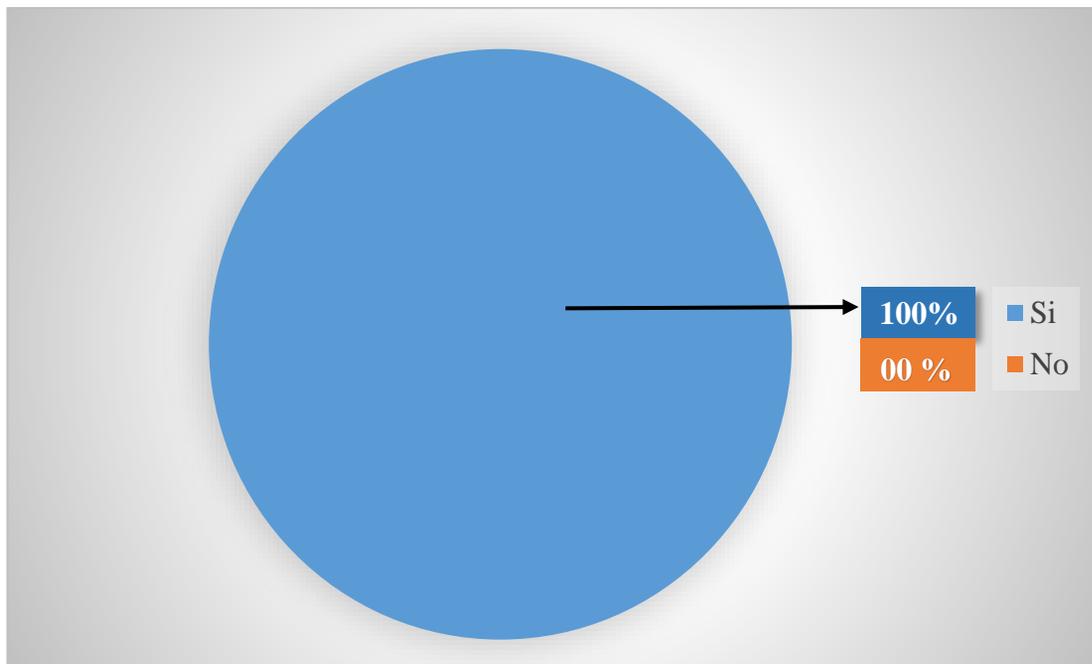
Habitantes que confirma que las inundaciones les perjudican.

Respuestas	No. Personas	Valor relativo (%)
Si	66	100
No	0	0
Totales	66	100

Fuente: habitantes de zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

Gráfica 4.

Habitantes que confirma que las inundaciones les perjudican.



Fuente: habitantes de zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

Análisis: la información recabada ha ayudado para poder confirmar el efecto, debido que los habitantes manifiestan que han sido perjudicados por las inundaciones que se generan en esta zona.

Cuadro 5.

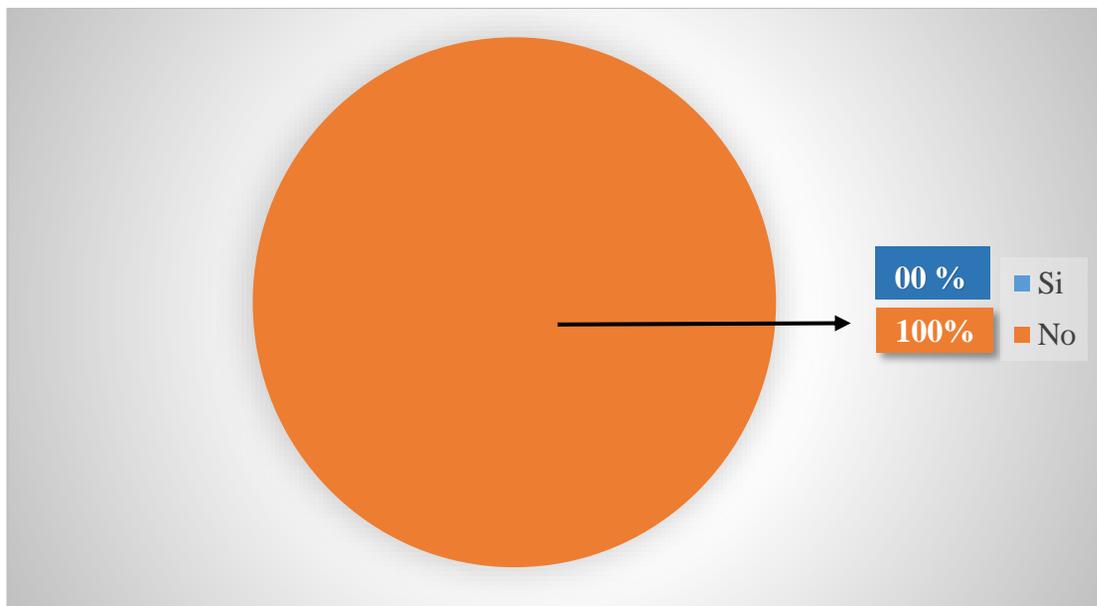
Habitantes que confirma que desconoce la existencia de alguna propuesta por parte de las autoridades para la disminución de las inundaciones.

Respuestas	No. Personas	Porcentaje (%)
Si	0	0
No	66	100
Totales	66	100

Fuente: habitantes de zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

Gráfica 5.

Población que confirma que desconoce la existencia de alguna propuesta por parte de las autoridades para la disminución de las inundaciones.



Fuente: habitantes de zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

Análisis: Con la información recopilada la totalidad de la población manifestó que desconoce la existencia de algún plan estratégico por parte de la municipalidad para la reducción de las inundaciones en la zona, con lo cual se contribuye a la comprobación del efecto.

III.2. Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable dependiente (X) o la causa.

Cuadro 6.

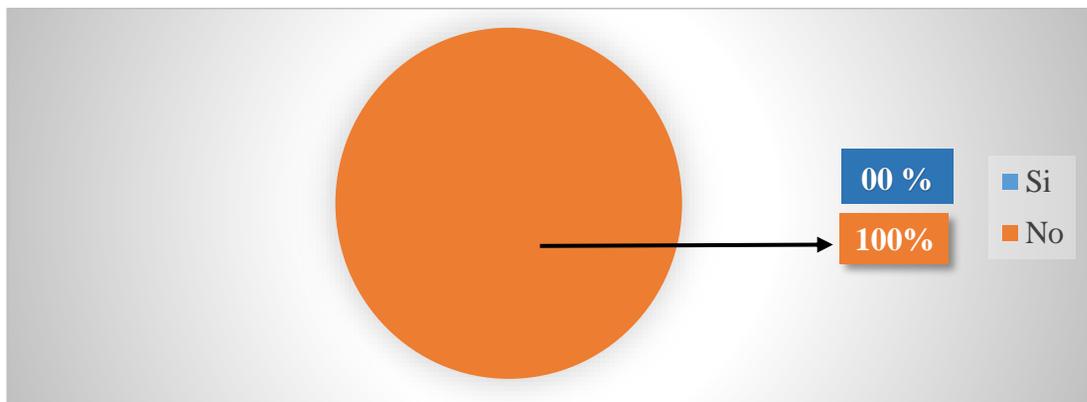
Técnicos que han contemplado la construcción de una nueva de red alcantarillado sanitario para la zona 5 del Municipio de San Pedro Carchá Alta Verapaz.

Respuestas	No. Personas	Valor relativo (%)
Si	0	0
No	5	100
Totales	5	100

Fuente: Técnicos de la dirección de planificación de la municipalidad de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

Gráfica 6.

Técnicos que han contemplado la construcción de una nueva de red alcantarillado sanitario para la zona 5 del Municipio de San Pedro Carchá Alta Verapaz.



Fuente: Técnicos de la dirección de planificación de la municipalidad de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

Análisis: A través del censo realizado se ha logrado constatar que la municipalidad no ha contemplado la construcción de una red de alcantarillado lo cual contribuye a la comprobación de la causa.

Cuadro 7.

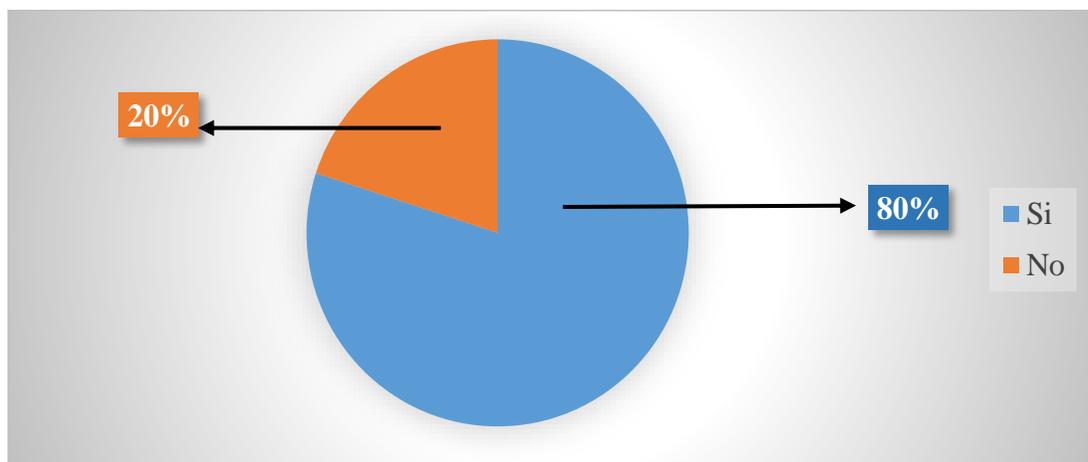
Técnicos que manifiestan que es necesaria la priorización de la construcción de una red de Alcantarillado Sanitario para la zona 5 del Municipio de San Pedro Carchá Alta Verapaz.

Respuestas	No. Personas	Valor relativo (%)
Si	4	80
No	1	20
Totales	5	100

Fuente: Técnicos de la dirección de planificación de la municipalidad de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

Gráfica 7.

Técnicos que manifiestan que es necesaria la priorización de la construcción de una red de Alcantarillado Sanitario para la zona 5 del Municipio de San Pedro Carchá Alta Verapaz.



Fuente: Técnicos de la dirección de planificación de la municipalidad de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

Análisis: los técnicos de la municipalidad han manifestado a través de la información proporcionada que es necesario priorizar la construcción de una red de alcantarillado sanitario, esto auxilia a la comprobación de la causa.

Cuadro 8.

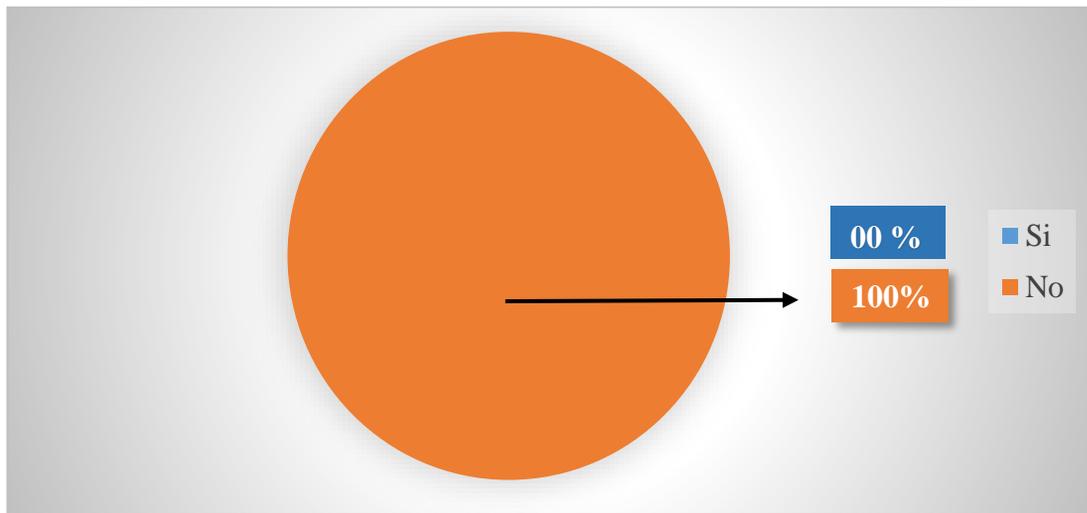
Técnicos que han manifestado la existencia la planificación para la construcción de una red de alcantarillado Sanitario para la zona 5 del Municipio.

Respuestas	No. Personas	Valor relativo (%)
Si	0	0
No	5	100
Totales	5	100

Fuente: Técnicos de la dirección de planificación de la municipalidad de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

Gráfica 8.

Técnicos que han manifestado la existencia la planificación para la construcción de una red de alcantarillado Sanitario para la zona 5 del Municipio.



Fuente: Técnicos de la dirección de planificación de la municipalidad de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

Análisis: Por medio del censo los técnicos indican que no cuentan con la planificación para la construcción de una red de alcantarillado sanitario, lo cual conlleva a la confirmación de la causa

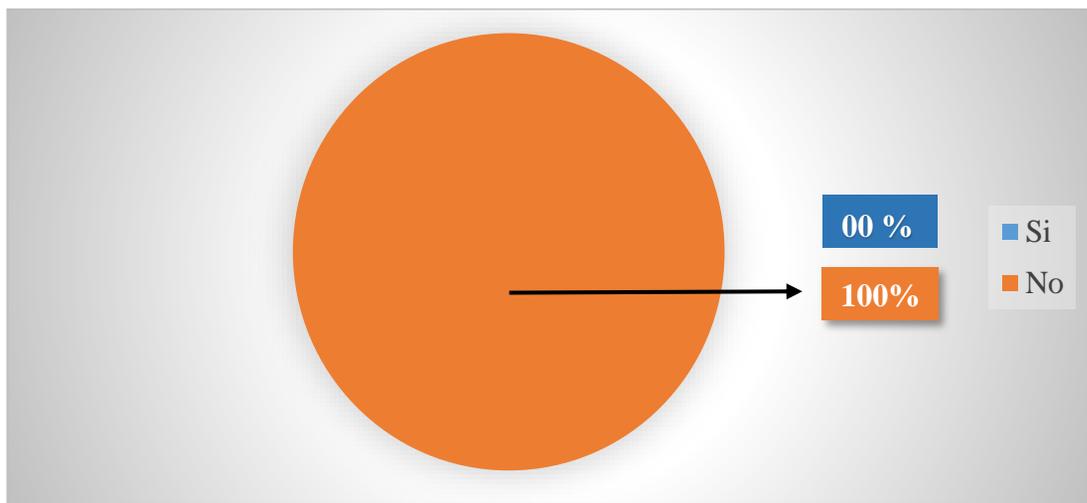
Cuadro 9.

Técnicos que confirman la inexistencia de algún plan para disminuir las inundaciones que se generan en época de invierno en la zona 5 del Municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz.

Respuestas	No. Personas	Valor relativo (%)
Si	0	0
No	5	100
Totales	5	100

Fuente: Técnicos de la dirección de planificación de la municipalidad de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

Gráfica 9. Técnicos que confirman la inexistencia de algún plan para disminuir las inundaciones que se generan en época de invierno en la zona 5 del Municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz.



Fuente: Técnicos de la dirección de planificación de la municipalidad de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

Análisis: Según la información recabada lleva a definir que para las inundaciones no existe algún plan estratégico para disminuirlas por parte de la municipalidad lo cual nos conlleva a ratificar la causa.

Cuadro 10.

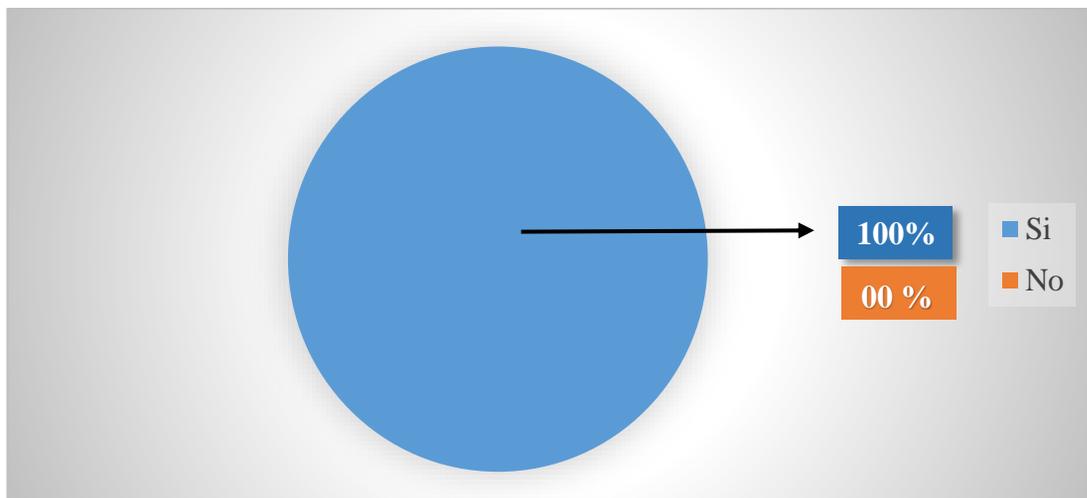
Técnicos que consideran que la construcción de una nueva Red de Alcantarillado Sanitario disminuiría las inundaciones que se generan en época de invierno en zona 5 del Municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz.

Respuestas	No. Personas	Valor relativo (%)
Si	5	100
No	0	0
Totales	5	100

Fuente: Técnicos de la dirección de planificación de la municipalidad de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

Gráfica 10.

Técnicos que consideran que la construcción de una nueva Red de Alcantarillado Sanitario disminuiría las inundaciones que se generan en época de invierno en zona 5 del Municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz.



Fuente: Técnicos de la dirección de planificación de la municipalidad de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

Análisis: la construcción de una red de alcantarillado sanitario contribuiría a disminuir las inundaciones que se generan en época de invierno, según lo han manifestado los técnicos de la municipalidad, lo cual contribuye a la comprobación de la causa.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

la investigación se realizó con los habitantes de la zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, y los técnicos de la municipalidad, para establecer que la construcción de red de alcantarillado sanitario en zona 5, San Pedro Carcha, Alta Verapaz es de suma importancia.

IV.I Conclusiones

1. Se comprueba la hipótesis siguiente: “Las Inundaciones en época de invierno en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, en los últimos cinco años, por el colapso de la red de drenajes; se debe a la inexistencia de proyecto para la construcción de red de alcantarillado sanitario”. 90 % de confianza y 10% de error.
2. Existen inundaciones en la zona 5 del municipio.
3. La población ha sido afectada por las inundaciones.
4. Las inundaciones generan enfermedades para la salud de los habitantes de esa zona.
5. El mal funcionamiento de la red de alcantarillado sanitario produce inundaciones.
6. Se desconoce la existencia de alguna propuesta para la disminución de las inundaciones.
7. Los técnicos de la municipalidad no han contemplado la construcción de una red de alcantarillado sanitario.
8. Es necesario priorizar la construcción de una red de alcantarillado sanitario.
9. No existe planificación para la construcción de una red de alcantarillado sanitario.
10. No existe ningún plan para disminuir las inundaciones.
11. La construcción de una nueva red de alcantarillado sanitario disminuiría las inundaciones.

IV.2 Recomendaciones

1. Ejecutar el proyecto para la construcción de red de alcantarillado sanitario en zona 5, San Pedro Carcha, Alta Verapaz.

2. Usar de forma adecuada el sistema de alcantarillado sanitario para contra restar las inundaciones.
3. Tener las medidas de precaución para evitar ser afectado por las inundaciones.
4. Tomar las consideraciones necesarias para evitar las enfermedades que producen.
5. Realizar el mantenimiento a la red de alcantarillado sanitario.
6. Estructurar una propuesta para poder disminuir las inundaciones.
7. Tomar en consideración la construcción de una red de alcantarillado sanitario.
8. Priorizar la construcción de la red de alcantarillado sanitario.
9. Realizar una planificación técnica para la construcción del proyecto.
10. Elaborar un plan estratégico para la disminución de las inundaciones.
11. Implementar el sistema de alcantarillado sanitario.

BIBLIOGRAFÍA

1. Chain, R. E. (2016). *SIMULACIÓN HIDROLÓGICA-HIDRÁULICA PARA LA GESTIÓN DE RIESGO A INUNDACIONES CON BASE A INFILTRACIÓN. CUENCA RÍO CHIQUITO, TEGUCIGALPA* . Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS) .
2. civilgeeks.com. (2018). *civilgeeks.com*. Obtenido de civilgeeks.com: <https://civilgeeks.com/2015/05/26/sistema-de-drenaje/>
3. conred. (2018). *coordinadora nacional para la reduccion de desastres*. Obtenido de conred: <https://conred.gob.gt/site/index.php>
4. Godinez, L. E. (2003). *PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO DEL CANTÓN PUEBLO NUEVO, DEL MUNICIPIO DE PALENCIA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA* . Guatemala: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL.
5. Infom. (2018).
6. INSIVUMEH. (2018). *INSIVUMEH*. Obtenido de INSIVUMEH: http://www.INSIVUMEH.gob.gt/?page_id=39
7. Jenny Mercedes Alfaro Melgar, J. L. (2012). *DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, AGUAS LLUVIAS Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL AREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN ISIDRO, DEPARTAMENTO DE CABAÑAS*. El Salvador: SAN ISIDRO, DEPARTAMENTO DE CABAÑAS FACULTAD

DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL .

8. López, N. L. (2007). *DISEÑO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO, DRENAJE PLUVIAL Y PAVIMENTACIÓN DE ACCESO A LA ALDEA PAJCÓ, CAMOTÁN, CHIQUIMULA* . Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil .
9. López, O. A. (2007). *DISEÑO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO DEL SECTOR LOS AGUACATILLOS ZONA 2; SANEAMIENTO DE LOS RÍOS SACUMÁ, CUYUMPÁ Y MINERVA POR MEDIO DE LA CANALIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LAS ZONAS 1, 2, 3, 5, 6 Y 7; Y DISEÑO DE CANAL CERRADO SOBRE EL RÍO MINERVA*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil .
10. Maldonado, C. A. (2006). *DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LOS CANTONES SAN JUAN Y SANTO DOMINGO, ALDEA LA FEDERACIÓN, Y SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA LAS LAGUNAS, MUNICIPIO DE SAN MARCOS*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil .
11. Mayorga, J. L. (2005). *DISEÑO DE RED DE DRENAJE SANITARIO Y SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS EN ALDEA LO DE DIÉGUEZ, MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA*”. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil.
12. Molina, A. (2017). *Determinación de las áreas susceptibles a inundaciones en la parte baja de la cuenca del río Ocosito mediante modelación y percepción comunitaria*. Guatemala. Guatemala: Digitalhouse .

13. Morales, J. A. (2010). *DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA LA MAJADA Y DISEÑO DEL PUENTE VEHICULAR DE LA ALDEA ESCALÓN, SAN JACINTO, CHIQUIMULA*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil.
14. Morales, J. A. (2010). *DISEÑO DEL SISTEMA DE PARA LA ALDEA LA MAJADA VEHICULAR DE LA ALDEA CHIQUIMULA*. Guatemala: DISEÑO DEL SISTEMA DE Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil.
15. Sagastume, R. E. (2004). *ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA LAS BRISAS DE LA CIUDAD DE CHIQUIMULA*. Guatemala: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, FACULTAD DE INGENIERÍA.
16. Victores, I. (21 de octubre de 2014). *tierra y tecnologia*. Obtenido de <https://www.icog.es/TyT/index.php/2014/10/causas-las-inundaciones/>

ANEXOS

Anexo 1. Modelo de investigación: Dominó

Elaborado por: Hans Adalberto Ical Para: Programa de Graduación Universidad Rural de Guatemala Fecha: 23 de mayo de 2022

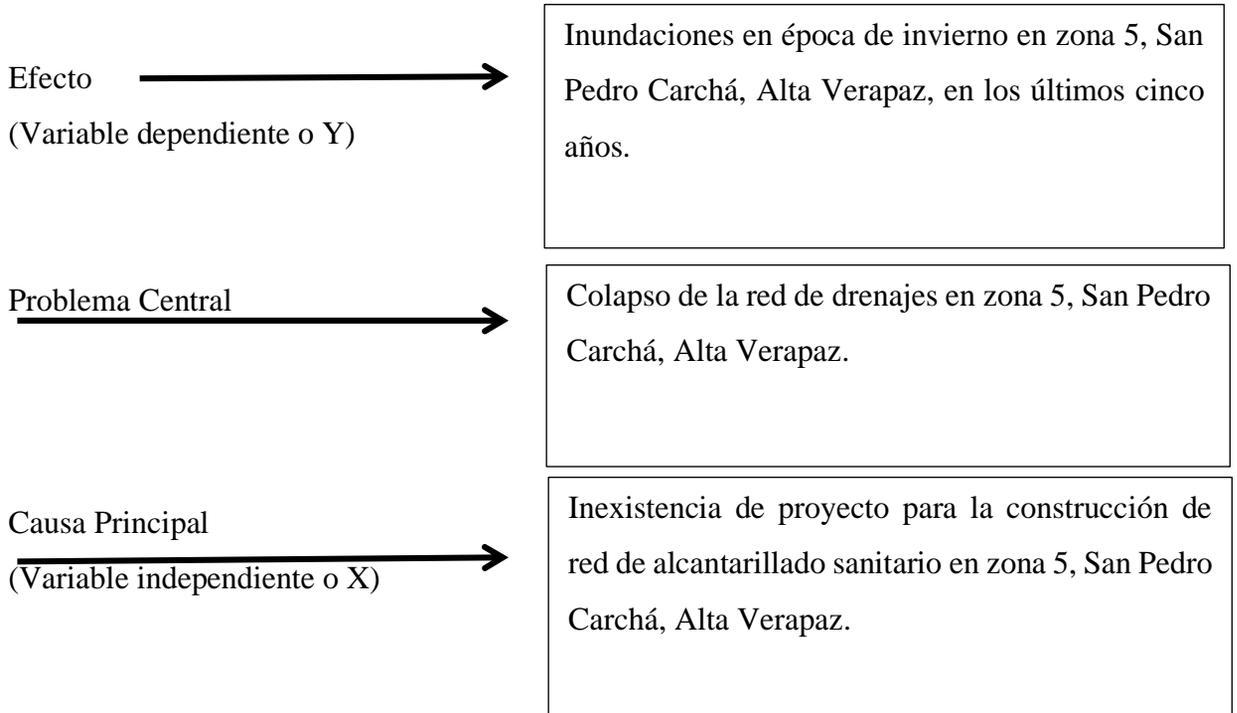
Problema	Propuesta	Evaluación
1) Efecto o variable dependiente Inundaciones en época de invierno en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, en los últimos cinco años.	4) Objetivo general Disminuir las inundaciones en época de invierno en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz.	15) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo general Indicadores: Al quinto año se disminuirán las inundaciones en un 85% con la construcción de la red de alcantarillado sanitario.
2) Problema central Colapso de la red de drenajes en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz.	5) Objetivo específico Diseñar un sistema de drenajes en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz.	Verificadores: Inspecciones de campo. Monitoreo de la zona. Habilitación de la nueva red de alcantarillado sanitario. Entrevistas a los habitantes de la zona. Supuestos: Se cuenta con el apoyo Económico del Instituto de Fomento Municipal (INFOM) en la ejecución del proyecto.
3) Causa principal o variable independiente Inexistencia de proyecto para la construcción de red de alcantarillado sanitario en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz.	6) Nombre Proyecto para la construcción de red de alcantarillado sanitario en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz.	16) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo específico Indicadores: Al primer año se contribuye en un 40% con el levantamiento topográfico y el diseño del sistema de alcantarillado sanitario.
7) Hipótesis "Las Inundaciones en época de invierno en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, en los últimos cinco años, por el colapso de la red de drenajes; se debe a la inexistencia de proyecto para la	12) Resultados o productos * Se cuenta con la unidad ejecutora. * Se elabora anteproyecto de Proyecto para la construcción de red de alcantarillado sanitario en zona 5, San Pedro	Verificadores: Planos del sistema de alcantarillado sanitario. Libreta topográfica. Presupuesto. Especificaciones técnicas.

<p>construcción de red de alcantarillado sanitario”.</p>	<p>Carchá, Alta Verapaz.</p> <p>* Se cuenta con el programa de socialización a la población.</p>	<p>Supuestos: Se cuenta con el apoyo del Instituto de Fomento Municipal (INFOM) para la elaboración del diseño del sistema de drenajes.</p>
<p>8) Preguntas clave y comprobación del efecto</p> <p>a) ¿Ha habido inundaciones en la zona 5 del Municipio? Si ___ No ___</p> <p>b) 2. ¿Se ha visto usted afectado (a) por las inundaciones que se generan en la zona 5 del municipio? Si ___ No ___</p> <p>c) 3. ¿Considera usted que las inundaciones generan algún tipo de enfermedades para la salud? Si ___ No ___</p> <p>Dirigida a los habitantes de zona 5 San Pedro Carchá, Alta Verapaz.</p> <p>Boletas 66, población censal, con el 90% de nivel de confianza y 10% de error.</p>	<p>13) Ajustes de costos y tiempo</p> <p style="text-align: center;">N/A</p>	
<p>9) Preguntas clave y comprobación de la causa principal</p> <p>a) ¿Se ha contemplado la construcción de una nueva red de alcantarillado sanitario para la zona 5, San Pedro Carchá Alta Verapaz? Si ___ No ___</p> <p>b) 2. ¿Cree que sea necesario priorizar la construcción de una red de Alcantarillado Sanitario para la zona 5, San Pedro Carchá</p>		

<p>Alta Verapaz? Si ___ No ___</p> <p>c3. ¿Existe la planificación para la construcción de una red de alcantarillado Sanitario para la zona 5? Si ___ No ___</p> <p>dirigida a Técnicos de la Municipalidad de San Pedro Carchá Alta Verapaz</p> <p>Boletas 5, población censal, con el 100% de nivel de confianza y 0% de error.</p>	
<p>10) Temas del Marco Teórico</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Fenómenos naturales. b) Tipos de inundaciones. c) Inundaciones en Guatemala. d) Colapso de sistemas de alcantarillado. e) Red de drenajes. f) Tipos de alcantarillado. g) Partes de un sistema de alcantarillado. h) Tratamientos para sistemas de alcantarillado sanitario. 	<p>14) Anotaciones, aclaraciones y advertencias</p> <p>Forma de presentar resultados:</p> <p>El investigador para cada resultado debe identificar por lo menos cuatro actividades:</p> <p>R1: Se cuenta con la unidad ejecutora.</p> <p>A1</p> <p>An</p> <p>R2: Se elabora anteproyecto de Proyecto para la construcción de red de alcantarillado sanitario en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz.</p>
<p>11) Justificación</p> <p>El investigador debe evidenciar con proyección estadística y matemática, el comportamiento del efecto identificado en el árbol de problemas.</p>	<p>A1</p> <p>An</p> <p>R3: Se cuenta con el programa de socialización a la población.</p> <p>A1</p> <p>An</p> <p>Nombre: Hans Adalberto Ical Carné: 12-059-0051</p> <p>Sede: 059 Cobán Carrera: Licenciado en Ingeniería Civil con énfasis en Construcciones Rurales.</p> <p>Grupo: 313-059-18</p>

Anexo 2. Árbol de problemas

Tópico: Colapso de la red de drenajes



Hipótesis de Trabajo:

“Las Inundaciones en época de invierno en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, en los últimos cinco años, por el colapso de la red de drenajes; se debe a la inexistencia de proyecto para la construcción de red de alcantarillado sanitario”.

¿La Inexistencia de proyecto para la construcción de red de alcantarillado sanitario por el colapso de la red de drenajes en los últimos cinco años es causante de las inundaciones en época de invierno en zona 5, San Pedro Carchá Alta Verapaz?

Árbol de objetivos

Fin u objetivo general



Disminuir las inundaciones en época de invierno en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz.

Objetivo específico



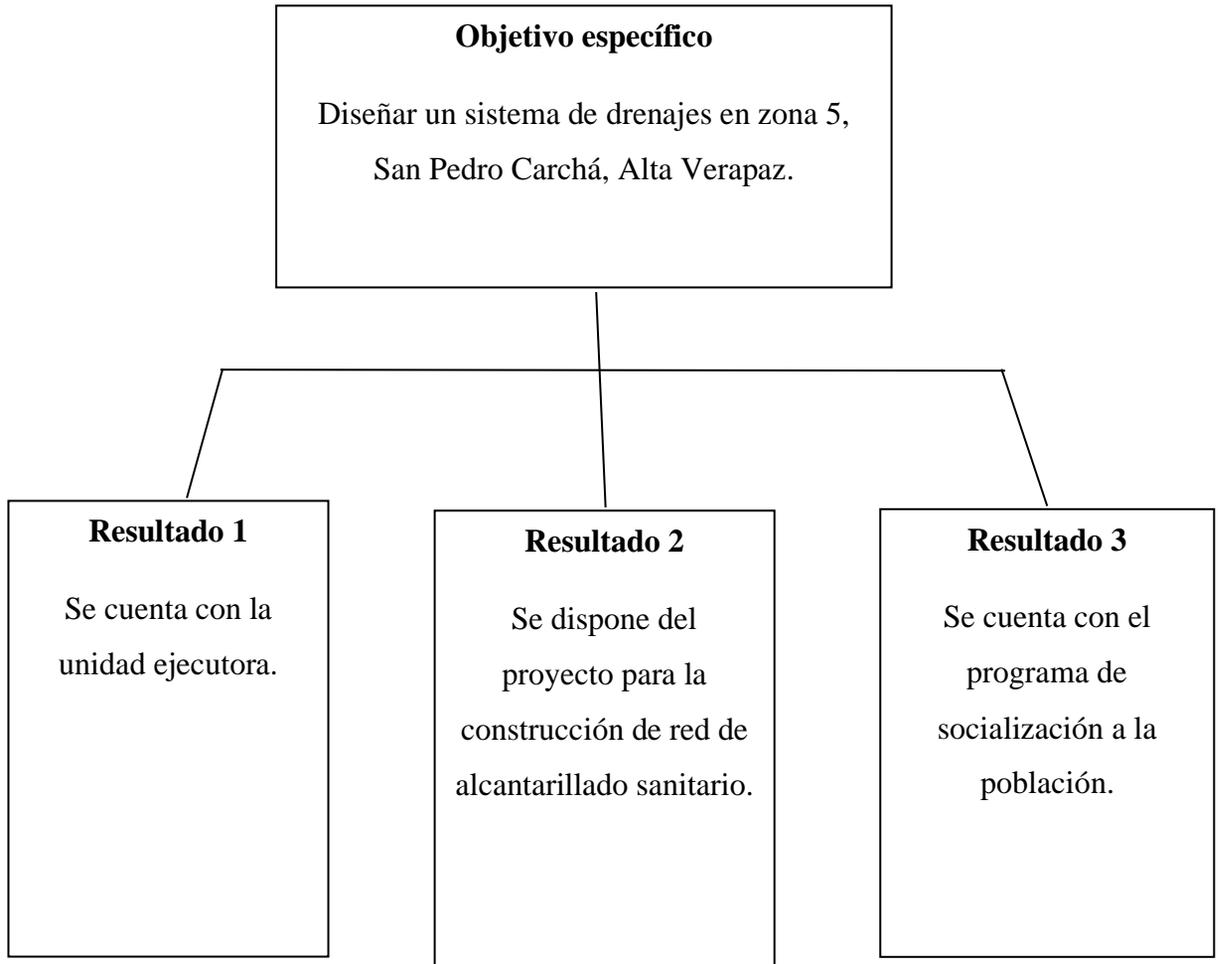
Diseñar un sistema de drenajes en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz.

Medio



Proyecto para la construcción de red de alcantarillado sanitario en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz.

Anexo 3. Diagrama del medio de solución de la problemática.



Anexo 4. Boleta de Investigación para la comprobación del efecto general.

Universidad Rural de Guatemala

Programa de graduación

Boleta de Investigación

Variable Dependiente

Objetivo: Esta boleta tiene por objeto comprobar la variable dependiente; **“Inundaciones en época de invierno en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, en los últimos cinco años.”.**

Esta boleta está dirigida a los habitantes de zona 5 San Pedro Carchá, Alta Verapaz; de acuerdo al tamaño de la muestra que se calculó con el 90% del nivel de confianza y el 10% de error de muestreo, por el sistema de población finita cualitativa.

1. ¿Ha habido inundaciones en la zona 5 del Municipio?

Si____ No____

2. ¿Se ha visto usted afectado (a) por las inundaciones que se generan en la zona 5 del municipio?

Si____ No____

3. ¿Considera usted que las inundaciones generan algún tipo de enfermedades para la salud?

Si____ No____

4. ¿Cree que el mal funcionamiento de la red de alcantarillado sanitario de la zona 5 del municipio generen inundaciones?

Si____ No____

5. ¿Conoce sobre alguna propuesta por parte de las autoridades locales para la disminución de las inundaciones en la zona 5 del municipio?

Si____ No____

Observaciones: _____

Lugar y Fecha: _____

Anexo 5. Boleta de Investigación para la comprobación de la causa principal.

Universidad Rural de Guatemala

Programa de graduación

Boleta de Investigación

Variable independiente

Objetivo: Esta boleta tiene por objeto comprobar la variable independiente:
“Inexistencia de proyecto para la construcción de red de alcantarillado sanitario en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz.”

Esta boleta está dirigida a Técnicos de la Municipalidad de San Pedro Carchá Alta Verapaz; mediante un censo.

1. ¿Se ha contemplado la construcción de una nueva red de alcantarillado sanitario para la zona 5, San Pedro Carchá Alta Verapaz?

Si____ No____

2. ¿Cree que sea necesario priorizar la construcción de una red de Alcantarillado Sanitario para la zona 5, San Pedro Carchá Alta Verapaz?

Si____ No____

3. ¿Existe la planificación para la construcción de una red de alcantarillado Sanitario para la zona 5?

Si____ No____

4. ¿Existe algún plan para disminuir las inundaciones que se generan en época de invierno en la zona 5 del Municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz?

Si____ No____

5. ¿Considera que la construcción de una nueva red de alcantarillado sanitario disminuiría las inundaciones que se generan en época de invierno en zona 5, San Pedro Carchá Alta Verapaz?

Si____ No____

Observaciones: _____

Lugar y Fecha: _____

Anexo 6. Boleta de diagnóstico de la problemática.

Universidad Rural de Guatemala

Programa de graduación

Boleta de Investigación

Problema central

Objetivo: Esta boleta tiene por objeto elaborar el diagnóstico del problema central:
“Colapso de la red de drenajes en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz”.

Esta boleta está dirigida a los habitantes de zona 5, San Pedro Carchá Alta Verapaz; de acuerdo al tamaño de la muestra que se calculó con el 90% del nivel de confianza y el 10% de error de muestreo, por el sistema de población finita cualitativa.

12. ¿Ha visto colapsada la red de alcantarillado sanitario de la zona 5, San Pedro Carchá Alta Verapaz?

Si____ No____

13. ¿Cree que la red de alcantarillado sanitario de la zona 5 esté funcionando eficientemente?

Si____ No____

14. ¿Considera que el crecimiento poblacional afecta el funcionamiento de la red de alcantarillado sanitario?

Si____ No____

15. ¿Cree que la red de alcantarillado sanitario ha sobrepasado su periodo de diseño?

Si____ No____

16. ¿Considera que un nuevo sistema de drenaje sanitario solventaría la problemática?

Si____ No____

Observaciones: _____

Lugar y Fecha: _____

Anexo 7. Anexo metodológico comentado sobre el cálculo de la muestra.

Para la población efecto se trabajó la técnica del muestreo de jefes de hogar del casco urbano de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, por medio de la población infinita cualitativa, con el 90% del nivel de confianza y el 10% de error y se obtuvo 66 personas para la muestra a encuestar.

Para corroborar lo anterior se presenta a continuación el cálculo estadístico numérico, mediante la fórmula Taro Yamane.

$$n = \frac{Z^2 p(1-p)}{e^2}$$

Z =	1.645	Valor de Z en la tabla
Z ² =	2.706025	
p =	0.5	% de éxito
1-p	0.5	
e =	0.095	
e ² =	0.009025	
Z ² p (1-p) =	0.6765063	
n =	65.959141	Muestra

Para la población causa, se trabajó la técnica del censo con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error; lo anterior debido a que es población finita cualitativa menor a 35 personas; de 5 técnicos de la Unidad Técnica de Planificación de la Municipalidad de San Pedro Carchá, Alta Verapaz.

Anexo 8. Anexo metodológico comentado sobre el cálculo del coeficiente de correlación

Este coeficiente es un indicador estadístico que nos indica el grado de correlación de dos variables; es decir el comportamiento gráfico de las mismas, para trazar la ruta para proyectar dichas variables. En este caso el coeficiente de correlación es igual a 0.95, lo que indica que el comportamiento de estas variables obedece a la ecuación de la línea recta; cuya fórmula simplificada es la siguiente: $y = a+bx$.

Es importante destacar que para que se considere el comportamiento lineal de dos variables, el coeficiente de correlación debe oscilar de $+ - 0.80$ a $+ - 1$.

A continuación, se presentan los cálculos y fórmula utilizada para obtener dicho coeficiente.

Cálculo del coeficiente de correlación

Requisito: Coeficiente de correlación: $> +- 0.80 < = 1$

año	X (Años)	Y (Inundaciones)	XY	X²	Y²
2017	1	4	4	1	16
2018	2	6	12	4	36
2019	3	6	18	9	36
2020	4	7	28	16	49
2021	5	9	45	25	81
Totales	15	32	107	55	218

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	107
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	218
$\sum Y=$	32
$n\sum XY=$	535
$\sum X*\sum Y=$	480
Numerador=	55
$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum Y^2=$	1090
$(\sum Y)^2=$	1024
$n\sum X^2-(\sum X)^2=$	50
$n\sum Y^2-(\sum Y)^2=$	66
$(n\sum X^2-(\sum X)^2)*(n\sum Y^2-(\sum Y)^2)=$	
Denominador:	57.44562647
r=	0.957427108

FÓRMULA:

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X * \sum Y}{\sqrt{(n\sum X^2 - (\sum X)^2) * (n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

Anexo 9. Anexo metodológico de la proyección

Para proyectar el impacto que genera la problemática estudiada, se procedió a utilizar la proyección lineal del fenómeno estudiado.

Previo a ello se procedió a determinar el comportamiento de la variable tiempo, respecto a los casos sujetos de estudio en el tiempo, conforme a una serie histórica dada, la que se encuentra dentro de los parámetros aceptables para considerarse como un comportamiento lineal, que se resume con la ecuación siguiente: $y=a+bx$.

Es importante destacar que para que se considere el comportamiento lineal de dos variables, el coeficiente de correlación debe oscilar de $+ - 0.80$ a $+ - 1$; cuyo cálculo es parte integrante de este documento.

A continuación, se presentan los cálculos y la tabla de análisis de varianza para proyectar los datos correspondientes.

Proyección lineal

$$y = a + bx$$

años	X (años)	Y (inundaciones)	XY	X²	Y²
2017	1	4	4	1	16
2018	2	6	12	4	36
2019	3	6	18	9	36
2020	4	7	28	16	49
2021	5	9	45	25	81
Totales	15	32	107	55	218

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	107
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	218
$\sum Y=$	32
$n\sum XY=$	535
$\sum X*\sum Y=$	480
Numerador de b:	55
Denominador de b:	
$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum X^2 - (\sum X)^2 =$	50
b=	1.1
Numerador de a:	
$\sum Y=$	32
b * $\sum X =$	16.5
Numerador de a:	15.5
a=	3.1

FÓRMULAS:

$$b = \frac{n\sum XY - \sum X * \sum Y}{n\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

FÓRMULAS:

$$a = \frac{\sum y - b\sum x}{n}$$

Proyección sin proyecto, mediante la línea recta por año.

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * x)$				
Y(2022)=	a	+	(b	* X)
Y(2022)=	3.1	+	1.1	X
Y(2022)=	3.1	+	1.1	6
Y(2022)=	9.7			
Y(2022)=	9.7 inundaciones acumuladas			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * x)$				
Y(2023)=	a	+	(b	* X)
Y(2023)=	3.1	+	1.1	X
Y(2023)=	3.1	+	1.1	7
Y(2023)=	10.8			
Y(2023)=	10.8 inundaciones acumuladas			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * x)$				
Y(2024)=	a	+	(b	* X)
Y(2024)=	3.1	+	1.1	X
Y(2024)=	3.1	+	1.1	8
Y(2024)=	11.9			
Y(2024)=	11.9 inundaciones acumuladas			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * x)$				
Y(2025)=	a	+	(b	* X)
Y(2025)=	3.1	+	1.1	X
Y(2025)=	3.1	+	1.1	9
Y(2025)=	13			
Y(2025)=	13 inundaciones acumuladas			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * x)$				
Y(2026)=	a	+	(b	* X)
Y(2026)=	3.1	+	1.1	X
Y(2026)=	3.1	+	1.1	10
Y(2026)=	14			
Y(2026)=	14 inundaciones acumuladas			

Fuente: Ical Hans, 2018.

Proyección con proyecto por año.

Año a proyectar	=	Año anterior	más o - dep la solución propuesta	Porcentaje propuesto	=
Y (2022)	=	Y(2021)	-	11%	=
Y (2022)	=	9.00	-	0.99	8.01
Y (2022)	=	8.01	Inundaciones acumuladas		

Y (2023)	=	Y(2022)	-	14%	=
Y (2023)	=	8.01	-	1.12	6.89
Y (2023)	=	6.89	Inundaciones acumuladas		

Y (2024)	=	Y(2023)	-	17%	=
Y (2024)	=	6.89	-	1.17	5.72
Y (2024)	=	5.72	Inundaciones acumuladas		

Y (2025)	=	Y(2024)	-	24%	=
Y (2025)	=	5.72	-	1.37	4.35
Y (2025)	=	4.35	Inundaciones acumuladas		

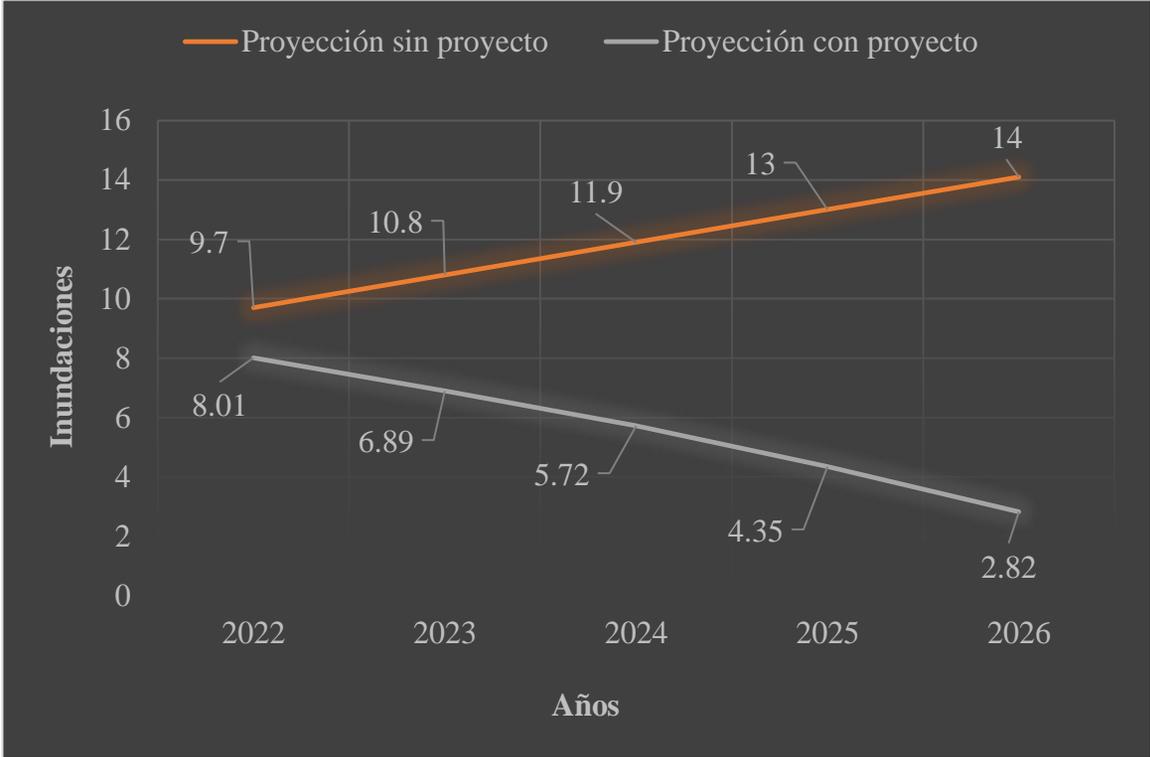
Y (2026)	=	Y(2025)	-	34%	=
Y (2026)	=	4.35	-	1.52	2.82
Y (2026)	=	2.82	Inundaciones acumuladas		

Fuente: Ical Hans, 2018.

Cuadro comparativo sin y con proyecto

Año	Proyección sin proyecto	Proyección con proyecto
2022	9.7	8.01
2023	10.8	6.89
2024	11.9	5.72
2025	13	4.35
2026	14	2.82

Gráfica del comportamiento de la problemática sin y con proyecto.



Anexo 10. Diagnóstico de la problemática.

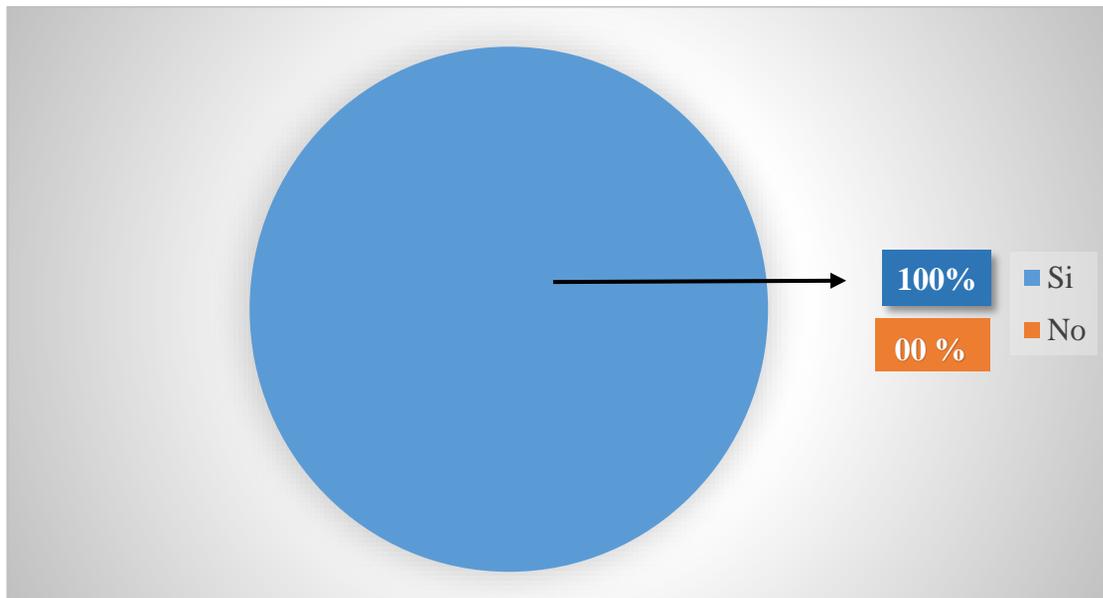
Gráficas y cuadros para la comprobación de la problemática.

Habitantes que confirma que ha visto colapsada la red de alcantarillado sanitario de la zona 5 del Municipio de San Pedro Carchá Alta Verapaz.

Respuestas	No. Personas	Valor relativo (%)
Si	66	100
No	0	0
Totales	66	100

Fuente: habitantes de zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

Habitantes que confirma que ha visto colapsada la red de alcantarillado sanitario de la zona 5 del Municipio de San Pedro Carchá Alta Verapaz.



Fuente: habitantes de zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

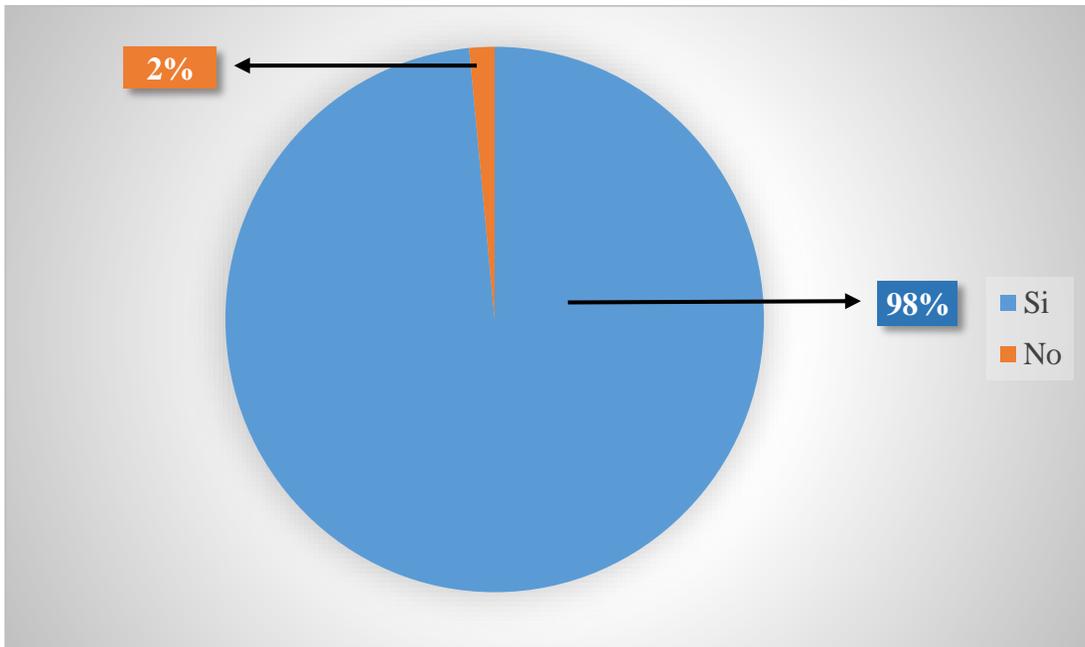
Análisis: A través de la información recopilada se ha podido constatar que el sistema de alcantarillado sanitario ha colapsado durante la época de lluvia, por ende, contribuye a confirmar el problema central.

Habitantes que considera que la red de alcantarillado sanitario de la zona 5 del Municipio esté funcionando eficientemente.

Respuestas	No. Personas	Valor relativo (%)
Si	65	98
No	1	2
Totales	66	100

Fuente: habitantes de zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

Habitantes que considera que la red de alcantarillado sanitario de la zona 5 del Municipio esté funcionando eficientemente.



Fuente: habitantes de zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

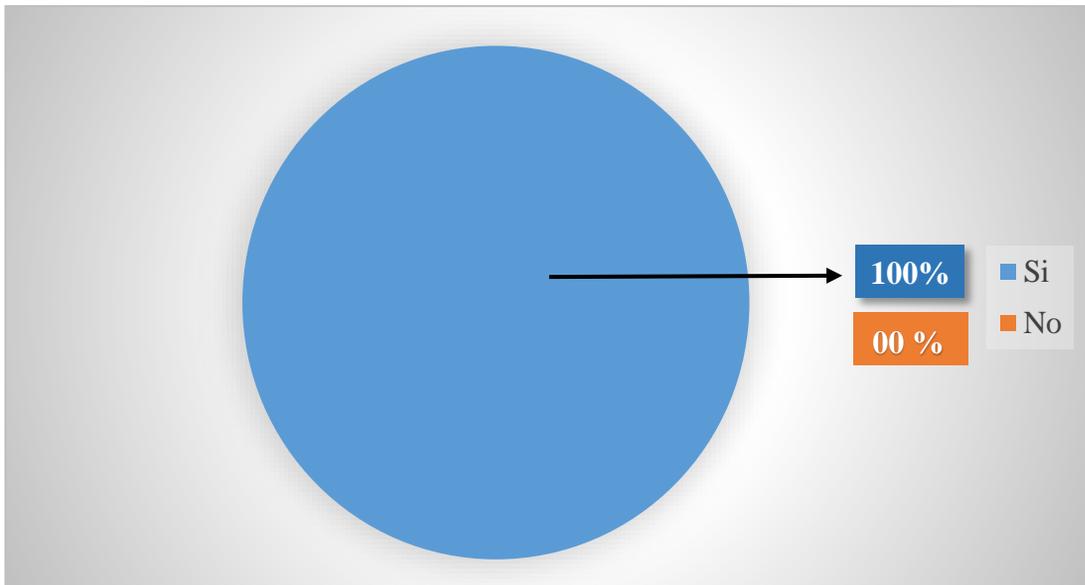
Análisis: Según la información recopilada la población manifiesta el mal funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario debido a que se han visto afectados debido al mal funcionamiento del mismo, lo cual ayuda a la comprobación del problema central.

Habitantes que considera que el crecimiento poblacional afecta el funcionamiento de la red de alcantarillado sanitario.

Respuestas	No. Personas	Valor relativo (%)
Si	66	100
No	0	0
Totales	65	100

Fuente: habitantes de zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

Habitantes que considera que el crecimiento poblacional afecta el funcionamiento de la red de alcantarillado sanitario.



Fuente: habitantes de zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

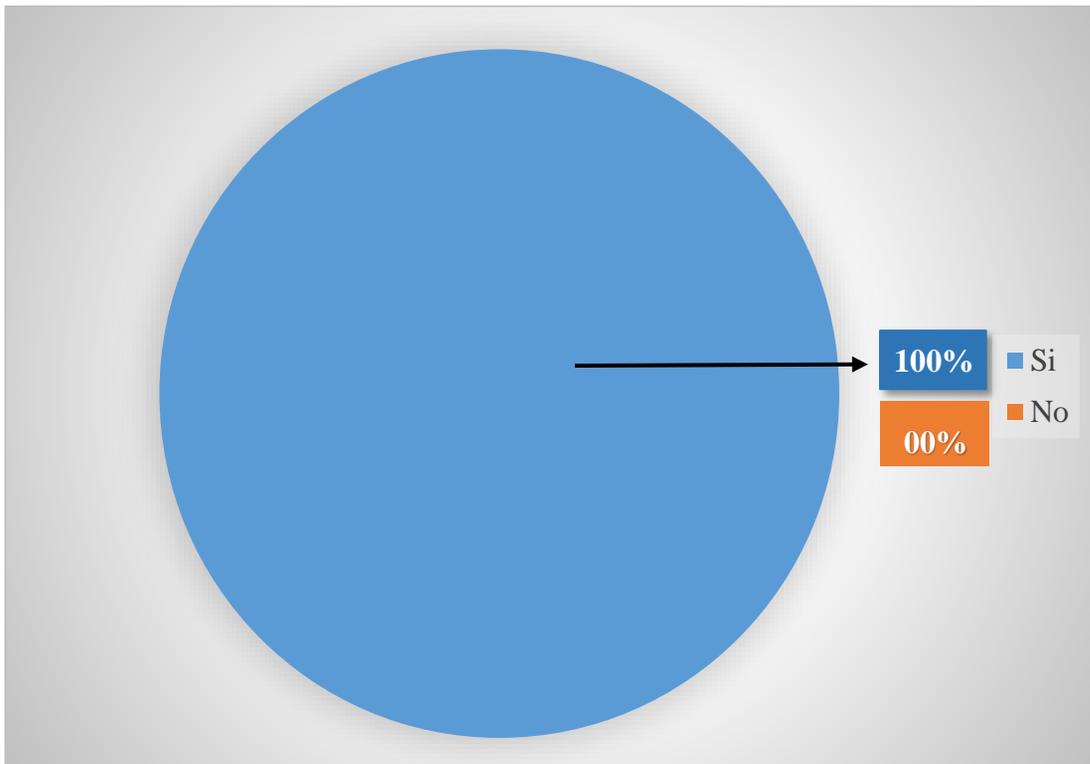
Análisis: El crecimiento poblacional puede ser una de las principales causas del mal funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario, lo cual genera inundaciones, así lo ha manifestado la población, por ende, contribuye a la comprobación de problema central.

Habitantes que manifiesta que la red de alcantarillado sanitario ha sobrepasado con su periodo de diseño.

Respuestas	No. Personas	Valor relativo (%)
Si	66	100
No	0	0
Totales	66	100

Fuente: habitantes de zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

Habitantes que manifiesta que la red de alcantarillado sanitario ha sobrepasado con su periodo de diseño.



Fuente: habitantes de zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

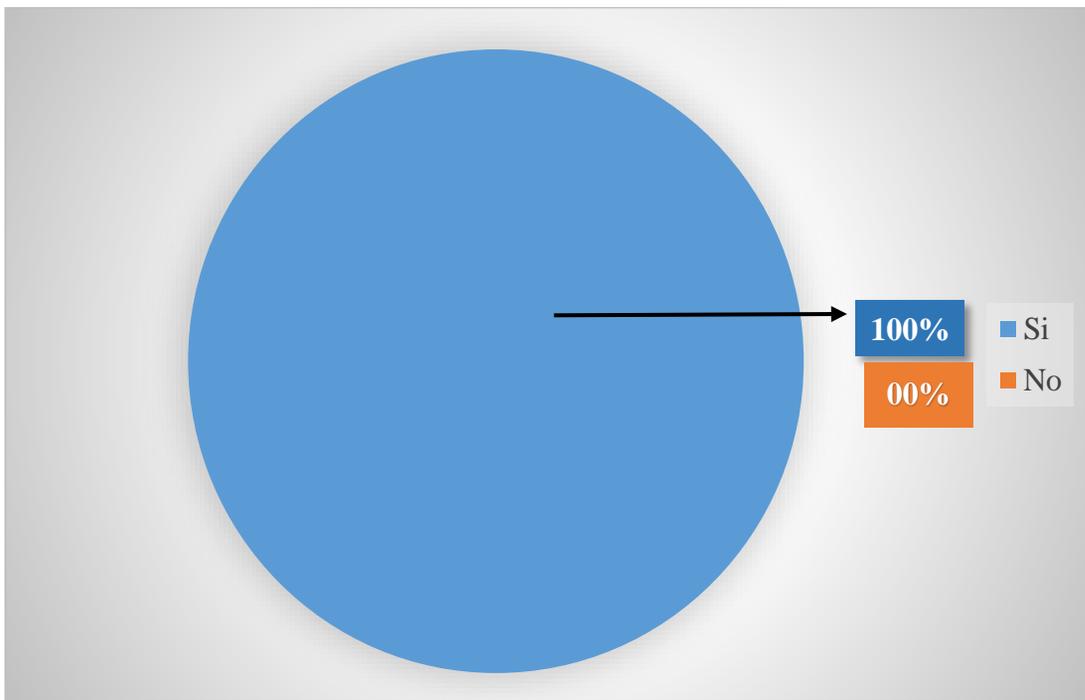
Análisis: La información proporcionada por la población indica que el sistema de alcantarillado sanitario ha sobrepasado su periodo de diseño por lo que se ayuda a la comprobación del problema central.

Habitantes que cree un nuevo sistema de drenaje sanitario solventaría la problemática.

Respuestas	No. Personas	Valor relativo (%)
si	66	100
no	0	0
Totales	65	100

Fuente: habitantes de zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

Habitantes que cree un nuevo sistema de drenaje sanitario solventaría la problemática.



Fuente: habitantes de zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, junio de 2018.

Análisis: la construcción de una red de alcantarillado sanitario lograría eliminar la problemática que existe en la actualidad, así lo ha manifestado la población al momento de recopilar la información en la zona afectada, esto ayuda a la comprobación del problema central.

Hans Adalberto Ical.

TOMO II

PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE RED DE ALCANTARILLADO
SANITARIO EN ZONA 5, SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ.



Asesor general Metodológico:

Ingeniero Agrónomo Carlos Alberto Pérez Estrada

Universidad Rural de Guatemala
Facultad de Ingeniería

Guatemala, octubre de 2022

Esta tesis fue presentada por el autor,
previo a obtener el título universitario de
Licenciado en Ingeniería Civil con énfasis
en Construcciones Rurales.

Prólogo

El presente trabajo de investigación forma parte del proceso formativo integral, previo a obtener el título de Ingeniero Civil en la Universidad Rural de Guatemala. En donde se realizó una propuesta de un proyecto para la construcción de una red de alcantarillado sanitario en zona 5 del municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, de esta manera presentar posibles medios de solución a la problemática que afecta a los afecta a los habitantes de la zona.

Debido a la investigación realizada fue posible confirmar la problemática que refiere al Colapso de la red de drenajes en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz y como efecto de esto conllevan a las inundaciones en época de invierno en zona 5 del municipio de San Pedro Carcha, Alta Verapaz.

Luego del análisis de la problemática se logró establecer que la causa principal reside en la Inexistencia de proyecto para la construcción de red de alcantarillado sanitario en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, por lo tanto, es necesario la construcción de una red de alcantarillado sanitario basado en el crecimiento poblacional y acorde a un periodo de diseño que permita solventar la problemática de gran manera.

La problemática que tienen los habitantes de esta zona se ha revelado desde más de cinco años, lo cual atribuye a que es necesario establecer objetivos los cuales permitan solventar la problemática que tienen los habitantes de zona 5 de San Pedro Carchá, Alta Verapaz.

Presentación

La investigación se realizó en la Calzada Chixtún zona 5 del municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, durante los últimos meses, debido a las inundaciones que se generan en época de invierno en esta zona.

La problemática encontrada estriba en el colapso del sistema de alcantarillado sanitario debido al crecimiento poblacional y comercial de esta zona, lo cual perjudica grandemente a la población que habita esta área, lo que provoca enfermedades, pérdidas económicas y otros efectos negativos a los residentes de esta zona vulnerable a inundaciones en época lluviosa.

Otros factores que contribuyen a agudizar la problemática es la falta de una red de alcantarillado sanitario en basada en la población actual, así como la falta de mantenimiento hacia el sistema de alcantarillado sanitario existente. Cabe mencionar que la acumulación de basura en los colectores es uno de los principales motivos por los cuales se generan inundaciones en esta zona.

Durante los procesos de investigación se usaron lineamientos del método científico para lograr la obtención del informe final.

Índice general

Prólogo

Presentación

I. RESUMEN..... 1

II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....6

ANEXOS

I. RESUMEN

A continuación, se presenta el resumen del trabajo de investigación denominado “Proyecto para la construcción de red de alcantarillado sanitario en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz.”

Planteamiento del problema

El colapso de la red de alcantarillado sanitario ha sido el problema que han sufrido los habitantes de zona 5 de San Pedro Carchá, Alta Verapaz desde hace más de cinco años, lo que ha generado inundaciones en la época de invierno.

Esto viene a perjudicar directamente sobre la calidad de vida de las personas que habitan esta zona, la cual esta anuente a salir afectada en la época lluviosa que generalmente se produce durante los meses de mayo a octubre. La calidad de vida de las personas se torna inestable debido a que las inundaciones traen consigo una serie de efectos negativos ya que estos producen enfermedades, así como gastos económicos debidos que la población se ve obligada a evacuar sus hogares y sus comercios de forma inmediata lo cual genera pérdidas de sus bienes.

Hipótesis causal

Las Inundaciones en época de invierno en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, en los últimos cinco años, por el colapso de la red de drenajes; se debe a la inexistencia de proyecto para la construcción de red de alcantarillado sanitario.

Hipótesis interrogante

¿La Inexistencia de proyecto para la construcción de red de alcantarillado sanitario por el colapso de la red de drenajes en los últimos cinco años es causante de las inundaciones en época de invierno en zona 5, San Pedro Carchá, ¿Alta Verapaz?

Objetivo general

Disminuir las inundaciones en época de invierno en Zona 5 del municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz.

Específico

Diseñar un sistema de drenaje de vivienda en base al crecimiento poblacional.

Justificación

La calidad de vida de los pobladores de la zona 5 del Municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz desde hace varios años se ha visto afectada debido a que en tiempo de invierno esta zona se ve vulnerable por las inundaciones. La población se ve expuesta debido a que las inundaciones traen enfermedades por la contaminación que se genera, así como generan pérdidas económicas debido a que es una zona comercial donde la cual existen diversos tipos de comercios.

Basado en la problemática que existe se pretende mejorar la red de alcantarillado sanitario con la finalidad de disminuir las inundaciones en época de invierno que se generan en la Zona 5 del municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, a través de la propuesta para la construcción de una red de alcantarillado sanitario y de esta manera mejorar la calidad de vida de los habitantes de esta zona.

Metodología

Métodos

Métodos utilizados para la formulación de la hipótesis

Método deductivo: Se utilizó este método para poder formular la hipótesis.

Método analítico: Por medio de este método se logró identificar e interpretar los datos que se obtuvieron al generar la hipótesis.

Método marco lógico: Este método detalla el plan de trabajo de los objetivos y resultados para tener claramente el alcance que se puede obtener con la realización de este estudio.

Métodos utilizados para la comprobación de la formulación de la hipótesis

Método inductivo: Método que sirvió para obtener los resultados específicos del problema identificado en el lugar.

Método estadístico: Este método estadístico ha permitido a través de las boletas de encuestas comprobar la hipótesis.

Método sintético: Método empleado de manera lógica la síntesis para poder obtener y definir las conclusiones, las recomendaciones y la investigación realizada en campo.

Técnicas

Técnicas que se utilizaron para la formulación de la hipótesis.

Lluvia de Ideas: Técnica que se basó en realizar una serie de ideas las cuales logran contribuir para la identificación de los principales problemas.

Observación directa: Se empleo esta técnica con los pobladores y líderes de esta zona donde se logró recabar información para identificar la problemática que afecta a la población.

Investigación documental: Se empleo la técnica de investigación documental por medio de tesis e instituciones de las cuales se logró recabar información en relación a la problemática existente que refiere al colapso de la red de drenajes.

Entrevistas: Se realizó una entrevista con los pobladores del área afectada con el propósito de recabar información exacta y precisa.

Técnicas que se utilizaron para la comprobación de la hipótesis.

Censo: Técnica empleada para la comprobación de la causa.

Cálculo de la muestra: Se utilizó para lograr la comprobación del efecto y el problema central.

Encuestas: Se estructuraron tres tipos de encuestas las cuales fueron dirigidas a la población afectada, así como a los técnicos del área de planificación técnica de la municipalidad, con el propósito de comprobar las tres variables, como lo son: la variable dependiente, diagnóstico de la problemática y variable independiente.

Técnica de análisis: Esta técnica de análisis se empleó para lograr la obtención de la interpretación de los resultados y a su vez la tabulación de las encuestas obtenidas de la comprobación de las tres variables, conclusiones y recomendaciones.

Coefficiente de Correlación: Se realizó la estadística de coeficiente de correlación para establecer si existe relación entre el efecto y la causa, y así poder realizar la proyección lineal.

Proyección: Al realizar la proyección lineal se logró establecer cuál es el comportamiento de las variables.

Síntesis de resultados

La principal conclusión es la que comprueba la hipótesis planteada: “Las Inundaciones en época de invierno en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, en los últimos cinco años, por el colapso de la red de drenajes; se debe a la inexistencia de proyecto para la construcción de red de alcantarillado sanitario”, con el 90 % de nivel de confianza y 10 % de error tanto para la variable efecto como la variable causa.

La principal recomendación es ejecutar el proyecto denominado “Proyecto para la construcción de red de alcantarillado sanitario en zona 5, San Pedro Carchá, Alta

Verapaz”, para poder garantizar una mejor calidad de vida para los pobladores de esta zona.

II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

La investigación se realizó con los habitantes de la zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, y los técnicos de la municipalidad, para establecer que la construcción de red de alcantarillado sanitario en zona 5, San Pedro Carcha, Alta Verapaz es de suma importancia.

Conclusión

La principal conclusión es la que comprueba la hipótesis planteada: “Las Inundaciones en época de invierno en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, en los últimos cinco años, por el colapso de la red de drenajes; se debe a la inexistencia de proyecto para la construcción de red de alcantarillado sanitario”.

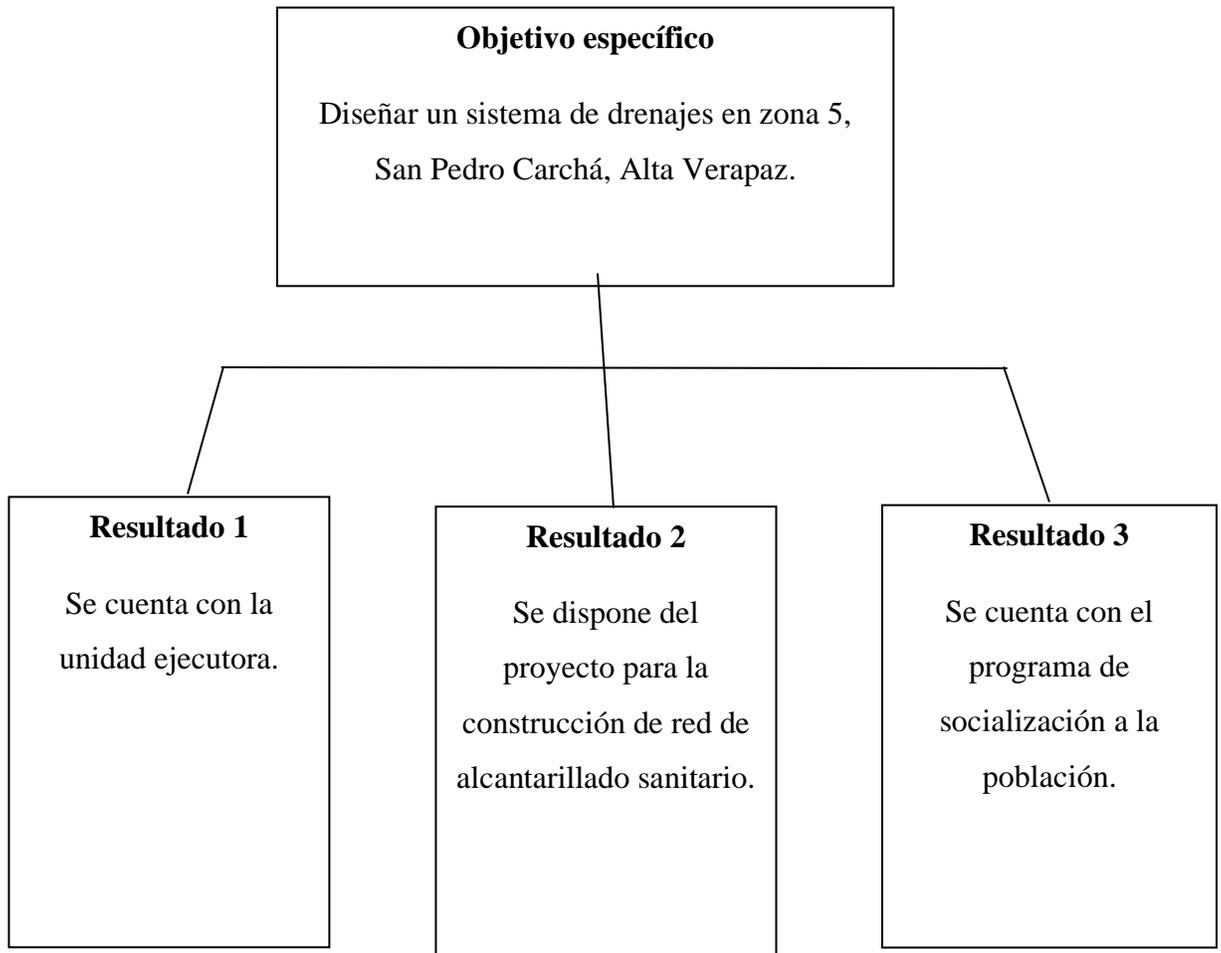
Recomendación

La principal recomendación es ejecutar el proyecto denominado “Proyecto para la construcción de red de alcantarillado sanitario en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz”, para poder garantizar una mejor calidad de vida para los pobladores de esta zona.

ANEXOS

A continuación, se presenta el diagrama de medios de solución, así mismo se describen las principales etapas de cada medio de solución.

Anexo 1. Propuesta para la solución de la problemática.



Resultado 1: Se cuenta con la unidad ejecutora.

Etapas 1: Planificación.

Para realizar la planificación del proyecto es necesario realizar una inspección de campo para la determinación de todos los factores que son de importancia y que podrían influir en el diseño, planificación y ejecución del proyecto. Es necesario definir la longitud del proyecto, el área de trabajo, población actual entre otros.

Considerados todos los parámetros de diseño, se procederá a realizar las etapas de la planificación como puede ser, perfil del proyecto, presupuesto, especificaciones técnicas. Es necesario revisar la parte legal si es que el proyecto atraviesa por propiedades privadas.

Etapas 2: Incorporar el proyecto al sistema de inversión pública.

Luego de tener la planificación completa se procede a ingresar al sistema de inversión pública para que este sea licitado y así poder contar con la empresa constructora que realizará dicho proyecto.

Etapas 3: Contratación de constructora.

Realizada la licitación del proyecto, se deberá realizar los contratos correspondientes con la empresa ganadora.

Etapas 4: Supervisión.

Es necesario realizar la supervisión del proyecto para verificar que la ejecución del proyecto se lleve a cabo en base a la planificación y con las normas de diseño establecidas en la planificación y diseño del proyecto. Se pueden realizar cambios dentro de la ejecución del proyecto solo si el supervisor lo considera, lo cual será para garantizar la calidad del proyecto.

Resultado 2: Se dispone del proyecto para la construcción de red de alcantarillado sanitario.

Actividad 1. Permisos legales.

Acción 1: Derechos sobre la propiedad: Se deberá contar con asesoría de un abogado para ser el encargado de la revisión de los documentos registrales del área en la cual se llevará a cabo el proyecto.

Acción 2: Estudio de impacto ambiental: Se deberá contratar los servicios profesionales de un consultor ambiental para gestionar todos los procesos para el estudio de impacto ambiental ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)

Acción 3: Licencia de construcción: Se deberán hacer todas las gestiones ante la municipalidad para que se pueda extender la licencia de construcción

Acción 3: Aval y permisos de la comunidad: Se deberá solicitar el avala del COCODE para la ejecución proyecto.

Actividad 2: Estudios técnicos

Acción 1: Demográfico: se deberá realizar una vista técnica de campo para verificar, la ubicación del proyecto, así mismo para verificar la ubicación de las conexiones domiciliarias.

Actividad 3: Diseño.

Acción 1: Estudio técnico: Se deberá tener impresos los planos, memoria de cálculo, especificaciones técnicas, correspondientes del proyecto.

Acción 2: Materiales de construcción: Se deberán tener en obra todos los materiales a emplearse para el desarrollo del proyecto.

Actividad 4: Actividades preliminares.

Acción 1: Limpieza del terreno: Se deberá retirar todo material o objeto que impidan la realización del proyecto

Acción 2: Replanteo topográfico: se deberá contratar los servicios profesionales de un Ingeniero Topógrafo para realizar el replanteo, en el cual deberá trazar el eje del proyecto, el inicio del proyecto, final de proyecto y los pozos de visita.

Acción 3: Excavaciones: Se deberá contar con la maquinaria adecuada para que se lleve a cabo las excavaciones, de los pozos de visita y de la línea principal de la tubería.

Acción 4: Elaboración de pozo de visitas: Se deberán construir los pozos de visita según las especificaciones técnicas del proyecto.

Actividad 5: Implementación de la red.

Acción 1: Instalación de tubería: se deberán instalar las tuberías y los diámetros correspondientes al tramo según lo indicado en los planos.

Acción 2: Conexión de domiciliars: Se deberán realizar las conexiones domiciliars, basados en las especificaciones técnicas del proyecto.

Acción 4: Relleno: Cuando se den por finalizadas todas las instalaciones, tanto de la red principal como las conexiones domiciliars se deberán realizar el relleno y compactación con los materiales adecuados y descritos en las especificaciones técnicas del proyecto

Acción 5: Pruebas de funcionamiento: Se deberán realizar pruebas para verificar el funcionamiento óptimo de toda la red de drenaje, para su posterior habilitación a todos los beneficiarios.

Anexo 2. Matriz de la estructura lógica

Componentes	Indicadores	Medio de verificación	Supuestos
<p>Objetivo general: Disminuir las inundaciones en época de invierno en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz.</p>	<p>Al quinto año se disminuirán las inundaciones en un 85% con la construcción de la red de alcantarillado sanitario.</p>	<p>Inspecciones de campo. Monitoreo de la zona. Habilitación de la nueva red de alcantarillado sanitario. Entrevistas a los habitantes de la zona.</p>	<p>Se cuenta con el apoyo Económico del Instituto de Fomento Municipal (INFOM) en la ejecución del proyecto.</p>
<p>Objetivo específico: Diseñar un sistema de drenajes en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz.</p>	<p>Al primer año se contribuye en un 40% con el levantamiento topográfico y el diseño del sistema de alcantarillado sanitario.</p>	<p>Planos del sistema de alcantarillado sanitario. Libreta topográfica. Presupuesto. Especificaciones técnicas.</p>	<p>Se cuenta con el apoyo del Instituto de Fomento Municipal (INFOM) para la elaboración del diseño del sistema de drenajes.</p>
<p>Resultado 1: Se cuenta con la unidad ejecutora.</p>			

<p>Resultado 2:</p> <p>Se dispone del proyecto para la construcción de red de alcantarillado sanitario</p>			
<p>Resultado 3:</p> <p>Se cuenta con el programa de socialización a la población.</p>			

Fuente: Ical Hans, 2018.

Anexo 5. Presupuesto

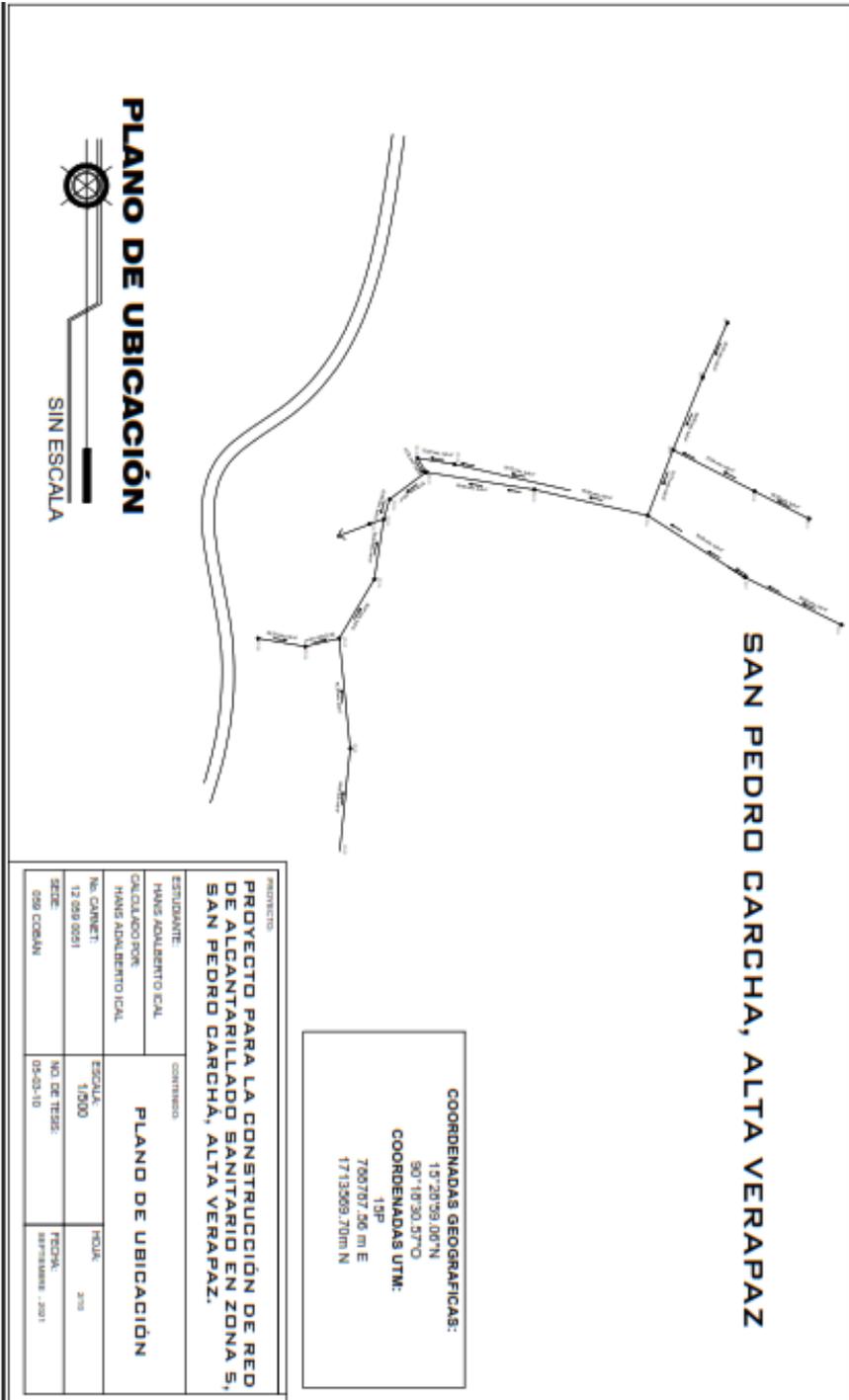
Proyecto:		Proyecto para la construcción de red de alcantarillado sanitario en zona 5, San Pedro Carchá, Alta Verapaz.	
Presupuesto			
No.	Descripción	Costo	
1	Resultado 1	Q	50,000.00
2	Resultado 2	Q	1,345,936.49
3	Resultado 3	Q	2,500.00
Costo total del proyecto		Q	1,398,436.49

Otros anexos. 1.1 Planos

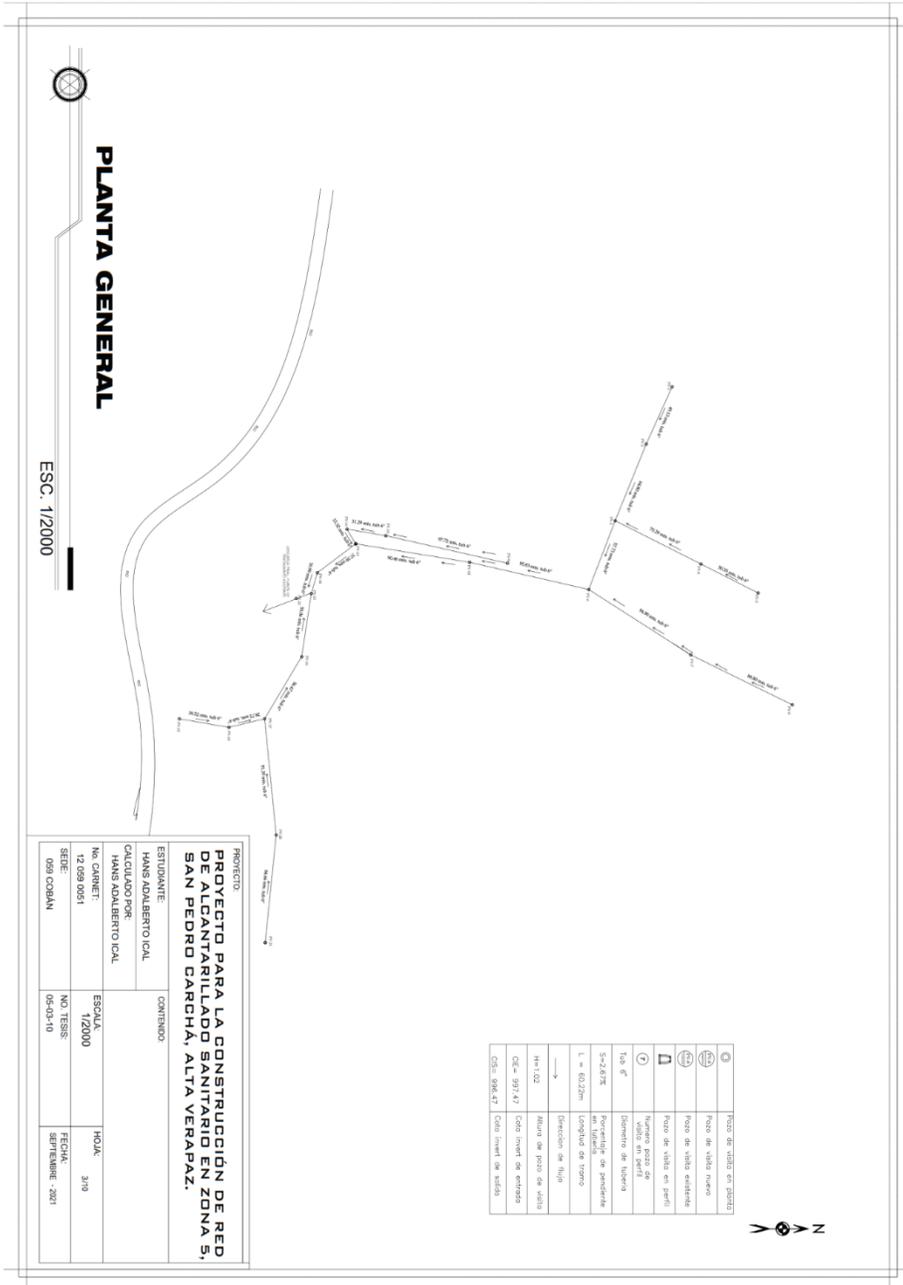
Planos de localización



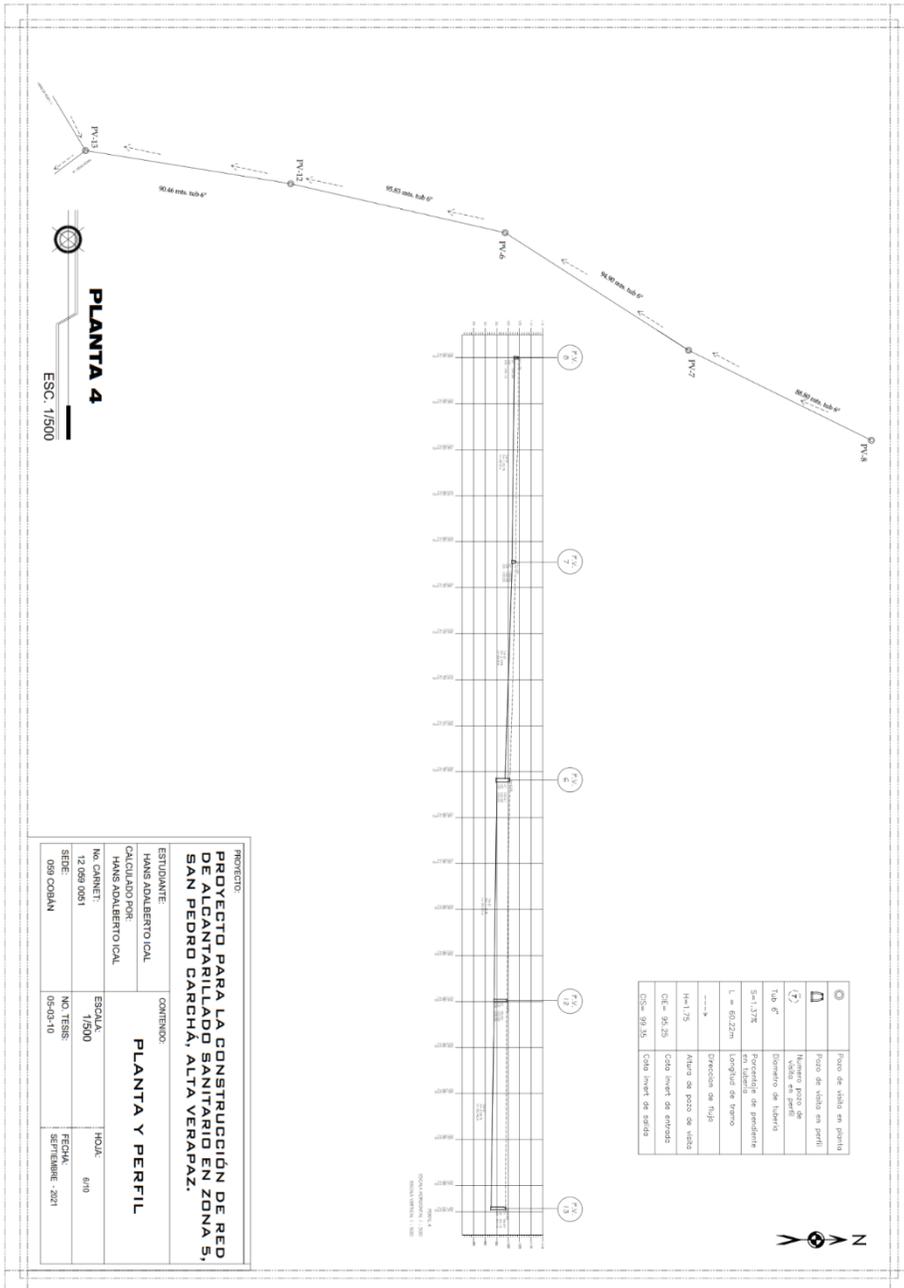
Planos de ubicación



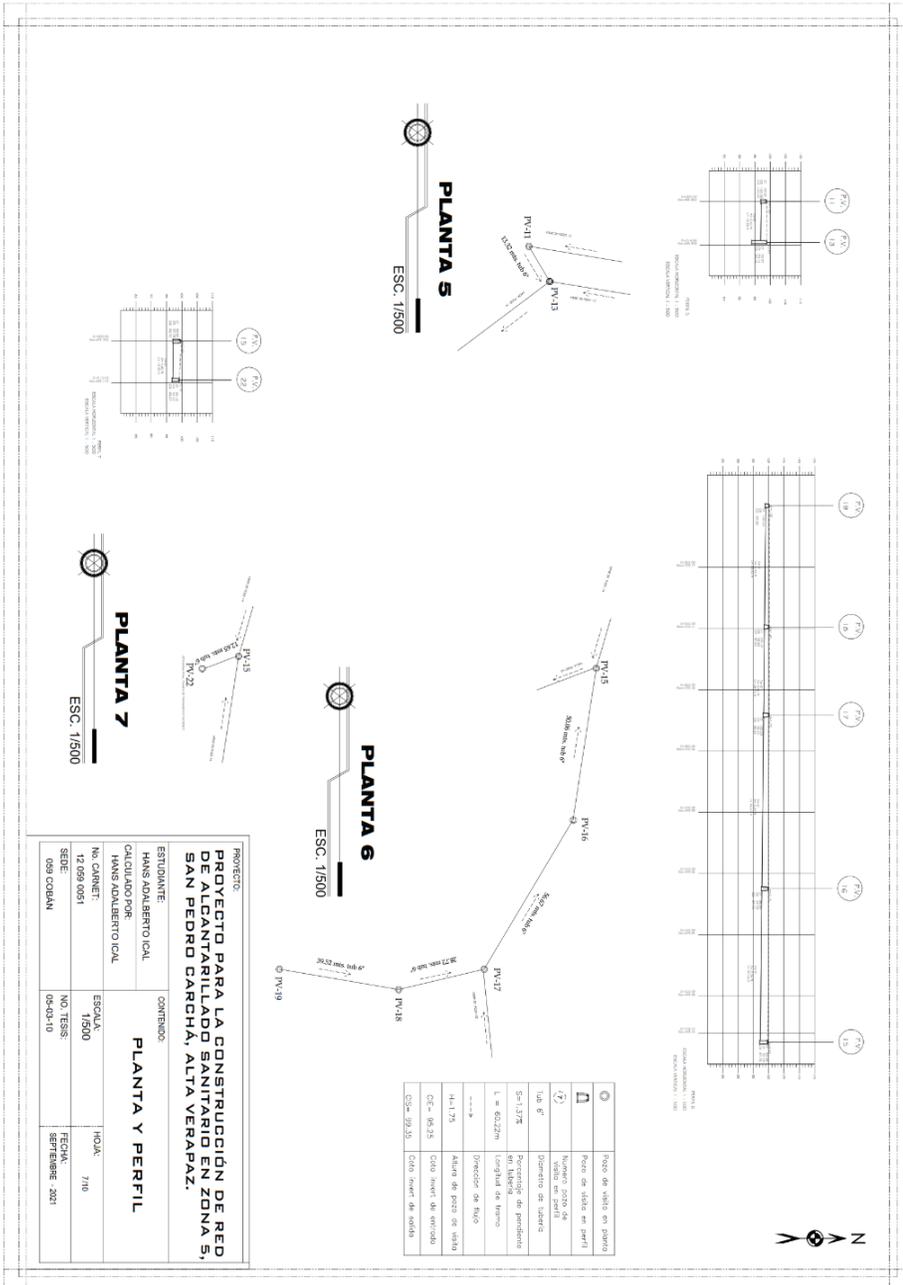
Planta general



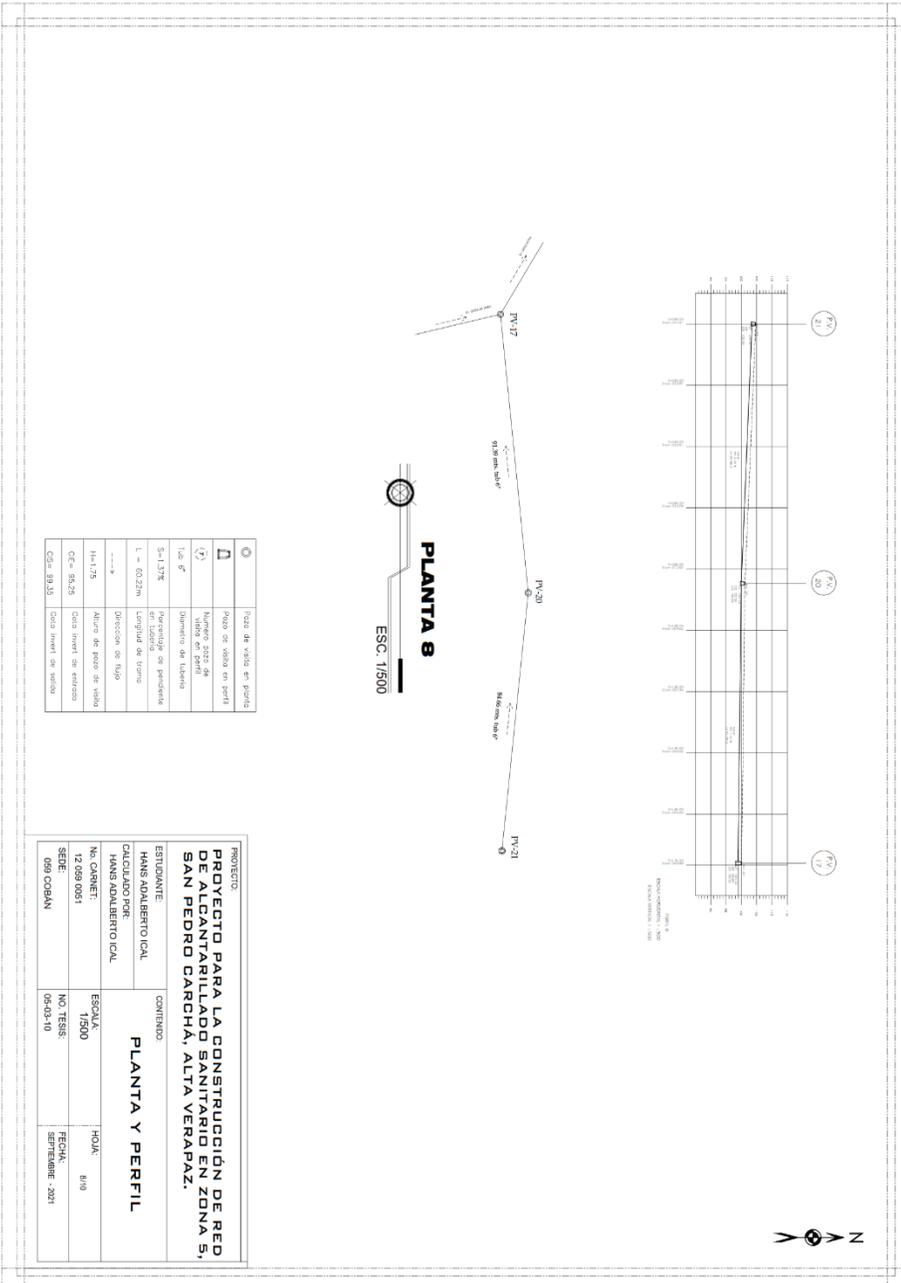
Planta y perfil 4



Planta y perfil 5, 6 y 7



Planta y perfil 8



PLANTA 8
ESC. 1/500

1	Foto de vista en punto
2	Paso de agua en perfil
3	Numero de caudal
4	Numero de tuberia
5	Numero de tuberia
6	Numero de tuberia
7	Numero de tuberia
8	Numero de tuberia
9	Numero de tuberia
10	Numero de tuberia
11	Numero de tuberia
12	Numero de tuberia
13	Numero de tuberia
14	Numero de tuberia
15	Numero de tuberia
16	Numero de tuberia
17	Numero de tuberia
18	Numero de tuberia
19	Numero de tuberia
20	Numero de tuberia
21	Numero de tuberia
22	Numero de tuberia
23	Numero de tuberia
24	Numero de tuberia
25	Numero de tuberia
26	Numero de tuberia
27	Numero de tuberia
28	Numero de tuberia
29	Numero de tuberia
30	Numero de tuberia
31	Numero de tuberia
32	Numero de tuberia
33	Numero de tuberia
34	Numero de tuberia
35	Numero de tuberia
36	Numero de tuberia
37	Numero de tuberia
38	Numero de tuberia
39	Numero de tuberia
40	Numero de tuberia
41	Numero de tuberia
42	Numero de tuberia
43	Numero de tuberia
44	Numero de tuberia
45	Numero de tuberia
46	Numero de tuberia
47	Numero de tuberia
48	Numero de tuberia
49	Numero de tuberia
50	Numero de tuberia

PROYECTO: PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN ZONA 5, SAN PEDRO CARACHA, ALTA VERAPAZ.	
ESTUDIANTE: HANIS ADALBERTO CAL	
CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL	
CALCULADO POR: HANIS ADALBERTO CAL	ESCALA: 1/500
NO. CARNET: 12 059 0061	NO. TESIS: 05-05-10
SEDE: 099 CORDON	FECHA: 05/ FEBRERO 2011

Componentes de drenaje

The drawing illustrates various drainage components with detailed cross-sections and labels:

- Manhole (1):** Shows a circular manhole with a cover, including details for the cover, frame, and concrete structure.
- Manhole with Inlet (2):** Shows a manhole with an inlet pipe, including details for the inlet pipe, cover, and frame.
- Manhole with Inlet and Outlet (3):** Shows a manhole with both inlet and outlet pipes, including details for the inlet pipe, outlet pipe, cover, and frame.
- Manhole with Inlet and Outlet (4):** Shows a manhole with both inlet and outlet pipes, including details for the inlet pipe, outlet pipe, cover, and frame.
- Manhole with Inlet and Outlet (5):** Shows a manhole with both inlet and outlet pipes, including details for the inlet pipe, outlet pipe, cover, and frame.
- Manhole with Inlet and Outlet (6):** Shows a manhole with both inlet and outlet pipes, including details for the inlet pipe, outlet pipe, cover, and frame.
- Manhole with Inlet and Outlet (7):** Shows a manhole with both inlet and outlet pipes, including details for the inlet pipe, outlet pipe, cover, and frame.
- Manhole with Inlet and Outlet (8):** Shows a manhole with both inlet and outlet pipes, including details for the inlet pipe, outlet pipe, cover, and frame.
- Manhole with Inlet and Outlet (9):** Shows a manhole with both inlet and outlet pipes, including details for the inlet pipe, outlet pipe, cover, and frame.
- Manhole with Inlet and Outlet (10):** Shows a manhole with both inlet and outlet pipes, including details for the inlet pipe, outlet pipe, cover, and frame.
- Manhole with Inlet and Outlet (11):** Shows a manhole with both inlet and outlet pipes, including details for the inlet pipe, outlet pipe, cover, and frame.
- Manhole with Inlet and Outlet (12):** Shows a manhole with both inlet and outlet pipes, including details for the inlet pipe, outlet pipe, cover, and frame.
- Manhole with Inlet and Outlet (13):** Shows a manhole with both inlet and outlet pipes, including details for the inlet pipe, outlet pipe, cover, and frame.
- Manhole with Inlet and Outlet (14):** Shows a manhole with both inlet and outlet pipes, including details for the inlet pipe, outlet pipe, cover, and frame.
- Manhole with Inlet and Outlet (15):** Shows a manhole with both inlet and outlet pipes, including details for the inlet pipe, outlet pipe, cover, and frame.
- Manhole with Inlet and Outlet (16):** Shows a manhole with both inlet and outlet pipes, including details for the inlet pipe, outlet pipe, cover, and frame.
- Manhole with Inlet and Outlet (17):** Shows a manhole with both inlet and outlet pipes, including details for the inlet pipe, outlet pipe, cover, and frame.
- Manhole with Inlet and Outlet (18):** Shows a manhole with both inlet and outlet pipes, including details for the inlet pipe, outlet pipe, cover, and frame.
- Manhole with Inlet and Outlet (19):** Shows a manhole with both inlet and outlet pipes, including details for the inlet pipe, outlet pipe, cover, and frame.
- Manhole with Inlet and Outlet (20):** Shows a manhole with both inlet and outlet pipes, including details for the inlet pipe, outlet pipe, cover, and frame.

COMPONENTES DE DRENAJE
ESC. INDICADA

PROYECTO: PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN ZONA 5, SAN PEDRO CARCCHA, ALTA VERAPAZ.			
ESTUDIANTE: IVANS ADALBERTO ICAI		CONTENIDO: COMPONENTES DE DRENAJE	
CALCULADO POR: IVANS ADALBERTO ICAI		ESCALA: NO TERS. 1/200	
Nº. CARRER: 12 059 0051		HOUA: 9/9	
SEDE: 0981 COBAN		FECHA: 20/11/2018	
05-05-10		201	

Otros anexos. 1.2 Memoria de calculo

Diseño de la red de alcantarillado sanitario

Parámetros de diseño

Tipo de sistema empleado	por gravedad	
Tipo de red de distribución	ramales abiertos	
Período de diseño	31.00	años
Tasa de crecimiento poblacional	3.50%	
Coefficiente de rugosidad Tubería PVC	0.009	
Profundidad mínima de tubería	1.00	metro
Factor de retorno	0.85	%
Factor de infiltración	18000	Finf
Dotación lts/hab/día	120	lts/hab/día

Ejemplo de cálculo

Diseño de PV 1 a PV 2

El pozo de visita 1 estará en la “columna 1” al ser el pozo inicial; y el pozo de visita 2 estará en la “columna 2” al ser el pozo de visita final.

1. **Distancia: 49.13 m.**
2. **Cota inicial (cota de terreno de PV 1): 108.618m.**
3. **Cota final (cota de terreno de PV 2): 108.483m.**
4. **Pendiente:**

$$\text{Pendiente} = \frac{\text{cota inicial} - \text{cota final}}{\text{distancia}} * 100$$

$$\text{Pendiente} = \frac{108.618 - 108.483}{49.13} * 100$$

$$\text{Pendiente}=0.27 \%$$

5. **Número de viviendas locales:** 7 viviendas

6. **Número de viviendas acumuladas:** 7 viviendas

7. **Habitantes:** este dato se consigue de multiplicar el número de viviendas acumuladas por la densidad:

$$\text{Habitantes} = \text{viviendas acumuladas} * \text{densidad de vivienda}$$

$$\text{Habitantes} = 9 \text{ viviendas} * 7 \text{ hab/vivienda}$$

$$\text{Habitantes} = 63 \text{ habitantes}$$

8. **Población Futura:**

$$P_f = P_o * (1+r)^n$$

$$P_f = 63 * (1+0.0419)^{30}$$

$$P_f = 210 \text{ habitantes}$$

9. **Factor de Harmond:** El cual no puede sobrepasar 4.5.

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{210}{1000}}}{5 + \sqrt{\frac{155}{1000}}}$$

$$FH = 3.92$$

10. **Caudal domiciliar ($Q_{\text{domiciliar}}$):**

$$Q_{\text{domiciliar}} = \frac{\text{Dotacion} * \text{numero de habitantes} * FR}{86400}$$

$$Q_{\text{domiciliar}} = \frac{\frac{200\text{lt}}{\frac{\text{hab}}{\text{dia}} * 210 * 3.92}}{86400}$$

$$Q_{\text{domiciliar}} = 0.7202\text{L/s}$$

11. Caudal de aguas ilícitas (Q_{ilícitas}):

$$Q_{\text{ilícitas}} = Q_{\text{dom max}} * 10\%$$

$$Q_{\text{ilícitas}} = 0.7202 * 10\%$$

$$Q_{\text{ilícitas}} = 0.1404 \text{ L/s}$$

12. Caudal de Diseño (Q_{diseño}):

$$Q_{\text{diseño}} = Q_{\text{dom max}} + Q_{\text{ilícitas}}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 0.7202 + 0.1404$$

$$Q_{\text{diseño}} = 2.1345\text{L/s}$$

13. Para este tramo se escogió tubería PVC de 6”.

14. Pendiente de tubería: en casos en que la pendiente natural del terreno es negativa o muy poca, se puede proceder a decidir una pendiente deseada, para este tramo la pendiente escogida fue de 0.6%.

15. Velocidad a sección llena:

$$V = \frac{0.003429 * \phi^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

Con:

V = velocidad a sección llena en m/s

ϕ = diámetro de tubería

S = pendiente de tubería.

n = coeficiente, para todo el cálculo, 0.01

$$V = \frac{0.003429 * 6^{2/3} * 0.006^{1/2}}{0.01}$$
$$V = 1.13 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

16. Caudal a sección llena (Q):

$$Q = AV$$

$$Q = \frac{\pi * \text{Diametro}^2}{4} * V$$

$$Q = \frac{\pi * 6^2}{4} * 1.13 * 1000$$

$$Q = 20.65 \text{L/s}$$

17. Relación entre caudales (q/Q): (ver tabla de valores)

Para esto se procede a dividir el caudal de diseño entre el caudal a sección llena:

$$\frac{q}{Q} = \frac{Q_{\text{diseño}}}{Q_{\text{seccion llena}}}$$

$$\frac{q}{Q} = \frac{1.16}{20.65}$$

$$\frac{q}{Q} = 0.0017$$

El resultado encontrado, se busca en la tabla de relaciones hidráulicas para encontrar las relaciones entre diámetros y velocidades.

18. Relación de diámetros (d/D):

En las tablas se busca el valor de la relación de caudales, cada valor de estos tiene un correspondiente o un valor cercano para la relación de diámetro; el correspondiente en este caso es de 0.031

19. Relación de velocidades (v/V):

En las tablas se busca el valor de la relación de caudales, cada valor de estos tiene un correspondiente o un valor cercano para la relación de velocidad; el correspondiente en este caso es de 0.18

20. Velocidad real (v):

Viene de la relación de velocidades, esta relación está dada por el cociente entre la velocidad real y la velocidad a sección llena, que da como resultado un cociente que es la relación de velocidades.

$$\frac{v}{V} = 0.031$$

$$v=0.031*V$$

$$v=0.289158*1.13 \text{ m/s}$$

$$v=0.48 \text{ m/s}$$

21. Cota invert inicial:

C.I. I.=cota invert más baja de tubería anterior-caida de agua

$$\text{caida de agua} = \frac{v^2}{2g} = \frac{0.48 \text{ m/s}^2}{2*9.81 \text{ m/s}^2} = 0.28 \text{ m}$$

$$\text{C.I.I.} = 1182.15\text{m} - 0.28 \text{ m}$$

$$\text{C.I.I.} = 1181.87 \text{ m}$$

22. Cota invert final:

$$\text{C.I. F.} = \text{C.I.I.} - \frac{\text{pendiente de tubería} * \text{distancia}}{100}$$

$$\text{C.I. F.} = 1181.87 \text{ m} - \frac{0.6 * 23.88 \text{ m}}{100}$$

$$\text{C.I. F.} = 1181.73 \text{ m}$$

23. Profundidad de pozo inicial (P.P.I.):

Diferencia entre cota de terreno inicial y cota invert inicial:

$$\text{Profundidad de pozo inicial} = \text{CT}_{\text{inicial}} - \text{C.I.I.}$$

$$\text{Profundidad de pozo inicial} = 1183.24 \text{ m} - 1181.87 \text{ m}$$

$$\text{Profundidad de pozo inicial} = 1.37 \text{ m}$$

24. Profundidad de pozo final (P.P.F):

Diferencia entre cota de terreno final y cota invert final:

$$\text{Profundidad de pozo final} = \text{CT}_{\text{final}} - \text{C.I.F.}$$

$$\text{Profundidad de pozo final} = 1183.03 \text{ m} - 1181.73 \text{ m}$$

$$\text{Profundidad de pozo final} = 1.30 \text{ m}$$

- **Volumen de Excavación**

$$\text{Vol} = \text{ancho de zanja} * \text{distancia} * h$$

$$\text{Vol} = (0.8 \text{ m})(23.88 \text{ m}) \left(\frac{1.37 \text{ m} + 1.3 \text{ m}}{2} \right) = 25.5 \text{ m}^3$$