

Herberc Hernán Reyes Escobar

PROPUESTA DE DISEÑO DE DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES EN
LA 5TA CALLE DE LA ZONA 6 DE RETALHULEU, RETALHULEU.



Asesor General Metodológico:

MSc. Daniel Humberto González Pereira

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, octubre de 2021

Informe final de graduación

PROPUESTA DE DISEÑO DE DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES EN
LA 5TA CALLE DE LA ZONA 6 DE RETALHULEU, RETALHULEU.



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Herberc Hernán Reyes Escobar

En el acto de investidura previo a su graduación de Licenciatura en
Ingeniería Civil con Énfasis en Construcciones Rurales.

Universidad Rural de Guatemala
Facultad de Ingeniería

Guatemala, octubre de 2021

Informe final de graduación

PROPUESTA DE DISEÑO DE DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES EN
LA 5TA CALLE DE LA ZONA 6 DE RETALHULEU, RETALHULEU.



Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretaria de la Universidad:

Licenciada Lesbia Tevalán Castellanos

Decano de la Facultad de Ingeniería

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, octubre de 2021

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

Prólogo

Esta investigación es un requisito previo para optar al título universitario de Ingeniería Civil con Énfasis en Construcciones Rurales, en el grado académico de Licenciado, de conformidad con los estatutos de la Universidad Rural de Guatemala. Se optó por buscar una solución a una problemática que afecta la mayor parte de zonas residenciales del territorio nacional, tomando en cuenta el crecimiento poblacional, y observando en la época de lluvias, se detectó la deficiente evacuación de aguas pluviales.

El estudio: Propuesta de diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu, se llevó a cabo para proponer las posibles soluciones a la problemática en el lugar, Se desarrolló un diseño económico y viable para dar la solución al problema, se consideró costos para no impactar negativamente la viabilidad del proyecto.

Esta investigación tiene como finalidad brindar una opción que ayude a la evacuación de aguas pluviales en la 5ta. calle de la zona 6, que afecta directamente a los vecinos, así también, ser útil a futuros estudiantes de Ingeniería Civil de diferentes universidades del país como fuente de consulta, con los resultados obtenidos de la investigación y que puedan aplicarse en diferentes proyectos con fines similares a los que se realizan en este estudio.

Con el fin de solucionar la problemática planteada se presenta como aporte a dicha solución, tres resultados que son:

Se cuenta con una Unidad Ejecutora. Se cuenta con una Propuesta de diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu. Programa de sensibilización y capacitación.

Estos resultados permitirán lograr una mejor evacuación de aguas pluviales, disminuirá el daño por erosión al pavimento rígido y el número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años.

Presentación

El presente trabajo tiene como finalidad brindar una solución económica y viable a una problemática que afecta directamente una población, debido a que la vía de acceso se ve obstruida por exceso de escorrentía pluvial durante la época de lluvias.

El estudio de esta investigación: Propuesta de diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu, fue realizada durante los meses de marzo a agosto del año dos mil veinte, como requisito previo a optar el título universitario de Ingeniero Civil con Énfasis en Construcciones Rurales, en el grado académico de Licenciado, de conformidad con los estatutos de la Universidad Rural de Guatemala.

Observando y evaluando las condiciones actuales se determinó que el problema central es: Deficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje de 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu, lo que ocasiona deterioro del pavimento rígido, dificultad de acceso en época de lluvias y como consecuencia el aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años.

En las épocas de lluvias, la calle se ve afectada debido que las escorrentías del agua pluvial utilizan la vía principal como cauce hacia los drenajes naturales de la zona.

De la investigación surgió una propuesta para solucionar el problema, formada por tres resultados que son:

- a) Se cuenta con una Unidad Ejecutora.
- b) Se cuenta con una Propuesta de diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.
- c) Programa de sensibilización y capacitación.

Índice general

No.	Contenido	Página
I.	INTRODUCCIÓN.....	01
I.1.	Planteamiento del problema.....	02
I.2.	Hipótesis.....	03
I.3.	Objetivos.....	04
I.3.1	Objetivo general.....	04
I.3.2	Objetivo específico.....	04
I.4.	Justificación.....	04
I.5.	Metodología.....	05
I.5.1	Métodos.....	05
I.5.2	Técnicas.....	07
II.	MARCO TEÓRICO.....	10
II.1.	Aspectos doctrinarios.....	10
III.	COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	81
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	88
IV.1	Conclusiones.....	88
IV.2	Recomendaciones.....	89
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

Índice de cuadros

No.	Contenido	Página
1	Aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años.....	82
2	El aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años, se debe a un sistema de drenaje obsoleto.....	83
3	El aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años, se debe al aumento del deterioro de la vía.....	84
4	El aumento del número de personas afectadas, se debe a la deficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje de 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.....	85
5	El aumento del número de personas afectadas, se debe a la inundación de la 5ta calle de la zona 6 en la época de invierno.....	86
6	Falta un diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.....	87

Índice de gráficas

No.	Contenido	Página
1	Aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años.....	82
2	El aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años, se debe a un sistema de drenaje obsoleto.....	83
3	El aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años, se debe al aumento del deterioro de la vía.....	84
4	El aumento del número de personas afectadas, se debe a la deficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje de 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.....	85
5	El aumento del número de personas afectadas, se debe a la inundación de la 5ta calle de la zona 6 en la época de invierno.....	86
6	Falta un diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.....	87

Índice de imágenes

No.	Contenido	Página
01	Aguas pluviales.....	11
02	Escorrentía superficial.....	12
03	Mapas de ubicación de estaciones climáticas con curvas IDF.....	16
04	Curvas IDF típicas de la estación climática Escuintla.....	17
05	Ejemplo de tiempo de concentración.....	18
06	10 años de periodo de retorno.....	19
07	Sistemas de evacuación de aguas pluviales.....	21
08	Sistema expuesto de canaleta.....	23
09	Fórmula de Harmon.....	27
13	Caudal de aguas de lluvia.....	28
14	Tipo de superficie.....	29
15	Cuenca hidrológica.....	31
16	Hidrograma de escurrimiento antes y después de la urbanización...	33
17	Formas de canales más comunes.....	58
18	Velocidades máximas para canales revestidos.....	59
19	Movimiento uniforme en cauces abiertos.....	68
20	Flujo uniforme en canales abiertos.....	69
21	Canal abierto.....	71
22	Canal cerrado.....	71
23	Vías pavimentadas.....	76
24	Erosión por bombeo y escalonamiento.....	77

I. INTRODUCCIÓN

El presente estudio se elaboró como uno de los requisitos establecidos por la Universidad Rural de Guatemala, previo a obtener el título universitario de Licenciado en Ingeniería Civil con Énfasis en Construcciones Rurales, en el grado académico de Licenciado, que es llevar a cabo una investigación, por lo tanto, se optó el estudio de Propuesta de diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.

El estudio identifica la problemática existente, la cual consiste en la deficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje de 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.

Los resultados del presente estudio pueden aplicarse en otros espacios que tengan la misma problemática. También puede utilizarse como consulta académica de estudiantes de Ingeniería Civil de las diferentes universidades del país. Así mismo sirve para que los estudiantes apliquen los conocimientos adquiridos durante su carrera profesional.

El estudio fue realizado durante los meses de marzo a agosto del año dos mil veinte.

Al terminar el trabajo de graduación, se comprobó la hipótesis: “El aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años, por deficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje debido a la falta de un diseño”. El informe está integrado de la siguiente forma: Prólogo y Presentación.

Luego los siguientes capítulos:

I. Compuesto por: Introducción, planteamiento del problema, hipótesis, objetivo general y objetivos específicos, justificación, metodología conformada por métodos y técnicas tanto para la formulación como para la comprobación de la hipótesis.

II. Compuesto por: Marco teórico, que comprende aspectos conceptuales formados por aspectos doctrinarios.

III. Compuesto por: Comprobación de la hipótesis. Formado por cuadros y gráficas de los resultados obtenidos de las encuestas relacionados a la variable dependiente “Y” e independiente “X”, con su respectivo análisis.

IV. Compuesto por: Conclusiones y recomendaciones, luego bibliografía y anexos principales.

La propuesta la conforman tres resultados que son los siguientes:

Resultado uno: Se cuenta con una Unidad Ejecutora.

Resultado dos: Se cuenta con una Propuesta de diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.

Resultado tres: Programa de sensibilización y capacitación.

Los tres resultados juntos forman la propuesta para proporcionar una solución integral al problema.

I.1. Planteamiento del problema

De acuerdo con la investigación realizada en el área de influencia, sobre la problemática y con la ayuda del Método Científico y del Marco Lógico fue posible identificar el siguiente problema, así como causa y efecto.

Para el año 2020 se ha logrado determinar que siempre existirá aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu, si no se aplica la propuesta, esto porque la evacuación de aguas pluviales no es la adecuada, debido a que no existe un diseño de drenajes que pueda contribuir a encausar el flujo provocado por las lluvias torrenciales en los meses de invierno, esto causa la dificultad

para el acceso y el deterioro prematuro de la vía pavimentada.

El problema principal de la investigación: la deficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje de 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu, el efecto es aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de la cabecera departamental de Retalhuleu en los últimos 5 años, por dificultad para transitar en los en los meses de invierno y el deterioro prematuro del pavimento rígido en la única vía de acceso para los habitantes de la zona.

La causa principal es falta de diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de la cabecera departamental de Retalhuleu, que redireccione fuera el agua pluvial que utiliza la vía como cause hacia el punto de desfogue, producto de las lluvias torrenciales en los meses de invierno.

Al resolver el problema con esta propuesta, se disminuirá el número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de la cabecera departamental de Retalhuleu, no sufrirán de inundaciones en la vía de acceso, se le dará una dirección al flujo de agua pluvial fuera de la carpeta de rodadura hacia el punto de desfogue natural, se restaurará el flujo natural de la corriente urbana, evitará el deterioro constante de la vía pavimentada, se mejorará el tránsito de vehículos durante la época de invierno, entre otros beneficios hidrológicos, paisajísticos, ambientales, sociales, urbanos y económicos que obtendrán.

I.2. Hipótesis

“El aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años, por deficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje debido a la falta de un diseño”.

¿Es la falta de diseño de drenaje de aguas pluviales y la deficiente evacuación de las mismas, las causas del aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años?

I.3. Objetivos

I.3.1. Objetivo general

Disminuir el número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años.

I.3.2. Objetivo específico

Lograr eficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje.

I.4. Justificación

El desarrollo de la presente investigación y estudio que se realizó refleja la necesidad de establecer soluciones sobre el aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años.

Las personas se ven afectadas directamente por limitaciones en el acceso durante la época de invierno adicionan el deterioro prematuro de la vía pavimentada, la principal causa es la falta de un diseño de drenaje pluvial que ayude a la evacuación y encause de las escorrentías producto de las lluvias torrenciales.

Debido a que no existe un diseño que pueda contribuir a encausar el flujo de agua pluvial sobre la vía pavimentada, provocado por las lluvias torrenciales en los meses de invierno, se provoca la dificultad para el acceso y el deterioro prematuro de la vía pavimentada.

La presente investigación se basó en fuentes de información primaria que ofrecen datos fidedignos; así mismo de fuentes secundarias y otras fuentes constituyentes, se desarrolló el trabajo de campo con las personas involucradas, Órgano de Coordinación del Consejo Comunitario de Desarrollo -COCODE- del lugar, personal de la Dirección Municipal de Planificación de Retalhuleu, sin dejar de tomar en cuenta los documentos bibliográficos existente sobre el tema.

Como aproximación y solución del problema expuesto, se hace necesario realizar un Diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de la cabecera departamental de Retalhuleu, que pueda encausar el agua pluvial fuera de la vía pavimentada, direccionándola hacia el punto de desfogue natural que existente en la zona.

Si se aplica la propuesta se disminuirá el número de personas afectadas por acceso limitado en la época de invierno. Por lo contrario, si no se aplica la propuesta aumentará el número de personas afectadas por no existir un diseño de drenaje de aguas pluviales que encause el agua fuera de la vía pavimentada.

I.5. Metodología

Para poder comprobar la hipótesis planteada: “El aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años, por deficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje debido a la falta de un diseño”, se realizó la siguiente metodología:

I.5.1. Métodos

Se dividen en utilizados para la formulación de la hipótesis y para la comprobación de la hipótesis.

La metodología utilizada para la elaboración de la hipótesis y su comprobación se compone de métodos y técnicas.

I.5.1.1. Métodos utilizados en la formulación de la hipótesis

Los métodos utilizados en la formulación de la hipótesis fueron: El Método Deductivo y el Método del Marco Lógico.

a) Método Deductivo

Este se utilizó para identificar la problemática, que inicia con la observación de

fenómenos y de esta manera definir la investigación planteada, por lo que fue necesario visitar la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.

b) Método del Marco Lógico o la Estructura Lógica

Es una herramienta para facilitar el proceso de conceptualización, diseño, ejecución y evaluación de proyectos. Su énfasis está centrado en la orientación por objetivos, la orientación hacia grupos beneficiarios y el facilitar la participación y la comunicación entre las partes interesadas.

El Método del Marco Lógico o la Estructura Lógica, sirvió para la estructura y elaboración de los árboles de problemas y objetivos, para establecer los resultados deseados y esperados dentro de la investigación.

Así mismo para fijar y establecer los insumos y tiempos por cada resultado. También para comprobar la hipótesis.

I.5.1.2. Métodos utilizados para la comprobación de la hipótesis

Los métodos utilizados para la comprobación de la hipótesis fueron los siguientes: Inductivo, de Síntesis y Estadístico.

a) Método Inductivo

Se estudian los fenómenos particulares, que darán soluciones generales. Con este método se obtuvieron los resultados de la problemática, se utilizó para realizar encuestas y para diseñar conclusiones, de esta forma poder llegar a la hipótesis planteada.

b) Método de Síntesis

Una vez interpretada la información, se utilizó la síntesis para obtener conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación; la que sirvió para hacer congruente la totalidad de la investigación.

c) Método Estadístico

Con este método se determinaron los parámetros necesarios, que ayudaron a la comprobación de la hipótesis. Se realizó uso de este método, se tabulo el resultado de la encuesta, en los cuadros y gráficas, para comprobar la variable “Y” y la variable “X”, así mismo para comprobar el problema. Se realizaron gráficas que permiten visualizar los porcentajes y datos absolutos de los resultados en la investigación.

I.5.2. Técnicas

Las técnicas empleadas en la formulación y comprobación de la hipótesis fueron las siguientes:

I.5.2.1. Técnicas de investigación para la formulación de la hipótesis

Las técnicas que se utilizaron para la formulación de la hipótesis son las herramientas que se detallan a continuación:

a) Lluvia de Ideas

La lluvia de ideas, también denominada tormenta de ideas, es una herramienta de trabajo grupal que facilita el surgimiento de nuevas ideas sobre un tema o problema determinado. La lluvia de ideas es una técnica de grupo para generar ideas originales en un ambiente relajado.

Se utilizó esta técnica para recopilar ideas de la problemática de parte de los vecinos que tienen acceso a la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.

b) Observación Directa

La observación directa es un método de recolección de datos sobre un individuo, fenómeno o situación particular. Se caracteriza porque el investigador se encuentra en el lugar en el que se desarrolla el hecho sin intervenir ni alterar el ambiente, ya que de lo contrario los datos obtenidos no serían válidos. Este método de recolección de datos, denominado también investigación primaria, se emplea en ocasiones en las que

otros sistemas (como encuestas, cuestionarios, entre otros) no son efectivos.

Por medio de esta técnica se observa el problema directo que se encontraba en 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu y se recolectó dicha información.

c) Investigación Documental

La investigación documental tiene la particularidad de utilizar como una fuente primaria de insumos, más no la única y exclusiva, el documento escrito en sus diferentes formas: documentos impresos, electrónicos y audiovisuales.

Ésta técnica se utilizó, con el fin de determinar si se contaba con documentos similares o relacionados con la problemática a investigar, con el fin de no duplicar documentos, así mismo para obtener aportes y puntos de vista de diferentes autores en relación a los temas investigados.

d) Entrevista

Se realizó entrevista preliminar, a Órgano de Coordinación del COCODE el Pedregal II, como parte de la inmersión realizada, para adentrarse al problema identificado.

I.5.2.2. Técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis

Para la comprobación de la hipótesis se aplicaron las siguientes herramientas:

a) Cuestionario

Un cuestionario se define como un instrumento de investigación que consiste en un conjunto de preguntas u otros tipos de indicaciones con el objetivo de recopilar información de un encuestado. Éstas son típicamente una mezcla de preguntas cerradas y abiertas. Esta herramienta se utiliza con fines de investigación que pueden ser tanto cualitativas como cuantitativas.

Se elaboró un cuestionario para investigar el efecto (variable dependiente “Y”) y otro cuestionario para investigar la causa (variable independiente “X”), y para el problema.

b) Encuesta

Para la encuesta se diseñaron boletas de investigación, para comprobar la variable dependiente “Y” (Efecto), estas fueron aplicadas a Órgano de Coordinación del COCODE, de colonia el Pedregal II que utilizan como acceso la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu y la variable independiente “X” (Causa) de la hipótesis, estas fueron aplicadas a los colaboradores de la Dirección Municipal de Planificación de Retalhuleu, Retalhuleu.

c) 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, las cuales se utilizaron los datos de los últimos cinco años de esta manera se obtuvo el resultado de 0.98 lo que indica que se relacionan entre si y se comprueba el efecto al desarrollar el cálculo correspondiente.

d) Ecuación de línea recta

Se utilizó para proyectar el impacto que genera la problemática estudiada, y conforme a los datos utilizados para calcular el coeficiente de la correlación se realizó el planteamiento matemático estadístico con los datos de los últimos cinco años, para inferir una proyección que indique el cálculo de los próximos cinco años de acuerdo con los datos la proyección puede causar un impacto negativo o positivo para esa calle en los próximos 5 años.

e) Análisis

Esta técnica se aplicó al interpretar los datos tabulados en valores absolutos y relativos, obtenidos después de la aplicación de las boletas de investigación, “Y” y “X”, que tuvieron como objeto la comprobación de la hipótesis.

II. MARCO TEÓRICO

El marco teórico consiste en desarrollar la teoría que va a fundamentar el proyecto de investigación. En su elaboración fue necesario acudir a la recopilación de información bibliográfica y documental.

Para fundamentar la investigación se procede a la realización del marco teórico con todos los temas relacionados al diseño de drenaje de aguas pluviales en el ámbito de construcciones y aspectos doctrinarios bajo normas técnicas establecidas.

II.1. Aspectos doctrinarios

Los aspectos doctrinarios incluyen normas técnicas. Comprenden: 1. Aguas pluviales. 2. Evacuación de aguas pluviales. 3. Drenajes o canales pluviales. 4. Deterioro de vías pavimentadas por aguas pluviales. 5. Estudio de impacto ambiental. 6. Diseño de un sistema de evacuación de aguas pluviales. 7. Parámetros del diseño de un canal abierto. 8. Ventajas de un canal abierto.

II.2. Aguas pluviales

El concepto aguas pluviales se refiere al agua de las precipitaciones meteorológicas, que transitan en un sistema de alcantarillado, de no existir este sistema, realiza su propio cauce afecta las zonas urbanas.

Las aguas pluviales se definen como: “Son las aguas provenientes de las lluvias que escurren superficialmente por el terreno. Según la teoría de Horton se forma cuando las precipitaciones superan la capacidad de infiltración del suelo” (ECURED, 2020).

También se determina que, “aguas pluviales es un término utilizado para hacer referencia al agua que entra en el sistema de alcantarillado que se origina durante los fenómenos meteorológicos con precipitación como resultado de la lluvia, nieve, granizo, etc.” (GRUNDFOS, 2020).

Es importante hacer una diferencia entre pluvial y fluvial. El diccionario español (2020) define así: lo fluvial “hace referencia a las corrientes de agua, aguas que fluyen (ríos, quebradas, caños). Pluvial hace referencia a las aguas meteóricas, aguas que caen (lluvias, lloviznas)”.

Imagen 1

Aguas pluviales



Fuente: Reyes, H. (2020).

“Las aguas pluviales pueden originar problemas debido al volumen de agua, la intensidad de la escorrentía y los contaminantes potenciales que transporte el agua, es decir, de su grado de contaminación” (GRUNDFOS, 2020). La contaminación provocada por la industria, ganadería, hospitales, instituciones y por múltiples actividades humanas.

En algunos lugares urbanos se cuenta con un sistema de alcantarillado y de recogida de aguas pluviales, en donde fluye el agua para luego ser tratadas o dirigidas a cuencas. Sin embargo, las aguas que no logran filtrarse, se mantienen en la superficie,

denominándose escorrentía superficial.

“La escorrentía superficial describe el flujo del agua, lluvia, nieve, u otras fuentes, sobre la tierra, y es un componente principal del ciclo del agua. A la escorrentía que ocurre en la superficie antes de alcanzar un canal se le llama fuente no puntual. Si una fuente no puntual contiene contaminantes artificiales, se le llama polución de fuente no puntual.

Al área de tierra que produce el drenaje de la escorrentía a un punto común se la conoce como línea divisoria de aguas. Cuando la escorrentía fluye a lo largo de la tierra, puede recoger contaminantes del suelo, como petróleo, pesticidas (en especial herbicidas e insecticidas), o fertilizantes” (Pérez, 2018).

Imagen 2

Escorrentía superficial



Fuente: Reyes, H. (2020).

Es complicado predecir los contaminantes que acarrea la escorrentía, por las diversas fuentes que los generan, tampoco es posible localizarlos en áreas urbanas, esto debido a una cultura ambiental nefasta. Las fuentes no puntuales, aumentan con el tiempo,

por la movilidad urbana, es decir, por el aumento de la urbanización.

“No toda la precipitación produce escorrentía, porque el almacenaje en los suelos puede absorber los chaparrones ligeros. En los suelos muy antiguos de Australia y África del Sur, las raíces proteoides, con sus redes muy densas de pelos, pueden absorber tanta agua de lluvia como para evitar la escorrentía, aunque caigan cantidades sustanciales de lluvia” (Pérez, 2018).

“En estas regiones, incluso en suelos de arcilla agrietados relativamente menos estériles, son necesarias cantidades altas de precipitación, y un bajo potencial de evaporación, para generar cualquier escorrentía superficial, lo que conduce a adaptaciones especializadas a corrientes muy variables (por lo general, efímeras)” (Pérez, 2018).

El agua pluvial trae consecuencias en el área urbana, por los contaminantes urbanos que se transportan en la escorrentía superficial, que en el área urbana es llamada escorrentía urbana, por la complejidad de los focos de contaminación diversos provocados por diversas fuentes.

“Hay un exceso de infiltración cuando la tasa de precipitación en una superficie excede la tasa a la cual el agua puede infiltrarse en la tierra, y cualquier cuenca para almacenamiento está ya llena. A este proceso también se le llama flujo terrestre hortoniano (en honor de Robert E. Horton), o flujo terrestre insaturado.

Se produce con más frecuencia en regiones áridas y semiáridas, donde las intensidades de precipitación son altas y la capacidad de infiltración del suelo es reducida debido a la impermeabilización de la superficie, o en áreas pavimentadas” (Pérez, 2018).

“Cuando el suelo está saturado y la cuenca de almacenamiento llena, la precipitación producirá inmediatamente una escorrentía superficial. El nivel precedente de humedad del suelo es un factor que afecta al tiempo que pasará hasta que el suelo se

sature. Esta escorrentía se conoce también como flujo terrestre saturado” (Pérez, 2018).

Otro término que vale la pena mencionar es el flujo interno, que consiste en la filtración del agua relacionado a las colinas. Por la cantidad de agua pluvial, la toma un cauce diferente y en ocasiones busca fluir lateralmente hasta llegar a un canal.

“La urbanización aumenta la escorrentía superficial, al crear superficies más impermeables, como pavimento y edificios, que no permiten la filtración del agua hasta el acuífero. En vez de filtrarse al suelo, el agua es forzada directamente hacia corrientes o drenajes, donde la erosión y sedimentación pueden ser problemas importantes, incluso cuando no hay inundación. El aumento de escorrentía reduce la recarga de agua subterránea, baja así la capa freática y empeora las sequías, sobre todo para los agricultores y quienes dependen de pozos de agua” (Pérez, 2018).

“Cuando hay contaminantes antropogénicos disueltos o suspendidos en la escorrentía, el impacto humano se amplía. Esta carga de contaminantes puede alcanzar a diversas aguas receptoras como corrientes, ríos, lagos, estuarios y océanos, cambia la química del agua en estos sistemas y en sus ecosistemas relacionados” (Pérez, 2018).

Es fundamental que se cuente con un diseño urbano, para evitar que las aguas pluviales dañen la infraestructura, la salud humana, la economía, el ambiente, la estética del lugar, entre otros. Se debe tomar en consideración que la acumulación de la contaminación es parte de la vida urbana y se debe realizar un diseño que incluya el tratamiento.

“Al fluir, la cantidad de escorrentía puede verse reducida de varios modos: una pequeña parte puede evaporarse; el agua puede almacenarse temporalmente en cuencas microtopográficas; y otra parte puede fluir inmediatamente sobre la superficie. La escorrentía superficial que permanece al final fluye en una corriente de agua como ríos, lagos, estuarios u océanos” (Pérez, 2018).

Es un desafío plantear un diseño que permita la reducción de escorrentía urbana, para ello es importante “estudiar los impactos en los sistemas de drenaje y aguas receptoras, para diseñar métodos de minimización” (Chesapeake, 2018).

En el área urbana se evidencia la escorrentía urbana por la deficiente planificación urbana y diseños inexistentes. Las aguas pluviales provocan un sin número de consecuencias.

Desde afectar directamente el estado físico de la calle (deterioro prematuro del pavimento rígido), dificultad del ingreso o salida durante las lluvias, impacto negativo en el valor de los inmuebles, enfermedades, entre otros.

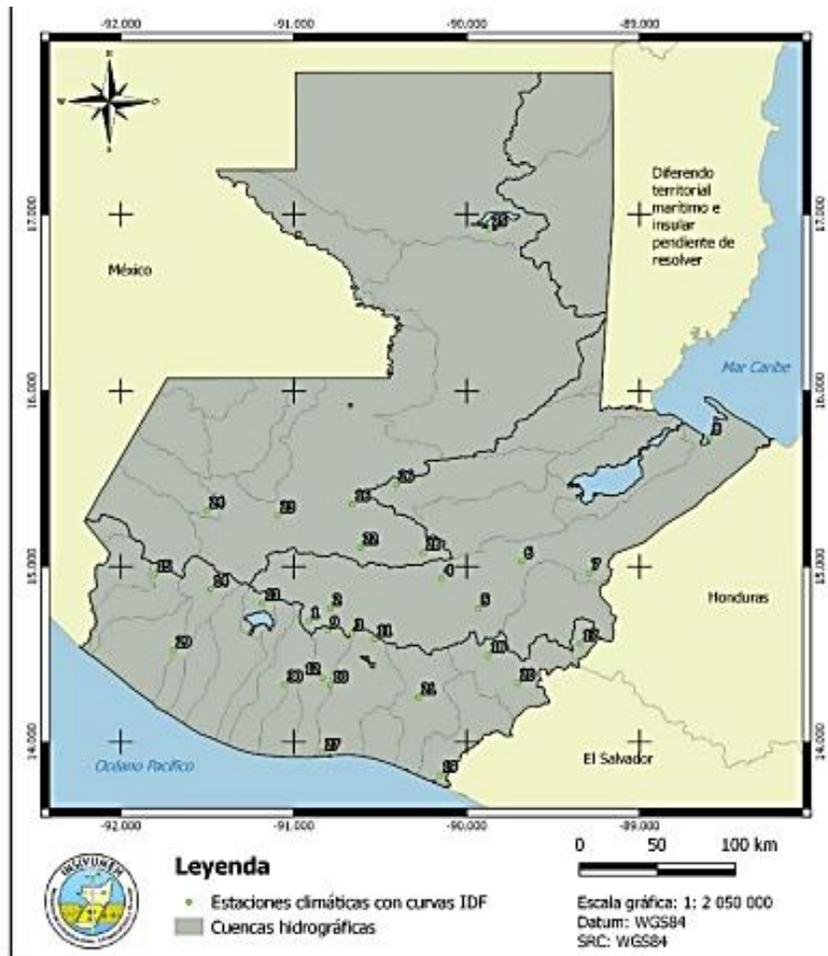
En cuanto a la medición de la precipitación “el monitoreo de los parámetros climáticos se logra actualmente mediante la operación de 58 estaciones climáticas que forman parte de la red nacional de estaciones climáticas, la cual opera bajo la responsabilidad del Departamento de Investigación y Servicios Climáticos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, INSIVUMEH, dependencia adscrita al Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, del gobierno de la República de Guatemala” (INSIVUMEH, 2018).

“El estudiar las precipitaciones y conocer su distribución temporal es motivo de interés para diversos fines, por ejemplo, meteorológicos y edafológicos, como también hidrológicos, al tiempo de lo cual se pueden proporcionar índices para realizar estudios de crecidas o permitir la alimentación de modelos precipitación-escorrentía que permitan mejorar la información disponible, para un adecuado diseño y dimensionamiento de las obras civiles. Para esto, es necesario conocer las intensidades de precipitación, para distintos períodos de retorno” (Pizarro, 2003).

En muchas ocasiones no se cuenta con datos de caudales, cuando esto ocurre se toma la información pluviométrica. Aunque debería de hacer todo lo posible por obtener el dato del caudal, tendría que verse como un registro importante.

Imagen 3

Mapas de ubicación de estaciones climáticas con curvas IDF



Fuente: INSIVUMEH (2018).

“Las curvas Intensidad -Duración- Frecuencia (IDF) son curvas que resultan de unir los puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración, y correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o período de retorno” (Témez, citado por Pizarro, 2003).

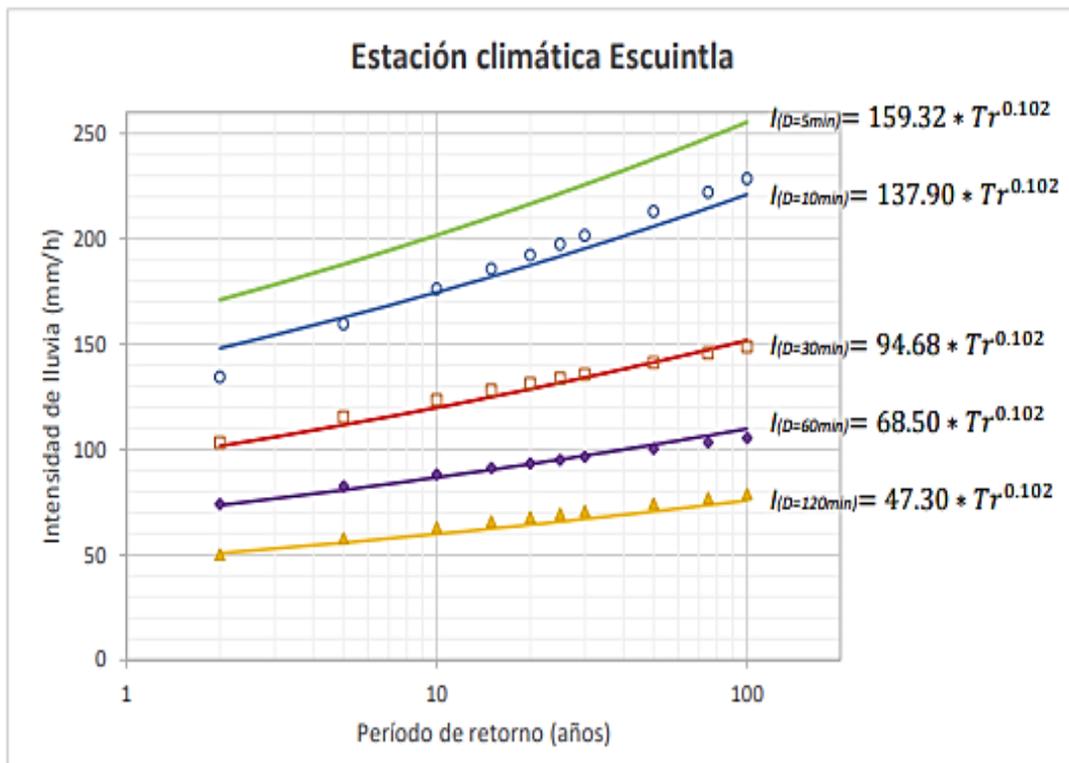
“Junto con la definición de las curvas, surgen otros elementos a considerar, como son la intensidad de precipitación, la frecuencia o la probabilidad de excedencia de un determinado evento. Por ello, es de suma importancia tener claro el concepto de cada

una de estas variables, de modo de tener una visión más clara de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia” (Pizarro, 2003).

Para esto se utiliza una fórmula, en donde P significa la profundidad de lluvia, para esto se debe tener el dato en milímetro o pulga. Se utiliza el 1 que corresponde al dato de profundidad por unidad de tiempo y Td es la duración.

Imagen 4

Curvas IDF típicas de la estación climática Escuintla



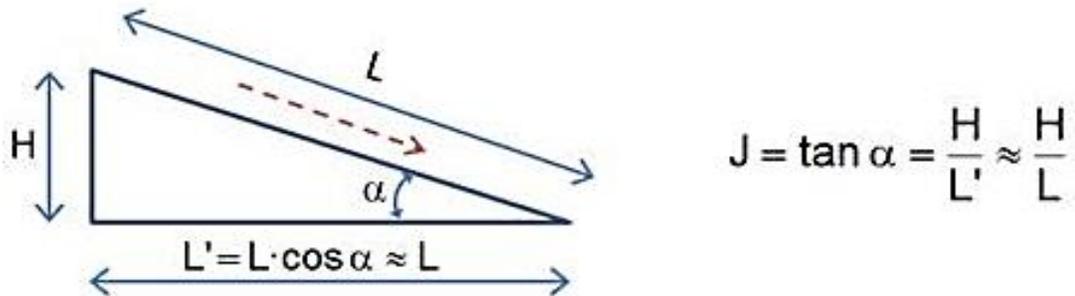
Fuente: INSIVUMEH (2018).

“Para calcular el Tiempo de Concentración de la Cuenca en horas, se determina, primeramente;

- Longitud del cauce principal en kilómetros. Ej. L = 1,2 Km.
- Pendiente Media del cauce en tanto por uno” (Universidad Cádiz, 2020).

Figura 5

Ejemplo de tiempo de concentración



$$J = \frac{H}{L} = \frac{180 - 120}{1200} = \frac{60}{1200} = 0,05$$

$$t = T_c = 0,3 \cdot \left(\frac{1,2}{0,05^{1/4}} \right)^{0,76} = 0,61 \text{ h}$$

Fuente: Universidad Cádiz (2020).

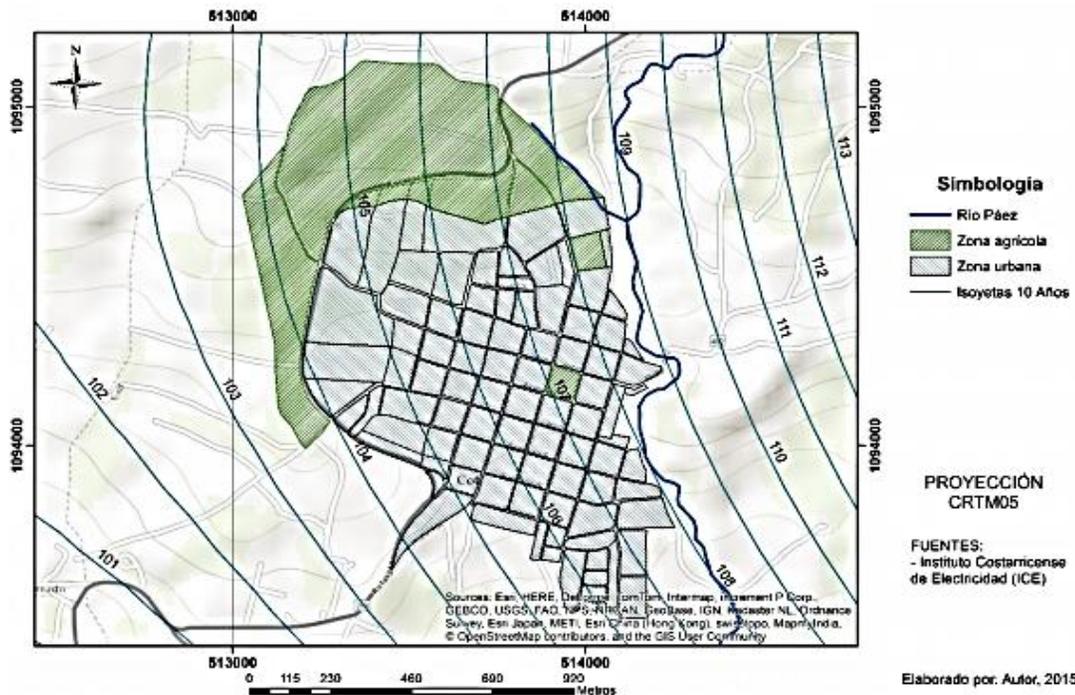
Es importante que se conozcan las fórmulas de acuerdo con el método racional modificado de Témez, respecto a la instrucción de drenaje superficial. Se debe modificar el procedimiento si fuese necesario, porque el método implica agregar registros de tiempo de concentración y la superficie de la cuenca.

“El tiempo de concentración es el tiempo necesario para que el agua superficial descienda desde el punto más remoto de la cuenca hasta el punto de estudio. Se divide en tiempo de entrada y tiempo de flujo dentro de la alcantarilla” (Galindo, 2007).

“El período de retorno, generalmente expresado en años, puede ser entendido como el número de años en que se espera que mediamente se repita un cierto caudal, o un caudal mayor.” (Galindo, 2007).

Figura 6

10 años de periodo de retorno



Fuente: Miranda, J. (2015).

Se evidencia en el mapa, las precipitaciones máximas diarias para diez años de periodo de retorno, en este proyecto.

II.3. Evacuación de aguas pluviales

La evacuación de aguas pluviales es importante que se diseñe tanto en el interior de las viviendas, como en las calles y avenidas, para que exista una recogida de agua adecuada, así evitar daños a la infraestructura, accidentes, enfermedades, y/o afecte la economía.

Las aguas pluviales se reciben en los techos, patios, canales, calles, avenidas, banquetas, entre otros espacios que permiten la llegada, acumulación y tránsito.

Huamani, (2014) afirma que: El propósito de cualquier sistema de evacuación de agua es proteger un edificio y su contenido, lleva el agua de lluvia recogida en la cubierta

durante una tormenta hasta un sistema de drenaje subterráneo, sin riesgo de que entre agua de lluvia en el edificio.

Lo primero por realizar es un diagnóstico y determinar si tanto las aguas pluviales, como las usadas y la humedad de suelo poseen una adecuada instalación de saneamiento que permitirá el conducto de las aguas a un alcantarillado o saneamiento urbano.

“Para evitar daños se debe realizar un sistema de saneamiento. El Saneamiento es la ciencia de evacuar del hábitat del hombre -edificio o ciudad- las aguas por él introducidas, con fines sanitarios o industriales, junto con las provenientes de los fenómenos meteorológicos y proceder, tras los oportunos tratamientos a su aprovechamiento y/o reincorporación al medio natural. La instalación de Saneamiento de un edificio consiste en la evacuación por conductos de las aguas negras, amarillas y también de las aguas pluviales que se generan en el mismo” (Saavedra, 2014).

“La red pluvial es el nombre que recibe el conjunto de elementos que permiten recolectar el agua de lluvia que se encuentra en la superficie de la Ciudad, para después llevarla hasta zonas de descarga donde no puede afectar a los vecinos” (AEP, 2018).

Una red de saneamiento o alcantarillado se compone de: acometidas de saneamiento, atarjeas, imbornales, tragantes o sumideros, pozos de visita, colectores y emisores. Dentro de los tipos de sistemas que saneamiento está el sistema unitario, mixto o combinado y el sistema separativo.

“La acometida de saneamiento se refiere al “conjunto de conducciones, accesorios y uniones, instalados fuera de los límites de los edificios, que enlazan la red de evacuación de éstos, a la red general de saneamiento o al sistema de depuración” (Lirola, 2020).

“Las atarjeas son los conductos de menor diámetro en la red, se colocan generalmente

por el eje de la calle y reciben directamente las aguas residuales domiciliarias. Sobre grupos urbanos o industriales se llaman albañiles y su diámetro mínimo es de 20 cm” (Lirola, 2020).

Los imbornales, tragantes o sumideros, permiten recolectar las aguas pluviales, a través de nexos por los que el agua llega a un conducto submarinos. Estos conductos conducen hasta cuencas o desembocaduras.

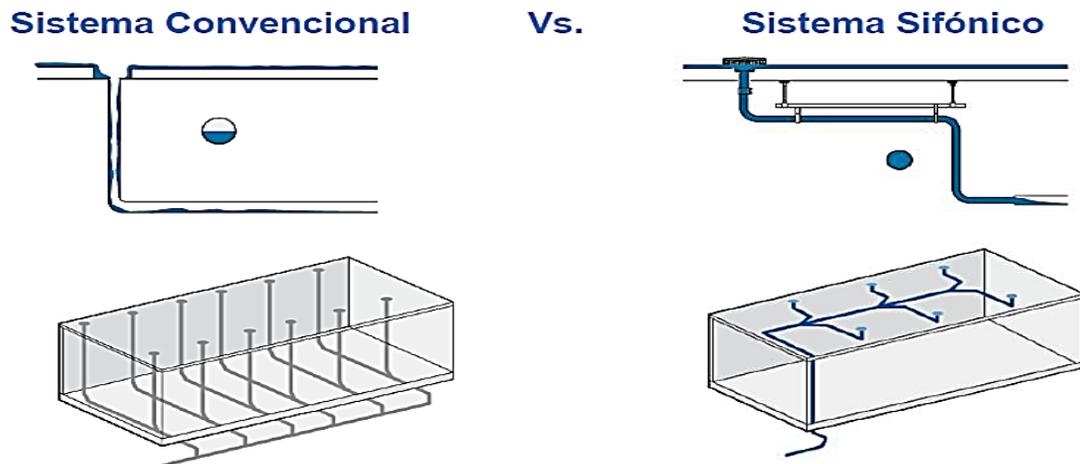
Los pozos de visita se utilizan “para inspeccionar y limpiar los conductos, se instalan pozos de visita en el comienzo de las atarjeas, en los cambios de dirección o pendiente, o en los cambios de diámetro” (Lirola, 2020).

Los colectores “captan el agua de las atarjeas y los imbornales, por lo cual son de mayor diámetro, también se les conoce como interceptores cuando están colocados en forma perpendicular a otros conductos de menor diámetro” (Lirola, 2020).

Los tipos de agua, no se puede des ajenar en un diseño de evacuación de aguas pluviales, pues en invierno la contaminación del área urbana, es limpiada por las corrientes que seguirán un conducto.

Imagen 7

Sistemas de evacuación de aguas pluviales



Fuente: Reyes, H. (2020).

Existen los sistemas típicos de evacuación de aguas pluviales por gravedad y los sistemas de aguas pluviales sifónico autocebante. Los primeros poseen bajantes y drenaje subterráneo con arquetas de inspección para cada conexión. Los segundos por lo regular cuentan con una bajante, conexión subterránea al exterior del edificio.

Los emisores “conducen las aguas residuales al punto de vertido o tratamiento. Estos pueden ser submarinos (...) Los sistemas de evacuación de agua pluvial están “compuestos por aparatos sanitarios que responden a la necesidad de la expulsión de aguas de lluvia hacia desagües o jardines” (Saavedra, 2014).

“Para la instalación de las canaletas se debe considerar lo siguiente: determinar la ubicación de las bajadas, con la inclinación correcta por metro, sacar el nivel de burbuja y marcar. Se deben fijar las bajadas con tornillos, instalar el primer tramo, para ello se deben lubricar los sellos de goma en la bajada. Realizar las uniones correctamente según las marcas existentes” (RAS, 2000).

En la evacuación de aguas son necesarias las canaletas, estas descargan las aguas lluvias del techo, sin afectar los muros construidos de la vivienda, con ello se evita humedad en las paredes, además de ser llevada al conducto adecuado. Existen de distintos materiales, entre ellos: vinílicos, de PVC, acero galvanizado.

Existen canaletas de diferentes colores y estilos. Los sistemas pueden ser expuestos u ocultos. El no diseñar de manera adecuada la evacuación de aguas pluviales perjudica enormemente. En la imagen 4 es notable el error del sistema expuesto ubicado en la parte lateral de la vivienda, en un espacio que no le pertenece. Esto acarrea problemas sociales, ambientales y económicos.

“Se deben revisar las esquinas y realizar las perforaciones necesarias a la distancia adecuada para fijar los tornillos de cada lado. Se debe tapan la bajada, con una tapa al extremo tanto de la bajada como de la canaleta, se debe lubricar para que sea fácil el montaje y evitar que gotee la unión realizada” (RAS, 2000).

Imagen 8

Sistema expuesto de canaleta



Fuente: Reyes, H. (2020).

“Debe existir en la localidad una entidad responsable de los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales. En consecuencia, es necesario identificar la entidad que presta el servicio y su carácter municipal, privado o mixto y en lo posible conocer su capacidad técnica, operativa y administrativa, al igual que establecer su relación con la(s) entidad(es) que prestan los demás servicios del sector de agua potable y saneamiento básico” (RAS, 2000).

Es importante que existan responsables en para verificar la evacuación de aguas residuales y pluviales, también es necesario que se realicen coordinaciones interinstitucionales para solventar problemas de esta índole.

“Los alcantarillados convencionales son los sistemas tradicionales utilizados para la recolección y transporte de aguas residuales o lluvias hasta los sitios de disposición final. Los tipos de sistemas convencionales son el alcantarillado combinado y el alcantarillado separado, cada alcantarillado cuenta con su propia modalidad de recolección. En el primero, tanto las aguas residuales como las pluviales son

recolectadas y transportadas por el mismo sistema, mientras que en el tipo separado esto se hace mediante sistemas independientes; es decir, alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial” (RAS, 2000).

“Debido a que los alcantarillados convencionales usualmente son sistemas de saneamiento costosos, especialmente para localidades con baja capacidad económica, en las últimas décadas se han propuesto sistemas de menor costo, alternativos al alcantarillado convencional sanitario, basados en consideraciones de diseño adicionales y en una mejor tecnología disponible para su operación y mantenimiento” (RAS, 2000).

Es necesario conocer los tipos de sistemas: convencionales, no convencionales y Sistemas in situ, cada uno cuenta con diferencias en la recolección y transportación por el sistema o sistemas.

“Dentro de estos sistemas alternativos están los denominados alcantarillados simplificados, los alcantarillados condominiales y los alcantarillados sin arrastre de sólidos. Los sistemas no convencionales pueden constituir alternativas de saneamiento cuando, parten de sistemas in situ, que pueden ser transitorios, se incrementa la densidad de población” (RAS, 2000).

“Con relación a lo anterior, existen sistemas basados en la disposición in situ de las aguas residuales como las letrinas y tanques, pozos sépticos y campos de riego, los cuales son sistemas de muy bajo costo y pueden ser apropiados en áreas suburbanas con baja densidad de población y con adecuadas características del subsuelo. En el tiempo, estos sistemas deben considerarse como sistemas transitorios a sistemas no convencionales o convencionales de recolección, transporte y disposición, en la medida en que el uso de la tierra tienda a ser urbano” (RAS, 2000).

La tendencia a lo urbano cada vez es mayor, por ello la importancia de sistemas acorde a la densidad poblacional, características demográficas, territoriales, ambientales,

entre otros, que permitan un diseño efectivo de evacuación de aguas pluviales en la zona.

Los desagües son un elemento imprescindible para la eliminación de aguas y residuos líquidos de todo tipo de una vivienda. Tanto de los que se utilizan para cocinar y quedan como restos como los que se usan para limpiar. Además, entre los tipos de desagüe también los hay que sirven para llevar a las tuberías y sistemas de alcantarillado el agua procedente de la lluvia (Netjet, 2019).

En función del papel que desempeñen en la evacuación de los líquidos de una casa, los desagües se pueden clasificar, de manera muy general, en primarios y secundarios. Los desagües primarios son los que se encargan de evacuar y dar salida a las tuberías y alcantarillado a las aguas que pueden tener componentes tóxicos. Por ejemplo, los desechos procedentes de la industria, así como las heces. También determinados tipos de detergentes y otros compuestos químicos (Netjet, 2019).

Los desagües primarios son utilizados para evacuar las aguas servidas de inodoros, lavabos, regaderas, entre otros, es decir que llevan descarga automática, son específicos para vivienda, pues permiten dar salida a las tuberías, a través de descargas automáticas y cierre hidráulico.

Los desagües secundarios son “los que se utilizan para que de las viviendas salgan aguas limpias o con jabón. Pero exclusivamente con jabones que no son perjudiciales para los humanos al tacto. Como el gel de ducha o el jabón de lavado de la ropa.

Este tipo de desagües se encuentra habitualmente en los lavabos, en los lavaderos y lavadoras, en los bidés y las bañeras. También en las duchas y en las rejillas que suele haber en el suelo. Eso sí, este tipo de desagües no incluyen los que se encargan de recoger las aguas procedentes de la lluvia” (Netjet, 2019).

“El sistema integral de desagüe, deberá ser diseñado y construido de forma que las

aguas servidas sean evacuadas rápidamente desde todo aparato sanitario, sumidero de fregadero u otro punto de colección hasta el lugar de descarga.

Además, dichas instalaciones deben contar con las velocidades de flujo de agua que permitan el arrastre de las materias en suspensión, así evitar obstrucciones y depósitos de materiales fácilmente putrescibles” (Netjet, 2019).

Los desagües secundarios son los que se utilizan en las regaderas, en los servicios de lavadoras y todo lo que tenga incluya aguas servidas con jabón no perjudicial, tienen relación con las tuberías y accesorios que desaguan en el desagüe primario, solo que acá se utiliza el cierre hidráulico.

Los desagües pluviales “se encargan de recoger las aguas procedentes de la lluvia. Su misión, en función de dónde esté colocado, será recoger el agua de lluvia e introducirlo en las cañerías de saneamiento del interior de una vivienda. De ellas pasará a la red de alcantarillado” (Netjet, 2019).

“También puede que recoja el agua de lluvia de la calle (o líquidos que se arrojen a la alcantarilla). De esta manera, las aguas que recoja se incorporarán a la red de alcantarillado. Este tipo de desagües se pueden encontrar en el suelo de áticos y terrazas, en las aceras o en los laterales de las carreteras” (Netjet, 2019).

Los drenajes pluviales por lo regular deben de estar en constante supervisión, porque en el caso de los drenajes mixtos, se pueden ver obstruidos por elementos que no permitan su cauce normal. Los drenajes hacia canales, cunetas o jardines también pueden sufrir de este problema.

Factor de flujo instantáneo (FH): Es un factor que está en función del número de habitantes, localizados en el área de influencia. Regula un valor máximo de las aportaciones por uso doméstico”. (Ortega, 2004). Se calcula por medio de la fórmula de Harmon.

Imagen 09

Fórmula de Harmon

$$FH = \left(\frac{18 + p^{1/2}}{4 + p^{1/2}} \right)$$

donde:

FH = Factor de Harmon

***p* = Población en miles de habitantes.**

Fuente: Ortega, (2004).

La relación de diámetros y caudales se deben tomar en cuenta, para determinar que el sistema funcionará de buena manera, para esto, se debe tomar en cuenta la relación de diámetros: d/D deberá ser mayor o igual a 0.10 y menor o igual a 0.75 y la relación de caudales q/Q deberá ser menor o igual a 0.75.

El caudal de infiltración se refiere a “las aguas que se introducen a la tubería por medio de filtración, las cuales provienen de la humedad de los nacimientos, aguas pluviales, fugas del abastecimiento de agua potable y por las tapaderas de los pozos de visita. Dicho caudal de infiltración se puede considerar en un rango de 12,000 a 18,000 litros por kilómetro de tubería” (Ortega, 2004).

En algunos casos no se contempla el caudal de infiltración, por ejemplo, cuando provienen de tuberías de concreto se contempla una tubería apropiada con una superficie impermeable.

“La disponibilidad de datos de caudal es imprescindible para el diseño y planificación. No obstante, muchas veces no se dispone de registros de caudales, o éstos no tienen

la suficiente duración como para hacer los análisis de frecuencia requeridos; debe entonces usarse la información pluviométrica para estimar crecidas de cierta frecuencia” (Pizarro, 2003).

La información pluviométrica es necesaria, son datos a partir de registros correspondientes a una tormenta o lluvia. Esto en el caso de no existir información de caudal.

“Los caudales de aguas de lluvias dependen de la intensidad de las lluvias, del coeficiente de escorrentía medio y de la superficie total del cauce. No se deben considerar el caudal de grandes tormentas o chubascos extraordinarios (mayores costes) por lo que la intensidad de las lluvias a considerar dependerá del tiempo de concentración y un periodo de retorno dado” (USAL, 2003).

Imagen 13

Caudal de aguas de lluvia

Caudal de aguas de Lluvia

$$Q = I * S * \varphi$$

Q Caudal de cálculo de la escorrentía (l/sg)

I Intensidad media del agua de lluvia para una frecuencia y duración de la precipitación determinados (l/sg.ha)

S Superficie total de la zona en ha

φ Coeficiente escorrentia medio adimensional

Fuente: USAL (2003).

“Del agua de lluvia que cae sobre la superficie una parte se evapora, otra discurre por la superficie y otra penetra al terreno. En primer lugar, se determina la cuenca afluyente

al punto considerado, midiéndolas directamente sobre plano, y se calcula la superficie total de la cuenca del afluente, así como las superficies parciales (de esa superficie total) que tienen diferentes coeficientes de escorrentía en función de la naturaleza de la superficie” (USAL, 2003).

Se utilizan fórmulas para calcular el caudal del agua de lluvia, para esto es necesario contar con el caudal de cálculo de la escorrentía, la intensidad media del agua de lluvia, para una frecuencia y duración de la precipitación, superficie total de la zona y coeficiente escorrentía medio adimensional. La escorrentía se refiere a la superficie y el agua que penetra al terreno se conoce como infiltración.

Imagen 14

Tipo de superficie

Cubiertas impermeables	0,70-0,95
Asfaltos	0,85-0,90
Hormigones	0,85-0,90
Adoquinado o entarugado rejuntado	0,80-0,85
Macadam bituminoso	0,70-0,90
Adoquinado ordinario	0,50-0,70
Empedrado de mosaico	0,40-0,50
Macadam ordinario	0,25-0,50
Pavimentos sin afirmar	0,15-0,30
Terrenos sin construir y deportivos	0,15-0,30
Jardines y praderas	0,05-0,25
Parques	0,01-0,20

Fuente: USAL (2003).

En el tipo de superficie se tienen las cubiertas impermeables con un coeficiente escorrentía medio adimensional de 0.70-0.95, los asfaltos con 0.85-0.90, los hormigones con 0.85-0.90, adoquinado o entarugado rejuntado con 0.80-0.85,

macadam bituminoso con 0.70-0.90, adoquinado ordinario con 0.50-0.70, empedrado de mosaico 0.40-0.50.

En el tipo de superficie se tienen Macadam ordinario con un coeficiente escorrentía medio adimensional de 0.25-0.50, pavimentos sin afirmar de 0.15-0.30, terrenos sin construir y deportivos de 0.15-0.30, jardines y praderas de 0.05-0.25 y parques 0.01-0.20.

“La hidrología es utilizada principalmente en relación con el diseño y construcción de estructuras hidráulicas.

- Para la determinación de caudales máximos que se pueden esperar en un vertedor, en una alcantarilla de un sistema de alcantarillado urbano.

- La capacidad que se requiere para asegurar el suministro adecuado de agua para una zona de riego o para el abastecimiento de una ciudad.

- El efecto que producen los embalses y otras obras de control sobre las avenidas.

- El agua que puede bombearse sin sobre explotar un acuífero” (CEA, 2013).

La cuenca hidrológica es la unidad básica de estudio de la hidrología, la cuenca hidrológica ha sido definida como:

“Una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida” (Aparicio, 1997).

“La totalidad del área drenada por una corriente o sistema interconectado de cauces, tales que todo el escurrimiento originado en tal área es descargado a través de una única salida” (Campos, 1992).

La cuenca hidrológica está formada por condiciones topográficas como el tamaño,

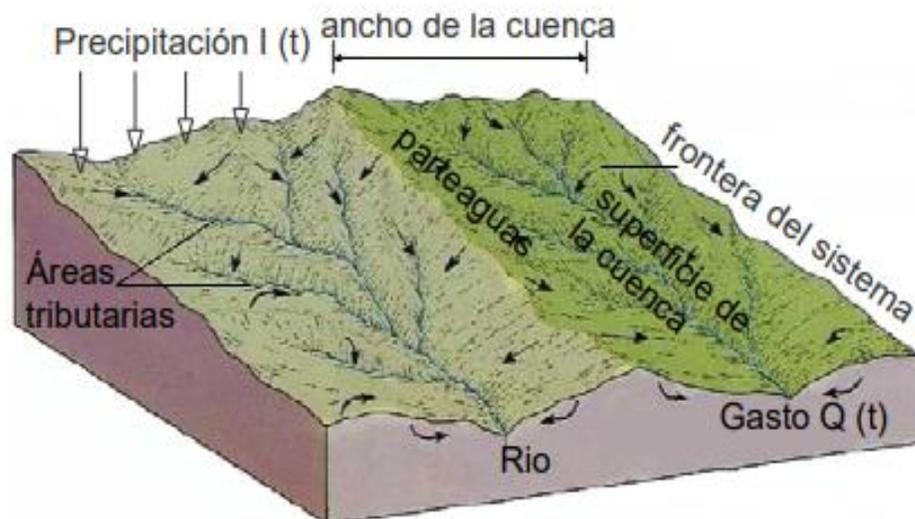
forma, pendiente, uso y cubiertas de la tierra, orientación canales, entre otros.

“Parteaguas, es inherente a la definición de cuenca hidrológica, es una línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa la cuenca de cuencas vecinas” (CEA, 2013).

También está formada por condiciones geológicas, como tipo de suelo, estratificación, formación de aguas freáticas y permeabilidad.

Imagen 15

Cuenca hidrológica



Fuente: CEA (2013).

“La ciudad vista desde un carácter urbano se da a partir de un número de habitantes mínimo. Sin embargo, vista desde un carácter ingenieril es alcanzado de manera independiente al número de habitantes, cuando los servicios son suministrados de manera continua en el espacio y tiempo, a través de un sistema de redes técnicas que solidarizan al territorio” (CEA, 2013).

“La hidrología urbana es la disciplina científica del medio ambiente que tiene por objeto el estudio del agua y de sus relaciones entre el manejo de las aguas de superficie

y el desarrollo del espacio en medio urbano.

La hidrología urbana está estrechamente ligada a una técnica urbana en particular, al alcantarillado. La hidrología urbana se interesa en la parte del ciclo del agua que es afectada por la urbanización o que afecta el funcionamiento de la ciudad” (CEA, 2013).

Cuando el ciclo del agua afecta el área urbana, esto impacta, en la infiltración en los suelos, el funcionamiento hidrodinámico de los matos freáticos, evacuación y tratamiento de las aguas residuales, entre otros sistemas.

“La cuenca urbana es la cuenca hidrográfica donde se originan procesos urbanísticos de asentamientos humanos con actividades sociales, económicas, políticas y culturales, apoyadas en sistemas tecnológicos artificiales que se desarrollan a expensas del sistema natural.

La cuenca urbana es la unidad básica territorial que desde las dimensiones político-social, ambiental, económica y físico espacial permite la sustentabilidad de la ciudad, a partir de la compatibilidad en el uso de las fuentes de agua, energéticas y el patrimonio natural que contiene” (CEA, 2013).

En cuanto a la evolución de ambiente rural a urbano, “desde el punto de vista hidrológico, los cambios más significativos que se presentan en una cuenca que se ha convertido a urbana son:

- La reducción de la infiltración.
- Esguerrimiento subsuperficial.
- Esguerrimiento subterráneo.
- Tiempo de retardo.

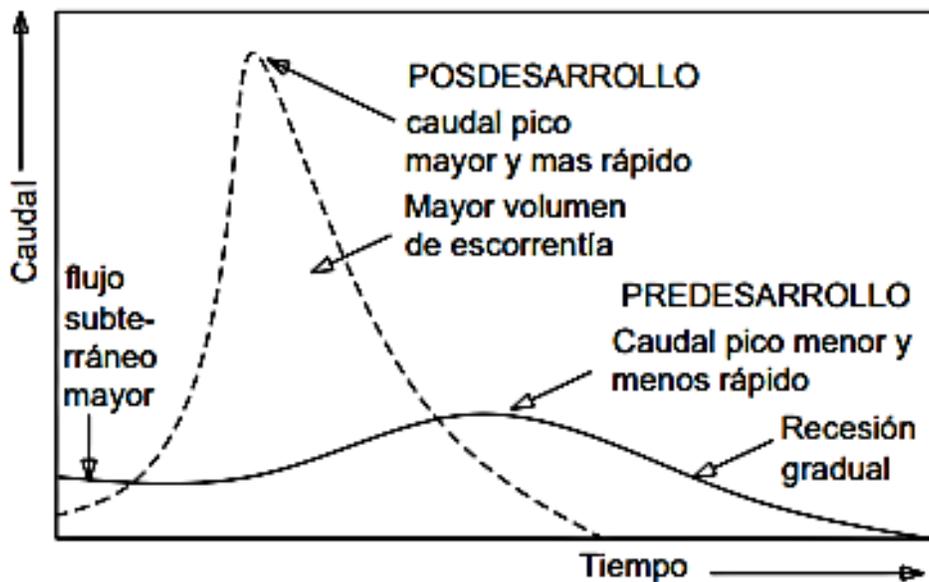
Modificación del hidrograma, pues éste toma un carácter súbito, con la presentación del tiempo pico mucho más rápido, a su vez que el sistema hidrográfico pierde capacidad de retención y almacenamiento” (CEA, 2013).

Una cuenca de rural a urbana presenta cambios en la forma del hidrograma que provoca un área mayor bajo la curva, esto representa mayor volumen escurrido, además de que el gasto pico es mayor.

También se da el aumento de la velocidad de escurrimiento y que la cuenca se vuelve sensible a lluvias intensas de corta duración.

Imagen 16

Hidrograma de escurrimiento antes y después de la urbanización



Fuente: CEA (2013).

“En general cada problema hidrológico es único y las conclusiones no pueden interpolarse o trasladarse a otro problema. Esto ha ocasionado que muchas veces se juzgue un método de cálculo en forma equivocada, al no tenerse en cuenta sus limitaciones en cuanto a lo aplicable.

Conviene establecer primero la bondad del método, aunque el problema por analizar no tenga las mismas condiciones para las cuales fue deducido, puede proporcionar un resultado cualitativo de gran utilidad, cuando se deba interpretar” (CEA, 2013).

“El procedimiento de diseño para una cuneta y un drenaje transversal son los mismos. Lo único que varía es la sección, ya que la cuneta generalmente es trapezoidal y en el drenaje transversal es circular” (Rosales, 2005).

Las cunetas deben de construirse de acuerdo con el espacio y utilidad, son necesarias a ambos lados de la carretera, aunque en algunos casos solo están a un lado de ella. Estas permiten que las aguas pluviales puedan conducirse de manera adecuada.

“Las cunetas se proyectan para todos los tramos ubicados al pie de los taludes de corte, y/o en los lugares donde se esperen flujos considerables de agua que puedan interferir con la transitabilidad de la carretera.

La sección transversal puede ser triangular, trapezoidal, o rectangular; en la práctica, la cuneta triangular es la más usada.

El ancho a se mide desde el borde de la cuneta adyacente a la plataforma, hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. La profundidad se mide verticalmente desde el nivel del borde de la rasante hasta el fondo o vértice de la cuneta triangular” (Ponce, 2018).

“El flujo en quebradas, corrientes, ríos, y canaletas de drenaje es de superficie libre y, por lo tanto, está sujeto a la presión atmosférica, denominándose también flujo en canales abiertos. La elevación de la superficie libre usualmente varía en el espacio y en el tiempo. Cuando la elevación varía en el espacio, se conoce como flujo variado; cuando varía en el tiempo, se conoce como flujo no permanente” (Ponce, 2018).

Las secciones transversales pueden ser prismática, acá se incluyen a los canales artificiales, pues no varían la forma y tamaño, se mantienen constantes; las secciones

transversales pueden ser no prismática, acá se refiere a los canales naturales pues la forma y tamaño varían en gran manera.

“En las secciones prismáticas, el tirante d generalmente se describe cómo y , particularmente cuando no se puede confundir con la elevación de la superficie libre (sobre el nivel de referencia). Además, el talud del canal se describe como $z H: 1 V$, particularmente cuando no se puede confundir con la elevación del fondo del canal” (Ponce, 2018).

“En el caso de una cuneta típica, con pendientes de lado diferentes, el procedimiento es: dadas las pendientes de lado z_1 y z_2 a ambos lados de la cuneta, el valor promedio z , es decir: $z = 0.5 (z_1 + z_2)$ es aplicable al cálculo del área de flujo, pero no para el perímetro mojado” (Ponce, 2018).

Para esto se utiliza una ecuación en donde se representa la profundidad que se identifica con d , el caudal que se identifica con Q , el ancho de fondo se identifica en la fórmula con b , taludes se identifica con $z_1 z_2$, pendiente de fondo S y n que se refiere al coeficiente de Manning. Varía la fórmula si es cuneta en línea o cuneta típica.

“La profundidad óptima de una cuneta es aquella que pueda pasar el caudal de diseño Q cuando la cuneta llena de agua. La velocidad media correspondiente al caudal de diseño debe ser menor o igual a la velocidad máxima admisible de agua correspondiente al tipo de superficie; de lo contrario, será necesario revestir la cuneta con mampostería o concreto. El revestimiento de concreto deberá tener una resistencia a la compresión $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y un espesor de 7.5 cm ” (Ponce, 2018).

II.3.1. Estudio de impacto ambiental

“Los impactos ambientales se definen como los efectos o consecuencias que puede generar la actividad antrópica en los ecosistemas en particular y en el medio ambiente

en general.

Prácticamente cualquier actividad tiene algún tipo de efecto, desde las grandes compañías mineras o agrícolas que modifican vastas superficies de territorio hasta los excursionistas que caminan tranquilamente por un sendero” (Novillo, 2019).

“La actividad humana tiene profundas consecuencias para los ecosistemas, en la mayoría de los casos negativas. Conocer los posibles impactos antes de ejecutar un proyecto puede ayudar enormemente tanto a mitigar los negativos como a fomentar los positivos, si los hubiera” (Novillo, 2019).

Culturalmente el ser humano ha sido mal enseñado por naturaleza, lo que provoca la importancia de concientizar esa gran parte del planeta. Es por donde se debe empezar al hacer buen uso de los recursos naturales, cuidándolos, protegiéndolos y compartir la importancia de los mismos.

“Impactos ambientales positivos: tienen un efecto beneficioso sobre el medio ambiente. Por ejemplo, algunas empresas comprometidas con el medio ambiente inician a proteger los bosques como medida de compensación de generación del CO₂, lo que tiene un valor añadido” (Novillo, 2019).

“Consiste en la evaluación de un proyecto para determinar sus posibles impactos ambientales en su entorno. Es en sí mismo un estudio técnico, objetivo y de carácter multidisciplinar.

En muchos casos este estudio previo al proyecto es un requisito legal para poder llevarlo a cabo, y será la administración pública quien, a partir de él, entre otros requerimientos, lo acepte, lo rechace o decida modificarlo” (Novillo, 2019).

En la actualidad las inmobiliarias previo a ser autorizadas la construcción de viviendas, solicitan las municipalidades o el Ministerio de Medio Ambiente tener un

estudio de impacto ambiental el cual debe ser realizado por un profesional especializado, donde debe garantizar que las aguas servidas por ejemplo no serán entubadas y llevadas al río más cercano, además la tala de árboles, informar que la residencial contará con áreas verdes donde se sembrarán ciertas cantidad de árboles o plantas ornamentales.

“La evaluación ambiental es un instrumento de apoyo a la toma de resoluciones que puede contribuir para fortalecer los compromisos de la sociedad con el concepto de desarrollo sustentable y sostenible, una administración eficaz de los recursos y una economía verde más respetuosa con el entorno” (Seguí, 2017).

“Una evaluación de impacto ambiental puede asistir con mejores prácticas a que la toma de resoluciones fije trayectorias dirigidas a la sustentabilidad, las cuales facilitan la integración de cuestiones ambientales generales (biofísicas, sociales, institucionales y económicas) y crean condiciones convenientes para el desarrollo” (Seguí, 2017).

Al hablar de evaluación ambiental, refiere a un instrumento que permite hacer la etapa diagnóstica en la investigación, conocer por menores que darán resultados positivos o negativos, además permite una mejor toma de decisiones.

“Desarrollo sostenible como aquel que conduce al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de vida y al bienestar social, sin agotar la base de los recursos naturales renovables en que se sustenta, sin deteriorar el medio ambiente ni el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades” (Zuñiga, 2009).

“Un sistema tecnológico que busque nuevas soluciones de tecnologías apropiadas y limpias. Un sistema productivo que tenga como soporte la base ecológica del sistema natural. Un sistema económico que en forma segura y sostenida sea capaz de generar excedentes para acumular, distribuir y tecnología de fácil disposición” (Zuñiga,

2009).

El crecimiento territorial ordenado de frente al siglo XXI, una necesidad obligatoria para garantizar entornos saludables se debe saber aprovechar los recursos naturales sin poner en riesgo la vida del resto, sino al contrario que estos tengan la certeza de seguir producir oxígeno de calidad al planeta.

“Un sistema político en el cual los ciudadanos aseguren su participación en el proceso de decisión. Un sistema social con enfoque equitativo orientado a proveer soluciones para las tensiones de un desarrollo desigual internacional que promueva patrones sostenidos de comercio y financiación. Un sistema administrativo flexible y auto corregible” (Zuñiga, 2009).

“La existencia de la dimensión o sistema ambiental, lo que permite la formulación de estudios ambientales y particularmente los conocidos de impacto ambiental; toda vez que las estrechas interrelaciones de las distintas dimensiones arriba mencionadas se ven afectadas por cualquier proyecto de desarrollo que se pretenda realizar” (Zuñiga, 2009).

La certeza de gozar espacios saludables aún con un crecimiento desmedido de construcciones que en algunos casos han terminado con espacios de bosques y algún otro tipo de vegetación por la misma necesidad de vivienda, la formulación de estudios ambientales se convierte en un requisito indispensable para autorizar todo tipo de proyecto.

“Estas son las partes de un estudio de impacto ambiental que generalmente podemos encontrar, aunque puede haber alguna menos o incluirse otras, sin perjuicio de añadir otras que se consideren necesarias:

- Descripción general del proyecto: se incluye su localización, sus objetivos, un estudio detallado de las actividades, consumo de materiales, suelo ocupado, etc.

- Exposición de alternativas: se exige estudiar varias alternativas en cuanto a materiales, procesos, etc.

Es obligado además considerar el no realizar el proyecto” (Novillo, 2019).

Novillo (2019), también considera los siguientes aspectos:

- Inventario ambiental: espacios naturales, salud humana, biodiversidad, geodiversidad, suelo y subsuelo, aire, agua, factores climáticos, etc.
- Posibles efectos y valoración de los impactos: evaluación, valoración y cuantificación de los efectos directos o indirectos previsibles de las actividades programadas.
- Medidas preventivas y correctoras.
- Programa de vigilancia y de seguimiento ambiental. Resumen del estudio y conclusiones

Resulta importante conocer las partes que integran un estudio de impacto ambiental donde naturalmente lo primero que debe de existir es la localización, tener claros los objetivos, que es lo que se quiere realizar en dicho espacio, la extensión territorial es importante como también el tipo de materiales que utilizarán en la construcción de dicho proyecto.

“Que debe de contener un estudio de impacto ambiental. Objeto del proyecto. Localización de la actividad. Examen detallado de todas las acciones inherentes a la actividad, tanto en la fase de realización como en la de funcionamiento.

Descripción de los materiales utilizados, suelo ocupado y otros recursos naturales cuya eliminación o afectación se considere necesaria para la ejecución del proyecto” (Eurofins, 2020, p. 6).

“Estudio del estado del lugar y de sus condiciones ambientales antes de la realización del proyecto, así como de los tipos existentes de ocupación del suelo y aprovechamientos de otros recursos naturales, tiene en cuenta las actividades preexistentes. Identificación, censo, inventario, cuantificación y, en caso de que fuera necesario, cartografía, de todos los siguientes aspectos ambientales que puedan ser afectados por la actuación proyectada:” (Eurofins, 2020, p. 6).

Un estudio de impacto ambiental requiere de mucha información previa, el profesional encargado de realizarlo requerirá de todo tipo de información para contextualizar el área y posterior a ello tener ese contacto real con la naturaleza para poder evidenciar la realidad objetiva.

“Población. Salud humana. Flora. Fauna. Biodiversidad. Geodiversidad. Suelo Subsuelo Aire Agua Factores climáticos. Cambio climático. Paisajes. Bienes materiales (incluido el patrimonio cultural).

Descripción de las interacciones ecológicas claves y su justificación. Delimitación y descripción cartografiada del territorio afectado por las obras para cada uno de los aspectos ambientales definidos” (Eurofins, 2020, p. 2).

“Estudio comparativo de la situación ambiental actual, con la actuación derivada del proyecto objeto de la evaluación, para cada alternativa examinada. Las descripciones y estudios anteriores se deben hacer en la medida en que fueran necesarias para la comprensión de los posibles efectos del proyecto sobre el medio ambiente” (Eurofins, 2020, p. 2).

La descripción de lugar y sus habitantes es importante como también las colindancias los rasgos del terreno las costumbres y tradiciones de los habitantes por aquello que fuera necesario entablar negociaciones de permisos, reconocimiento de jerarquías organizacionales para saber distinguir a quien dirigirse para obtener diálogos pacíficos.

“Una función principal de un Estudio de Impacto Ambiental es evaluar los impactos ambientales potenciales asociados con un proyecto, con el propósito de identificar medidas de mitigación razonables para minimizar los impactos adversos, y si se requiere, evaluar las alternativas del proyecto con comparación de los impactos asociados con cada alternativa.

Se requiere una descripción adecuada del medio ambiente para llevar a cabo la evaluación. La descripción del medio ambiente debe abarcar el ambiente físico, el ambiente biológico, el ambiente socioeconómico y el ambiente de interés humano.” (Robin, 2014, p. 4).

“El Estudio de Impacto Ambiental debe indicar el momento calculado en que ocurrirán los impactos generados por las actividades del proyecto propuesto, ya que los impactos que pueden presentarse en varias etapas de un proyecto serán diferentes y, por lo tanto, necesitan una evaluación por separado.

Por ejemplo, los impactos que ocurren durante la planificación y etapas de construcción del proyecto sólo pueden ser de corto plazo sin efectos acumulativos, mientras que los impactos durante la etapa de operaciones del proyecto pueden ser a largo plazo con efectos acumulativos importantes.” (Robin, 2014, p. 5).

A través de los Estudios de Impacto Ambiental se debe tener toda la información positiva y negativa que un proyecto emitirá no solo en su construcción sino también a lo largo de su producción, la proyección tiene que ser a largo plazo para poder prever toda situación que más adelante se pueda presentar.

“El impacto de un proyecto sobre el medio ambiente es la diferencia existente entre la situación del medio ambiente futuro modificado (proyecto ejecutado), y la situación del medio ambiente futuro tal y como éste habría evolucionado sin la realización del mismo, lo cual se conoce como alteración neta” (Conesa, citado por León, 2011).

“El proceso de análisis encaminado a predecir los impactos ambientales que un proyecto o actividad dados producen por su ejecución, es conocido como Evaluación del Impacto Ambiental (EIA); dicho análisis permite determinar su aceptación, modificaciones necesarias o rechazo por parte de las entidades que tengan a su cargo la aprobación del mismo” (León, 2011).

La realización de un proyecto con estudio sin lugar a duda brindará calidad de vida y seguridad de un futuro próspero. Garantiza que los ríos no sean contaminados, un espacio libre de contaminación, ruidos, malos olores. Etc. Es bien importante tomar en cuenta todos estos factores al momento de invertir en un bien inmueble, se toma en cuenta que la plusvalía del sector se maneja muy por arriba de lo tradicional.

“Algunas de las razones por las cuales se considera la Evaluación de impacto ambiental de primera importancia, como prerequisite para la ejecución de cualquier proyecto o actividad enmarcada en el mismo” (Conesa, citado por León, 2011).

“Detener el proceso degenerativo. Evitar graves problemas ecológicos. Mejorar el entorno y calidad de vida humanos. Ayudar a perfeccionar el proyecto. Canalizar la participación ciudadana. Aumentar la experiencia práctica a través de su control. Generar conciencia ecológica. Aumentar la demanda social como consecuencia del anterior” (León, 2011).

“En síntesis, la evaluación del impacto ambiental es un procedimiento jurídico administrativo que busca identificar, predecir e interpretar los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado, así como la de prevenir, corregir y valorar los mismos, con el fin de que el proyecto sea aceptado, modificado o rechazado por parte de las entidades que tengan a su cargo tal función” (León, 2011).

La evaluación de impacto ambiental resulta ser de mucha importancia porque permite prevenir o corregir cualquier situación que ponga en riesgo el proyecto a realizar, el

cual puede modificar o rechazar la inversión que se tenga planeado hacer en el territorio designado. Se hacen estudios de suelos, posibilidad de desastres naturales, hundimientos, derrumbes etc.

“Una descripción clara del propósito para una acción, en particular, presenta la perspectiva con la cual se puede evaluar cuan razonable son las alternativas durante un período específico de planificación. Sin un propósito justificado claramente, el proyecto no debería seguir adelante” (Rojas, 2003).

“La participación pública en un proceso de evaluación de impacto ambiental es un componente crítico para lograr la meta de tener un proceso de toma de decisiones abierto al público.

Su participación debe empezar en la primera etapa de la planificación de un proyecto y debe continuar hasta el proceso de la selección de alternativas y mitigación” (Rojas, 2003).

Todo proyecto debe tener claro el propósito, sin ese paso es imposible continuar, por ejemplo: que un inversionista quiera construir instalaciones para una granja de aves ponedoras o de engorde en un lugar muy cercano a la ciudad o en un área inmobiliaria tendrá sus restricciones por emanar malos olores. En definitiva, sería imposible realizar el mismo.

“La corrupción facilita la destrucción medioambiental. Los países corruptos pueden tener formalmente una legislación destinada a proteger el ambiente, pero no puede ser ejecutada si los encargados de que se cumpla son fácilmente sobornados. Lo mismo puede aplicarse para los derechos sociales, la protección laboral, la sindicación y la prevención del trabajo infantil.

La violación de estos derechos legales permite a los países corruptos ganar una ventaja económica ilegítima en los mercados internacionales” (Cerigua, citado por Arriaza

2016, p. 32).

“La corrupción puede tener consecuencias desastrosas. La revista Time informó: la corrupción y la negligencia» fueron responsables -por lo menos en parte- de la elevadísima cifra de muertes ocasionadas por el gigantesco terremoto que asoló Haití en 2010.

La revista añadía: Para construir edificios casi nunca se recurre a ingenieros profesionales; simplemente se soborna a los inspectores del gobierno” (Cerigua, citado por Arriaza, 2016, p. 33).

Lamentablemente este es un tema incrustado en las altas jerarquías de los países latinoamericanos el cual hace mucho daño en todo sentido, desde confianza hasta el bloqueo de buenas y fabulosas ideas para construir proyectos de toda índole y refiriéndose al tema ambiental que resulta ser algo complejo para muchos y de poca importancia para otros, aún más serio y delicado el tema porque probablemente allí no les deja el recurso que todos quieren y buscan a través de los puestos que manejan dentro de las distintas instituciones.

“Particularmente la política de infraestructuras, la política económica, la política agrícola y la ordenación del territorio se entrecruzan con la política ambiental y la coherencia es una meta ambiciosa.

Por eso, requiere un alto nivel de trabajo interdisciplinario y el poder de convencer e imponerse a otros intereses políticos, lo cual muchas veces es difícil, debido a que depende de la posición de los departamentos medioambientales dentro de la jerarquía del gobierno (Cerigua, citado por Arriaza, 2016, p. 36).

“Una función principal de un Estudio de Impacto Ambiental, es evaluar los impactos ambientales potenciales asociados con un proyecto, con el propósito de identificar medidas de mitigación razonables para minimizar los impactos adversos, y si se

requiere, evaluar las alternativas del proyecto por lo cual realizan comparaciones de los impactos asociados con cada alternativa.

Se requiere una descripción adecuada del medio ambiente para llevar a cabo la evaluación. La descripción del medio ambiente debe abarcar el ambiente físico, el ambiente biológico, el ambiente socioeconómico y el ambiente de interés humano” (Robin, 2014, p. 4).

El tema ambiental es transversal dentro de todos los proyectos que se quieran ejecutar lo lamentable es que violan las licencias sobornan a las instituciones correspondientes para dar el visto bueno de los mismos y cuando los ciudadanos se vienen a dar cuenta es porque ya son explotados los recursos naturales a su alrededor se puede mencionar la minería, los bosques, desvío de ríos etc. Que después aparecen grupos organizados a querer interrumpir las actividades que ya lo realizan con total normalidad porque todo fue hecho con total impunidad.

“Los grupos locales, poseen información detallada sobre la distribución y la abundancia de especies de animales y de vegetales en sus áreas geográficas. Esta información es muy importante para la planificación del proyecto y para comparar alternativas si es publicada con anticipación en el proceso de la evaluación de impacto ambiental” (Rojas, 2003).

“La participación pública es un componente tan esencial en el proceso de la evaluación de impacto ambiental, se debe preparar un plan de trabajo durante el inicio de la planificación. Tal plan de trabajo debe describir cómo será conducida, alentada y facilitada la participación pública. Debe incluir programas y horario de actividades, arreglos de personal, requisitos de presupuestos, métodos para la distribución de información e identificación de puntos clave en el proceso en donde la participación pública será enfatizada” (Rojas, 2003).

Resulta muy importante tomar en cuenta a los habitantes de la localidad donde se

realizará el proyecto de impacto ambiental porque ellos conocen muy bien el contexto en relación con la fauna, la flora, costumbres, tradiciones en fin todo aquello que en algún momento ponga en riesgo la realización de dicho proyecto.

“La belleza del mundo es inmensa y que la sola idea de ir perdiéndola poco a poco es terrible. Amar a la naturaleza es lo que da fuerzas para defenderla día a día. Mirar el cielo limpio, observar un río claro y lleno de vida, sentir el aroma especial que tiene un bosque después de la lluvia, contemplar a un pájaro construir delicadamente su nido... todas estas cosas se quieren seguir haciéndolas” (Gestión del riesgo en Guatemala, citado por Arriaza, 2016, p. 29).

“El ambiente está en constante modificación, positiva o negativa, por la acción del hombre o natural. O sea que los cambios pueden ser hechos por los humanos o por la naturaleza misma.

Sin duda el ser humano transforma lo que le rodea pero también la lluvia modela el paisaje, el mar construye y destruye playas, el frío y el calor rompen las rocas, otras especies son arquitectas de su entorno, etc.” (Gestión del riesgo en Guatemala, citado por Arriaza, 2016, p. 28).

Se tiene aún mucha belleza a nuestro alrededor por lo mismo hay que ser auto responsable con el cuidado de lo que aún queda. Formar auto conciencia en las nuevas generaciones de lo importante de continuar el cuidado del ambiente y así gozar de paisajes, espacios naturales con entornos dignos de ser visitados por propios y extraños siempre dar lo mejor para el cuidado y reserva de los mismos.

“El involucrar el impacto ambiental como parte de la evaluación económica social de un proyecto es el reconocimiento del hecho de que el ser humano también es parte del ecosistema” (Alcantara, 2011).

“La consideración del medio a ultranza, hace caso omiso de que el hombre es un

componente de éste, no es viable, pues toda acción humana, entre ellas los proyectos, tiene un impacto sobre el ambiente, de modo que la conservación ambiental parecería una posición utópica que iría en contravía del desarrollo” (ACODAL, citado por Alcantara, 2011).

El ser humano es el que puede realizar acciones congruentes para el beneficio del ambiente, es quien puede velar por la conservación de la flora, fauna y todo lo relacionado al cuidado ambiental.

“En Guatemala, el reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental, acuerdo gubernativo 431-2007 y su reforma 89-2008, enlista los instrumentos de evaluación ambiental, los siguientes: evaluación Ambiental Estratégica” (Alcantara, 2011).

“Evaluación ambiental inicial y auto evaluación ambiental. Estudio de Evaluación de Impacto ambiental. Evaluación de riesgo ambiental. Evaluación de impacto social. Diagnóstico ambiental. Evaluación de efectos acumulativos” (Alcantara, 2011).

El ser humano es indispensable dentro de un estudio de impacto ambiental porque toda gira a su alrededor, la preservación ambiental es necesario para resguardar la vida humana y de la fauna y la flora de los alrededores de donde se decida realizar algún proyecto.

“La adecuada gestión del ambiente y de los recursos naturales en beneficio de la sociedad guatemalteca; necesita de una coordinación estrecha entre los diferentes organismos, públicos, privados, nacionales, regionales e internacionales con intereses ambientales y otras iniciativas conexas y afines al tema” (Alcantara, 2011).

“Así mismo al fortalecimiento del rol de las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales asociadas al desarrollo sostenible y la ciudadanía en general” (Alcantara, 2011).

En Guatemala existen instrumentos particulares que permiten la realización de una evaluación ambiental. Cada país tiene sus instrumentos que dependen de las particularidades, los suelos, los climas etc.

“Es responsabilidad de todos practicar el conjunto de normas que rigen la conducta humana en pro del ambiente. Junto con el derecho de vivir en un ambiente libre de contaminación y de disfrutar de los beneficios del patrimonio natural, todos los guatemaltecos tienen la responsabilidad de asegurar el uso sustentable y de promover la conservación del patrimonio natural” (Alcantara, 2011).

La obligación es de todos, preservar el ambiente es tarea de los seres humanos, se deben cambiar hábitos y realizar actividades que sensibilicen al resto de la población, con los niños que son el futuro del país, realizar actividades directas en relación a este tema que es tan importante en el presente para garantizar un futuro estable con calidad de vida.

“La crisis ambiental a nivel mundial como de nuestro país, es consecuencia de diferentes factores que afectan a nuestro planeta, estos son: la superpoblación, la contaminación, destrucción de los recursos naturales entre otros” (Gestión del riesgo en Guatemala, citado por Arriaza, 2016, p. 45).

Hay muchos factores que afectan el medio ambiente y es responsabilidad de los profesionales, en realizar un estudio de impacto ambiental, antes de comenzar algún proyecto.

“Muchos de estos factores que afectan al medio ambiente, pueden reducirse considerablemente si trabajamos por conservarlo” (Gestión del riesgo en Guatemala, citado por Arriaza, 2016, p. 45).

“El proceso de Estudio de Impacto Ambiental debe ser considerado como el desarrollo de un conjunto de actividades dinámicas y flexibles; y por lo tanto, debe ser adaptado

a actividades específicas (Robin, 2014, p. 2).

Existe en la actualidad muchas crisis por el crecimiento poblacional el cual se ha dado de forma desordenada sin que exista un ordenamiento territorial, familias vulnerables que han construido a la orilla de ríos, en lugares cercanos a cerros todo esto ocurre y sigue ocurre porque nadie le pone atención al riesgo hasta que suceden las catástrofes y los lamentos.

“Establecer las condiciones ambientales existentes; identificar anticipadamente los tipos de impactos, y utilizan las metodologías más apropiadas al tipo de proyecto y a su naturaleza; estimar la extensión y magnitud de los impactos previstos; interpretar el significado de los impactos; y comunicar los resultados a la autoridad pertinente.” (Robin, 2014, p. 2).

Es importante tomar en cuenta la realización de estudios de impacto ambiental para poder minimizar situaciones que más adelante sean de lamento y tristeza.

“El diseño y construcción de subdrenajes requiere estudios geológicos especializados. Los subdrenajes son métodos para remover el agua subterránea y se denominan también drenajes franceses.

El concepto básico para el diseño del drenaje subterráneo consiste en remover el agua del terreno para interceptarla con un material más poroso que el suelo nativo” (Martínez y otros 2000).

El impacto ambiental en proyectos carreteros es de estudiarlo, por los aspectos de construcción de drenajes y subdrenajes, para esto es necesario que se realicen estudios del suelo, hidrología, entre otros. Si no se prevén aspectos de impacto negativo al ambiente, será difícil reducirlo con el tiempo.

“Los tipos de drenajes incluyen estructuras transversales, naturales, travesías, superficie y subdrenajes. Estas estructuras sirven para dispersar, para disminuir la

velocidad o transportar el agua y para evitar la acumulación y reducir la fuerza erosiva del agua” (Martínez y otros 2000).

“En cuanto a las obras de drenaje y subdrenaje “desde el punto de vista del análisis de Impacto Ambiental, se requiere el conocimiento de las obras, así como sus etapas de construcción a fin de determinar los impactos ambientales que producen y las medidas de mitigación correspondientes” (Martínez y otros 2000).

Se debe describir el medio en el que se construirá, para que se mitigue la afectación, o verificar si es un medio con potencial afectación. En su mayoría se ve afectado el suelo, el agua, el aire, la biota y los medios socioeconómicos.

“Suelo: por pérdida de horizontes y erosión debida a la construcción de las obras, en donde existe un mayor riesgo de erosión en función de la pendiente, el tipo de sustrato y la cobertura vegetal.

Adicionalmente en superficies suficientemente grandes con diferencias climáticas apreciables, pueden intervenir los efectos del clima. Agua: por la modificación de los patrones de drenaje y recarga de acuíferos”.

“Las obras afectan los fenómenos de filtración que alimentan acuíferos. El impacto aumenta con la importancia de la recarga. Flora y Fauna: pérdida de la cubierta vegetal, valor de conservación de la flora o la fauna” (Martínez y otros 2000).

La flora y la fauna son importantes que se conserven, en proyectos de infraestructura o en la construcción de canales es recomendable que se vean estos elementos del ambiente, para determinar las acciones congruentes para no afectar el medio ambiente y la demografía del lugar.

“Existen también aspectos de apreciación subjetiva, tales como: paisajes con interés humano, con aspectos didácticos de ciertas formaciones geológicas o geomorfológicas, o bien que despiertan sentimientos de grandeza, de misterio o de

reverencia ante la naturaleza” (Martínez y otros 2000).

Existen aspectos que son difíciles de encuadrar en uno u otro de los grupos anteriores, pues sólo pueden darse argumentos que justifiquen su valor (ejemplo; valor ecológico de una determinada comunidad animal o vegetal, valor estético, de interés científico, valor del paisaje, etc.)” (Martínez y otros 2000).

Se deben realizar estudios previos a la construcción en tramos carreteros, no se puede pensar en dejar de construir, pues es un medio de desarrollo en el país, sin embargo, al realizar alguna construcción de sistema de drenaje o subdrenaje se debe prevenir el impacto ambiental.

II.4. Drenajes o canales pluviales

Los canales pluviales funcionan a cielo abierto, cuando el agua pluvial transita por las calles y avenidas del pavimento o adoquín y comienza su recorrido a través de las cunetas existentes, para que el agua se retire de la superficie.

“Una red de drenaje pluvial es un sistema de tuberías, coladeras e instalaciones complementarias que permite el rápido desalojo de las aguas de lluvia para evitar posibles molestias, e incluso daños materiales y humanos debido a su acumulación o al escurrimiento superficial generado por la lluvia. Su importancia se manifiesta especialmente en zonas con altas precipitaciones y superficies poco permeables” (UNAM, s.f.).

Los sistemas de drenajes que se utilizan en zonas urbanas son combinados o separados. Los primeros se utilizaban con frecuencia con anterioridad, los segundos son la tendencia actual por el cuidado del medio ambiente, aunque se incurren en más gastos económicos, pero se garantiza un tratamiento de aguas.

Para crear un diseño de drenaje en la ciudad se debe tener conocimiento de la

capacidad económica y conocer las condiciones locales y de operación. Esto determinará qué tipo de sistema de alcantarillado es el adecuado diseñar.

“Es necesario promover y realizar la temporal retención superficial o subterránea y la infiltración, para no incrementar el volumen y la velocidad de circulación del agua hacia las partes más bajas de la cuenca” (SIAPA, 2014).

Lo anterior dará como “resultado final el que las redes de drenaje de dichas partes bajas no se vean sometidas a escurrimientos con mayor volumen, mayor caudal punta y mayor brusquedad” (SIAPA, 2014).

Es decir, mayor coeficiente de escorrentía y menos tiempo entre el inicio de la lluvia, caudal máximo y tiempo de concentración.

En la actualidad aún se evidencian lugares con escorrentía alterada que daña la infraestructura. Para ellos los estanques o depósitos de retención y las estructuras de infiltración se deben tomar en cuenta.

El alcantarillado pluvial permite el “manejo, control y conducción adecuada de la escorrentía de las aguas de lluvia en forma separada de las aguas residuales. Y llevarla o dejarla en sitios donde no provoquen daños e inconvenientes a los habitantes de las ciudades” (SIAPA, 2014).

Existen diferencias en los sistemas de alcantarillados, tanto en su función y la constitución de las redes. Se clasifican en unitarias, separativas pseudo separativas, y doblemente separativas.

Las redes unitarias “son construcciones únicas para evacuar tanto el agua residual como el agua pluvial” (Hidrotec, 2020).

Estas redes solo cuentan con un conducto para la evacuación de aguas de todo tipo.

Las redes separativas tienen como función “evacuar las aguas residuales y pluviales de manera separada, a través de dos canalizaciones distintas” (Hidrotec, 2020).

Esas separaciones son independientes, tanto para el tránsito del agua domiciliar como pluvial.

En cambio, en las redes pseudo-separativas “la red de saneamiento de las calles incluye dos conductos para separar las aguas residuales y pluviales y uno único en la red de los domicilios particulares y de empresas” (Hidrotec, 2020).

Se encuentran en medio de las redes unitarias y separativas, tienen separados los conductos para el traslado del agua de la calle, pero no la domiciliar.

Las redes doblemente separativas se distinguen del resto de redes porque “asignan un canal de evacuación distinto para las aguas residuales que se canalizan por las redes de los particulares y las de las empresas y que cuentan con un canal de evacuación distinto para las aguas pluviales” (Hidrotec, 2020).

Cada red cuenta con su sistema de evacuación, domiciliar, empresarial y pluvial. A continuación, se dará a conocer el sistema de alcantarillado pluvial: particular, General Particular y Pluvial Municipal.

“El Alcantarillado Pluvial Particular se le considera como la red de instalaciones pluviales que se encuentran dentro de un predio, finca o edificio, que capta y conduce los escurrimientos pluviales que se generan dentro del mismo hasta disponerles en un sistema de infiltración, retención y/o detención, así como de algún canal o tubería dentro de los límites de la propiedad, de acuerdo con las condiciones particulares del proyecto” (SIAPA, 2014).

Esta red debe cumplir con estándares garantizados y material según las condiciones del contexto.

“El alcantarillado pluvial General Particular es la red que capta y conduce los escurrimientos de las aguas pluviales que ocurren dentro de las áreas comunes de los conjuntos habitacionales, centros comerciales, industriales, deportivos, de servicios, fraccionamientos privados, etc., hasta disponerlos en un sistema de infiltración, retención y/o detención, así como de algún conducto como canal o tubería dentro de los límites de la propiedad y de acuerdo a las condiciones particulares del proyecto” (SIAPA, 2014).

Cuando no se instala de manera correcta esta red, tiende a obstaculizar el cauce del agua pluvial, además de las complicaciones por la contaminación de las industrias, hospitales y/o particulares.

“El alcantarillado pluvial municipal es el sistema o red que recolecta y conduce las aguas pluviales que escurren en su gran mayoría sobre la ciudad y zona metropolitana, se disponen en estructuras de infiltración, filtración, retención, detención y/o conduciéndolas mediante canales o tuberías hasta descargar a los cuerpos de agua naturales existentes” (SIAPA, 2014).

Para ello debe de existir un diseño adecuado, con base a las condiciones existentes. Los componentes principales de un sistema de alcantarillado pluvial según su función se clasifican en:

“Estructuras de captación: Recolectan las aguas a transportar; en los sistemas de alcantarillado pluvial se utilizan sumideros o coladeras pluviales (también llamados comúnmente bocas de tormenta), son utilizadas como estructuras de captación, aunque también pueden existir conexiones domiciliarias donde se vierta el agua de lluvia que cae en techos y patios” (UNAM, s.f.).

“En general se considera que los escurrimientos pluviales también son captados por las vialidades, vados, cunetas, contra cunetas además de las coladeras pluviales o

bocas de tormenta, para ser encauzados hacia las instalaciones de drenaje pluvial” (UNAM, s.f.).

“Las coladeras o bocas de tormenta están constituidas por una caja principal y otra más pequeña en el fondo (por debajo de la tubería de descarga) que funciona como desarenador y donde se depositan los sólidos en suspensión que arrastra el agua.

En la parte superior tiene una rejilla con su estructura de soporte que permite la entrada del agua de la superficie al sistema, esto mediante una tubería a la que se le denomina albañal pluvial.

La rejilla evita el paso de basura, ramas y otros objetos que pudieran taponar los conductos de la red” (SIAPA, 2014).

Estructuras de conducción: Transportan las aguas recolectadas por las estructuras de captación hacia sitios 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 (SIAPA, 2014).

Las estructuras de conducción deben cumplir con diseños que permitan la capacidad en la conducción de agua.

“Todos los canales deberán diseñarse de manera que tengan la necesaria capacidad de conducción de agua. Los canales se diseñan utiliza fórmulas que establecen relaciones entre la capacidad de conducción y la forma, el gradiente efectivo o pérdida de carga” (FAO, 2019).

“Estructuras de conexión y mantenimiento: Facilitan la conexión y mantenimiento de los conductos que forman la red de alcantarillado, pues además de permitir la conexión de varias tuberías, incluso de diferente diámetro o material, también disponen del espacio suficiente para que un hombre baje hasta el nivel de las tuberías

y maniobre para llevar a cabo la limpieza e inspección de los conductos; tales estructuras son conocidas como pozos de visita” (UNAM, s.f.).

También se les conoce como, pozos especiales, pozos caja, entre otros. Las estructuras de conexión cuentan con diámetro que permite que los expertos en el área puedan inspeccionar la tubería.

“Estructuras de descarga: Son estructuras terminales que protegen y mantienen libre de obstáculos la descarga final del sistema de alcantarillado, pues evitan posibles daños al último tramo de tubería que pueden ser causados por la corriente a donde descarga el sistema o por el propio flujo de salida de la tubería” (SIAPA, 2014). También se le llama estructura de vertido.

De acuerdo a SIAPA (2014) “se consideran dentro de estructuras complementarias a todas aquellas estructuras que en casos específicos forman parte de un sistema de alcantarillado pluvial, para resolver un problema determinado, y que resultan importantes para el correcto funcionamiento del sistema”. Tales como:

- 1) Estructuras de retención.
- 2) Estructuras de detención.
- 3) Estructuras de infiltración.
- 4) Estructuras de filtración.
- 5) Estructuras de limpieza, remoción y medición.

“Disposición final: La disposición final de las aguas captadas por un sistema de alcantarillado no es una estructura que forme parte del mismo, sin embargo, representa una parte fundamental del proyecto de alcantarillado.

Su importancia radica en que, si no se define con anterioridad a la construcción del proyecto el destino de las aguas residuales o pluviales, entonces se pueden provocar

graves daños al medio ambiente e incluso a la población servida o a aquella que se encuentra cerca de la zona de vertido” (SIAPA, 2014).

Los drenajes y canales pluviales deben diseñarse con base a la situación actual del territorio, pero pensar en el futuro. Para ello se debe tener conocimiento de los componentes de alcantarillado y lo relacionado a la red pluvial.

Esto para que no afecte la infraestructura, o al no visualizar riesgos se convierta en un potencial peligro.

Los diseños mal implementados no solo arriesgan a la población, también afectan económica, material y psicológicamente.

“El diseño de drenajes tipo canal se refiere a los canales como acueductos que trabajan a superficie libre, es decir, el agua está en contacto directo con la atmósfera y su presión de trabajo es por tanto igual a la presión de aire.

El movimiento del agua se deberá netamente al efecto de la fuerza de la gravedad sobre la masa de agua” (INAPA, 2000).

Es importante conocer en qué consiste este tipo de diseño, para llevar a cabo el proceso de implementación de manera correcta. En cuanto a los aspectos técnicos para el diseño de canales en aducción por gravedad:

“Los canales deberán ser construidos de tal manera que la velocidad no ocasione ni erosiones ni disposiciones de material. En el caso de canales sin revestimiento, se considerarán las pérdidas por infiltración que deberán ser incrementadas al caudal de diseño” (INAPA, 2000).

Para el diseño de canales se consideran las siguientes variables:

- Forma de canal.
- Tipo de revestimiento.

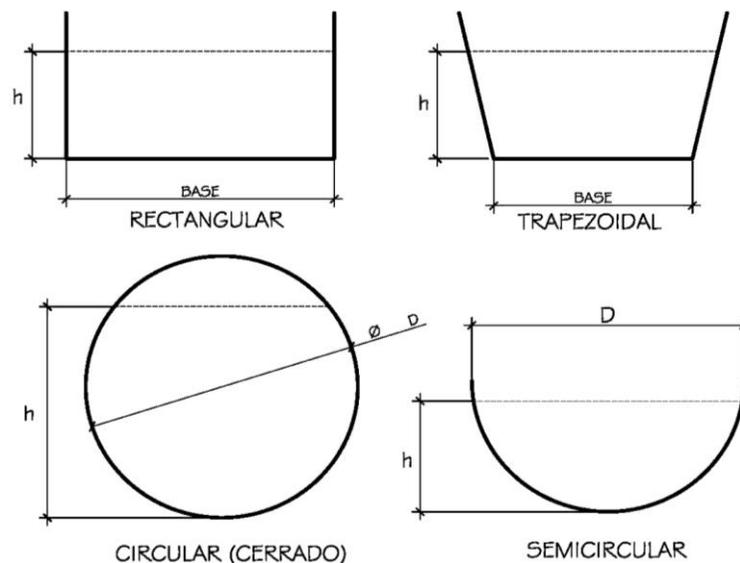
- Caudal y

- Radio hidráulico.

Entre los tipos y formas de canales se encuentran: cerrado (no a presión), abierto trapezoidales, rectangulares, triangulares, semi-circulares.

Imagen 17

Formas de canales más comunes



Fuente: Reyes, H. (2020).

“Todos los canales deberán ser revestidos y, preferentemente, recubiertos o enlucidos con cemento” (INAPA, 2000). Un dato fundamental para que los canales tengan durabilidad.

Se toma en cuenta la velocidad de diseño en canales, en donde la velocidad del agua en los canales dependerá del caudal, radio hidráulico, pendiente y tipo de revestimientos.

Deberán limitarse las velocidades máximas para evitar la erosión de las paredes laterales, debe evitarse velocidades inferiores a 0.6 m/s para no permitir deposición

de solidos suspendidos (INAPA, 2000).

Con base a INAPA (2000) “indica con respecto a los cálculos hidráulicos de canales que la cantidad de agua que puede transportar un canal está en función de la velocidad y el área de escurrimiento, entonces de la ecuación de continuidad”.

$$Q = V * A$$

Donde

Q = caudal o cantidad de agua por unidad de tiempo (m³/s)

A = Superficie de la sección de agua (m²)

V = velocidad de escurrimiento del agua (m/s)

La superficie A, se calculará mediante fórmulas geométricas dependiente del tipo de sección que se adopte.

La velocidad deberá ser calculada por cualquier fórmula reconocida y probada experimentalmente. Las más utilizadas son:

Imagen 18

Velocidades máximas para canales revestidos

Tipo de revestimiento	Características del material	Velocidad de escurrimiento (m/s)
Revestimiento de hormigon (agua libre de areas y piedras)	Hormigon 100 kg/cm ²	12.50
	Hormigon 150 kg/cm ²	14.00
	Hormigon 200 kg/cm ²	15.60
	Hormigon 300 kg/cm ²	19.20
Revestimiento de mezcla con piedra o cascote de ladrillo (agua libre de	Hormigon 50 - 150 kg/cm ²	7.4
	Hormigon 25 kg/cm ²	6.3
	Hormigon 10 kg/cm ²	4.3

Fuente: H. Llanusa y C. Viamonte.

La fórmula de Manning

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{3}{2}} * S^{\frac{1}{2}}$$

“En la mayoría de los casos se desvía la cuneta hacia una pendiente apropiada, donde se fabrica un canal revestido con concreto o balasto para evitar la erosión y el daño a la sub-base y base de carretera. En caso contrario, se hace pasar por debajo de la carretera con un drenaje transversal” (Rosales, 2005).

“El drenaje transversal se usa en dos casos: a) Para evitar que el agua de corrientes superficiales se acumule en un lado de la carretera, lo cual afecta la base de la misma o que se estanque. b) Para conducir el agua pluvial de un lado al otro de la carretera reunida por las cunetas” (Rosales, 2005).

Es importante que cuando se construyan cunetas a los lados o a un lado de las carreteras, se considere la longitud, el área de carretera y terrenos cercanos que drenarán, para saber cuál será el caudal que se conducirá a través de la cuneta, esto para determinar el tipo de sección y material.

“Para evitar que el agua de corrientes superficiales se acumule habrá que determinar el caudal máximo de la corriente (quebrada, río, etc.) por medio de mediciones de la sección de la corriente y de las velocidades del flujo en la Época lluviosa del año. También debe averiguarse sobre el nivel máximo que ha alcanzado en otros años” (Rosales, 2005).

“Así mismo, deben observarse otros aspectos, como la pendiente y las condiciones del lecho de la corriente, el esviaje, los puntos de erosión y los puntos posibles de canalización” (Rosales, 2005).

El drenaje transversal es de gran importancia, porque evita la erosión, este pasa por debajo de la carretera. En otros casos se utiliza la cuneta con canal revestido con concreto para que no dañe la subbase y la base de la carretera.

“Para conducir el agua pluvial de un lado al otro de la carretera reunida por las cunetas, generalmente el drenaje se coloca en curvas horizontales para evaluar el caudal de su parte interna donde, debido a la topografía del terreno, el agua de las cunetas converge y se acumularía sin este drenaje.

También se coloca en los puntos menores de curvas verticales cóncavas y en tramos rectos donde el caudal a conducir por una cuneta excedería su capacidad y no puede desviarse hacia afuera por situaciones topográficas” (Rosales, 2005).

“En la entrada de un drenaje transversal para conducir el agua de corrientes superficiales fuera de carretera, debe construirse una caja que ayude a encauzar todo el caudal de la corriente hacia la tubería y un cabezal que proporcione seguridad contra la erosión a causa de la corriente en la salida de esta.” (Rosales, 2005).

II.4.1. Diseño de un sistema de evacuación de aguas pluviales.

“Un sistema de drenaje pluvial es un sistema de tuberías, colectores e instalaciones complementarias que recolectan agua de escorrentía de precipitaciones pluviales que permite su recolección para su vertido y así, evitar daños materiales y humanos. El sistema de drenaje pluvial funciona gracias a la gravedad, desde las alcantarillas que recogen las aguas pluviales hasta las tuberías descendentes” (Valdivielso, 2021).

Para cumplir su cometido tiene que partir de ciertos componentes:

Estructuras de captación: se recolectan las aguas pluviales a través de sumideros, y evitar que el agua circule de manera descontrolada.

“Estructuras de conducción: se transportan las aguas captadas y recolectadas a través de conductos con pendiente (facilitan la evacuación y limpieza) hasta las estructuras de descargas” (Valdivielso, 2021).

Son proyectos que van enterrados y por lo mismo requieren de mucho profesionalismo

en función de las fugas, tuberías amplias para drenar las cantidades de agua que la lluvia emana, por lo consiguiente son de suma importancia para garantizar que en ese espacio no existan inundaciones.

“Los sistemas urbanos de drenaje sostenibles (SUDS) son los más conocidos entre los sistemas de gestión sostenible de aguas pluviales. Los SUDS destacan, entre otras cosas, por su adaptación al cambio climático contribuyen a mitigar las emisiones de CO₂ y el aprovechamiento de las aguas pluviales esto permite reducir el consumo energético en el ciclo urbano del agua” (Valdivielso, 2021).

“Estructuras de conexión y mantenimiento: se permite la conexión de tuberías de conducción brindan espacio en las cámaras verticales para el acceso del personal de mantenimiento” (Valdivielso, 2021).

Las estructuras para utilizar son de mucha importancia, para garantizar la vida útil, porque regularmente todas estas van enterradas y posterior a ello compactada la tierra y fundidas, adoquinadas o pavimentadas las calles.

“Estructuras de descarga: estructuras que permiten que el vertido de las aguas captadas no genere daños en la parte final del alcantarillado, y controlan los riesgos de inundación, erosión y sedimentación de los cauces” (Valdivielso, 2021).

“Disposición final: en el caso de las aguas pluviales no requieren de tratamiento antes de su vertido en cauces o fines agrícolas, debido a la baja concentración de contaminantes.

Aunque, según qué fines de reutilización, el agua pluvial debe llegar a una planta de tratamiento” (Valdivielso, 2021).

Las aguas pluviales pueden ser utilizadas para riego. Ahora si se dispone para darle otro tipo de uso es conveniente darle algún tipo de tratamiento esto dependerá de cuál sea el uso que se le quiera dar.

“Uno de los puntos débiles en muchas construcciones actuales es la evacuación y drenaje de aguas en los tejados y dicho descuido es la causa de muchas humedades en los edificios y viviendas. El buen drenaje de tejados con sus correspondientes canaletas y montantes es fundamental para la óptima evacuación de las aguas lluvias en una construcción” (Saavedra, 2014).

“Son los sistemas compuestos por aparatos sanitarios que responden a la necesidad de la expulsión de aguas de lluvia hacia desagües o jardines” (Saavedra, 2014).

Dejar tubería de grosor suficiente resulta fundamental, porque se prevé todo tipo de situación que pueda darse en el futuro muchas lluvias o taponamientos inesperados eso garantiza en cierto modo el que no se de algún tipo de inundación inesperada.

“El propósito de cualquier sistema de evacuación de agua es proteger un edificio y su contenido, llevar el agua de lluvia recogida en la cubierta durante una tormenta hasta un sistema de drenaje subterráneo, sin riesgo de que entre agua de lluvia en el edificio” (Huamani, 2014).

“Un adecuado sistema de evacuación de aguas lluvias no sólo le permitirá disfrutar sin preocupaciones las lluvias intensas del invierno, sino que también requerirá un menor esfuerzo a la hora de instalarlo y mantenerlo” (Huamani, 2014).

Garantiza estabilidad y tranquilidad es importante disponer de un adecuado sistema de evacuación en toda construcción para prevenir inundaciones y en algunas ocasiones dándole uso adecuado a la recolección de las mismas.

“El Saneamiento es la ciencia de evacuar del hábitat del hombre, edificio o ciudad, las aguas por él introducidas con fines sanitarios o industriales, además de las aguas provenientes de los fenómenos meteorológicos, y proceder tras los oportunos tratamientos, a su aprovechamiento y/o reincorporación al medio natural” (Vázquez, 2021).

“Por lo que en primer lugar se conduce por gravedad el agua contenida en los aparatos sanitarios o la lluvia de las cubiertas, a conductos generales verticales o "bajantes", a partir de otros de menor diámetro denominados "desagües".

Los desagües trabajan normalmente a sección llena en la mayor parte de su recorrido, por lo que en sus paredes actúan presiones, que se materializarían, en el caso de orificios de diámetro mínimos, en una línea envolvente descendente desde la superficie libre del líquido hasta la caída libre” (Vázquez, 2021).

Es bien importante que la tubería que se usa para estos proyectos sea la adecuada todo en función del uso que este tendrá. Resulta obvio que ha mayor servicio así será el grosor de los mismos.

El problema que ocurre algunas veces que para reducir costos colocan tuberías muy reducidas para atender cantidades grandes de servicios al extremo que al poco tiempo estas colapsan y se ven en la necesidad de rehacer un trabajo que debió haber quedado con todas las garantías del caso.

“Con este nombre, se denominan el conjunto de aguas que vierten en la red de evacuación. Las diferencias que se presentan en la clasificación de las aguas son numerosas, pero según su procedencia y las materias orgánicas que transportan, podemos dividir en tres clases, las aguas de evacuación de un edificio normalmente de viviendas”: (Vázquez, 2021).

“Aguas usadas o sucias, que son las que proceden del conjunto de aparatos sanitarios de vivienda (fregaderos, lavabos, bidés, etc.), excepto de inodoros o placas turcas. Son aguas con relativa suciedad y arrastran muchos elementos en disolución, así como grasas, jabones detergentes, etc. En muchas referencias también se denominan, residuales o amarillas” (Vázquez, 2021).

Es bien importante saber diferenciar el tipo de aguas que fluirán dentro de las tuberías y así recomendar la calidad de materiales a utilizar en un proyecto se puede hacer la

clasificación de los mismos en función de que no exista ningún inconveniente más adelante.

“Aguas fecales o negras que son aquéllas que arrastran materias fecales y orines procedentes de inodoros y placas turcas. Son aguas con alto contenido en bacterias y un elevado contenido en materias sólidas y elementos orgánicos” (Vázquez, 2021).

“Aguas pluviales o blancas, que son las procedentes de la lluvia o de la nieve, de escorrentías o de drenajes. Son aguas generalmente bastante limpias” (Vázquez, 2021)

Esta clasificación merece la pena conocerla. En algunos proyectos no se presta importancia al mismo y en el futuro problemas. Realizar este tipo de trabajos cuando los servicios ya están son utilizados es algo complicado, serio y sucio.

II.4.2. Parámetros del diseño de un canal abierto

“Las condiciones de flujo en canales abiertos se complican por el hecho de que la composición de la superficie libre puede cambiar con el tiempo y con el espacio, y también por el hecho de que la profundidad de flujo el caudal y las pendientes del fondo del canal y la superficie libre son interdependientes” (Chaves, 2020).

“Los canales naturales influyen todos los tipos de agua que existen de manera natural en la tierra, lo cuales varían en tamaño desde pequeños arroyuelos en zonas montañosas hasta quebradas, arroyos, ríos pequeños y grandes, y estuarios de mareas.

Las corrientes subterráneas que transportan agua con una superficie libre también son consideradas como canales abiertos naturales” (Chaves, 2020).

Los canales abiertos son utilizados en espacios con extensiones inmensas para el riego de algunos productos agrícolas, desvíos de ríos de forma artificial para mantener abastecidos los sembradillos.

“El flujo en canales abierto puede clasificarse en muchos tipos y distribuirse de

diferentes maneras. La siguiente clasificación se hace de acuerdo con el cambio en la profundidad del flujo con respecto al tiempo y al espacio” (Chaves, 2020).

“Flujo permanente y no permanente: tiempo como criterio. Se dice que el flujo en un canal abierto es permanente si la profundidad del flujo no cambia o puede suponerse constante durante el intervalo de tiempo en consideración” (Chaves, 2020).

Existe variedad de canales abiertos los cuales dependen de la necesidad, obviamente mientras más profundo sea, mucha más agua se tendrá a la disposición del uso que se le quiera dar.

“El flujo es no permanente, si la profundidad no cambia con el tiempo. En la mayor parte de canales abiertos es necesario estudiar el comportamiento del flujo solo bajo condiciones permanentes.

El cambio en la condición del flujo con respecto al tiempo es importante, el flujo debe tratarse como no permanente, el nivel de flujo cambia de manera instantánea a medida que las ondas pasan y el elemento tiempo se vuelve de vital importancia para el diseño de estructuras de control” (Chaves, 2020).

“Los canales artificiales son aquellos construidos o desarrollados mediante el esfuerzo humano: canales de navegación, canales de centrales hidroeléctricas, canales y canaletas de irrigación, cunetas de drenaje, vertederos, canales de desborde, canaletas de madera, cunetas a lo largo de carreteras etc..., así como canales de modelos de laboratorio con propósitos experimentales las propiedades hidráulicas de estos canales pueden ser controladas hasta un nivel deseado o diseñadas para cumplir unos requisitos determinados” (Chaves, 2020).

Estos canales en su mayoría por las grandes extensiones son realizados de forma mecanizada, ahora bien, las cunetas que se utilizan a las orillas de las carreteras sí las realizan de forma manual y desahogan en los ríos, específicamente para acumular el

agua pluvial.

“El fluido en canales abiertos es caracterizado por la presencia de la interface entre la superficie líquida y la atmósfera, tal es el caso del flujo en ríos, canales y alcantarillas, donde el flujo ocupa solo una parte de la sección. Por lo tanto, a diferencia del flujo en tuberías, la presión sobre la superficie del líquido en canales abiertos siempre es la presión atmosférica” (Gallardo, 2018).

En la imagen 17 se presenta un fluido uniforme que corre por un canal abierto una longitud (l).

“La línea de gradiente hidráulico (L.G.H) se designa con la letra i y es igual a la relación entre la variación de energía entre las dos secciones y la distancia horizontal entre las mismas ($l H$), medida en el plano horizontal de referencia; mientras que, I es la pendiente de la superficie libre y $i s$ es la pendiente de la solera del cauce ” (Gallardo, 2018).

“En canales con movimiento uniforme la línea L.G.H (gradiente hidráulico), pendiente de la superficie libre del cauce y la pendiente de la solera del canal son paralelas, es decir $i = I = i s$.

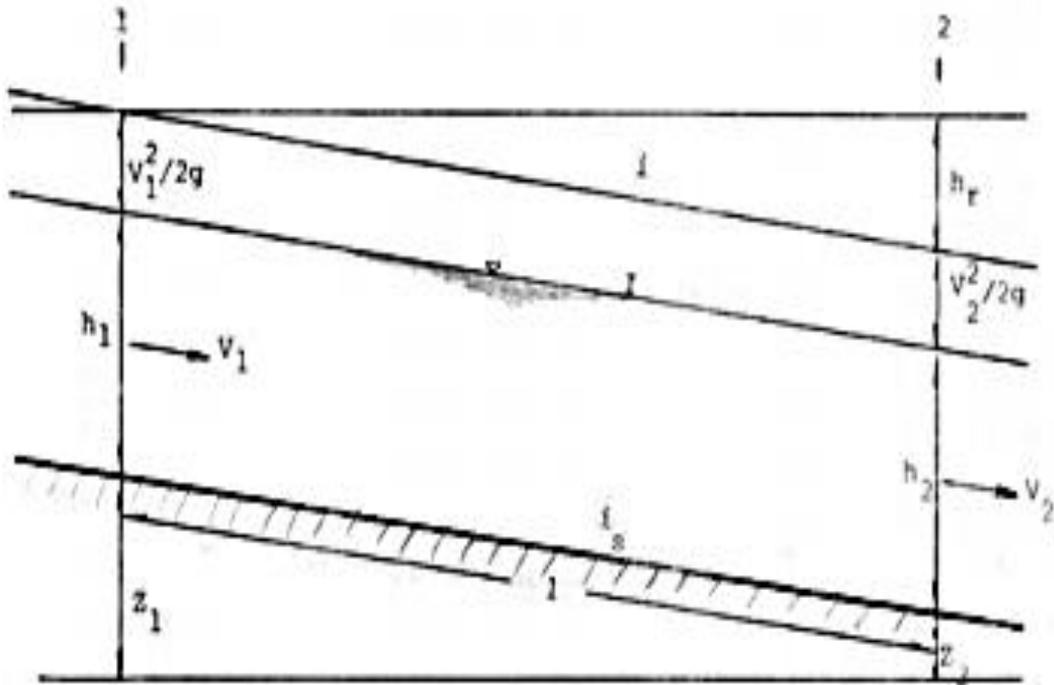
Esto se debe a que los parámetros: área (A), velocidad (v) y gasto (Q) son constantes en todas las secciones de la tubería” (Gallardo, 2018).

Resulta interesante evidenciar que un canal abierto lleva todo un trabajo profesional que permite garantizar que las aguas fluyan de una manera natural con datos matemáticos que confirman su funcionamiento.

“En 1769 el ingeniero francés Antoine Chézy desarrolló probablemente la primera ecuación del flujo uniforme en canales. Esta ecuación se puede obtener mediante un balance de fuerzas que ocurren en un elemento fluido, no sometido a acciones de aceleración” (Gallardo, 2018).

Imagen 19

Movimiento uniforme en cauces abiertos



Fuente: Gallardo (2018).

“Cuando el movimiento de un fluido es uniforme ($v = \text{cte}$) la aceleración es cero ($dv / dt = 0$) y por consiguiente las fuerzas inerciales también son iguales a cero. Por lo tanto, en la “condición de equilibrio” del sistema, las fuerzas actuantes son: el peso, la fuerza de presión del fluido y las fuerzas de resistencia al movimiento” (Gallardo, 2018).

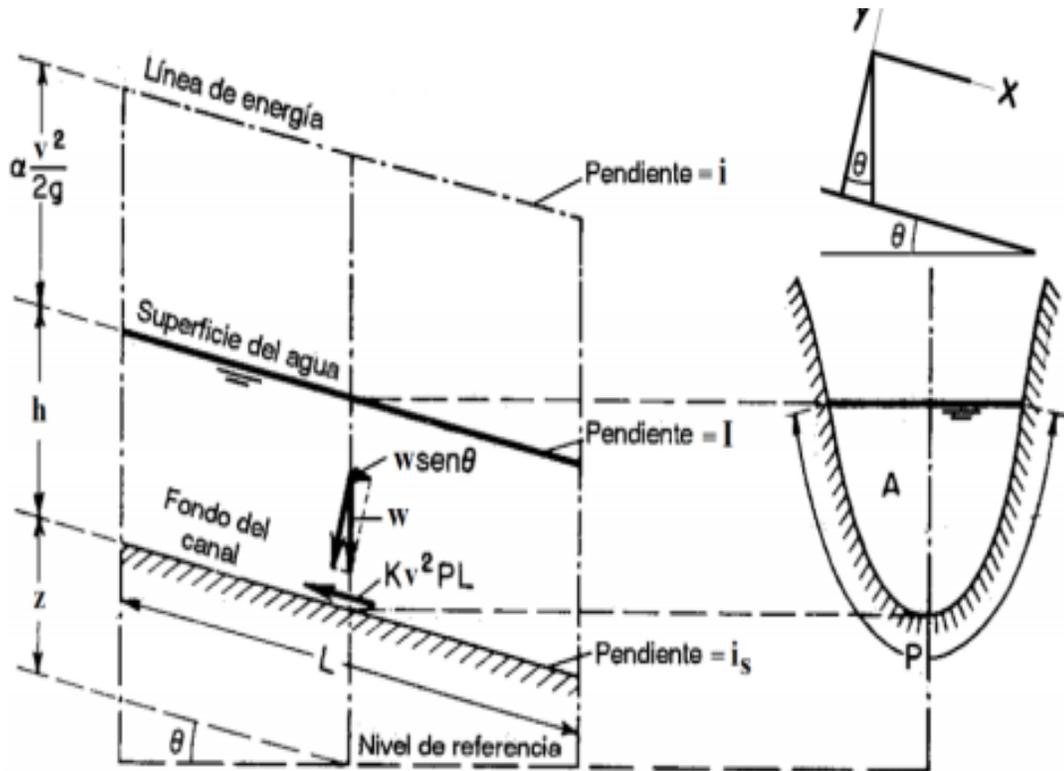
Factores relacionados con la física se ponen de manifiesto en estos espacios que al solo verlos pareciera una cuneta simple que no lleva de tanto trabajo y complicación o un canal que por su simple hecho de llevar agua tiene que correr de forma natural.

Pero resulta que detrás de todo esto existe personal calificado y especializado para que todo funcione con total normalidad. Se puede ver en los ríos la naturalidad de sus

corrientes y por eso mismo se cree que es fácil y sencillo elaborar un canal abierto.

Imagen 20

Flujo uniforme en canales abiertos



Fuente: Gallardo (2018).

“Las fuerzas de resistencia al movimiento corresponden principalmente a la acción y reacción de las paredes de la solera del canal y las mismas capas del fluido. Chézy supuso que la fuerza que resiste el flujo por unidad de área del lecho de la corriente es proporcional al cuadrado de la velocidad” (Gallardo, 2018).

“En flujo uniforme la componente efectiva de la fuerza gravitacional que causa el flujo debe ser igual a la fuerza total de resistencia. La fórmula obtenida por Chézy en 1789 tiene una gran importancia en la historia de la hidráulica, ya que de ella se derivan todas las fórmulas modernas para el cálculo del flujo uniforme” (Gallardo, 2018).

Interesante aporte a la ciencia de la hidráulica desde hace muchos años se cuenta con la precisión y de allí se derivan cantidad de fórmulas para el desarrollo de todo este tipo de canales abiertos que permiten abastecer distintos proyectos de riego, hidroeléctricas y otros proyectos que funcionan con el apoyo del agua.

II.4.3. Ventajas de un canal abierto

“Los canales abiertos siguen una pendiente bien diseñada lo cual genera que la longitud sea mucho mayor que para una conducción en tubería.

El canal puede enfrentar serios obstáculos en el terreno:

- Valles

- Rocas

- Pendientes empinadas, etc.

Esto implica soluciones más costosas y sofisticadas” (Otek, 2004, p. 22).

“Al evaluar el costo de instalación es importante que ambos sistemas lleven la misma cantidad de agua al sistema. Esto lo determinan los factores de flujo a largo plazo” (Otek, 2004).

Se puede observar en las imágenes siguientes, como un canal abierto está expuesto a todo tipo de eventualidades como rayos del sol, lluvia, temperaturas altas y bajas, animales que puedan caer y ahogarse por la profundidad del mismo, caída de árboles y cualquier tipo de basuras.

Mientras que en el cerrado todo lo anterior no aplica, pero los costos se elevan demasiado, al final tiene que ver mucho el uso y el lugar donde se realiza el proyecto para evaluar las ventajas y desventajas.

Imagen 21
Canal abierto y cerrado



Fuente: Gallardo (2018).

Imagen 22
Canal cerrado



Fuente: Gallardo (2018).

“Observaciones hechas en canales muy anchos han mostrado que la distribución de velocidades en la distribución central en esencial es la misma que existiría en un canal rectangular de ancho infinito” (Chaves, 2020).

“En otras palabras bajo esta condición, los lados del canal no tienen prácticamente ninguna influencia en la distribución de velocidades en la distribución central y, por consiguiente, el flujo en esta región central puede considerarse como bidimensional en el análisis hidráulico” (Chaves, 2020).

La velocidad con la se quiere que fluya el agua es otro factor importante de tomar en cuenta para la realización del mismo.

Por ejemplo, si este fuera para generar energía hidráulica se necesita que el agua tome velocidad para hacer girar las turbinas y se cumpla el objetivo.

“La presión en cualquier punto de la sección transversal del flujo en un canal con pendiente baja puede medirse por medio de la altura de la columna de agua en un tubo piezométrico instalado en el punto.

Al no considerar las pequeñas perturbaciones debidas a la turbulencia, etc... Es claro que el Agua de subir desde el punto de medición hasta la línea de gradiente hidráulico o superficie del agua” (Otek, 2004).

“En efecto la aplicación de la ley hidrostática a la distribución de presiones en la sección transversal es válida solo si los filamentos del flujo no tienen componentes de aceleración en el plano de la sección transversal.

Este tipo de flujo se conoce teóricamente como FLUJO PARALELO, es decir, aquel cuyas líneas de corriente no tienen curvatura sustancial ni divergencia” (Otek, 2004).

Los canales abiertos son muy utilizados para proyectos hidráulicos, estos no requieren

de calidad de agua sino de cantidad y velocidad para poder generar energía, es muy común encontrarse con este tipo de diseños en lugares donde la energía eléctrica no llega, pero si gozan de nacimientos o ríos con su suficiente cantidad de agua.

“Las arenas que llegan al canal por la escorrentía y el viento adicional al material vegetal (como hojas de árboles, follaje, etc.) tienen impacto en la limpieza y mantenimiento adicional pierden capacidad de riego” (Otek, 2004).

Las tuberías no sufren de todo este tipo de situaciones donde diariamente se tenga que supervisar y dar mantenimiento sobre todo en la época de invierno que por razones naturales caen árboles o aún peor animales puedan ser arrastrados por las corrientes lo que pone en riesgo la vida de los mismos.

“Los procesos de descomposición de animales muertos en las aguas de los canales hacen que los costos de tratar las aguas se incrementan notablemente. En algunos países además del daño ecológico, obliga a tomar medidas costosas de protección: Vallados, cubiertas, sistemas de vigilancia, entre otros” (Otek, 2004).

“El impacto ambiental es un factor que previene sobre la utilización de canales. Los canales abiertos representan un grave cambio en el terreno y un serio peligro para personas y animales

Los canales son una barrera NO ecológica contra la fauna animal que destruye el hábitat de los animales e incluso genera la muerte de ellos. Procesos de desestabilización de taludes o fenómenos naturales como tormentas tropicales, erupciones volcánicas con emanación de cenizas, afectan de manera grave la capacidad hidráulica de los canales” (Otek, 2004, p. 40).

El impacto ambiental es un factor que previene sobre la utilización de canales. Los canales abiertos representan un grave cambio en el terreno y un serio peligro para personas y animales.

Los accidentes de personas y animales van en aumento por el incremento de la población, pues cada vez están más cerca de grandes canales (Otek, 2004, p. 41).

Se debe tomar en cuenta todos los factores que intervienen en la realización de un canal abierto, pues es indispensable en primer lugar evaluar el impacto ambiental que este generará en la población vecina, resultante de dicho proyecto.

II.5. Deterioro de vías pavimentadas por aguas pluviales

“El desarrollo urbano altera de manera importante la hidrología de las cuencas donde se origina. En particular, se modifican la red de drenaje y el proceso de transformación lluvia escorrentía.

Como consecuencia de la actividad urbanizadora, los cauces naturales que conforman la red hidrográfica original deben ser conservados y adecuados a las nuevas condiciones, esto para que no afecte de forma directa a su capacidad de desagüe y por tanto no se propicie la existencia de inundaciones” (SIAPA, 2014).

“Al objeto de solucionar los problemas de inundación existentes en una determinada zona urbana, normalmente se plantearán actuaciones que tiendan a restituir de una forma artificial el comportamiento natural existente en la cuenca antes de ser ocupada por el sector a desarrollar de la ciudad.

Fundamentalmente cabe dividir estas actuaciones en dos categorías: las que tienen por objeto incrementar la capacidad de desagüe de la red de colectores (que sustituye a la red hidrográfica natural) y las tendentes a disminuir la escorrentía (aumentar la retención superficial y/o subterránea y la infiltración)” (SIAPA, 2014).

El deterioro anticipado del pavimento se da por no realizar un diseño adecuado de drenajes pluviales. Se da la socavación, erosión interna, entre otros, por la velocidad del agua caudales, forma y rugosidad de canales y la resistencia del suelo que no

fueron considerados.

“La importancia de tener un adecuado drenaje es lograr que las vías se mantengan en buen estado para que así los usuarios transiten cómodos y seguros.

Dado que el agua puede causarle algunos daños que afectan sus propiedades geomecánicas, mecanismos de transferencias de cargas e incrementa la susceptibilidad de los cambios volumétricos, si esa misma se empoza y no fluye, por tal motivo se considera que es una de las causas más relevantes del deterioro prematuro de la infraestructura vial” (Romero, 2017).

El deterioro del pavimento por aguas pluviales afecta en sobremanera a quienes son parte del contexto. Acarrea daños a vehículos e incurre en gastos económicos, el inmueble pierde plusvalía, se dan asaltos, provoca traumas psicológicos.

Las inundaciones y escorrentía provocan enfermedades y limitan el tránsito, entre otros efectos que se desencadenan.

Romero (2017) también menciona que las obras de drenaje en Vías son elementos estructurales muy importantes, los cuales pueden influir principal y directamente en:

- La duración de los caminos.
- Durabilidad de carretera.
- Autopistas y
- otras vías terrestres de comunicación.

El objetivo principal de las obras de drenajes en las vías es captar y eliminar las aguas que corren sobre el terreno natural o que de alguna u otra forma, llegan al mismo, principalmente las aguas pluviales y así mismo dar salida rápida a las aguas que lleguen al camino” (Romero, 2017).

Imagen 23
Vías pavimentadas



Fuente: Reyes, H. (2020).

Las fallas principales en pavimentos rígidos son causadas por la erosión por bombeo y escalonamiento que se describe como el “movimiento del agua (con material en suspensión) ubicada debajo de la losa o su eyección hacia la superficie como resultado de la presión generada por la acción de las cargas” (Calo, 2012).

Es importante que se realice un estudio profundo del terreno, características geográficas, caudales, entre otros, además del buen uso de fórmulas de acuerdo con estas características, para que existan las menores fallas posibles a corto plazo.

“Sus causas son: Material fino capaz de entrar en suspensión (arenas finas y limos). Disponibilidad de agua en las capas inferiores del pavimento. Deflexiones excesivas en bordes y esquinas” (Calo, 2012).

Imagen 24

Erosión por bombeo y escalonamiento



Fuente: Calo (2012).

“Existe riesgo de erosión por bombeo cuando se presentan en forma simultánea las siguientes condiciones: Repeticiones reiteradas de cargas pesadas (camiones) capaces de generar deflexiones importantes en juntas y bordes de la calzada de hormigón. Disponibilidad de agua en la interfase losa subbase banquina. Una subrasante compuesta por suelos finos o capaces de entrar en suspensión” (Calo, 2012).

“El criterio principal para emplear una subbase granular en un pavimento de hormigón es el de limitar el contenido de finos que pasan el Tamiz #200. Recomendaciones: No emplear espesores mayores de 15 cm.

Deberá especificarse una densidad mínima del 98% del T-180. Si el material cuenta con excesivos contenidos de finos, la capa puede almacenar agua encontrándose disponible para la erosión por bombeo” (Calo, 2012).

Se debe considerar una subbase no erosionable cuando en un pavimento existe riesgo de erosión por bombeo. Esta en cierto modo debe ser obligatoria.

“Si el material cuenta con excesivos contenidos de finos, la capa puede almacenar agua encontrándose disponible para la erosión por bombeo” (Calo, 2012).

“Características (ACPA):

- Espesor mínimo: 10 cm.
- Tipo de suelo recomendado para tránsito pesado: A1, A2-4, A2-5 y A3 (ACPA).
- Tamaño máximo: 75 mm.
- Durabilidad por congelamiento – deshielo y humedecimiento – secado.
- Contenidos de Cemento: de 2% a 5%.
- Resistencia a compresión: de 2,1 a 5,5 MPa.
- Resistencia a Flexión: de 0,7 MPa a 1,4 MPa.
- Módulo de elasticidad: 600.000 a 1.000.000 psi (de 4100 a 6900 MPa).

Romper la adherencia con emulsión asfáltica, film de polietileno o dos capas de membrana en base a parafina” (Calo, 2012).

Las características de las subbases tratadas con cemento son diferentes en algunos aspectos a las subbases de hormigón pobre. El contenido de cemento por ejemplo es de 120 a 200kg/m³.

Recomendaciones constructivas para las subbases de hormigón pobre: “En general no suele especificarse la ejecución de juntas en la subbase de hormigón pobre. Una terminación lisa es conveniente (menor fricción). Se recomienda romper la adherencia con la calzada mediante un film de polietileno” (Calo, 2012).

“La localización y el diseño de las obras de drenaje tienen una gran importancia en el proyecto de vías terrestres, una mala localización o un mal diseño ocasionan graves problemas en el buen funcionamiento de una carretera, pues la falla de una obra trae como consecuencia la interrupción del servicio de la vía en operación, así como las molestias causadas a los usuarios por la pérdida de tiempo, además de las pérdidas económicas que pueden ser considerables” (Martínez, Damián, & Aguirre, 2000).

Según Martínez (2000), los puntos importantes que deben considerarse en el diseño y construcción de una obra de drenaje son los siguientes:

1) Localización del eje de la obra. Deberá hacerse de preferencia con forme al cauce de los escurrideros, tomar en cuenta la pendiente, ya que de ésta dependerá el tipo de obra.

2) Área por drenar. Es la superficie que limitada por dos o más líneas del parteaguas y el eje del camino, da el área tributaria del escurridero para el cual se pretende proyectar la obra”

Se toma en cuenta también el área hidráulica necesaria, selección del tipo de obra del cuál se deben considera el área hidráulica y la pendiente de obra, altura mínima y máxima, materiales, capacidad de carga y no trabajar a presión.

“Las obras complementarias de drenaje no son de uso universal. Son obras que deben hacerse sólo en el lugar en que se requieran, pues de otra manera se pierden recursos económicos y se producirán, inclusive, resultados que pueden ser contrarios” (Martínez y otros 2000).

“Las estructuras de drenaje más espectaculares en una vía terrestre son los puentes y las alcantarillas, responsables principales del drenaje transversal; es decir, del paso de grandes volúmenes de agua, arroyos, ríos, entre otros, a través de la obra, en una dirección perpendicular a ella. Suele llamarse a los puentes obras de drenaje mayor y a las alcantarillas de drenaje menor” (Martínez y otros 2000).

“No existe un modelo de deterioro que prediga la evolución de la rugosidad. Se determina a partir de: IRI inicial de construcción. Evolución de deterioros (fisuración, escalonamiento, etc.). Condiciones climáticas” (Calo, 2012).

Por la escorrentía se han dado deformaciones en pavimentos rígidos, es necesario que se tomen en cuenta procedimientos que se calculen matemáticamente, realizar ensayos de campo y rutas. Tomar en cuenta la capacidad de la subrasante, tipo y espesores de subbase.

III. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Se presenta a continuación los cuadros y las gráficas obtenidas en el trabajo de campo realizado por el investigador; las que se clasifican de la manera siguiente:

Del cuadro y gráfica del 1 a la 5, se refiere a la comprobación de la variable dependiente; en el cuadro y gráfica 6, se obtienen los datos para comprobar la variable independiente o causa principal.

Se hace la observación que con el cuadro y grafica 1 se comprueba la variable dependiente; y, con el cuadro y gráfica 6 se comprueba la variable independiente contenida en la hipótesis de trabajo formulada.

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

Cuadro 1

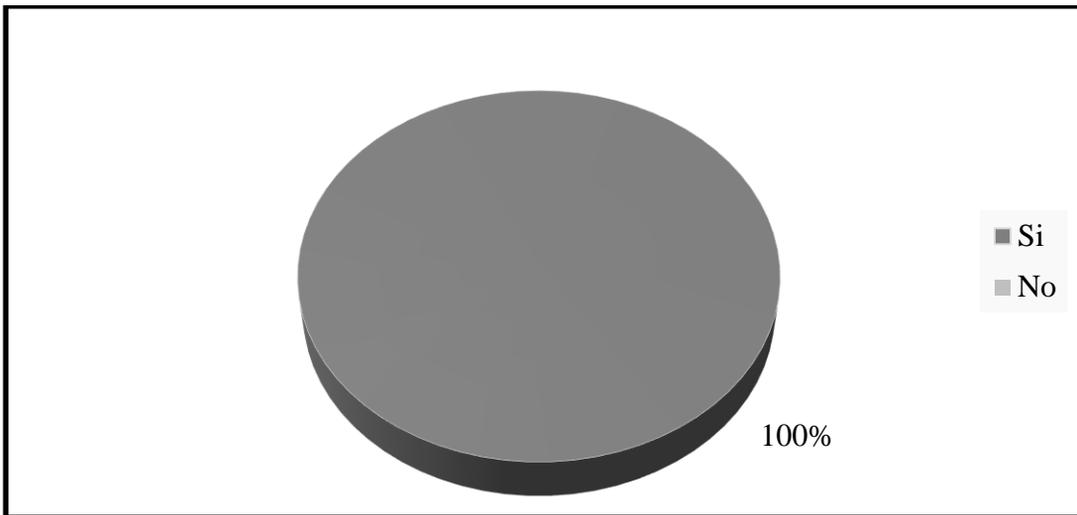
Aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	10	100
No	0	0
Totales	10	100

Fuente: Información obtenida del COCODE de vecinos de la colonia el Pedregal 2, zona 6 de Retalhuleu, que utilizan como acceso la 5ta calle de la zona 6. (10 personas).

Gráfica 1

Aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años.



Fuente: Información obtenida del COCODE de vecinos de la colonia el Pedregal 2, zona 6 de Retalhuleu, que utilizan como acceso la 5ta calle de la zona 6. (10 personas).

Análisis:

Se demuestra en el cuadro y gráfica anterior que el total (100%) de los encuestados considera que hay aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años. Con esto se comprueba la variable dependiente.

Cuadro 2

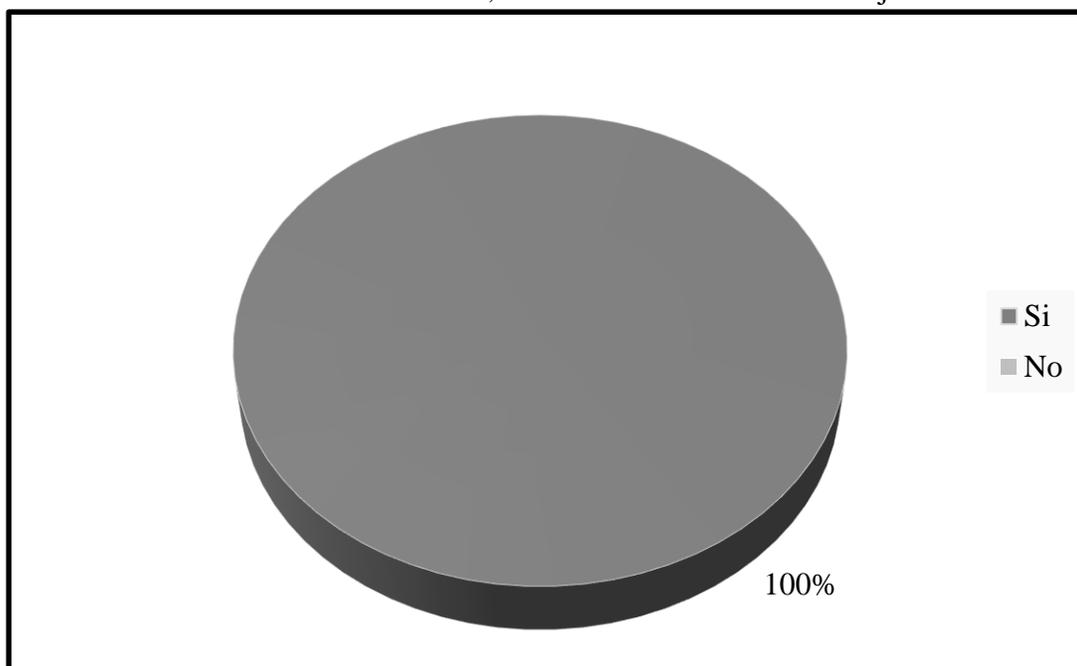
El aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años, se debe a un sistema de drenaje obsoleto.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	10	100
No	0	0
Totales	10	100

Fuente: Información obtenida del COCODE de vecinos de la colonia el Pedregal 2, zona 6 de Retalhuleu, que utilizan como acceso la 5ta calle de la zona 6. (10 personas).

Gráfica 2

El aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años, se debe a un sistema de drenaje obsoleto.



Fuente: Información obtenida del COCODE de vecinos de la colonia el Pedregal 2, zona 6 de Retalhuleu, que utilizan como acceso la 5ta calle de la zona 6. (10 personas).

Análisis:

Se determina en el cuadro y gráfica anterior, el total (100%) de los encuestados considera que el aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años, se debe a un sistema de drenaje obsoleto.

Cuadro 3

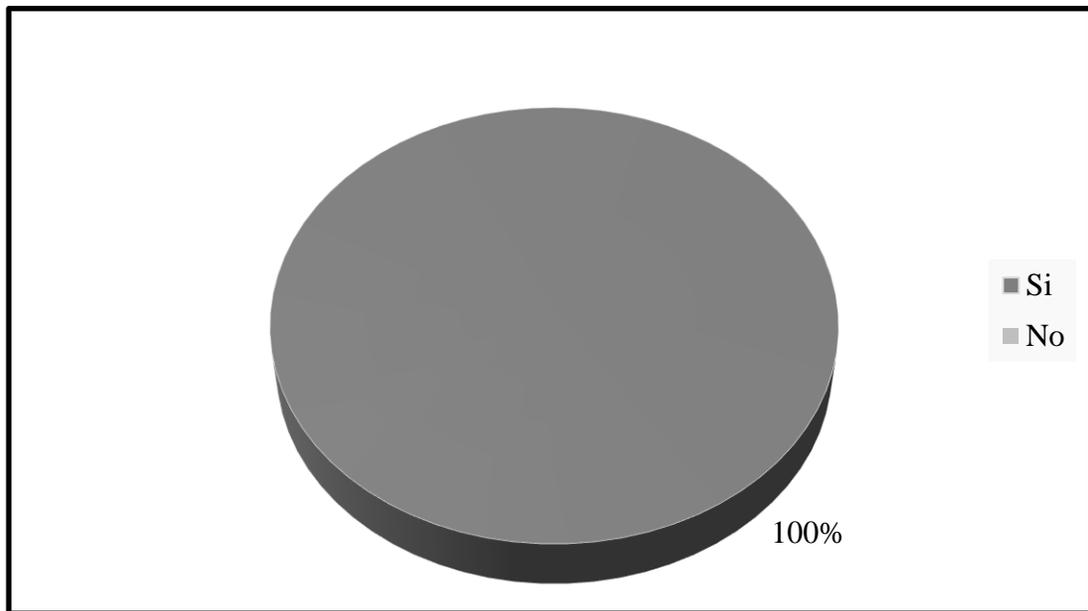
El aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años, se debe al aumento del deterioro de la vía.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	10	100
No	0	0
Totales	10	100

Fuente: Información obtenida del COCODE de vecinos de la colonia el Pedregal 2, zona 6 de Retalhuleu, que utilizan como acceso la 5ta calle de la zona 6. (10 personas).

Gráfica 3

El aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años, se debe al aumento del deterioro de la vía.



Fuente: Información obtenida del COCODE de vecinos de la colonia el Pedregal 2, zona 6 de Retalhuleu, que utilizan como acceso la 5ta calle de la zona 6. (10 personas).

Análisis:

Se determina en el cuadro y gráfica anterior que el total (100%) de los encuestados considera que el aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años, se debe al aumento del deterioro de la vía.

Cuadro 4

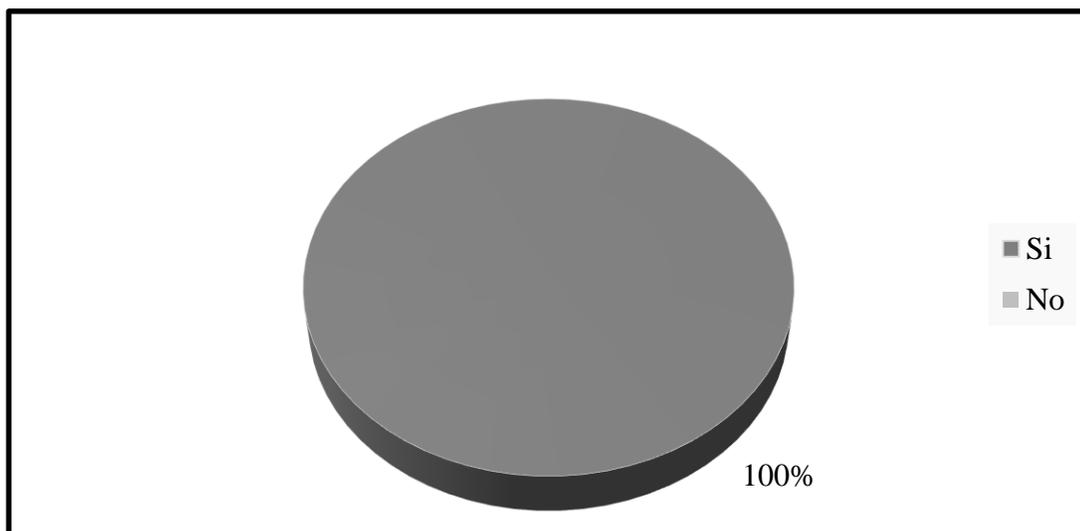
El aumento del número de personas afectadas, se debe a la deficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje de 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	10	100
No	0	0
Totales	10	100

Fuente: Información obtenida del COCODE de vecinos de la colonia el Pedregal 2, zona 6 de Retalhuleu, que utilizan como acceso la 5ta calle de la zona 6. (10 personas).

Gráfica 4

El aumento del número de personas afectadas, se debe a la deficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje de 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.



Fuente: Información obtenida del COCODE de vecinos de la colonia el Pedregal 2, zona 6 de Retalhuleu, que utilizan como acceso la 5ta calle de la zona 6. (10 personas).

Análisis:

Se determina en el cuadro y gráfica anterior, que el total (100%) de los encuestados considera que el aumento del número de personas afectadas, se debe a la deficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje de 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.

Cuadro 5

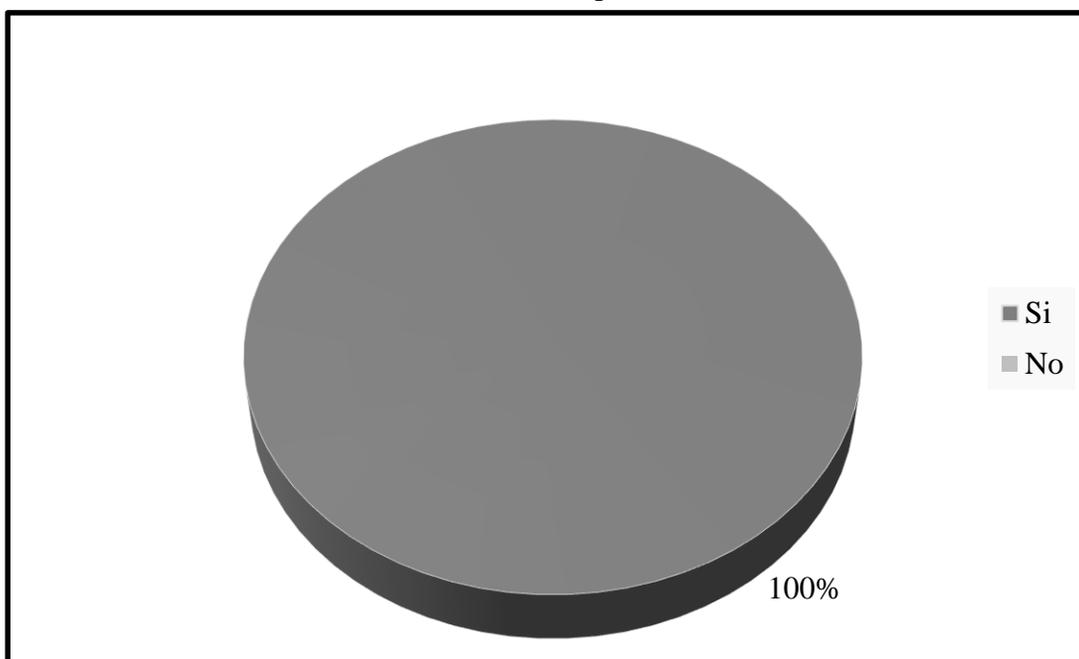
El aumento del número de personas afectadas, se debe a la inundación de la 5ta calle de la zona 6 en la época de invierno.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	10	100
No	0	0
Totales	10	100

Fuente: Información obtenida del COCODE de vecinos de la colonia el Pedregal 2, zona 6 de Retalhuleu, que utilizan como acceso la 5ta calle de la zona 6. (10 personas).

Gráfica 5

El aumento del número de personas afectadas, se debe a la inundación de la 5ta calle de la zona 6 en la época de invierno.



Fuente: Información obtenida del COCODE de vecinos de la colonia el Pedregal 2, zona 6 de Retalhuleu, que utilizan como acceso la 5ta calle de la zona 6. (10 personas).

Análisis:

Se determina en el cuadro y gráfica anterior que el total (100%) de los encuestados consideran que el aumento del número de personas afectadas, se debe a la inundación de la 5ta calle de la zona 6 en la época de invierno.

III.2. Cuadro y gráfica para la comprobación de la causa o variable independiente (X)

Cuadro 6

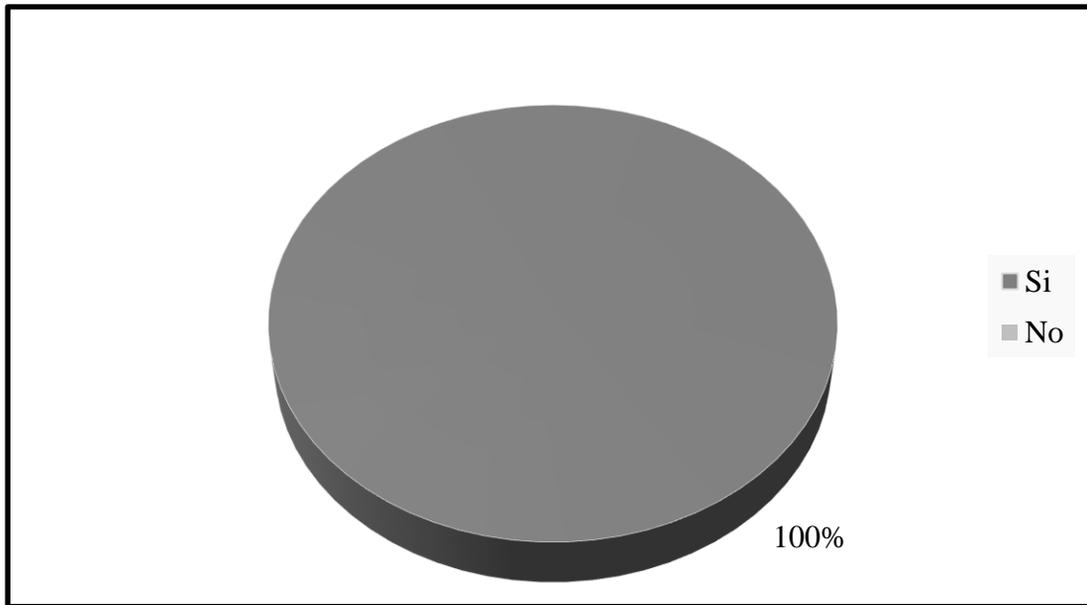
Falta un diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	8	100
No	0	0
Totales	8	100

Fuente: Información obtenida del personal de la Dirección Municipal de Planificación, Retalhuleu. (8 personas).

Gráfica 6

Falta un diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.



Fuente: Información obtenida del personal de la Dirección Municipal de Planificación, Retalhuleu. (8 personas).

Análisis:

Se determina en el cuadro y gráfica anteriores que el total (100%) de los encuestados considera falta un diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu, con esto se comprueba la variable independiente.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con la recopilación de datos y el debido análisis relacionado con la variable dependiente (efecto), variable independiente (causa) y la problemática que se desarrollaron en la presente investigación, se determinaron las siguientes conclusiones y recomendaciones.

IV. 1. Conclusiones

1. Se comprueba la hipótesis: “El aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años, por deficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje es debido, a la falta de diseño”.
2. Hay aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años.
3. El sistema de drenaje de aguas pluviales ineficiente en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu, ocasiona aumento del número de personas afectadas, en los últimos 5 años.
4. El aumento del deterioro de la vía de la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años, ocasiona aumento de número de personas afectadas.
5. El aumento del número de personas afectadas, se debe a la deficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje de 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.
6. El aumento del número de personas afectadas, se debe a la inundación de la 5ta calle de la zona 6 en la época de invierno.
7. Falta un diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.

IV.2. Recomendaciones

1. Aplicar la propuesta, Diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.
2. Aplicar la propuesta para disminuir el número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años.
3. Aplicar el diseño del drenaje en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu, para evitar que las personas sean afectadas por la inundación, durante la época de invierno.
4. Mejorar la evacuación de las aguas pluviales para evitar el deterioro de la vía para contribuir en la disminución del número de personas afectadas.
5. Disminuir el número de personas afectadas, aplica la propuesta para hacer eficiente la evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje de 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.
6. Evitar la inundación de la 5ta calle de la zona 6 en la época de invierno, para disminuir el número de personas afectadas si se aplica la propuesta.
7. Aplicar el diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu, propuesto.

BIBLIOGRAFÍA

1. AEP. (2018). Ambiente y espacio público. Recuperado el 01 de agosto de 2020, de Red pluvial: <https://www.buenosaires.gob.ar/ambienteyspaciopublico/espacio-publico/noticias/que-es-la-red-pluvial>
2. Alcantara, W. (2011). Análisis de factores que determinan la eficacia y eficiencia de los estudios de evaluación de impacto ambiental y diagnósticos ambientales en la costa sur de Guatemala. Recuperado el 29 de julio de 2021, de <http://postgrado.fausac.gt/wp-content/uploads/2016/09/Wilfredo-Miguel-Alc%C3%A1ntara-P%C3%A9rez.pdf>
3. Arévalo, W. (s.f.). Tabla de dosificación. Recuperado el 22 de agosto de 2020, de <https://docplayer.es/54549844-William-arevalo-alvarez-universidad-de-cartagena.html>
4. Arriaza, F. (septiembre de 2016). Factores que intervienen en la política de extensión ambiental en la carrera de Ingeniería en alimentos. Recuperado el 29 de julio de 2021
5. Aula Virtual Agua. (2014). Obtenido de Fuente: http://aulavirtual.usal.es/aula-virtual/demos/simulacion/modulos/curso/uni_03/images/u3c5s3f5.jpg
6. Bolinaga, J. (1979). Coeficientes de rugosidad de Manning. Recuperado el agosto de 2020, de <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/wp-content/uploads/2012/02/Coeficientes-de-Rugosidad-de-Manning.pdf>
7. Calo, D. (2012). Diseño de pavimentos rígidos. Recuperado el 06 de agosto de 2021, de <https://ficem.org/CIC-descargas/argentina/Diseno-de-pavimentos-rigidos.pdf>
8. CEA. (2013). Alcantarillado pluvial III. Recuperado el 03 de agosto de 2021, de

<https://www.ceaqueretaro.gob.mx/wp-content/uploads/2017/11/III-Alcantarillado-Pluvial-2013.pdf>

9. Chaves, O. (2020). El flujo en canales abiertos y su clasificación. Recuperado el 29 de julio de 2021, de <https://www.monografias.com/trabajos14/canales-abiert/canales-abiert.shtml>

10. Chesapeake. (2018). Escorrentías superficiales. Chile. Recuperado el 30 de julio de 2020, de <https://www.endemico.org/ciencia/los-invisibles-efectos-las-aguas-lluvias/>

11. Diccionario Español. (2020). Diccionario abierto y colaborativo. Recuperado el 29 de julio de 2020, de <https://www.significadode.org/fluvial%20y%20pluvial.htm>

12. ECURED. (2020). Aguas pluviales. Recuperado el 28 de julio de 2020, de https://www.ecured.cu/Agua_pluvial

13. Eurofins. (26 de enero de 2020). Recuperado el 29 de julio de 2021, de <https://envira.es/es/estudio-impacto-ambiental/>

14. FAO. (2019). Conducción del agua. Recuperado el 04 de agosto de 2020, de http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6708s/x6708s08.htm

15. Galindo, B. (2007). Diseño de la red de alcantarillado pluvial. Recuperado el 01 de agosto de 2021, de [file:///C:/Users/usuario/Downloads/tesis%20de%20drenajes%20pluviales%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/usuario/Downloads/tesis%20de%20drenajes%20pluviales%20(1).pdf)

16. Gallardo, P. (septiembre de 2018). Diseño de canales abiertos. Recuperado el 29 de julio de 2021, de <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/09/DISE%20C3%91O-CANALES-ABIERTOS.pdf>

17. GRUNDFOS. (2020). Aguas Pluviales. Recuperado el 26 de julio de 2020, de <https://mx.grundfos.com/service-support/encyclopedia-search/>

18. Hidrotec. (2020). Sistemas de alcantarillado. Recuperado el 04 de agosto de 2020, de <https://www.hidrotec.com/contacto/>
19. Huamani, Z. (2014). Evacuación de aguas pluviales.
20. Huamani, Z. (26 de julio de 2014). Evacuación de aguas pluviales. Recuperado el 29 de julio de 2021, de <https://es.scribd.com/presentation/235152019/Evacuacion-de-Aguas-Pluviales>
21. INAPA. (2000). Normas y guías de diseños de proyectos de abastecimiento de agua potable y saneamiento rural. República Dominicana.
22. INSIVUMEH. (2018). Curvas de intensidad, duración y frecuencia para la República de Guatemala. Recuperado el 01 de agosto de 2021, de [file:///C:/Users/usuario/Downloads/IDF%20Guatemala\[13642\]%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/usuario/Downloads/IDF%20Guatemala[13642]%20(1).pdf)
23. INSIVUMEH. (2020). Obtenido de http://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/ATLAS_HIDROMETEOROLOGICO/Atlas_Hidrologico/int20-30a.jpg
24. León, J. (2011). Evaluación del impacto ambiental en proyectos de desarrollo. Recuperado el 29 de julio de 2021, de <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CD001413.pdf>
25. Lirola, C. (junio de 20 de 2020). Redes de evacuación y saneamiento en viviendas unifamiliares. Recuperado el 31 de julio de 2020, de <https://www.autopromotores.com/evacuación-y-saneamiento/>
26. Loshepus. (2017). Análisis de cargas. Recuperado 31 de julio de 2021, de <https://concretusblog.files.wordpress.com/2017/06/capc3adtulo-2-anc3a1lisis-de-car-gas.pdf>
27. Martínez, A., Damián, S., & Aguirre, J. (2000). Impacto ambiental de proyectos carreteros. Recuperado el 06 de agosto de 2021, de <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt155.pdf>

28. Mieles, Y. (2019). Diseño de losa con el método directo. Recuperado el 01 de agosto de 2021, de https://www.researchgate.net/profile/Yordy-Mieles-Bravo/publication/338421457_METODO_DIRECTO_PARA_DISENO_DE_LOSAS/links/5e1407f14585159aa4b83df4/METODO-DIRECTO-PARA-DISENO-DE-LOSAS.pdf
29. Netjet. (2019). Tipos de drenajes. Recuperado el 01 de agosto de 2021, de <https://www.netjet.es/tipos-desague-caracteristicas/>
30. Novillo, C. (29 de julio de 2019). Qué es un estudio de impacto ambiental. Recuperado el 28 de julio de 2021, de <https://www.ecologiaverde.com/que-es-un-estudio-de-impacto-ambiental-2076.html>
31. Ortega, C. (2004). Diseño de alcantarillado sanitario. Recuperado el 02 de agosto de 2021, de http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/08/08_0067.pdf
32. Otek. (2004). Canales abiertos Vrs. conducciones en tuberías. Recuperado el 29 de julio de 2021, de <http://www.expoenergiahn.com/expoenergiahn.com/descargas/conferencias/CANALES%20ABIERTOS%20VS%20CONDUCCIONES%20EN%20TUBER%20C3%8DAS.pdf>
33. Pérez, G. (2018). Escorrentía superficial. Recuperado el 29 de julio de 2020, de ciclohídrológico.com
34. Pizarro, R. (2003). Curvas intensidad duración frecuencia. Recuperado el 29 de julio de 2021, de http://ctha.utralca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/manuales/b_modulo_IDF.pdf
35. Ponce, V. (2018). Drenajes. Recuperado el 04 de agosto de 2021, de http://ponce.sdsu.edu/drenaje_de_carreteras_c.html
36. RAS. (2000). Ministerio de Desarrollo Económico. Recuperado el 30 de julio de 2020, de Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico: <http://www.ingeniero>

ambiental.com/4014/titulod.colombia.pdf

37. Robin. (2014). Guía para elaborar estudios de impacto ambiental. Recuperado el 29 de julio de 2021, de http://www.earthgonomic.com/biblioteca/2014_Guia_para_Elaborar_Estudios_de_Impacto_Ambiental.pdf

38. Rodas, J. (2021). Método de fluencia y Método directo. Recuperado el 28 de julio de 2021, de <https://pdfcoffee.com/metodo-de-lineas-de-fluencia-5-pdf-free.html>

39. Rojas, M. (noviembre de 2003). Recuperado el 29 de julio de 2021, de Manual de evaluación de impacto ambiental: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1163_IN.pdf

40. Romero, A. (2017). Diseño de un drenaje. Colombia.

41. Rosales, S. (2005). Facultad de ingeniería. Guatemala: USAC.

42. Saavedra, G. (20 de enero de 2014). Recuperado el 29 de julio de 2021, de <https://es.slideshare.net/GershonSaavedra/sistemas-de-evacuacion>

43. Saavedra, G. (2014). Sistemas de evacuación de aguas pluviales. España.

44. Salazar, A. (s.f.). Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.

45. Seguí, P. (2017). Como se hace una evaluación de impacto ambiental. Recuperado el 28 de julio de 2021, de <https://ecosistemas.ovacen.com/evaluacion-impacto-ambiental/>

46. SIAPA. (2014). Lineamientos Técnicos para Factibilidades. Recuperado el 02 de agosto de 2020, de https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_3._alcantari_llado_pluvial.pdf

47. UNAM. (s.f.). Normatividad para el sistema de drenaje pluvial. Recuperado el 02 de agosto de 2020, de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle>

/132.248.52.100/483/A6.pdf?sequence=6

48. Universidad Cádiz. (2020). Tiempo de concentración. Recuperado el 30 de julio de 2021, de http://lab-hidrologia.uca.es/metodo_temez_modificado/index.php

49. USAL. (2003). Caudal de aguas de lluvia. Recuperado el 03 de agosto de 2021, de http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/simulacion/modulos/curso/uni_03/U3C5S3.htm#Anchor11

50. Valdivielso, A. (2021). ¿Que es un sistema de drenaje pluvial? Recuperado el 29 de julio de 2021, de <https://www.iagua.es/respuestas/sistema-drenaje-pluvial>

51. Vázquez, G. (2021). Características de la red de evacuación y saneamiento. Recuperado el 29 de julio de 2021, de https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/5869/mod_resource/content/1/Tema_evacuacion_y_saneamiento1.pdf

52. Zúñiga, H. (2009). Elaboremos un estudio de impacto ambiental. Recuperado el 28 de julio de 2021, de https://comunidad.udistrital.edu.co/hzuniga/files/2012/06/elaboremos_un_estudio_de_impacto_ambiental.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Modelo de investigación Dominó.

Problema	Propuesta	Evaluación
<p>1) Efecto o variable dependiente</p> <p>Aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años.</p>	<p>4) Objetivo general</p> <p>Disminuir el número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años.</p>	<p>15) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo general</p> <p>Indicadores: disminuir el número de personas afectadas por el deterioro de la vía por el desbordamiento de las aguas pluviales, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en un 85% en el primer año de ejecutado el proyecto.</p> <p>Verificadores: encuesta dirigida a personas afectadas en el ingreso de 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu</p> <p>Cooperantes: Municipalidad de Retalhuleu, Dirección Municipal de Proyectos, ayuda a alcanzar el objetivo.</p>
<p>2) Problema central</p> <p>Deficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje de 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.</p>	<p>5) Objetivo específico</p> <p>Lograr eficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje.</p>	<p>16) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo específico</p> <p>Indicadores: lograr eficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de</p>
<p>3) Causa principal o variable independiente</p> <p>Falta de diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de</p>	<p>6) Medio de solución</p> <p>Propuesta de diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.</p>	<p>16) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo específico</p> <p>Indicadores: lograr eficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de</p>

Retalhuleu, Retalhuleu.		drenaje, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en un 85% en el primer año de ejecutado el proyecto.
7) Hipótesis “El aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años, por deficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenajes es debido, a la falta de diseño de drenaje”	12) Resultados o productos - Se cuenta con una Unidad Ejecutora. - Se cuenta con una Propuesta de diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu. - Programa de sensibilización y capacitación	Verificadores: encuesta dirigida a personas afectadas en el ingreso de 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu Cooperantes: Municipalidad de Retalhuleu, Dirección Municipal de Proyectos, ayuda a alcanzar el objetivo.
8) Preguntas clave y comprobación del efecto 1. ¿Considera que existe aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años? Sí _____ No _____ ¿Por qué? _____ 2. ¿Considera que el aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu,	13) Ajustes de costos y tiempo N/A NO APLICA A LICENCIATURAS.	

Retalhuleu en los últimos 5 años, se debe a un sistema de drenaje obsoleto?

Sí _____ No _____

¿Por qué? _____

3. ¿Considera que el aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años, se debe al aumento del deterioro de la vía?

Sí _____ No _____

¿Por qué? _____

9) Preguntas clave y comprobación de la causa principal

1. ¿Considera que falta un diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu?

Sí _____ No _____

¿Por qué? _____

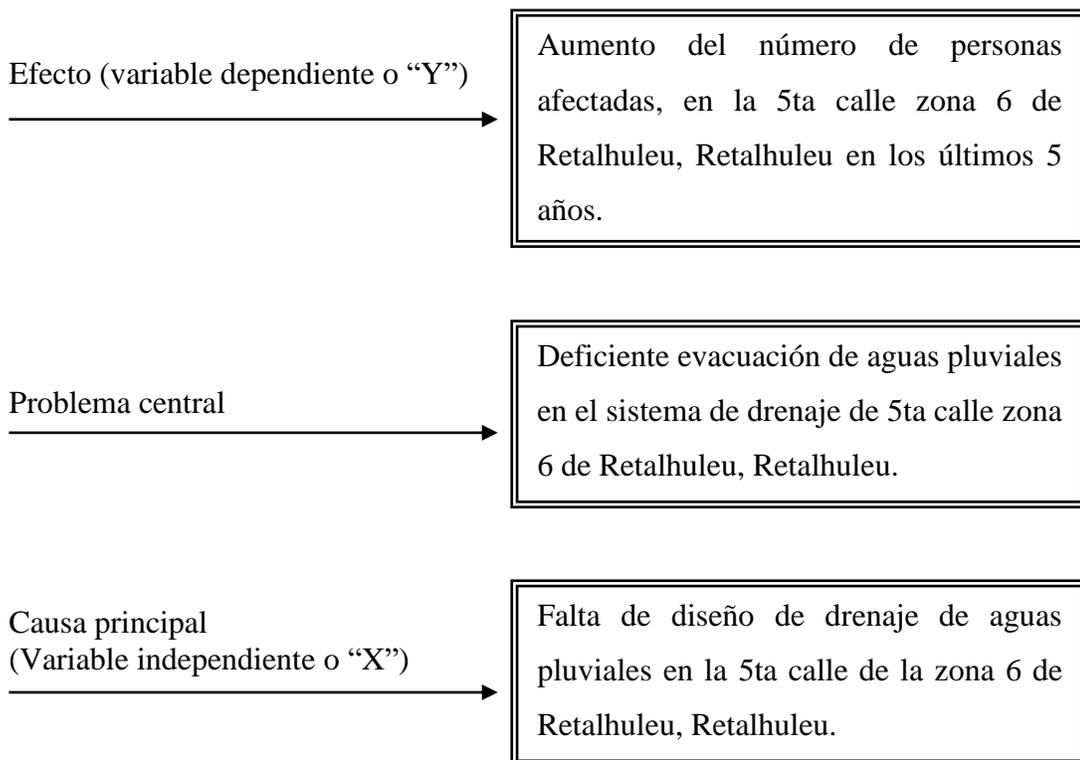
<p>10) Temas de marco teórico</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aguas pluviales. 2. Evacuación de aguas pluviales. 3. Drenajes o canales pluviales. 4. Deterioro de vías pavimentadas por aguas pluviales 	<p>14) Anotaciones, aclaraciones y advertencias</p>
<p>11) Justificación</p> <p>El investigador debe de evidenciar con proyección estadística y matemática, el comportamiento del efecto identificado en el árbol de problemas. El efecto es el aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años, el investigador determinará con su correlación y proyección el efecto que esto tendrá en los próximos cinco años.</p>	

Anexo 2. Árbol de problemas, hipótesis y árbol de objetivos

2.1. Árbol de problemas e hipótesis

De acuerdo con la investigación realizada en el área de influencia, sobre la problemática y con la ayuda del Método Científico y del Marco Lógico fue posible identificar el siguiente problema, así como causa y efecto.

Tópico: Evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje.



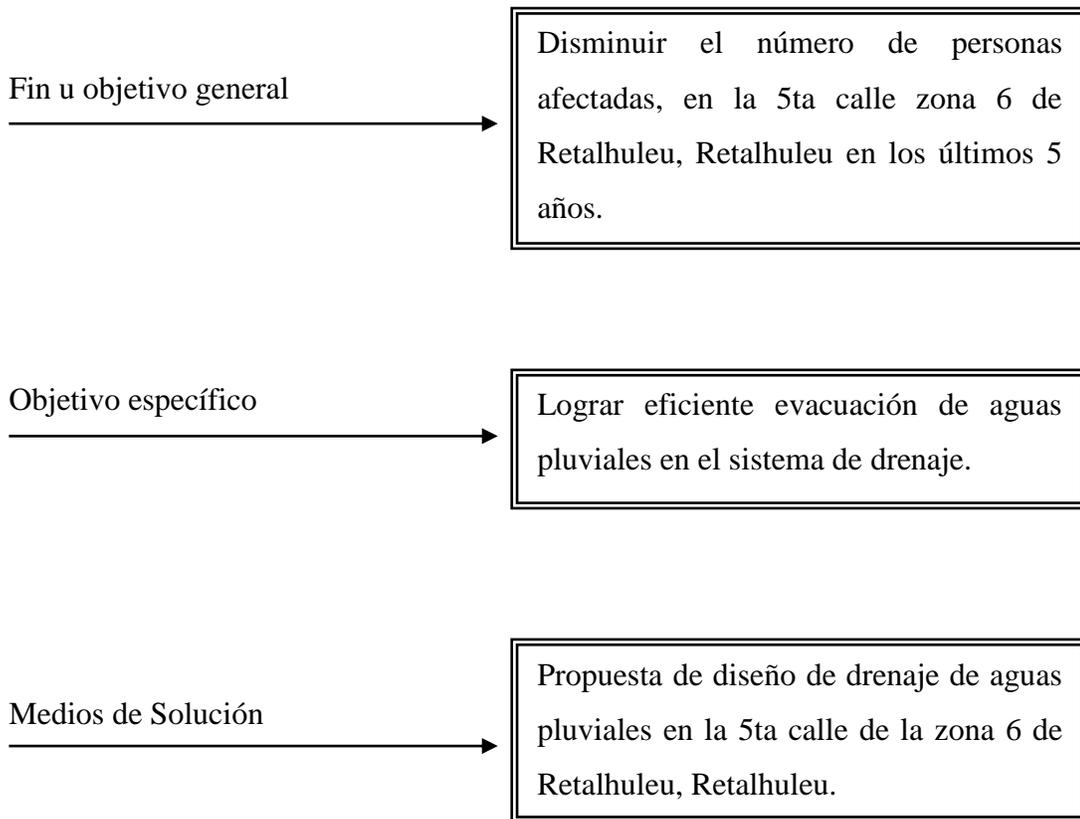
Hipótesis de trabajo:

“El aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años, por deficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje debido a la falta de un diseño”

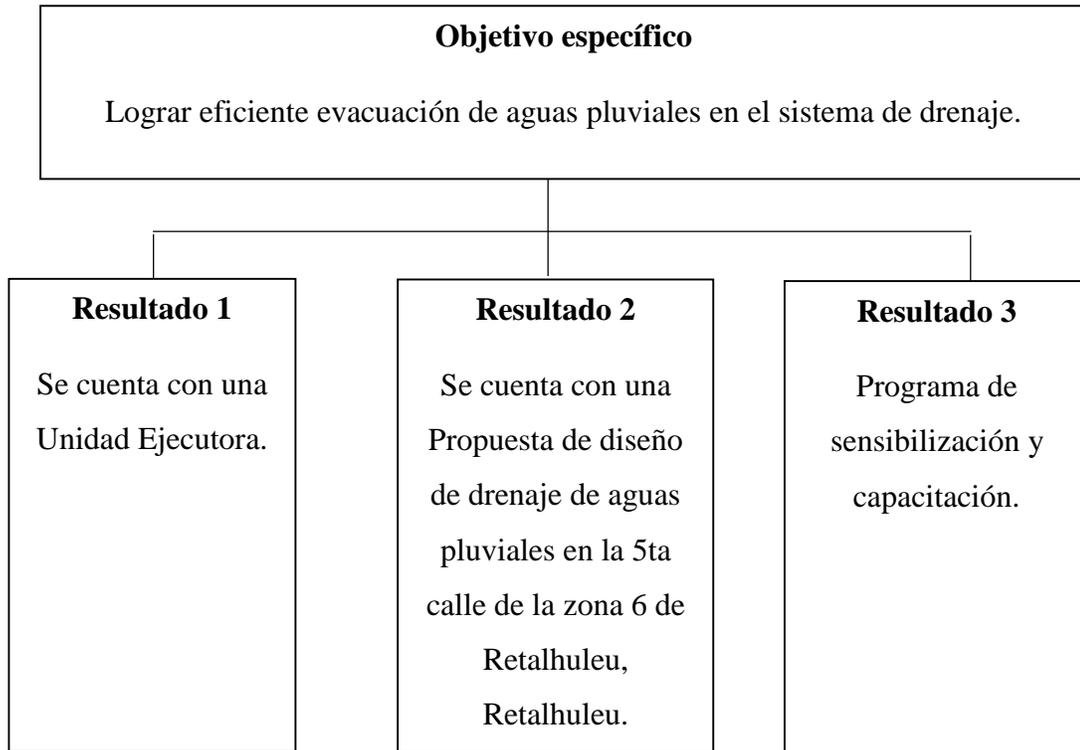
¿Es la falta de diseño de drenaje de aguas pluviales y la deficiente evacuación de las mismas, las causas del aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años?

2.2. Árbol de objetivos

De acuerdo con la problemática, causa y efecto planteados en el árbol de problemas, fue posible la determinación y diagramación de los objetivos del trabajo de graduación



Anexo 3. Diagrama del medio de solución



Anexo 4. Boleta de investigación para comprobación del efecto general

Universidad Rural de Guatemala

Boleta de Investigación

Variable Dependiente

Objetivo: Esta boleta tiene por objeto comprobar la variable dependiente: Aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años.

Esta boleta está dirigida a nivel comunitario, COCODE de vecinos de la colonia el pedregal II, zona 6 de Retalhuleu, que utilizan como acceso la 5ta calle de la zona 6. (10 personas)

Instrucciones: A continuación, se les presentan varias preguntas a los que les deben responder y marcar con una “x” la respuesta que considere correcta.

1. ¿Considera que existe aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años?

Sí _____ No _____

2. ¿Considera que el aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años, se debe a un sistema de drenaje obsoleto?

Sí _____ No _____

3. ¿Considera que el aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años, se debe al aumento del deterioro de la vía?

Sí _____ No _____

4. ¿Considera que el aumento del número de personas afectadas, se debe a la deficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje de 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu?

Sí _____ No _____

5. ¿Considera que el aumento del número de personas afectadas, se debe a la inundación de la 5ta calle de la zona 6 en la época de invierno?

Sí _____ No _____

Observaciones: _____

Lugar y fecha: _____

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

Universidad Rural de Guatemala

Boleta de Investigación

Variable independiente

Objetivo: Esta boleta tiene por objeto comprobar la variable independiente: Falta de diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.

Esta boleta de censo, está dirigida a: Personal de Dirección Municipal de Planificación (8 personas).

Instrucciones: A continuación, se les presentan varias preguntas a los que les deben responder y marcar con una “x” la respuesta que considere correcta.

1. ¿Considera que falta un diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu?

Sí _____ No _____

Observaciones: _____

Lugar y fecha: _____

Anexo 6. Anexo Metodológico comentado sobre el cálculo de la muestra

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Anexo metodológico

En la investigación no se utilizó muestra, se le pasaron las boletas a la población total, es decir se realizó la técnica del censo, como metodología de recolección de datos.

Para comprobar la variable independiente, las boletas fueron dirigidas a 8 colaboradores de la Dirección Municipal de Planificación -DMP-, Retalhuleu, Retalhuleu. Se realizó el censo, por la cantidad de personal que hay en la DMP. A través de esta técnica se obtuvo información sobre la variable independiente “Falta de diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu”.

Para la comprobación de la variable dependiente “Aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años”, fue necesario realizar un censo, a la totalidad de integrantes del Órgano de Coordinación del COCODE del Pedregal II, zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu. Se aplicó la boleta a 10 integrantes.

Anexo 7. Anexo metodológico comentado sobre el cálculo del coeficiente de correlación

Este coeficiente es un indicador estadístico que 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 0.920771163, 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 $\geq + - 0.80$ a $\leq + - 1$.

A continuación, se presenta los cálculos y fórmulas utilizadas para obtener dicho coeficiente.

Cálculo de coeficiente de correlación

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

Año	X (años)	Y (Efecto)Aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años.	XY	X ²	Y ²
2015	1	1060	1060	1	1123600.00
2016	2	1335	2670	4	1782225.00
2017	3	1450	4350	9	2102500.00
2018	4	1500	6000	16	2250000.00
2019	5	1540	7700	25	2371600.00
Totales	15	6885	21780	55	9629925.00

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	21780
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	9629925.00
$\sum Y=$	6885
$n\sum XY=$	108900
$\sum X*\sum Y=$	103275
NUMERADOR	5625

$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum Y^2=$	48149625.00
$(\sum Y)^2=$	47403225.00
$n\sum X^2-(\sum X)^2=$	50
$n\sum Y^2-(\sum Y)^2=$	746400
$(n\sum X^2-(\sum X)^2)*$	37320000.00
Denominador:	6109.00974
r=	0.920771163

FORMULA:

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

Análisis:

Al realizar el cálculo matemático estadístico se determinó un coeficiente de correlación equivalente a 0.92077, este dato es estadísticamente aceptable por lo que se puede realizar una proyección. Se estudió el número de personas afectadas en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años, por falta de diseño de drenaje de aguas pluviales.

Anexo 8. Anexo metodológico de la proyección lineal

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

Previo a ello se procedió determinar el comportamiento de la variable tiempo respecto a 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 $\geq + - 0.80$ a $\leq + - 1$; cuyo cálculo es parte integrante de este documento.

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

Proyección lineal

Ecuación de la línea recta $y= a + bx$

AÑO	X (años)	Y (Efecto)Aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años.	XY	X ²	Y ²
2015	1	1060	1060	1	1123600.00
2016	2	1335	2670	4	1782225.00
2017	3	1450	4350	9	2102500.00
2018	4	1500	6000	16	2250000.00
2019	5	1540	7700	25	2371600.00
Totales	15	6885	21780	55	9629925.00

n= 5
 $\sum X=$ 15
 $\sum XY=$ 21780
 $\sum X^2=$ 55
 $\sum Y^2=$ 9629925.00
 $\sum Y=$ 6885
 $n\sum XY=$ 108900
 $\sum X*\sum Y=$ 103275
 NUMERADOR 5625
 Denominador de b:
 $n\sum X^2=$ 275
 $(\sum X)^2=$ 225
 $n\sum X^2 - (\sum X)^2 =$ 50
 b= 112.5
 Numerador de a:
 $\sum Y=$ 6885
 $b * \sum X=$ 1687.5
 Numerador de
 a: 5197.5
 a= 1039.5

FORMULAS:

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

FORMULAS:

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

ECUACION DE LA RECTA Y= a+(b*x)

Y=	a	+	(b * X)
Y=	1039.5	+	112.5 X
Y=	1039.5	+	112.5 6
Y=	1714.5		

ECUACION DE LA RECTA Y= a+(b*x)

Y=	a	+	(b * X)
Y=	1039.5	+	112.5 X
Y=	1039.5	+	112.5 7
Y=	1827		

ECUACION DE LA RECTA Y= a+(b*x)

Y=	a	+	(b * X)
Y=	1039.5	+	112.5 X
Y=	1039.5	+	112.5 8
Y=	1939.5		

ECUACION DE LA RECTA Y= a+(b*x)

Y=	a	+	(b * X)
Y=	1039.5	+	112.5 X
Y=	1039.5	+	112.5 9
Y=	2052		

ECUACION DE LA RECTA Y= a+(b*x)

Y=	a	+	(b * X)
Y=	1039.5	+	112.5 X
Y=	1039.5	+	112.5 10
Y=	2164.5		

Años	Y (Efecto) Aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años.
2020	1715
2021	1827
2022	1940
2023	2052
2024	2165



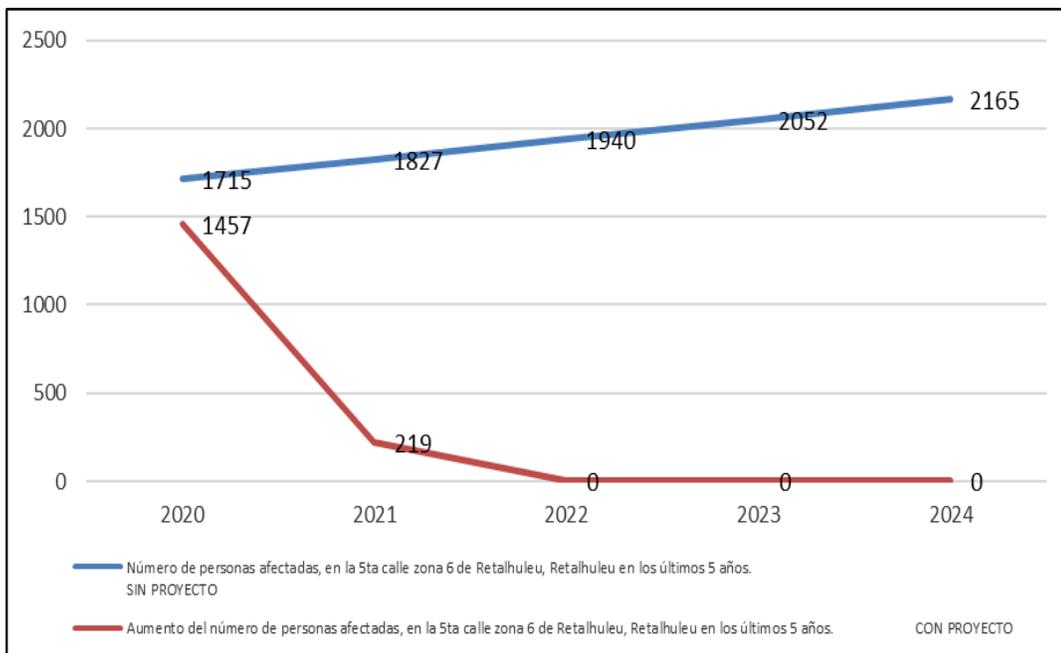
DISMINUYE

Cálculo de proyección de la línea recta con Proyecto.		
2020	1715	1457
2021	1827	219
2022	1940	0
2023	2052	0
2024	2165	0

Y(2020)= Y(2019)-15%	
Y(2020)= 1540 - 85% =	1457
Y(2021)= Y(2020)-100%	
Y(2021)= 1715 - 100% =	219
Y(2022)= Y(2021)-100%	
Y(2022)= 1827 - 100% =	0
Y(2023)= Y(2022)-100%	
Y(2023)= 1940 - 100% =	0
Y(2024)= Y(2023)-100%	
Y(2024)= 2052 - 100% =	0

Analisis comparativo con y sin proyecto

Años	Número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años. SIN PROYECTO	Aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años. CON PROYECTO	Diferencial
2020	1715	1372	343
2021	1827	1097	730
2022	1940	878	1062
2023	2052	702	1350
2024	2165	562	1603
Sumatoria			5087



Fuente: Reyes, H. julio de 2020.

Herberc Hernán Reyes Escobar

TOMO II

PROPUESTA DE DISEÑO DE DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES EN
LA 5TA CALLE DE LA ZONA 6 DE RETALHULEU, RETALHULEU.



Asesor General Metodológico:

MSc. Daniel Humberto González Pereira

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, octubre de 2021

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

Prólogo

Esta investigación es un requisito previo para optar al título universitario de Ingeniería Civil con Énfasis en Construcciones Rurales, en el grado académico de Licenciado, de conformidad con los estatutos de la Universidad Rural de Guatemala. Se optó por buscar una solución a una problemática que afecta la mayor parte de zonas residenciales del territorio nacional, tomando en cuenta el crecimiento poblacional, y observando en la época de lluvias, se detectó la deficiente evacuación de aguas pluviales.

El estudio: Propuesta de diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu, se llevó a cabo para proponer las posibles soluciones a la problemática en el lugar, Se desarrolló un diseño económico y viable para dar la solución al problema, se consideró costos para no impactar negativamente la viabilidad del proyecto.

Esta investigación tiene como finalidad brindar una opción que ayude a la evacuación de aguas pluviales en la 5ta. calle de la zona 6, que afecta directamente a los vecinos, así también, ser útil a futuros estudiantes de Ingeniería Civil de diferentes universidades del país como fuente de consulta, con los resultados obtenidos de la investigación y que puedan aplicarse en diferentes proyectos con fines similares a los que se realizan en este estudio.

Con el fin de solucionar la problemática planteada se presenta como aporte a dicha solución, tres resultados que son:

Se cuenta con una Unidad Ejecutora. Se cuenta con una Propuesta de diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu. Programa de sensibilización y capacitación.

Estos resultados permitirán lograr una mejor evacuación de aguas pluviales, disminuirá el daño por erosión al pavimento rígido y el número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años.

Presentación

El presente trabajo tiene como finalidad brindar una solución económica y viable a una problemática que afecta directamente una población, debido a que la vía de acceso se ve obstruida por exceso de escorrentía pluvial durante la época de lluvias.

El estudio de esta investigación: Propuesta de diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu, fue realizada durante los meses de marzo a agosto del año dos mil veinte, como requisito previo a optar el título universitario de Ingeniero Civil con Énfasis en Construcciones Rurales, en el grado académico de Licenciado, de conformidad con los estatutos de la Universidad Rural de Guatemala.

Observando y evaluando las condiciones actuales se determinó que el problema central es: Deficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje de 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu, lo que ocasiona deterioro del pavimento rígido, dificultad de acceso en época de lluvias y como consecuencia el aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años.

En las épocas de lluvias, la calle se ve afectada debido que las escorrentías del agua pluvial utilizan la vía principal como cauce hacia los drenajes naturales de la zona.

De la investigación surgió una propuesta para solucionar el problema, formada por tres resultados que son:

- a) Se cuenta con una Unidad Ejecutora.
- b) Se cuenta con una Propuesta de diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.
- c) Programa de sensibilización y capacitación.

Índice

No.	Contenido	Página
I.	RESUMEN.....	01
II.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	08
II.1	Conclusión.....	08
II.2	Recomendación.....	08
	ANEXOS	

I. RESUMEN

Se optó al estudio de Propuesta de diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu. La problemática identificada es la deficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje.

Los resultados del presente estudio pueden aplicarse en otros espacios con la misma problemática. También puede utilizarse como consulta académica de estudiantes de Ingeniería Civil de las diferentes universidades del país. Así mismo sirve para que los estudiantes apliquen los conocimientos adquiridos durante su carrera profesional.

El estudio fue realizado durante los meses de marzo a agosto del año dos mil veinte.

Al terminar el trabajo de graduación, se comprobó la hipótesis: “El aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años, por deficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenajes es debido, a la falta de diseño de drenaje”.

La propuesta la conforman tres resultados que son los siguientes:

Resultado uno: Se cuenta con una Unidad Ejecutora.

Resultado dos: Se cuenta con una Propuesta de diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.

Resultado tres: Programa de sensibilización y capacitación.

Para el año 2020 se ha logrado determinar que siempre existirá aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu, si no se aplica la propuesta, esto porque la evacuación de aguas pluviales no es la adecuada, debido a que no existe un diseño de drenajes.

El problema principal de la investigación: deficiente evacuación de aguas pluviales

en el sistema de drenaje de 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu, el efecto es aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años y su causa principal es falta de diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.

Al resolver el problema con esta propuesta, se disminuirá el número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu, no sufrirán de inundaciones, se restaurará el flujo natural de la corriente urbana, entre otros beneficios hidrológicos, paisajísticos, ambientales, sociales, urbanos y económicos que obtendrán.

La hipótesis es: “El aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años, por deficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje debido a la falta de un diseño”.

Tiene como objetivos de la siguiente investigación:

Objetivo General: Disminuir el número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años.

Objetivo específico: Lograr eficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje.

La investigación se justifica porque, refleja la necesidad de establecer soluciones sobre el aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años.

La presente investigación se basó en fuentes de información primaria que ofrecen datos fidedignos; así mismo de fuentes secundarias y otras fuentes constituyentes, se desarrolló el trabajo de campo con las personas involucradas, Órgano de Coordinación del Consejo Comunitario de Desarrollo -COCODE- del Pedregal II, personal de la Dirección Municipal de Planificación de Retalhuleu, sin dejar de tomar en cuenta los

documentos bibliográficos existente sobre el tema.

Como aproximación y solución del problema expuesto, se hace necesario realizar un Diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu. Si se aplica la propuesta se disminuirá el número de personas afectadas. Por lo contrario, si no se aplica la propuesta aumentará el número de personas afectadas por no existir un diseño de drenaje de aguas pluviales

La metodología utilizada reunió un conjunto de métodos y técnicas para la obtención de resultados y la comprobación de las variables dependiente e independiente, así como la formulación y comprobación de la hipótesis.

Para poder comprobar la hipótesis planteada: “El aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años, por deficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje debido a la falta de un diseño”, se realizó la siguiente metodología:

Los métodos utilizados en la formulación de la hipótesis fueron: El Método Deductivo y el Método del Marco Lógico. El primero se utilizó para identificar la problemática, que inicia con la observación y de esta manera definir la investigación planteada, por lo que fue necesario visitar la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.

El Método del Marco Lógico o la Estructura Lógica, sirvió para la estructura y elaboración de los árboles de problemas y objetivos, para establecer los resultados deseados y esperados dentro de la investigación.

Los métodos utilizados para la comprobación de la hipótesis fueron los siguientes: Inductivo, de Síntesis y Estadístico.

Las técnicas empleadas en la formulación y comprobación de la hipótesis fueron las siguientes: Lluvia de ideas, Observación Directa, Investigación Documental, Cuestionario, Entrevista. Cuestionario, Encuesta, Censo, Análisis, Coeficiente de

correlación y Ecuación de la línea recta.

El informe está integrado de la siguiente forma: Presentación y Prólogo. Luego los siguientes capítulos:

I. Compuesto por: Introducción, planteamiento del problema, hipótesis, objetivo general y objetivos específicos, justificación, metodología conformada por métodos y técnicas tanto para la formulación como para la comprobación de la hipótesis.

II. Compuesto por: Marco teórico, que comprende aspectos conceptuales formados por aspectos doctrinarios.

III. Compuesto por: Comprobación de la hipótesis. Formado por cuadros y gráficas de los resultados obtenidos de las encuestas relacionados a la variable dependiente “Y” e independiente “X”, con su respectivo análisis.

IV. Compuesto por: Conclusiones y recomendaciones, luego bibliografía y anexos principales.

Los anexos son:

Anexo 1. Modelo de investigación Dominó

Este anexo incluye un orden lógico para la identificación del problema, efecto (variable o dependiente Y) la causa (variable independiente “X”) y propuesta de solución.

Se agrega la hipótesis planteada, preguntas clave con relación al efecto y la causa. Se incluyen los objetivos: general y específicos, nombre de la propuesta, justificación, indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo general y del objetivo específico.

Anexo 2. Árbol de problemas, hipótesis y árbol de objetivos

El diagrama del problema, el efecto (variable o dependiente Y) la causa (variable

independiente “X”) y propuesta de solución. Así como la hipótesis identificada u objetivo de la investigación con el diagnóstico esquematizado para su posterior comprobación.

2.2. Árbol de objetivos

El cual plasma el diagrama de los objetivos de trabajo de acuerdo con la problemática causa y efecto incluidos en el árbol de problemas. Estos son el objetivo general, el objetivo específico y el medio de solución o nombre del trabajo.

Anexo 3. Diagrama del medio de solución

El que corresponde al objetivo específico “Lograr eficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje” esquematizado en tres resultados, que serán desarrollados en su orden.

Anexo 4. Boleta de investigación para comprobación del efecto general

Variable dependiente “Y”: “Aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años”. Aplicada a 10 miembros del Órgano de Coordinación del COCODE del Pedregal II, zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu de mediante un censo. Su objetivo es identificar el número de personas afectadas.

Anexo 5. Boleta de investigación para comprobación de la causa

Variable independiente “X”: “Falta de diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu”. Aplicada a 8 colaboradores de la Dirección Municipal de Planificación de Retalhuleu, Retalhuleu, mediante un censo.

Su objetivo es determinar la importancia de un diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.

Anexo 6. Metodológico comentado sobre el cálculo de muestra

Los sujetos de esta investigación y estudio son 10 miembros del Órgano de Coordinación del COCODE del Pedregal II, zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu de mediante un censo y 8 colaboradores de la Dirección Municipal de Planificación de Retalhuleu, Retalhuleu, mediante un censo.

Anexo 7. Anexo metodológico comentado sobre el cálculo de coeficiente de correlación

Indicador estadístico que indica el grado de correlación de dos variables; es decir el comportamiento gráfico de las mismas, para trazar la ruta y proyectar dichas variables. El Coeficiente de correlación debe oscilar de $\geq + - 0.80$ a $\leq + - 1$.

Anexo 8. Anexo metodológico de proyección lineal

Para proyectar el impacto que genera la problemática estudiada, se utilizó la proyección lineal del fenómeno estudiado. Es importante destacar que para que se considere el comportamiento lineal de dos variables el coeficiente de correlación debe oscilar de $\geq + - 0.80$ a $\leq + - 1$.

Propuesta de solución

La propuesta pretende que en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu se logre eficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje a través de un diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu, desarrollado en tres resultados.

1) Se cuenta con una Unidad Ejecutora

La unidad ejecutora será el Instituto de Fomento Municipal -INFOM-, para el financiamiento de la propuesta en la construcción de cunetas, como parte del diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.

2) Se cuenta con una Propuesta de diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.

El área fue calculada a través de la delimitación de la microcuenca con ayuda de los programas *Google Earth*, *Global Mapper* y *Civil 3D (AutoDesk)*, se obtiene un área de 40 Ha.

Consiste en la construcción de dos cunetas con una longitud de 6 m que tendrá dimensiones internas de 0.30 m por 0.30 m, con una rejilla superior que permitirá el ingreso de agua pluvial y a la vez funcionará como base de rodamientos para los automotores que transitan la vía.

La construcción de la misma se realizará por fases, se deberá proveer el tiempo requerido al concreto para su fraguado e instalación de la rejilla de tal manera que no afecte el tránsito y acceso a los vecinos que utilizan la calle, las tareas serán realizadas donde se obstruya únicamente un sentido de vía a la vez, la cual debe ser liberada al ser concluida la fase de construcción.

2) Programa de sensibilización y capacitación

Se realiza un programa de sensibilización y capacitación, para los colaboradores del INFOM de Retalhuleu para que realicen la propuesta del diseño de la cuneta transversal para lograr la eficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje de 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.

II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

II.1. Conclusión

Se comprueba la hipótesis: El aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años, por deficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenajes es debido, a la falta de diseño de drenaje.

II.2. Recomendación

Implementar la Propuesta de diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.

ANEXOS

Anexo 1. Descripción general de la propuesta

1. Introducción

El problema de investigación que se identificó hace referencia a la deficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje de 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu. Lo anterior tiene como efecto aumento del número de personas afectadas, en los últimos 5 años. La causa es falta de diseño de drenaje de aguas pluviales.

Se ha logrado determinar que existirá aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu, afecta directamente el estado físico de la calle (deterioro prematuro del pavimento rígido), esto dificulta el ingreso o salida durante las lluvias e Impacto negativo en el valor de los inmuebles, si no se aplica la propuesta.

La hipótesis de trabajo se comprobó: “El aumento del número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años, por deficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenajes es debido, a la falta de diseño de drenaje”.

El objetivo general es: Disminuir el número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años.

El objetivo específico es: Lograr eficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje.

El medio de solución está formado por tres resultados que son:

<p>Resultado :1</p> <p>Se cuenta con una Unidad Ejecutora.</p>
<p>Resultado 2:</p> <p>Se cuenta con un Diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.</p>
<p>Resultado 3:</p> <p>Programa de sensibilización y capacitación.</p>

1.1. Descripción de resultados

La propuesta pretende que la Municipalidad de Retalhuleu, Retalhuleu, a través de la Dirección Municipal de Planificación, por medio de un diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu, logre disminuir el número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.

La propuesta está integrada por tres resultados, cada uno de ellos compuesto por actividades, que permitirán solucionar la problemática.

Los resultados se desarrollan a continuación:

Resultado 1. Se cuenta con una Unidad Ejecutora

Ante la necesidad que exista una unidad encargada para el cumplimiento del resultado 1, se realizan cuatro actividades, descritas a continuación:

Entrevista a miembros del Órgano de Coordinación del COCODE

Se realizó entrevista a integrantes del Órgano de Coordinación del COCODE del Pedregal II zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu, por ser las personas afectadas por la deficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje de 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.

La entrevista permitió conocer las opiniones de las personas afectadas, tras un

recorrido participativo en la 5ta calle. Los afectados manifiestan que es necesario realizar un diseño de drenaje, porque en tiempo de invierno se ven afectados en la movilización urbana.

Además del devalúo de las propiedades por estar en una zona con infraestructura dañada. Acarrea muchas consecuencias el continuar con el actual drenaje, pues también se pone en riesgo la salud de los habitantes.

Acuerdos con la Dirección Municipal de Planificación

Fue fundamental conocer las opiniones de los colaboradores que laboran en la Municipalidad de Retalhuleu, específicamente en la Dirección Municipal de Planificación, tener un panorama de las funciones que realizan y determinar la importancia de la propuesta, para la población.

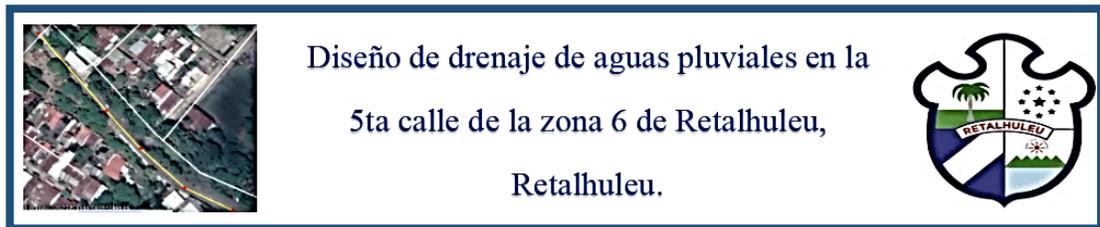
Los colaboradores están en la disposición de apoyar con la propuesta. Se llegan a acuerdos para tener un acercamiento al área y ser partícipes en el presupuesto con el apoyo de INFOM, para llevar a cabo la propuesta de diseño del drenaje.

Unidad ejecutora “INFOM”

La Unidad ejecutora será el INFOM de Retalhuleu, Retalhuleu, es una unidad ejecutora que dará acompañamiento técnico y financiero a la municipalidad, para que el diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu, sea ejecutado.

De acuerdo con INFOM (2020), es un Instituto que asiste en la planificación y financiamiento de obras destinadas a mejorar la prestación de servicios públicos municipales y 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, asisten financieramente con el fin de evitar que se interrumpa el ritmo de los servicios municipales o de las obras emprendidas por las municipalidades.

Resultado 2. Se cuenta con una Propuesta de diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.



1. Objetivo

Lograr eficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje de 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.

2. Alcance

- Beneficiar a los habitantes de Colonia Pedregal II y a quienes transitan por el lugar.
- Que sirva de guía para otros proyectos de infraestructura en el municipio.

3. Base legal

Artículo 95, Reformado, del Código Municipal, Dirección Municipal de Planificación, encargada de velar por los planes, programas y proyectos municipales.

Plan de desarrollo municipal

En el Eje de desarrollo 3 Ordenamiento Territorial y desarrollo turístico, establece para el año 2025 ordenar la ciudad de Retalhuleu y aprovechar el espacio. Mejorar los accesos a la ciudad y ofrecer un ambiente agradable y de respeto al turista.

4. Justificación

Colonia el Pedregal II, pertenece a la región 9 urbano sur del municipio de Retalhuleu, departamento Retalhuleu, está ubicada en una región importante para el paso del

comercio, pues es parte de la cabecera departamental. Esta colonia se ve afectada por la infraestructura del tramo en mal estado, por las escorrentías urbanas, debido a que no existe un diseño para una eficiente evacuación de aguas pluviales. La Municipalidad de Retalhuleu será la encargada de hacer la gestión para los cambios necesarios en la ejecución de la propuesta diseñada.

5. Ubicación geográfica

Se encuentra ubicada a una altura de 239 msnm. Con coordenadas geográficas Latitud $14^{\circ}31'49.81''N$ y Longitud $91^{\circ}40'5.17''O$.

6. Descripción actual

La calle cuenta con cunetas laterales, al lado sur existe una de 100 metros de longitud y al lado norte una con longitud de más 300 metros de longitud, estas conducen el agua pluvial hacia un drenaje natural conocido como Río Pucá, en la Lotificación El Pedregal II, zona 6 de la cabecera departamental de Retalhuleu.

Ubicación del proyecto



Fuente: Reyes, H. (2020).

7. Estimación de caudal para aguas residuales pluviales

El Método Racional es uno de los más utilizados para la estimación del caudal máximo asociado a determinada lluvia de diseño. Se utiliza normalmente en el diseño de obras de drenaje urbano y rural. Y tiene la ventaja de no requerir de datos hidrométricos para la Determinación de Caudales Máximos.

La expresión utilizada por el Método Racional es:

$$Q = \frac{C.I.A}{360}$$

Donde:

Q: Caudal máximo (m³/s)

C: Coeficiente de escorrentía, varían los valores para cuencas Rurales y Urbanas.

I: Intensidad de la Lluvia de Diseño, con duración igual al tiempo de concentración de la cuenca y con frecuencia igual al período de retorno seleccionado para el diseño (Curvas de I-D-F expresado en mm/h)

A: Área de la cuenca. (Ha)

Para determinar el Coeficiente de Escorrentía (0.50) se indica que es Zona urbana clasificada como Colonias, se utilizó la siguiente tabla:

Coeficientes más usados en Guatemala

Zona	C
Centro de la Ciudad	0.70 – 0.75
Periferia	0.50 – 0.70
Colonias	0.40 – 0.60
Condominios	0.60 – 0.75
Residencial Sub-Urbana	0.25 – 0.40
Industrial	
Pequeñas fábricas	0.50 – 0.80
Grandes fábricas	0.60 – 0.90
Parque y cementerios	0.10 – 0.25
Campos de recreo	0.20 – 0.35
Campos	0.10 – 0.30
Techos	0.70 – 0.95
Pavimentos	0.70 – 0.90
Concreto y asfalto	0.85 – 0.90
Piedra, ladrillo o madera en buenas condiciones	0.75 – 0.90
Piedra, ladrillo o madera en malas condiciones	0.40 – 0.75
Calles	
Terracota	0.25 – 0.60
De arena	0.15 – 0.30
Parques, jardines, paradas, etc.	0.05 – 0.25
Bosques y tierra cultivada	0.01 – 0.20

Fuente: Ing. Joram Matías Gil Laroj. Evaluación de Tragante Pluviales para la Ciudad de Guatemala. 1984.

La intensidad de la lluvia, se obtuvo a través del Atlas Hidrológico “*Intensidad de Lluvia 20 minutos y Tr de 10 años*”, del departamento de investigación y servicios hídricos del INSIVUMEH.

$$I = \frac{1061 * 30^{0.120}}{(20 + 12.10)^{0.660}}$$

$$I = 161.68 \text{ mm/hr}$$

Por efectos de garantizar el diseño se tomará el resultado obtenido de la formula anterior 161.68 mm/hr.

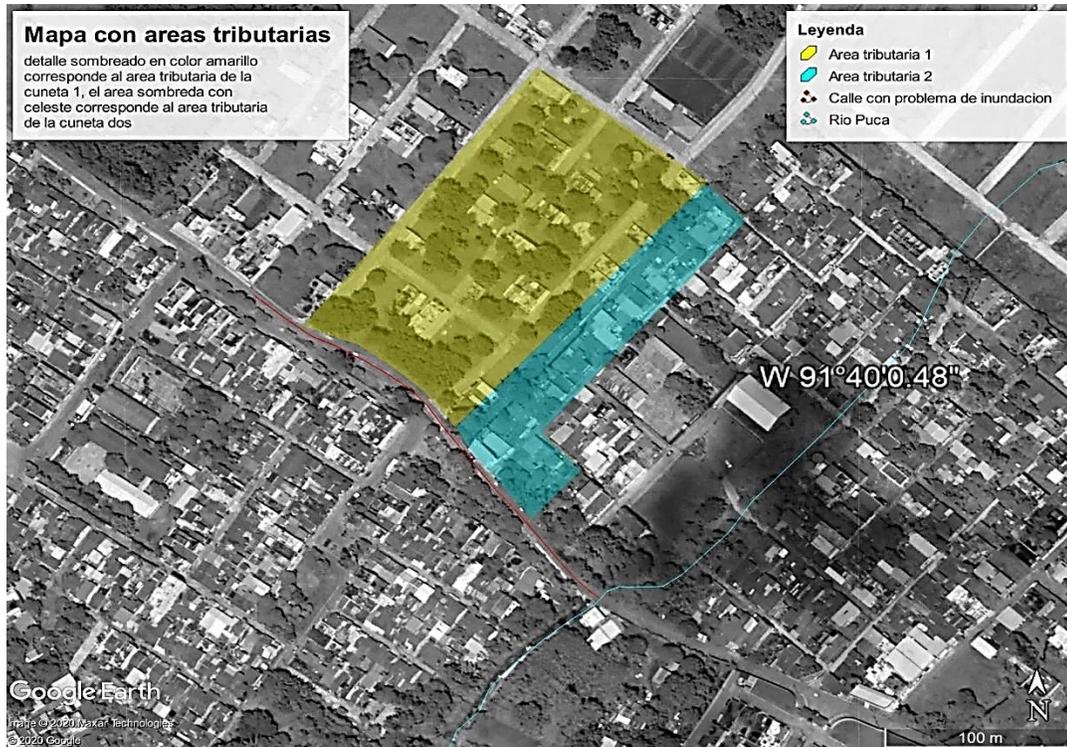
El área fue calculada a través de la delimitación de los caminos pavimentados con salida hacia la 5ta calle de la zona 6.

Programa Google Earth



Fuente: Reyes, H. (2020).

Programa Google Earth delimitación de áreas tributarias



Fuente: Reyes, H. (2020).

El área fue dividida y calculada para las dos cunetas, para realizar los cálculos de manera tributaria, el área 1 con 1.95 hectáreas y el área 2 con 0.76 hectáreas.

Con los datos obtenidos se procede al Cálculo de caudal de diseño, es decir las cunetas deben de tener la capacidad para transportar la masa de agua.

$$C = 0.50$$

$$I = 161.68 \text{ mm/hr}$$

$$A1 = 1.95 \text{ ha (área tributaria para cuneta 1)}$$

$$A2 = 0.76 \text{ ha (área tributaria para cuneta 2)}$$

$$Q1 = \frac{0.50 * 161.68 \text{ mm/hr} * 1.95 \text{ ha}}{360} = 0.4378 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q2 = \frac{0.50 * 161.68 \text{ mm/hr} * 0.76 \text{ ha}}{360} = 0.1706 \text{ m}^3/\text{seg}$$

8. Diseño para cunetas tipo rectangulares

Se utilizará la fórmula de Manning para los cálculos

Fórmulas

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{3}{2}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde

V = Velocidad

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

R = Radio hidráulico

A/P

La respuesta en sistema métrico

$$Q = V * A$$

Donde

Q = Caudal

V = Velocidad expresado m/s

A = Área expresado en m²

$$A = B * h$$

Donde

A = Área

B = Base

h = Altura de la carga

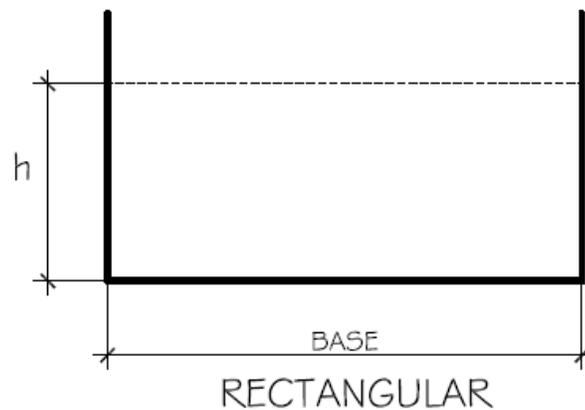
$$P = B + 2h$$

Donde

P = Perímetro mojado

B = Base

h = Altura de la carga



Fuente: Reyes, H. (2020).

Según la fórmula de Manning se realizarán los cálculos con base a una cuneta con dimensiones internas de 0.50 mts de alto por 0.50 metros de ancho

h: 0.50m altura propuesta

n: 0.015 Coeficiente de Manning (véase la tabla de coeficiente de rugosidad)

s: 0.02 pendiente (%)

base: 0.50m dimensión propuesta

A 0.25 m²

P 1.5 m

R 0.16 m

Comprobación de dimensiones propuestas

Caudal de diseño m³/s < obtenido del calculo

0.4379 m³/s < 0.7648 m³/s

0.1707 m³/s < 0.7648 m³/s

* se comprueba que las cunetas tienen la capacidad para soportar el caudal estimado según los datos obtenidos con la fórmula del método racional.

Las paredes de la cuneta deben tener un acabado fino.

Coefficiente de rugosidad

Revestimiento	Calidad buena	Calidad Regular
Concreto vaciado en formaletas sin acabado	0.013	0.017
Concreto alisado a boca de cepillo	0.013	0.015
Concreto emparejado con llana	0.012	0.014
Mortero lanzado, seccion buena	0.016	0.019
Piedras irregulares, unidas con mortero cemento	0.017	0.020
Mamposteria de piedra bruta y mortero de cemento firsado	0.016	0.020

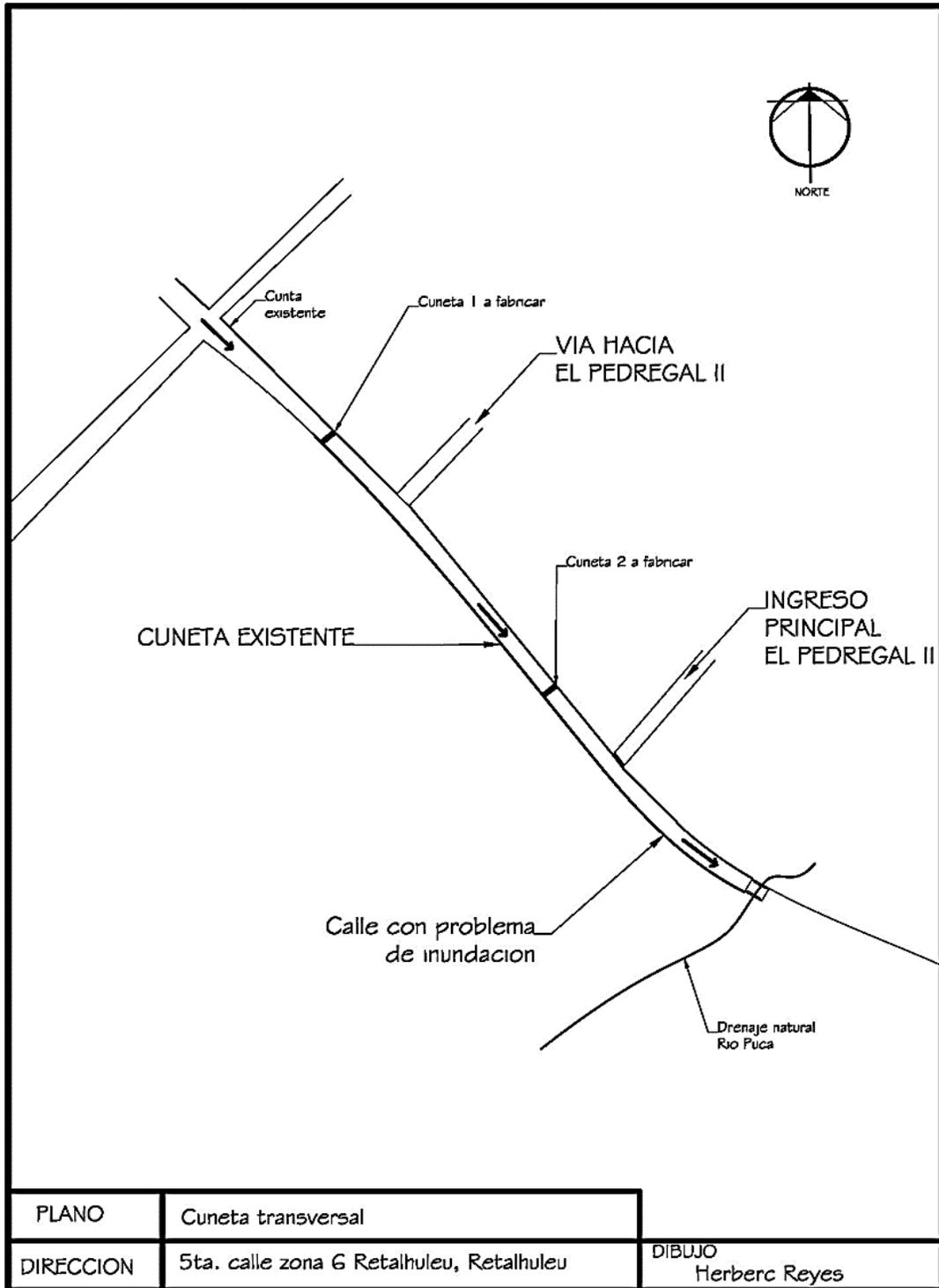
Nota: para cuando la calidad de la construccion es mala usar valores mayores de n
Fuente: (Bolinaga, 1979).

Para reemplazo del andén existente sobre una de la cuneta se cuantifico el material necesario para la fabricación de nuevas losas tipo rejilla.



Fuente: <http://prefabricadoscifa.com/producto/rejilla-prefabricada/>

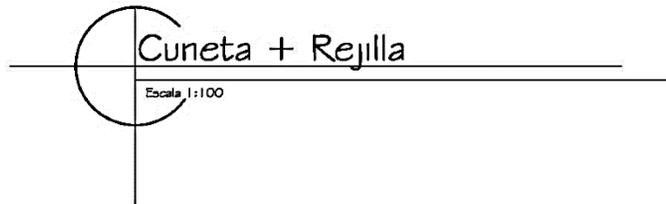
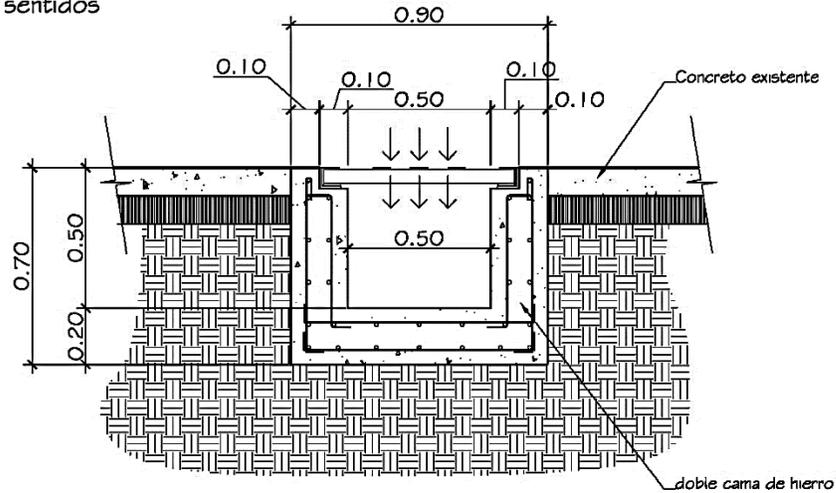
Plano de ubicación de cunetas



Plano de detalle de construcción de cunetas

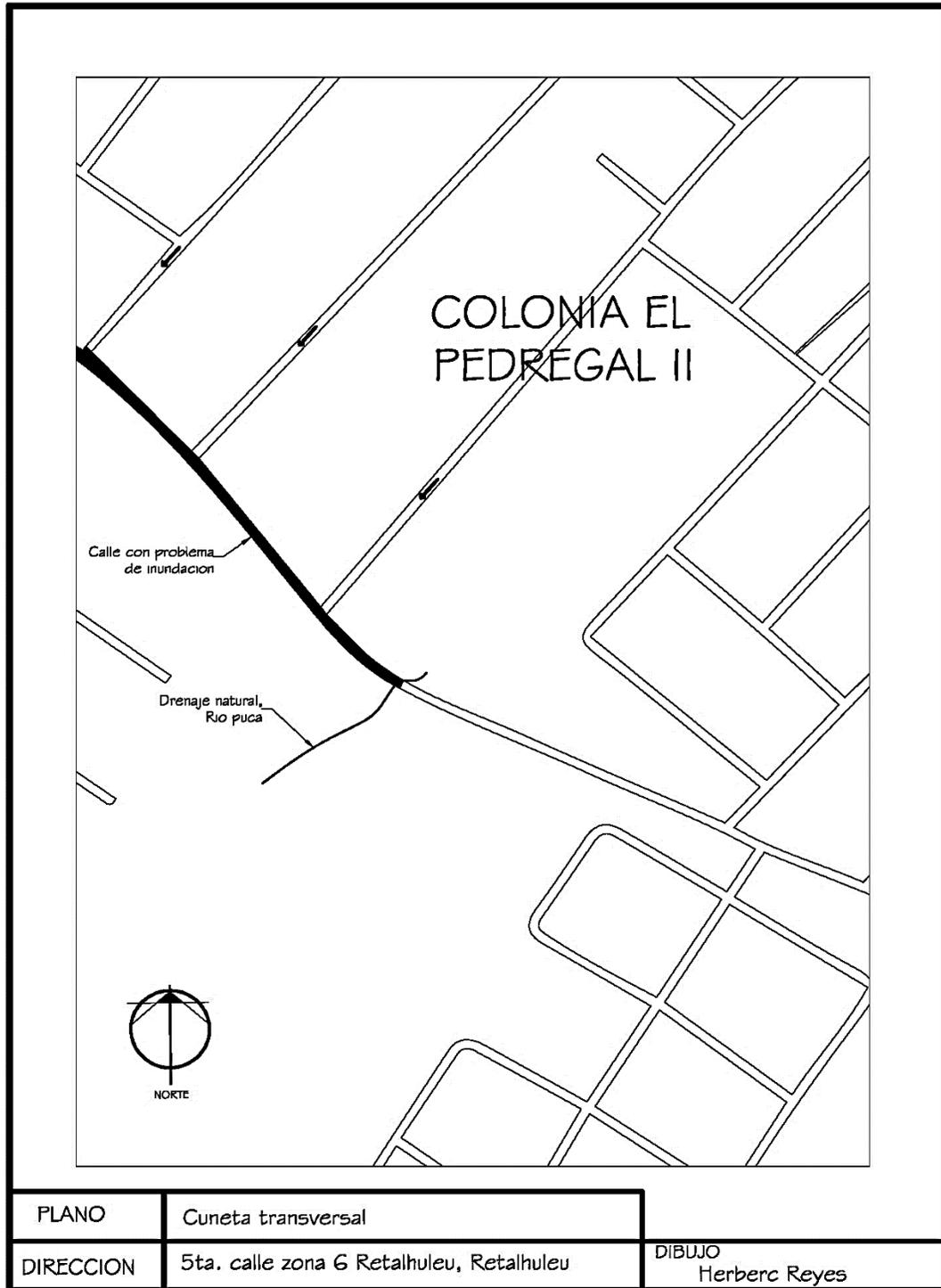
CONCRETO
 resistencia $f'c = 3000$
 PSI
 utilizar proporción
 adecuada para alcanzar
 esta resistencia a los 28
 días

Cuneta de concreto reforzada
 debe tener 20 cm de espesor
 en paredes y piso
 Doble cama utilizar hierro
 No 3 a cada 15 centímetro en
 ambos sentidos



PLANO	Cuneta transversal	DIBUJO Herberc Reyes
DIRECCION	5ta. calle zona 6 Retalhuleu, Retalhuleu	

Plano vista general de la calle con problemas de inundación



9. Especificaciones técnicas

Descripción general:

El presente proyecto consiste en la construcción de dos cunetas con una longitud de 6 m que tendrá dimensiones internas de 0.50 m por 0.50 m en la base, con una rejilla superior que permitirá el ingreso de agua pluvial y a la vez funcionará como base de rodamientos para los automotores que transitan la vía, la construcción de la misma se realizará por fases.

Se presenta el diseño de nuevas losas que se realizaran con el fin de mejorar el cauce de las aguas pluviales sobre la cuneta del sur con 100 mts de longitud, se pretende instalar estas y reemplazar las existentes, debido a que las existentes obstruyen el paso del agua y dificulta así su evacuación, estas losas sobre la cuneta servirán como anden para el peatón que transite la zona.

El proyecto deberá contemplar el tiempo requerido al concreto para su fraguado e instalación de la rejilla de tal manera que no afecte el tránsito y acceso a los vecinos que utilizan la calle, las tareas serán realizadas donde se obstruya únicamente un sentido de vía a la vez, la cual debe ser liberada al ser concluida la fase de construcción, los renglones constructivos serán los siguientes:

Trazo topográfico:

Es el proceso que se utilizará para medir y definir la posición de las cunetas en el campo, deberá incluir una longitud de 150 m desde el punto final o vertedero de las aguas pluviales hacia el norte-oeste, se seguirá la línea central de la 5ta calle de la zona 6.

Corte de concreto y limpieza:

El concreto deberá ser cortado con máquina que cuente con disco diamantado para evitar dañar el mismo, deberá tener el ancho total de las cunetas, es decir 0.60 metros,

se deber realizar la extracción del mismo por fase, debido a que es la única vía y con doble sentido que da acceso para las colonias existentes, es decir se realizará el corte y fundición e instalación de la rejilla a un lado de la vía a la vez.

Zanjeo y retiro de material sobrante:

La excavación o zanjeo se deberá realizar con las siguientes dimensiones, 0.60 metros de ancho por 0.50 metros de profundidad, se deberá conformar y estabilizar el suelo de la base de la misma, con arena pomex (material tipo selecto) previo a la fundición de la cuneta.

Fundición de cuneta:

Elemento que servirá para la evacuación del agua pluvial hacia los lados de la vía sobre el drenaje existente, se deber realizar fundición por fase, se debe proveer el tiempo requerido para el fraguado debido a que es la única vía y con doble sentido que da acceso para las colonias existentes, es decir se realizará el corte y fundición e instalación de la rejilla a un lado de la vía a la vez.

Serán dos elementos de 6 m de longitud, fabricados por fases de 3m, con concreto reforzado y deberá llevar 9 varas de hierro No. 4 longitudinales y eslabones de hierro No. 4 con una separación de 15 cm.

El concreto para la construcción de las cunetas será del tipo 1, tendrá una resistencia mínima de 3,000 psi (libras por pulgada cuadrada), a los 28 días de su construcción, deberá utilizar la proporción adecuada de cemento, arena y piedrín triturado, con agua para alcanzar la proporción antes mencionada. Debe de dejar anclados y fundidos los angulares que recibirán la rejilla principal de la cuneta.

Fabricación e instalación de rejilla:

Elemento que servirá como base de rodadura, esta deberá soportar el paso de los automotores y transmitir las fuerzas hacia las paredes de la cuneta. Debe tener platinas

o hembras de manera trasversal a una separación de 4 cm entre una y otra, estas soldadas a un angular de 2-1/4" x 3/8" de espesor con platina inferior de 2-1/4 x 3/8 de espesor, y una hembra o platina soldada sobre las platinas transversales, paralela a la cuneta y al centro de la misma de 1-1/2" por 1/4" de espesor, este bloque descansará sobre dos angulares de 3" por 3/8" de espesor paralelos a la cuneta, fundidos y anclados al concreto de la misma.

Fabricación de rejilla de concreto

Servirá para reemplazar losas de concreto sobre cuneta existente, deberán sujetarse sobre las paredes de la cuneta, fabricadas in situ, con aberturas transversales que dejen paso libre al agua pluvial, estas tendrán también la función de andén sobre la cuneta.

El concreto para su fabricación deberá alcanzar 3000 psi de resistencia, con acero refuerzo de 3/8" en el sentido de las aberturas.

Limpieza final:

La limpieza general se efectuará al concluirse el proyecto, con las siguientes especificaciones:

Se quitará todo remanente de los cortes del concreto y remoción de tierra, este se trasladará al punto que estipule la Municipalidad para su disposición final.

También se removerá toda la maquinaria que se utilizó para la fabricación.

Se rehabilitarán las dos vías en ambos sentidos sin ningún obstáculo, que ocasione problemas en el flujo del tránsito.

10. Presupuesto y costos

Costo unitario de materiales

Descripción	Presentación	Precio
Arena de río	m ³	Q 150.00
Piedrin	m ³	Q 200.00
Arena pomex (material selecto)	m ³	Q 160.00
Alambre de amarre	Libra	Q 5.00
Cemento (ESTRUCTURAL 5800 PSI)	saco	Q 78.00
Cemento (UGC 4000 PSI)	saco	Q 71.00
Tabla 1" x 12" x 9'	docena	Q 450.00
Hierro Angular 90, 3" x 3/8 de espesor	Unidad de 6 mts	Q 694.00
Hierro Angular 90, 2-1/2" x 1/4" de espesor	Unidad de 6 mts	Q 307.00
Platina o Hembra 1-1/2" de ancho por 1/4" de espesor	Unidad de 6 mts	Q 88.00
Platina o Hembra de 2" de ancho por 1/4" de espesor	Unidad de 6 mts	Q 116.00
Hierro No 3 (3/8")	Quintal	Q 260.00
Hierro No 4 (1/2")	Quintal	Q 310.00

Fuente: Reyes, H. (2020).

Presupuesto general

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Trazo topográfico	ml	150	Q 500.00	Q 500.00
2	Corte de concreto	ml	12	Q 150.00	Q 1,800.00
3	Sanjeo retiro de material sobrante	ml	12	Q 210.00	Q 2,520.00
4	Fundición de cuneta	ml	12	Q 1,174.17	Q 14,090.00
5	Fabricación de rejilla de metal e instalación	ml	12	Q 1,206.67	Q 14,480.00
6	Fabricación rejilla de concreto	unidad	200	Q 81.10	Q 16,220.00
7	Limpieza final	ml	12	Q 27.50	Q 330.00
	Total				Q 49,940.00

Fuente: Reyes, H. (2020).

Desglose de renglones

Trazo topográfico

Descripción	
Longitud por cuneta	6 mts
Longitud del área	150 mts
tiempo estimado (días)	2
Costo total del renglón	Q 500.00

Corte de concreto y limpieza

Longitud por cuneta	6 mts lineales
Volumen del material removido	2 mts cúbicos por 12 mts lineales de corte

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub total	
Renta de maquinaria (cortadora de concreto)	días	2	Q 300.00	Q 600.00	
Flete	viajes	4	Q 150.00	Q 600.00	Por fletes con Pickup
Cantidad de empleados (1 albañil Q. 120.00 y 3 ayudantes Q. 90)	Jornales	3	Q 300.00		
tiempo estimado	días	2		Q 600.00	Costo total de mano de obra
Costo total del renglón				Q 1,800.00	

Zanjeo, retiro de material sobrante

Longitud por cuneta	6 mts lineales
Volumen del material removido	7.5 mts cúbicos por dos cunetas

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub total	
Flete	viajes	4	Q 150.00	Q 600.00	por fletes con Pickup
Cantidad de empleados (1 albañil Q. 120.00 y 4 ayudantes Q. 90)	Jornales	3	Q 480.00		
tiempo estimado	días	4		Q 1,920.00	Costo total de mano de obra
Costo total del renglón				Q 2,520.00	

Fundición de cuneta

Descripción	Cantidad	
Longitud	6 mts	
Ancho	0.3 mts	
Volumen de unitario	2.28 mts ³	
Cantidad de elementos	2	
Total del volumen	4.56 mas 10% por desperdicio	5 m ³

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario	Sub Total
Cemento (UGC 4000 PSI)	unidad	45	Q 71.00	Q 3,195.00
Arena de rio	m ³	2.5	Q 150.00	Q 375.00
Piedrín	m ³	2.5	Q 200.00	Q 500.00
Alambre de amarre	lb	10	Q 5.00	Q 50.00
Hierro No 4 (1/2")	quintal	13	Q 310.00	Q 4,030.00
Madera para encofrado	Docena	2	Q 450.00	Q 900.00
Renta de maquinaria en días (mezcladora de concreto)	días	4	Q 300.00	Q 1,200.00
Cantidad de empleados (1 albañil Q. 120.00 y 4 ayudantes Q. 90)	jornales	4	Q 480.00	
tiempo estimado (días)	Días	8		Q 3,840.00 total de mano de obra
Costo total del renglón				Q 14,090.00

Fabricación de rejilla metal e instalación

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario	Sub Total
Hierro Angular 90, 3" x 3/8 de espesor	Unidad	4	Q 694.00	Q 2,776.00
Hierro Angular 90, 2-1/2" x 1/4" de espesor	Unidad	4	Q 307.00	Q 1,228.00
Platina o Hembra de 2" x 1/4" de espesor	Unidad	17	Q 116.00	Q 1,972.00
Platina o Hembra 1-1/2" de ancho por 1/4" de espesor	Unidad	8	Q 88.00	Q 704.00
Costo de ensamblaje, soldara y pintura	ml	12	Q 650.00	Q 7,800.00
Costo total del renglón				Q 14,480.00

**Fabricación rejilla de concreto
0.50x0.10*1 metro**

Descripción	Cantidad	
Volumen de unitario	0.05	mts3
Cantidad de elementos	200	
Total del volumen	10	11 m3

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario	Sub Total
Cemento (UGC 4000 PSI)	unidad	93	Q 71.00	Q 6,603.00
Arena de rio	m3	5.22	Q 150.00	Q 783.00
Piedrín	m3	5.22	Q 200.00	Q 1,044.00
Alambre de amarre	lb	10	Q 5.00	Q 50.00
Hierro No 3 (3/8")	quintal	12	Q 310.00	Q 3,720.00
Madera para encofrado	Docena	2	Q 450.00	Q 900.00
Cantidad de empleados (1 albañil Q. 120.00 y 3 ayudantes Q. 90)	jornales	4	Q 390.00	
tiempo estimado (días)	Días	8		Q 3,120.00 total de mano de obra
Costo total del renglón				Q 16,220.00

Limpieza final

Remoción de material extraído
(m3)

	Cantidad	Costo unitario	Sub total
	1		
Flete (acarreo a basurero municipal)	1	Q 150.00	Q 150.00
Tiempo estimado (días)	1		
Cantidad de empleados	2	Q 180.00	Q 180.00 Ayudantes
Costo total del renglón			Q 330.00

Fuente: Reyes, H. (2020).

Resultado 3: Programa de sensibilización y capacitación.

Introducción:

Responde a la necesidad de brindar temas relacionados a la importancia de cunetas en la ciudad. Se realiza un programa de sensibilización para que los colaboradores del INFOM de Retalhuleu realicen la propuesta del diseño de la cuneta transversal para lograr la eficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje de 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.

Dirigido a:

El programa de sensibilización y capacitación está dirigido a colaboradores del INFOM de Retalhuleu.

Objetivo:

Brindar temáticas relacionadas a la importancia de la eficiencia de los drenajes, para que el INFOM ejecute la propuesta planteada.

Temática:

Agua pluvial

Escorrentía urbana

Diseño de cunetas transversales

Importancia de la eficiencia de los drenajes

Fecha y horario:

Mes de octubre 2020

Día: martes

Horario: 9:00 a 12:00

Total, horas de capacitación: 12

Cronograma

No.	Temática	Duración	Tiempo año 2020			
			06-oct	13-oct	20-oct	27-oct
1	Agua pluvial	3 horas				
1.1.	Escorrentía urbana	3 horas				
1.2.	Diseño de cunetas transversales	3 horas				
1.3.	Importancia de la eficiencia de los drenajes	3 horas				
	TOTAL DE HORAS	12 horas				

Fuente: Reyes, H. (2020).

Aprobación:

Se aprueba el programa de sensibilización y capacitación, estructurada con fechas a facilitar e identificación de temática, se toman en cuenta comentarios, mejoras y modificaciones por personal calificado que impartirá las capacitaciones y la Dirección quien autorizará.

Ejecución:

Se realiza la sensibilización y capacitación en las fechas y temáticas establecidas en el programa, se proporciona material didáctico con la información de las temáticas, con la finalidad que el material sirva de apoyo. Se realizan actividades de retención de información por medio de cuestionamientos y análisis relacionados al contexto, se resuelven dudas y sugerencias.

Anexo 2. Matriz de la estructura lógica

Componentes	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
<p>Objetivo general. Disminuir el número de personas afectadas, en la 5ta calle zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu en los últimos 5 años.</p>	<p>Disminuir el número de personas afectadas en un 85% al finalizar el primer año.</p>	<p>Encuesta a habitantes del lugar. Fotografías del avance.</p>	<p>INFOM ayudará a alcanzar el objetivo.</p>
<p>Objetivo específico. Lograr eficiente evacuación de aguas pluviales en el sistema de drenaje.</p>	<p>Implementar el diseño de drenaje de aguas pluviales en un 85% en el primer año.</p>	<p>Encuesta a habitantes del lugar. Fotografías del avance.</p>	<p>INFOM ayudará a alcanzar el objetivo.</p>
<p>Resultado 1: Se cuenta con una Unidad Ejecutora.</p>			
<p>Resultado 2: Se cuenta con una Propuesta de diseño de drenaje de aguas pluviales en la 5ta calle de la zona 6 de Retalhuleu, Retalhuleu.</p>			
<p>Resultado 3: Programa de sensibilización y capacitación</p>			

Fuente: Reyes, H. (2020).