



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Diseño del sistema de drenaje para la evacuación de  
aguas pluviales de la Av. Larco – Trujillo**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Robles Chávez, Nelson Percy (ORCID: 0000-0003-1137-5855)

**ASESORES:**

Mg. Farfán Córdova, Marlon Gastón (ORCID: 0000-0002-3674-9617)

Mg. Rodríguez Beltrán, Eduar José (ORCID: 0000-0002-9289-9732)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

**TRUJILLO – PERÚ**

2020

## DEDICATORIA

A Dios por guiarme mi camino  
y darme la fortaleza de seguir a  
delante para cumplir mis objetivos.

A mi madre Eulogia,  
hermanos Joseph y Alonzo  
por su apoyo incondicional,  
su amor y buenos consejos  
que me dan para cumplir mis  
metas.

A mi hija Lucciana que me  
impulsa a crecer como  
persona.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia por su apoyo y comprensión,  
gracias a ello estoy cumpliendo de mis  
metas.

A mis asesores por guiarme y la enseñanza  
brindada durante este proceso de tesis.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA .....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEORICO.....	3
III. METODOLOGÍA.....	16
3.1. Tipo y diseño de investigación. ....	16
3.1.1. Tipo de investigación: .....	16
3.1.2. Diseño de investigación: .....	16
3.2. Operacionalización de Variables:.....	17
3.3. Población, muestra y muestreo.....	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad. ....	18
3.5. Procedimiento .....	19
3.6. Método de análisis de datos.....	19
3.7. Aspectos éticos .....	20
VI. RESULTADOS.....	21
4.1.1 Nombre del Proyecto de Investigación.....	21
4.1.2. Localización y Ubicación.....	21
4.1.3. Área de estudio.....	22
4.2. Levantamiento Topográfico.....	23
4.2.1 Generalidades.....	23
4.2.2 Objetivos.....	24
4.2.3 Reconocimiento del terreno.....	24
4.2.4. Metodología de trabajo .....	24
4.2.5. Preparación y Organización.....	24
4.2.6. Trabajo de campo .....	24
4.2.7. Trabajo de Gabinete.....	27
4.3. Caracterización de Suelos.....	28
4.3.1. Generalidades.....	28
4.3.2. Objetivo.....	28
4.3.3. Clasifican de suelos.....	28
4.4. Precipitaciones Máximas.....	31
4.4.1. Generalidades.....	31

4.4.2. Estación Meteorológica.....	31
4.4.3. Datos de las Precipitaciones máximas.....	32
4.5. Cálculo del Caudal de diseño.....	32
4.5.1. Generalidades.....	32
4.5.2. Método Racional.....	32
4.5.3. Periodo de retorno.....	33
4.5.4. Coeficiente de escorrentía.....	33
4.5.5. Intensidad de lluvia.....	34
4.5.6. Cálculo de la Curva de Intensidad Duración y Frecuencia.....	35
4.5.7. Área de Drenaje.....	37
4.5.8. Caudal de diseño.....	37
4.6. Consideraciones Hidráulicas en el Sistemas de Drenaje.....	38
4.6.1. Captación de aguas lluvia en Edificaciones.....	38
4.6.2. Captación y transporte de aguas pluviales en zonas vehiculares - pistas.....	38
4.6.3. Captación y transporte de aguas pluviales en calzada y aceras.....	39
4.6.4. Sumidero.....	40
4.6.4.1. Cálculo de la eficiencia de sumideros.....	43
4.6.5. Rejillas.....	45
4.6.6. Registros.....	46
4.7. Cálculo Hidráulico del Sistema de Drenaje.....	47
4.7.1. Cálculo del Radio Medio Hidráulico.....	47
3.7.2. Coeficiente de rugosidad Manning.....	49
3.7.3. Pendiente de la canalización.....	50
4.7.4. Sistema de Evacuación.....	52
4.7.5. Cálculo del Diseño Hidráulico por el Método de Manning.....	53
4.8. Impacto Ambiental.....	57
4.8.1. Área de influencia directa.....	57
V. DISCUSIÓN.....	59
VI. CONCLUSIÓN.....	60
VII.RECOMENDACIONES.....	61
REFERENCIAS.....	62

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Puntos Topográficos de la Av. Larco.

Tabla N°2: Ubicación de la Estación Meteorológica.

Tabla N°3: Cuadro de resumen de las precipitaciones máx. anuales.

Tabla N°4: Cálculo total del caudal de diseño por el Método Racional.

Tabla N°5: Eficiencia de Sumidero de Rejilla.

Tabla N°6: Pendiente de canalización Tramo I.

Tabla N°7: Cálculo de velocidades por la Ecuación de Manning.

## ÍNDICE DE GRAFICOS Y FIGURAS

Figura N°1: Ubicación del Distrito de Víctor Larco y Distrito de Trujillo.

Figura N°2: Vista Satelital de la Av. Larco – Trujillo.

Figura N°3: Simbología de suelos, suelo encontrado SP – SM.

Figura N°4: Simbología de suelos, suelos encontrados ML – CL - CH.

Figura N°5: Estación meteorológica de Trujillo.

Figura N°6: Coeficiente de escorrentía para ser utilizado en el Método Racional

Figura N°7: Intensidad de precipitación sobre una cuenca.

Figura N°8: Curvas IDF.

Figura N°9: Cuneta triangular en la Avenida Larco.

Figura N°10: Formula de Manning para la determinación del Caudal.

Figura N°11: Sumidero de Rejilla tipo A.

Figura N°12: Sumidero de Rejilla tipo A para el sistema de drenaje.

Figura N°13: Rejillas de fierro galvanizado.

Figura N°14: Mínimo de Tubería en Colectores de agua lluvia.

Figura N°15: Coeficiente de rugosidad.

Figura N°16: Muro de protección para la válvula antirretorno WASTOP® INOX.

Figura N°17: WASTOP® INOX.

## RESUMEN

Debido al cambio climático y a las esporádicas lluvias que afectan la ciudad de Trujillo, ya que no cuentan con un sistema de drenaje pluvial, en especial una de sus avenidas principales que es la avenida Larco, se presenta el desarrollo de la investigación de tipo descriptivo – simple con el fin de contrastar el problema que afecta a los ciudadanos que viven en la zona, los antecedentes indican la vulnerabilidad de la zona ante un suceso de lluvias pronunciadas, la cual determinaron como objetivo principal el diseño de un sistema de drenaje pluvial en la avenida Larco, la cual se basó en las especificaciones técnicas del Reglamento Nacional de Edificaciones OS.060. y al estudio topográfico de la zona. Para la determinación de las precipitaciones máximas se obtuvo la información mediante el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), con la información obtenida se procedió a utilizar el software Hidroesta para el cálculo del caudal de diseño. Teniendo los datos se procedió a diseñar el sistema de drenaje con las especificaciones técnicas de la norma. El sistema de drenaje pluvial contribuirá al desarrollo de la ciudad y al crecimiento económico que se ve afectado durante las lluvias.

**Palabra clave:** diseño, drenaje pluvial, evacuación de aguas.

## **ABSTRACT**

Due to the climatic change and the sporadic rains that affect the city of Trujillo for not having a storm drain system, especially one of its main avenues that is the Larco avenue, the development of the descriptive type research is presented - simple with In order to contrast the problem that affects citizens living in the area, the background indicates the vulnerability of the area to an event of pronounced rains, which determined as a main objective the design of a storm drain system on Larco Avenue , which was based on the technical specifications of the National Building Regulation OS.060. and to the topographic study of the area. For the determination of maximum rainfall, the information was obtained through the National Meteorology and Hydrology Service of Peru (SENAMHI), with the information obtained, the Hidroesta software was used to calculate the design flow. Having the data, the drainage system was designed with the technical specifications of the standard. The storm drain system will contribute to the development of the city and the economic growth that is affected during the rains.

**Keywords:** design, storm drain, water evacuation.

## I. INTRODUCCIÓN

El cambio climático que sucede en la costa norte del Perú está relacionado con el calentamiento inusual del mar del Pacífico por razones meteorológicas (Enfen, 2019).

Las lluvias que se dieron en toda la región La libertad son en gran medida consecuencia directa del acoplamiento del cambio en la atmósfera por el calentamiento superficial del mar según el Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” (ENFEN), los efectos de fenómenos naturales deben enfocarse en diferentes puntos de vista, tanto económico, social y político las cuales son afectadas considerablemente.

La ciudad de Trujillo sufre de estos acontecimientos climatológicos, las lluvias ocasionan problemas sociales y económico debido a que no cuenta con un sistema de drenaje pluvial en el especial la Av. Larco que es una de las principales avenidas de la ciudad, sufre de empozamiento de aguas, a consecuencia de ello se generan enfermedades de origen hídrico (parásitos, diarreas y dérmicas), deterioro de pistas y un gran malestar en propiedades a su alrededor (casas, universidades, negocios y colegios), por lo cual genera problemas en la ciudadanía, siendo necesario el diseño de drenaje pluvial para contrarrestar dichos problemas.

La propuesta del diseño de drenaje pluvial servirá para la evacuación de aguas lluvia que afecta considerablemente a la población, los antecedentes y los registros que nos brinda el ENFEN, nos alertan de lluvias frecuentes en toda zona norte del Perú, para ello se estaría realizando el diseño de drenaje en toda la Av. Larco, con fines de aliviar los malestares que causaría este fenómeno natural.

Los antecedentes nos muestran cómo a lo largo de los años la región de La libertad viene sufriendo estos acontecimientos climatológicos, el informe extraordinario N°001-2017 por el Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” publicado en la página de la Dirección de Hidrografía y Navegación, nos comunica que en enero del 2017 la temperatura de la superficie del mar se incrementó abruptamente contra los pronósticos por el (ENFEN) y los modelos climáticos internacionales, hasta alcanzar valores de 26°C en varios puntos de la costa norte, mientras que en la zona del océano Pacífico ecuatorial central aún ocurría la transición del fenómeno

de la Niña a neutral, a consecuencia de ello se activó la zona convergente Intertropical en toda la costa norte del Perú, desencadenando lluvias fuertes.

El calentamiento costero se habría iniciado por el debilitamiento de los vientos alisos del sur de enero, mientras que la intensificación de la segunda banda ecuatorial y las temperaturas elevadas frente a la zona costa norte hasta el mes de abril. Posteriormente sucede un fenómeno denominado disminución estacional de la radiación solar, lo cual hace que la temperatura reduzca y se desactivara la banda de seguridad de la ZCIT, iniciándose la rápida declinación del evento.

En el periodo de diciembre del 2016 a mayo del 2017 se calificó como “El Niño costero” de magnitud moderada, con condiciones neutras en el Pacífico central.

Si bien este evento fue de carácter moderado que ocasionaron daños sociales, a diferencia de los eventos de 1982 - 1983 y 1997 1998, fue bastante similar al evento el fenómeno del Niño del año 1925, por sus impactos, asociados a las lluvias e inundaciones, “El Niño costero 2017” se puede considerar como el tercer “Fenómeno El Niño” más intenso de al menos los últimos cien años en el Perú. (ENFEN, 2017).

Este fenómeno natural afectó toda la costa norte del Perú y la costa sur de Ecuador que se trató de un evento local, aunque con enorme impacto, la cual dejó muchos damnificados en los departamentos de La Libertad, Piura y Lambayeque, los huaycos e inundaciones fueron un problema grave en estas zonas ya que en gran parte de las regiones no cuenta con un sistema de alcantarillado adecuado.

Estos comunicados que nos brinda el ENFEN, permite a las autoridades a nivel nacional a tomar medidas preventivas. Comenzando el 2019, se publicó el comunicado oficial N°01-2019, indicando que La Comisión Multisectorial ENFEN, media uno de sus protocolos hacia la activación del estado de alerta de “El fenómeno del Niño” de magnitud o de nivel débil, esto como resultado de anomalías positivas de la temperatura del mar en la región del Niño 1 + 2, que influye en la zona norte del Perú y condiciones favorables, para su permanencia en el resto del verano. Además, entre enero y febrero, en la costa norte del Perú, se espera que la situación más probable sea la presencia de precipitaciones en el rango de normal a mayor sin descartar para el mes de marzo la ocurrencia de lluvias más intensas de lo normal, pero no extraordinaria como en los años 1983, 1998 o 2017. (ENFEN, 2019).

## II. MARCO TEÓRICO

Se tiene algunas investigaciones de otros autores como:

Solórzano y Vásquez (2018) en su estudio titulado “Estudio de la intensidad pluvial y diseño de un sistema de drenaje en el distrito de Víctor Larco Herrera – Trujillo – La Libertad”, tuvo como objetivo principal determinar la influencia de la intensidad de lluvias para el diseño de un sistema de drenaje, según su objetivo planteado aplico la metodología del diseño experimental puro, post-prueba únicamente y grupo de control, en su investigación nos indica sobre los cambios climatológicos que ocurre en el siglo XXI la cual el fenómeno del niño fue quien causo en su gran mayoría desastres y daños a la población de la costa norte del Perú, por esas razones se debería tomar conciencia y hacer con responsabilidad los cálculos que representan en el sistema de drenaje de tipo cuneta, para su diseño se tomó en consideración los registros pluviográficos que se encuentran registrados en la página del ANA ( Autoridad Nacional del Agua), las cuales para el diseño se consideró cuatro causales máximos registrados en los últimos años, la cual se ingresó en el programa para el diseño de la cuneta, considerando el reglamento nacional de edificaciones y los parámetros correspondientes, donde se llegó a la conclusión que el sistema de drenaje más adecuado para el distrito de Víctor Larco es de tipo cuneta de concreto la cual satisface la intensidad de lluvia que es de  $3\text{m}^3/\text{s}$ .

Hernández (2018) en su tesis titulado “Diseño del drenaje Pluvial y Evacuación de Impacto Ambiental en Urb. El Chilca de la Ciudad de Piura”, la metodología que utilizo para su investigación fue descriptivo simple, tuvo como objetivo indicar los problemas hidrológicos que afectan a la Urb. El Chilca que este situado en una de las tantas cuencas ciegas de la ciudad de Piura, por ello se llevó a realizar una investigación para encontrar alternativas de solución que parte desde las características de la cuenca El Chilca y la implementación técnica o procedimientos utilizados en otros países que dan solución a eventos lluviosos que es un problema a nivel mundial. Por ello se basa en los datos recogidos en dicha zona, se a diseñado un sistema de drenaje pluvial para la cuenca El Chilca que le permitirá recolectar el caudal de escorrentía originado por la precipitaciones mediante rejillas transversales a la calzada, la evacuación de las aguas será por medio de tuberías

de poliéster reforzado con fibra de vidrio donde llegara a una caseta de bombeo, definida esta última por bombas tornillo de Arquímedes que extraerán las aguas de lluvia para evacuarlas y llevarlas al dren César Vallejo, se utilizó tres tipos de alcantarillado de poliéster reforzado con fibra de vidrio con diámetro de 0.60 m y una longitud de 98.78m, con diámetro de 1 m y 362.43 m de longitud y con un diámetro de 1.5 m, con una longitud de 337.58, el sistema planteado cumple con las exigencias que impone el sector en análisis la cual logra evacuar aproximadamente 3 m<sup>3</sup>/s de caudal producido por aguas de precipitación, captadas por estructuras hidráulicas que han sido dispuestas estratégicamente, en conclusión la cuenca de Chilca al contar con un sistema de alcantarillado sanitario, no tiene la capacidad de evacuar aguas de lluvia durante precipitaciones máximas.

Rojas (2018) en su tesis titulado “Cálculo de precipitaciones y caudales de diseño de Sistema de drenaje pluvial urbano en zonas de Huancavelica, Junín y Ayacucho”, el proyecto de tesis busco analizar los métodos de cálculo de precipitaciones y caudal de diseño de sistemas de drenaje pluvial urbano dados por comité técnico SENCICO que se encuentra en la normativa técnica del Perú OS.060, la cual se buscaría aplicar en las zonas andinas del país como Junín, Ayacucho y Huancavelica, para el diseño de drenaje pluvial los métodos que se utilizaron son el método racional y el método de hidrograma unitario en cuanto al primer método se aplicará en áreas de drenaje menores a 13 km y cuanto al segundo en áreas mayores a 0.5 km, se utilizará según los datos que se encuentre para su análisis, para la precipitación se utilizaran curvas IDF a partir de las precipitaciones máximas en 24 horas brindada por el SENAMHI y el cálculo de caudales a partir del hidrograma de precipitaciones efectivas, la conclusión a que llego el proyecto de tesis es a que el estado tome mayor atención a la implementación y mantenimiento de las estaciones principales de las de tipo meteorológica, pluviométrica e hidrométrica, todo ello a fin de obtener información adecuada para poder diseñar adecuadamente los sistemas de alcantarillado pluvial y también es de suma importancia la revisión de los métodos que se señala en el proyecto de la norma, todo ello a fin de aplicar los métodos de cálculos de precipitaciones y caudales de diseño para sistemas de drenaje pluvial urbano, según los requerimientos que se tenga para un proyecto, más aún se debe poner

énfasis en las zonas vulnerables de nuestro país, como en el caso de la sierra central , donde las fuertes lluvias hace que esta zonas se conviertan en lugares peligrosos y no habitadas.

Mori (2018) en su investigación denominada “Diseño del drenaje pluvial para mejorar la transitabilidad en la localidad de San Roque de Cumbaza, San Martín”, tuvo como objetivo diseñar dese el punto de la ingeniería el Sistema de drenaje pluvial en la localidad de San Roque de Cumbaza, basado en la Norma OS.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú determinando que la transitabilidad. Se debe tomar en cuenta que el no tratamiento o la no evacuación de las aguas servidas pueden generar un conjunto de males y enfermedades, la falta de un sistema de evacuación de aguas superficiales traerá muchas consecuencias negativas para la población. Desde el punto de vista de la metodología, la investigación fue aplicada con el propósito de resolver un problema de la sociedad, y esta solución que se basa a través de una infraestructura sanitaria que pueda hacer la función de evacuar o guiar las aguas servidas o superficiales a un lugar adecuado para su posible tratamiento. Para la determinación de las aguas superficiales, contó con la información de la estación pluviométrica de Lamas. Una vez determinado la intensidad de lluvia y caudales, se procedió al diseño del sistema. Con este diseño ya ejecutado se permitirá generar una propuesta de mejora a la transitabilidad y calidad de vida de los habitantes.

Rojas y Humpiri (2016) en su investigación titulada “evaluación, diseño y modelamiento del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Juliaca con la aplicación del software SWMM” para la investigación de la tesis se utilizó la metodología comparativa descriptiva, que tuvo como propósito comprobar si el expediente técnico del «drenaje pluvial de la ciudad de Juliaca» cumple con la normativa y las especificaciones técnicas del expediente, se realizó el modelamiento con el software SWMM para la comprobación del diseño y conjuntamente se rediseño para reducir los costos del diseño . De la misma manera, por la definición se ha hecho un conjunto de supervisiones para verificar en base a la normas y reglamentos el diseño de este tipo. Según la evaluación que se tomó en cuenta, se ha determinado que los estudios básicos de ingeniería en

el expediente técnico han sido desarrollados de tal manera que se cuenta con la literatura y el sustento técnico pertinente. Finalmente, el diseño que se obtiene de una manera contundente garantiza la funcionalidad del sistema de drenaje.

Tapullima (2018) en su investigación titulada “Diseño del sistema de drenaje pluvial para mejorar la transitabilidad en la localidad de San Cristóbal, Picota” tuvo como fin de resolver un problema social, a través de una infraestructura que permitirá evacuar las aguas superficiales, que a menudo se estacan, causando problemas de transitabilidad y salud en la población de la localidad de San Cristóbal. La transitabilidad en las vías y las enfermedades generadas por las aguas estancadas, y la falta de un sistema de evacuación de aguas superficiales determinaron un problema, cuyo objetivo fue: diseñar un Sistema de Drenaje Pluvial en la localidad de Puerto Rico, el tipo de investigación fue descriptivo-aplicativo, basado en la Norma OS.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Para la determinación de las aguas superficiales, se procesó mediante el software H CANALES.

Una vez determinado los caudales, se procedió al diseño del sistema de drenaje pluvial. Con este diseño, permitió generar una propuesta de mejora a la transitabilidad y calidad de vida de los habitantes, ya que el sistema funcionara de manera eficiente contribuyendo al desarrollo sostenible de la comunidad.

Urbano (2017) en su investigación titulada “Diseño alternativo de un sistema de drenaje pluvial para las avenidas Antonio Raymondi y Mariscal Luzuriaga en la ciudad de Huaraz-2017” tuvo como objetivo diseñar un sistema de drenaje alternativo de acuerdo con la normativa vigente “OS.060” y otras contribuciones de estudios internacionales que juntos proporcionan más calidad técnica en la propuesta para resolver problemas de inundación en dicha zona. Para el sector de la Av. Raymondi, se consideró el aporte de 84 ha, la escorrentía generada en esta área es conducida mediante las cunetas hasta los sumideros ubicados en los puntos bajos de la vía para luego fluir por un sistema de tubería de PVC-RIB LOC NICOLL, con diámetro de 500 mm hacia la descarga, en esta vía se diseñaron 02 colectores y para la Av. Luzuriaga se consideró una área de aporte de 71 ha donde la escorrentía es conducida mediante las cunetas hacia los sumideros más bajos de las vías para luego fluir por el sistema de tubería de PVC, con diámetros entre

los 400 mm y 700 mm hacia la descarga, en esta vía se diseñaron 03 colectores, en conclusión se verifico la ineficiencia del sistema de drenaje actual ya que es un sistema combinado que no satisface las precipitaciones dadas en la zona y para ello se realizaría la separación del sistema de drenaje pluvial con el de desagüe para un buen funcionamiento.

Los antecedentes nos muestran la importancia de un sistema de drenaje pluvial, para ello se debería tener en cuenta los conceptos generales sobre dicho sistema: Diseño de drenaje pluvial es la creación con el fin de proyección un sistema de tuberías, sumideros o trampas, con sus conexiones, que permitan el desalojo de líquidos, generalmente pluviales, de una población.

Según lo mencionado por Manuel (1994) afirman que se produce como consecuencia de la actividad urbanizadora, los cauces naturales que conformaban la red hidrográfica original suelen ser profundamente alterados, lo que afecta de forma directa a su capacidad de desagüe y por lo tanto se propicia la escorrentía superficial que de no ser atendida correctamente puede llegar a ocasionar inundaciones.

Urbano (2004) afirma que, el drenaje superficial es la remoción del exceso de agua sobre la superficie de la calzada hacia un sistema de alcantarillado pluvial, el cual tiene una adecuada salida. Al caer sobre la superficie terrestre, el agua de lluvia tiene varios destinos: escurre superficialmente, se infiltra en el subsuelo o se evapora. El agua que escurre de manera superficial se va uniendo y forma pequeños escurrideros que se convierten en arroyos y después en ríos los cuales llegan al mar o a una depresión continental como los lagos y las lagunas (p.31).

El drenaje superficial se define como longitudinal o transversal, según la posición que las obras guarden con respecto al eje de la vía.

Para la ubicación y dimensionamiento de obras se deben considerar los siguientes criterios como:

- Planta: las obras de drenaje transversal se dispondrán, de ser posible, en dirección coincidente con el cauce natural.

- Perfil: se tratará en lo posible de ajustar el perfil de la obra de drenaje transversal, al perfil del lecho del cauce.
- Sección: se procurará respetar las dimensiones del cauce natural y no provocar fuertes estrechamientos, recurriendo para ello a un sobredimensionamiento (Urbano, 2017).

Cuando nos referimos a acciones materiales, nos referimos a este conjunto de trabajo (sumideros, colectores, canales, etc.) cuya función es la intersección y la guía, asentamiento preseleccionado, aguas de origen pluvial, que no causen problemas de inundación en la urbanización. Las casas y edificios del sector deben diseñarse y construirse para permitir que las instalaciones sanitarias se descarguen libremente a la red de alcantarillado sanitario y a las calles donde se recoge el agua de lluvia del agua del techo, convenientemente ubicado en la tolva.

Según la Norma OS.060 “Drenaje Pluvial Urbano” del Reglamento Nacional de Edificaciones; se clasifican en 02 tipos de drenaje pluvial urbano:

- Drenaje Urbano Mayor. - Además del uso de un sistema de drenaje pluvial y un pequeño sistema de drenaje (alcantarillado pluvial) que evacua los flujos que ocurren con poca frecuencia, use rieles limitados por las sardinas de los canales como canales de drenaje.
- Drenaje Urbano Menor. – Sistema de alcantarillado pluvial que evacúa caudales que se presentan con una frecuencia de 2 a 10 años

El sistema de alcantarillado de aguas de lluvia o pluviales consta de colectores y ductos necesarios para descargar el flujo de superficie generado por la lluvia. Al principio, el agua de la calle es extraída de los canales mediante una red de tuberías que se expande y escurren en el drenaje. Entonces se juntan una serie de canales que harán la entrega final al río. (Comisión Nacional Agua, 2007).

Los componentes principales de un sistema de alcantarillado pueden agruparse según la función para la cual son empleados, estructuras de captación, estructuras de conducción, estructuras de conexión y mantenimiento, estructuras

de vertido, instalaciones complementarias y finalmente estructuras de disposición final.

Ellos recogen el agua para ser transportados; Aunque hay conexiones domiciliarias donde el agua de lluvia cae al techo y de las terrazas, se utilizan como estructuras de recolección en alcantarillas pluviales o sistemas de drenaje de aguas pluviales. En los medios de recolección (convenientemente ubicados a una distancia en las partes más bajas del terreno y en las calles), se coloca una rejilla o pantalla para evitar la entrada de objetos que bloquean las tuberías.

Las estructuras de conducción 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.

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. En el diseño del drenaje urbano sólo se considera el exceso de agua en la superficie no tomado en consideración el flujo superficial y subterráneo, ya que el tiempo de retardo es muy largo, y por tanto no tienen gran influencia en el dimensionamiento de lo real.

El transporte del agua recolectada por las estructuras de recolección a los sitios de tratamiento o descarga, representan la parte principal de un sistema de alcantarillado que consisten en ductos cerrados y abiertos, ductos encargándose del estudio y distribución del agua sobre la superficie terrestre, una cuenca es la unidad básica en un estudio hidrológico que se define como tal el terreno donde cae el agua de lluvia y no gotea, en la cuenca se considera la presencia de la corriente principal y los afluentes de la primera, por otro lado, Parteaguas es el límite de la cuenca (*divortium acuarum*); a mayor altura

topográfica se indica el área de drenaje de las gotas. (Comisión Nacional del Agua, 2007).

En nuestro país la lluvia es la responsable de los escurrimientos pluviales, las magnitudes de los escurrimientos superficiales están ligadas proporcionalmente a la magnitud de los escurrimientos superficiales está ligada proporcionalmente a la magnitud de la precipitación pluvial. Por este motivo, los estudios de drenaje parten del estudio de la precipitación para estimar los gastos de diseño que permiten dimensionar las obras de drenaje. La medición de la precipitación se ha llevado a cabo principalmente con aparatos climatológicos conocidos como pluviómetros y pluviógrafos, ambos se basan en la medición de una lámina de lluvia (mm), la cual se interpreta como la altura del nivel del agua que se acumularía sobre el terreno sin infiltrarse o evaporarse sobre un área unitaria. La diferencia entre estos dispositivos de medición consiste en que el primero mide la precipitación acumulada aun cierto intervalo de tiempo de lectura (usualmente 24 hrs.) y el segundo registra en una gráfica (pluviograma) la altura de la lluvia acumulada de acuerdo al tiempo. (Urbano, 2004).

Existen tecnologías para recolectar, almacenar, tratar y distribuir agua a través de sistemas de transmisión y trabajos complementarios para suministrar agua a las poblaciones. Sin embargo, cuando el agua del suministro se utiliza en múltiples actividades humanas, se contamina con desechos orgánicos, inorgánicos y bacterias patógenas. Después de un tiempo se contiene materia orgánica en el agua, se descompone y produce gases con un olor desagradable, además las bacterias en el agua causan enfermedades, por lo tanto, la eliminación de aguas residuales se debe hacer de manera adecuada para evitar problemas sanitarios. En la mayoría de las ciudades, existe la necesidad de drenar el agua de lluvia para evitar la inundación de viviendas, negocios, industrias y otros intereses, por otro lado, la construcción de edificios, casas, calles, estacionamientos y otros cambia el entorno natural en el que vive la gente y como resultado, la creación de superficies de baja permeabilidad (que respalda la presencia de recursos más grandes (cantidad de agua en el suelo) y la eliminación de los canales naturales del río). Esto reduce la cantidad de agua de lluvia que fluye en la superficie debido a la urbanización, el sellado de las superficies de concreto y pavimento, por lo tanto, las

tuberías artificiales utilizadas para drenar el agua están diseñadas para tener una capacidad mayor que las corrientes naturales existentes. (Yañez Portal, 2014).

Se entiende el sistema de drenaje de una urbanización, puede causar problemas de inundación en la urbanización con una serie de trabajos (fregadero, colector, canal, etc.) cuya función se dirige a un sitio seleccionado para prevenir y evitar los humedales del asentamiento previamente seleccionado. El drenaje dentro de un proyecto holístico de una urbanización ocupa un lugar primitivo debido a su alto costo y porque es un factor determinante para los proyectos viales y la topografía modificada; Por lo tanto, la importancia del ingeniero hidráulico que ejecuta un buen proyecto y tiene todos los conocimientos básicos necesarios. (Palacios, 2008).

El término drenaje se aplica al proceso de remover el exceso de agua para prevenir el inconveniente público y proveer protección contra la pérdida de la propiedad y de la vida. (Reglamento Nacional Edificaciones, 2018).

El manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento publicado por la Comisión Nacional del Agua, México (2007) indica:

Los componentes principales de un sistema de alcantarillado pluvial se agrupan según la función en la que se utilizan. Así, el sistema de alcantarillado sanitario, versátil o mixto se integra en las siguientes secciones

- a. Estructuras de colección
- b. Conducir las estructuras.
- c. Estructuras de conexión y mantenimiento.
- d. Estructuras de porche.
- e. Instalaciones complementarias.
- f. Disposición final

Luego, las características de cada uno se discuten en detalle en el caso de un sistema de alcantarillado pluvial, y en la sección sobre redes de alcantarillado se discuten algunas características para la construcción. Al final del capítulo se incluyen algunas observaciones sobre la descarga final del agua de lluvia.

Las estructuras de captación consisten en canales que recogen el agua que fluye en la superficie de la tierra y las dirigen al sistema de drenaje. Se colocan a una

distancia para interrumpir el flujo de la superficie, en particular el aire en la intersección de las calles y la intersección principales; También se ubican en puntos bajos donde el agua puede acumularse.

Consisten en una lata que actúa como una trampa de arena donde se depositan materiales pesados que transportan agua, y una pantalla de soporte que permite que el agua ingrese a la superficie del suelo a través de una tubería hacia el sistema de alcantarillado pluvial. El filtro evita el paso de desechos, ramas y otros objetos que pueden bloquear los canales de la red.

El compromiso de cualquier área urbana para mantener o reducir la cantidad de flujo, así como el flujo máximo antes de la urbanización. Este sistema funciona por gravedad y regula las tuberías en orden descendente hasta que llegan al lugar de vertido natural o planta de tratamiento. A medida que el proyecto avanza, debe crear canales que permitan el acceso a la red para un mantenimiento continuo a una distancia específica según lo planificado (Hernández Jimenez, 2018).

Sistema de drenaje combinado o unitario es aquel diseñado y construido para conducir simultáneamente aguas negras, industriales y lluvia. Debido a su ubicación estratégica en cuanto a los accidentes topográficos y a la restricción de desarrollo urbano, es posible encontrarlos en zonas urbanas. Los colectores combinados tienen entre sus ventajas el lavarse cuando llueve; algunos desagües sanitarios se proyectan con el objeto de obtener una limpieza periódica. Pero si estos llegaran a ser colmatados podrían originar peligros para la salud de los habitantes, ya que las redes de drenaje estarían en colapso y produciendo vertidos de agua en calles y casas (Pérez, 2015).

Este sistema es menos costoso en su instalación que un sistema separado, ya que sólo se debe instalar una tubería. Y esto se traduce en la utilización de poco espacio de colocación, facilitando su instalación en espacios estrechos (Hernández Jimenez, 2018).

Modelo de Gestión de Aguas Pluviales el Stormwater Management Model (modelo de gestión de aguas pluviales) de la Agencia de Protección del Medioambiente de los Estados Unidos (EPA - SWMM)

Es un modelo de simulación de precipitación dinámica que se puede utilizar para realizar una simulación continua para un evento único o durante un largo período de tiempo. El programa permite simular la cantidad y la calidad del agua descargada, especialmente en sistemas de alcantarillado urbano. El módulo de flujo o hidrológico SWMM opera con una serie de cuencas donde se generan caídas y flujos de agua de lluvia. El módulo de transporte o hidráulico del SWMM analiza la trayectoria de estas aguas a través de un sistema de tuberías, ductos, dispositivos de almacenamiento y tratamiento, bombas y elementos reguladores. De manera similar, el SWMM puede seguir el desarrollo de la cantidad y calidad del flujo de agua de cada cuenca, así como una simulación del flujo, el nivel del agua en los pozos o una simulación de la calidad del agua en cada tubería y canales múltiples de intervalos de tiempo

- Características del modelo hidrológico.
- SWMM tiene en cuenta los diferentes procesos hidrológicos que ocurren a la salida de las aguas urbanas. Estos incluyen:
  - Precipitación variable en el tiempo.
  - Evaporación de aguas superficiales estacionarias.
  - Acumulación de nieve y deshielo.
  - Prevención de precipitaciones según almacenamiento en depresiones.
  - Precipitación de capas de suelo insaturado.
  - Infiltración de acuíferos.

Aplicaciones típicas de SWMM:

Desde su inicio, SWMM se ha utilizado en miles de redes de descarga de aguas residuales y aguas pluviales. Aplicaciones típicas:

- Diseño y dimensionamiento de componentes de red de drenaje para evitar el desbordamiento.
- Dimensionamiento de estructuras de retención y accesorios relacionados para el control de inundaciones y la protección de la calidad del agua.

- Limitación de áreas inundables en inundaciones y canales naturales.
- Diseño de estrategias de control de red para minimizar el número de descargas de sistemas unitarios.
- Evaluar el impacto de las fugas y las contribuciones a la descarga de los sistemas de descarga de aguas residuales.
- Crear cargas de contaminantes de fuentes no puntuales para la acumulación de desechos.

Por lo tanto, el diseño que se propone para la Avenida Larco es de un sistema de drenaje cerrado que estará compuesto por cajas rectangulares de concreto que estarán conectados con tuberías de PVP reforzado con fibra de vidrio y sumideros de rejillas para la evacuación del agua, el sistema de drenaje será por gravedad la cual se detallará en el Capítulo III.

Con todo lo mencionado anteriormente, podemos formular nuestro problema de la siguiente manera:

¿De qué manera el diseño del sistema de drenaje pluvial mejora la evacuación de aguas pluviales de la Av. Larco – Trujillo?

La investigación aporta al desarrollo de la población y mejoramiento vial ya que el diseño de drenaje recolectara las aguas provenientes de las lluvias evitando la destrucción de pistas, empozamiento de aguas y daños a la propiedad privada (colegios, universidad y negocios) que es uno de los principales problemas de la av. Larco.

La tesis se justifica económicamente por el mismo autor.

Se justifica técnicamente ya que se considera el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.060, antecedentes meteorológicos proporcionados por el SENAMHI y ANA y software para el diseño de drenaje.

Se justifica socialmente por que promoverá el desarrollo y beneficiará a la población que vive en el área de estudio.

Por lo tanto, el objetivo de la investigación es: Diseñar el sistema de drenaje pluvial de la Av. Larco – Trujillo.

Para poder realizar dicha investigación es necesario:

- Realizar la topografía de terreno para el diseño del drenaje.
- Realizar la caracterización de suelos para determinar el tipo de suelos y sus características.
- Realizar el estudio hidrológico y meteorológico para el caudal de diseño.
- Realizar el diseño hidráulico del drenaje.
- Realizar el impacto ambiental.

Finalmente considero que el diseño del sistema de drenaje pluvial mejorará la evacuación de aguas pluviales de la Av. Larco – Trujillo.

### **III. METODOLOGÍA.**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación.**

##### **3.1.1. Tipo de investigación:**

La investigación es aplicada por que se basa en información teórica y que se aplica a la solución de un problema real, es descriptiva ya que en esencia busca describir la variable de estudio, es cuantitativo ya que se tomaran decisiones con respecto a ciertas alternativas y es transversal por que la información recolectada para la investigación se realizara en un momento determinado. (Hernández y Baptista 2014).

##### **3.1.2. Diseño de investigación:**

El diseño de la investigación será descriptivo simple, ya que la unidad de análisis a considerar ya está establecida (la Av. Larco de la Ciudad de Trujillo) y solo se tendrá un cierto dominio de la variable de estudio para su descripción y análisis. (Hernández y Baptista, 2014).

**M - O**

M: Av. Larco – Trujillo.

O: Diseño del Sistema de alcantarillado.

### 3.2. Operacionalización de Variables:

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Escala de medición	
Sistema de drenaje pluvial	Actividad que se aplica en el proceso de diseño con la finalidad de evacuar la escorrentía superficial, teniendo en cuenta la norma y criterios complementarios del diseñador que comprende diferentes procesos para obtener la viabilidad del sistema de drenaje.	El sistema de drenaje depende de varios factores, pero todos basados en el Reglamento Nacional de Edificaciones O.S.060, información hidrológica del SENAMHI y estudios complementarios.	Estudio topográfico	Tipo de terreno	Método Racional	
				Pendientes de terreno		
			Caracterización de suelos	Resistencia de suelos		Tipos de suelos
				Estudio Hidrológico		
			Diseño Hidráulico			Datos de escorrentía superficial
				Sistema de drenaje cerrado		
				Capacidad de tubería		
				Caudal a evacuar		

### 3.3. Población, muestra y muestreo.

#### Población

La población estudiada será en esencia toda la avenida Larco de la Ciudad de Trujillo que comprende desde los límites de la avenida España hasta la avenida Colon o el Mar.

## **Muestra**

La muestra en este caso será la misma población, toda la avenida Larco de la Ciudad de Trujillo.

## **Muestreo**

El muestreo realizado fue el no probabilísticos, en este caso al existir una sola unidad de análisis.

## **Criterio de selección**

Debido a que se realizará el diseño del sistema de drenaje en toda la Av. Larco de la ciudad de Trujillo, el único criterio de selección es que los tramos a analizar pertenezcan a la Avenida.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

#### **Técnica:**

La técnica a utilizar será la revisión documental, literaria y la revisión directa en campo para las tomas de muestra de suelos y la topografía.

#### **Instrumento de Recolección de Datos:**

Los instrumentos de recolección de datos serán los registros de uso de equipos topográficos, fichas de validación y recopilación de datos.

#### **Validez**

Los instrumentos de medición mecánicos no requieren la validez ya que estos están validados por las empresas o instituciones que los fabrican, según en concepto de validez este indica que es la capacidad de un instrumento de medir o cuantificar la variable para lo cual fue diseñado.

#### **Confiabilidad:**

La fiabilidad de los instrumentos de medición mecánicos necesarios para la recolección de información ya cuentan con un nivel de confiabilidad realizado

por las empresas que los fabrica, ya que según el concepto de confiabilidad este indica que es el grado en que un instrumento puede medir varias veces a una variable y dar resultados similares.

### **3.5. Procedimiento**

El procedimiento de recolección de datos iniciara con la toma de datos necesarios para diseño del sistema de drenaje.

Será necesaria la creación de una base de datos en los softwares Microsoft Excel, Hidroesta, Autodesk Civil 3D, Google Heart Pro y Microsoft Word, para el procesamiento de los datos recopilados.

Los datos serán procesados por programas de ingeniería como Hidroesta, Autodesk Civil 3D que determinarán un diseño adecuado para el sistema de drenaje pluvial.

No es necesario la manipulación de datos ya que estos solo serán analizados en su modo natural de recolección, además que, al no existir variables intervinientes o extrañas, no es necesario un tratamiento especial para estas variables.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Debido a que el diseño de investigación es descriptivo solo se utilizaron estadísticas descriptivas como la tabla de frecuencias, gráficas de barras con las precipitaciones dada por el SENAMHI y ANA, para el diseño del sistema de drenaje se tomara en cuenta los parámetros que la Norma Técnica Peruana OS.060 que nos indica.

Dado que se analizará, como el diseño del sistema de drenaje mejora o podrá contar con una evacuación de aguas pluviales adecuado para una ciudad que no cuenta con esté y que en épocas de lluvia se genera el problema de la acumulación de las aguas en las calles, afectando la estructura del asfalto, transitabilidad de vehículos y peatones, que con la ayuda de los programas informáticos y de ingeniería como; Microsoft Excel, Microsoft Word, Hidroesta, Autodesk Civil 3D y Google Earth Pro, se lograra el diseños adecuado.

### **3.7. Aspectos éticos**

En la presente investigación se respetará la confidencialidad de la información extraída con el único fin que es para el diseño del sistema de evacuación de aguas pluviales, se considera la NTP (Norma Técnica de Edificaciones). OS.060 para el diseño de sistema de drenaje pluvial urbano, la NTP E.050 para el estudio de suelos y ASTM.

## VI. RESULTADOS

### 4.1.1 Nombre del Proyecto de Investigación.

“Diseño del sistema de drenaje para la evacuación de aguas pluviales de la Av. Larco - Trujillo”.

### 4.1.2. Localización y Ubicación.

La ciudad de Trujillo se ubica a 34 m.s.n.m. en toda la costa norte del Perú, delimitando con el Norte con la provincia de Ascope, por el Este con la provincia de Otuzco, por el Sur con la provincia de Viru y por Oeste con el Océano pacífico, siendo la tercera ciudad más poblada del Perú según el Censo Nacional 2017.

La avenida Larco conforma dos distritos:

- El Distrito de Víctor Larco Herrera se ubica en la parte Sur Oeste, entre las coordenadas 08°06' y 08°09' latitud sur y 79°05' a 79°07' de latitud oeste del Meridiano de Greenwich, a una altura de 3 m.s.n.m. Tiene una superficie de 18.02 kilómetros cuadrados, donde limita por el Norte con el distrito de Huanchaco, por el Sur con el distrito de Moche, por el Este con la ciudad de Trujillo y por el Oeste con el océano Pacífico. (MDVL,2019).
- El Distrito de Trujillo está ubicado a 32 m.s.n.m. con coordenadas 08°10'00" Sur y Oeste 79°1'0" tomando como referencia en Centro Histórico, tiene una expansión de 39 kilómetros cuadrados aproximadamente, teniendo como vías principales la Avenida España, la Avenida América, la Avenida Víctor Larco, la Avenida Nicolás de Piérola y la Avenida Mansiche.



Figura N°1: Ubicación del Distrito de Víctor Larco y Distrito de Trujillo.

Fuente: (Google Maps, 2019)

#### 4.1.3. Área de estudio.

La avenida de Larco es una de las principales avenidas de la ciudad de Trujillo, se encuentra ubicado por el Oeste con el océano pacífico y por el Este con el centro histórico de Trujillo, la cual esta conforma por treinta cuadras, donde integran los sectores de San Andrés, Buenos Aires, Huamán, Vista alegre ,entre otros y se extiende hasta el centro de Trujillo la cual corta con las avenidas, dos de mayo (vía de evitamiento), Huamán, Fátima, América sur y la avenida España, toda la avenida cuenta con numerosos centros de comercio, centro de educación (colegios y universidad), centros de salud, hoteles organismos de gobierno regional entre otros y es el acceso directo para los principales balnearios como Buenos Aires, paseo de las aguas y Óvalo Larco (cerca al jardín botánico). La avenida Larco se encuentra ubicado en el distrito de Víctor Larco Herrera dentro de la conurbación de la ciudad de Trujillo como uno de los nuevos distritos que conforman el área conocida como Trujillo Metropolitano, Víctor Larco es el distrito con mayor índice de desarrollo humano de la ciudad de

Trujillo según el estudio publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

Es considerado una de las avenidas con más alto nivel de tránsito debido a que acoge tanto transporte vehicular privado como público y también gran cantidad de transeúntes, la avenida Larco es la principal entrada al centro de Trujillo así mismo se interseca con varias avenidas principales convirtiéndola en una arteria muy importante de la ciudad.



Figura N°2: Vista Satelital de la Av. Larco – Trujillo.

Fuente: Google Earth Pro, 2019.

## 4.2. Levantamiento Topográfico.

### 4.2.1 Generalidades.

El levantamiento topográfico es fundamental para la realización del proyecto, lo cual nos brinda la información adecuada para el diseño que se desea proyectar, se utilizaron diferente equipo como una Estación Total, GPS Garmin y programas como Google Earth Pro, MapSource, Civil 3D y Excel.

#### 4.2.2 Objetivos.

El objetivo de la topografía es reconocer el tipo de terreno y sus características para el diseño del sistema de drenaje pluvial.

#### 4.2.3 Reconocimiento del terreno.

La ciudad de Trujillo tiene una topografía variable por el terreno donde se encuentra, la Av. Larco se encuentra en un terreno plano ya que su pendiente varia de 0 a 2% y tiene una longitud de 4.25 km desde los límites de la Av. España hasta el océano pacífico.

#### 4.2.4. Metodología de trabajo

Se tomaron las medidas correspondientes para la realización del levantamiento topográfico y los equipos topográficos principales, teniendo en cuenta la planeación, trabajo de gabinete y campo.

#### 4.2.5. Preparación y Organización.

Se tomaron en cuenta los equipos topográficos necesarios para el levantamiento topográfico y los parámetros necesarios de error como es 1:5000 (1m de error por cada 5km de plano) para conseguir la precisión requerida de trabajo y disminuir los costos. Se organizo un itinerario para la realización del trabajo.

#### 4.2.6. Trabajo de campo

Para realizar el trabajo se utilizaron la Estación Total TOPCOM ES105, GPS GARMIN OREGON 650, 3 prismas, wincha, cámara digital, libreta de campo e implementos de seguridad.

Tabla N°1: Puntos Topográficos de la Av. Larco.

<b>PUNTO</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>COTA</b>
BM-1	714165	9099168	5.00
P-2	714274	9099288	8.00
P-3	714343	9099368	8.00
P-4	714441	9099480	8.00

P-5	714576	9099633	7.00
P-6	714583	9099652	7.00
P-7	714638	9099715	9.00
P-8	714728	9099819	9.00
P-9	714890	9100007	10.00
P-10	715040	9100179	12.00
P-11	715135	9100288	13.00
P-12	715200	9100363	14.00
P-13	715211	9100375	14.00
P-14	715334	9100519	13.00
P-15	715406	9100602	14.00
P-16	715514	9100726	14.00
P-17	715525	9100737	14.00
P-18	715612	9100838	15.00
P-19	715728	9100974	16.00
P-20	715736	9100983	16.00
P-21	715807	9101063	18.00
P-22	715827	9101086	18.00
P-23	715864	9101129	18.00
P-24	715873	9101140	18.00
BM-2	716000	9101285	20.00
P-26	716008	9101295	20.00
P-27	716044	9101336	20.00
P-28	716083	9101364	20.00
P-29	716100	9101374	20.00
P-30	716130	9101395	20.00
P-31	716138	9101405	20.00
P-32	716141	9101415	20.00
P-33	716159	9101462	21.00
P-34	716174	9101483	22.00
P-35	716197	9101514	22.00
P-36	716308	9101642	22.00
P-37	716320	9101655	22.00
P-38	716389	9101735	24.00
P-39	716400	9101746	24.00
P-40	716438	9101790	24.00
P-41	716448	9101802	24.00
P-42	716582	9101957	26.00
P-43	716594	9101970	27.00
P-44	716658	9102045	28.00
P-45	716667	9102054	28.00
P-46	716733	9102130	29.00
BM-3	716743	9102140	29.00
P-48	716774	9102177	29.00

P-49	716799	9102205	29.00
P-50	716874	9102293	30.00
P-51	716886	9102300	30.00
P-52	716936	9102358	31.00
P-53	716921	9102370	31.00
P-54	716873	9102313	30.00
P-55	716861	9102301	30.00
P-56	716775	9102203	29.00
P-57	716654	9102065	28.00
P-58	716645	9102054	28.00
P-59	716581	9101980	27.00
P-60	716571	9101969	26.00
P-61	716439	9101816	23.00
P-62	716426	9101802	23.00
P-63	716386	9101755	24.00
P-64	716375	9101742	24.00
P-65	716311	9101668	22.00
BM-4	716297	9101652	22.00
P-67	716183	9101520	22.00
P-68	716160	9101497	22.00
P-69	716130	9101473	21.00
P-70	716093	9101453	20.00
P-71	716081	9101445	20.00
P-72	716066	9101427	20.00
P-73	716061	9101403	20.00
P-74	716050	9101378	20.00
P-75	716035	9101354	20.00
P-76	716030	9101344	20.00
P-77	715995	9101303	20.00
P-78	715979	9101285	19.00
P-79	715858	9101145	18.00
P-80	715766	9101041	17.00
P-81	715753	9101024	17.00
P-82	715703	9100967	16.00
P-83	715684	9100945	15.00
P-84	715597	9100844	15.00
P-85	715513	9100748	14.00
P-86	715505	9100738	14.00
BM-5	715491	9100723	14.00
P-88	715457	9100683	14.00
P-89	715355	9100566	14.00
P-90	715293	9100494	13.00
P-91	715197	9100384	13.00
P-92	715183	9100368	13.00

P-93	715092	9100262	13.00
P-94	715021	9100180	12.00
P-95	714875	9100011	10.00
P-96	714717	9099831	9.00
P-97	714628	9099727	9.00
P-98	714570	9099661	8.00
P-99	714554	9099642	7.00
P-100	714542	9099633	7.00
P-101	714427	9099502	8.00
P-102	714327	9099391	9.00
P-103	714249	9099299	8.00
P-104	714147	9099183	5.00
P-105	714201	9099132	5.00
P-106	714372	9099320	8.00
P-107	714622	9099601	8.00
P-108	714935	9099935	10.00
BM-6	715290	9100333	13.00
P-110	715654	9100776	15.00
P-111	715968	9101142	19.00
P-112	716164	9101390	20.00
P-113	716357	9101626	22.00
P-114	716548	9101840	24.00
P-115	716778	9102133	29.00
P-116	716969	9102357	31.00
P-117	716904	9102419	32.00
P-118	716679	9102172	30.00
P-119	716476	9101939	25.00
P-120	716288	9101712	22.00
P-121	716068	9101470	20.00
P-122	715870	9101233	19.00
P-123	715546	9100880	14.00
P-124	715140	9100401	12.00
P-125	714822	9100058	10.00
P-126	714512	9099684	8.00
P-127	714241	9099384	9.00
P-128	714103	9099217	6.00
P-129	714201	9099132	5.00

#### 4.2.7. Trabajo de Gabinete.

Se obtuvieron los puntos topográficos de la Estación Total mediante una memoria USB, donde se procesaron los datos en formato CSV delimitado

por comas y un campo de datos (P, X, Y, Z), la cual exporto 129 puntos en el programa Excel, para posteriormente configurarlas y transportarlos al software Autodesk Civil 3D para la verificación de los puntos y la realización del plano topográfico con las polilíneas de la unión de puntos y la realización de las curvas de nivel.

### **4.3. Caracterización de Suelos.**

#### **4.3.1. Generalidades.**

La caracterización de suelos se obtuvo mediante la información brindada por el estudio de Revisión y Actualización del esquema director de Trujillo, Zonificación de la Municipalidad Provincial de Trujillo y por el libro digital de la Universidad Nacional de Ingeniería “Microzonificación Geotécnica del Distrito de Trujillo”

#### **4.3.2. Objetivo.**

El objetivo de la caracterización de suelos, es determinar los tipos de suelo que conforma la Av. Larco mediante el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).

#### **4.3.3. Clasifican de suelos.**

Se obtuvo la información geotécnica a través de las pruebas de campo (calicatas y sondeos a 3 m y 4 m de profundidad) y ensayos de laboratorio en lugares cercanos al distrito de Trujillo.

Se realizó la determinación de los suelos de acuerdo a su profundidad, se definió la posición del Nivel Freático y la determinación de la capacidad admisible.

En base a la información recopilada de los estudios geotécnicos realizados en la Municipalidad del Distrital de Trujillo, para más detalle ver anexo 1 y 2.

La avenida Larco se clasifica en dos diferentes tipos de zona:

- Zona I: presenta una capa superficial de relleno de 0.10 a 0.30 m. de espesor, continúa arena pobremente graduada (SP) o arena pobremente

graduada con limo (SP-SM), con cierta presencia de gravas de ½ “a ¾”, compactidad varia de suelta a media de poca a regular humedad, se nota la presencia de la Napa Freática de 4 m. a 5 m donde su capacidad admisible varia de 0.914 a 1.099 Kg/cm2.

- Zona IV: por ser una zona cuyo perfil estratigráfico presenta un estrato superficial de relleno conformado por suelos orgánicos en estado suelto, presenta una capa superficial de relleno de 0.30 m de espeso. Continúa arena pobremente graduada (SP) con cierta presencia de gravas de ½”, de compactidad media. A continuación, se nota arena limosa (SM) de compactidad media, de poca a regular con cierta presencia de grava de ¾”, donde su capacidad admisible para esta zona varia de 0.939 a 1.129 Kg/cm2. (Lujan, 2011).

DIVISIONES MAYORES		SÍMBOLO		DESCRIPCIÓN
		SUCS	GRÁFICO	
SUELOS GRANULARES	GRAVA Y SUELOS GRAVOSOS	GW		GRAVA BIEN GRADUADA
		GP		GRAVA MAL GRADUADA
		GM		GRAVA LIMOSA
		GC		GRAVA ARCILLOSA
	ARENA Y SUELOS ARENOSOS	SW		ARENA BIEN GRADUADA
		SP		ARENA MAL GRADUADA
		SM		ARENA LIMOSA
		SC		ARENA ARCILLOSA

Figura N°3: Simbología de suelos, suelo encontrado SP – SM.

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones E.050.

Según el “Esquema Director de Trujillo, MPT”, el sector de bajo Trujillo que compre la parte baja del Distro de Víctor Larco, presenta un Nivel Freático crítico que comprende una isoprofundidad menores de 1 m. la cual las hace vulnerables a licuación del terreno, los tipos de suelo que comprende dentro

de la unidad geomorfológica identificados como pampas costeras está constituido por tres tipos de suelo:

- Arena arcillosa (SC) de compacidad semidensa – densa.
- Arcillosos de ligera y mediana plasticidad (CL).
- Arena limo arcillosa (SC -SM).

El distrito de Víctor Larco presenta suelos variados, predominando los suelos arcillosos de ligera y mediana plasticidad (CL) y suelos de arenas finas uniformes pobremente graduadas (SP) con compacidad suelta a semidensa y en menor grado los suelos arcillosos altamente plásticos (CH) con posibilidad de ser licuados y suelos inorgánicos (ML) de baja compresibilidad. (P,17).

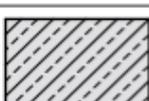
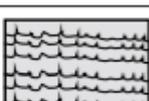
DIVISIONES MAYORES		SÍMBOLO		DESCRIPCIÓN
		SUCS	GRÁFICO	
SUELOS FINOS	LIMOS Y ARCILLAS (LL < 50)	ML		LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD
		CL		ARCILLA INORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD
		OL		LIMO ORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD
	LIMOS Y ARCILLAS (LL > 50)	MH		LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
		CH		ARCILLA INORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD
		OH		LIMO ORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS		Pt		TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS.

Figura N°4: Simbología de suelos, suelos encontrados ML – CL - CH.

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones E.050.

#### 4.4. Precipitaciones Máximas.

##### 4.4.1. Generalidades.

La data de precipitaciones máximas fue obtenida por los datos que nos brinda el SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú), que es el organismo técnico especializado del Estado peruano que brinda información sobre el pronóstico del clima y tiempo.

##### 4.4.2. Estación Meteorológica.

Para la obtención de precipitaciones máximas se utilizaron los datos de la Estación meteorológica Trujillo que es la más cercana al área de estudio.

Tabla N°2: Ubicación de la Estación Meteorológica.

<b>ESTACION: TRUJILLO</b>			
<b>UBICACIÓN</b>	<b>DEPARTAMENTO</b>	<b>PROVINCIA</b>	<b>DISTRITO</b>
		LA LIBERTAD	TRUJILLO
<b>COORDENADAS</b>	8°6´43.29" S	78°59´6.36" W	44 msnm.

Fuente: Elaboración propia.

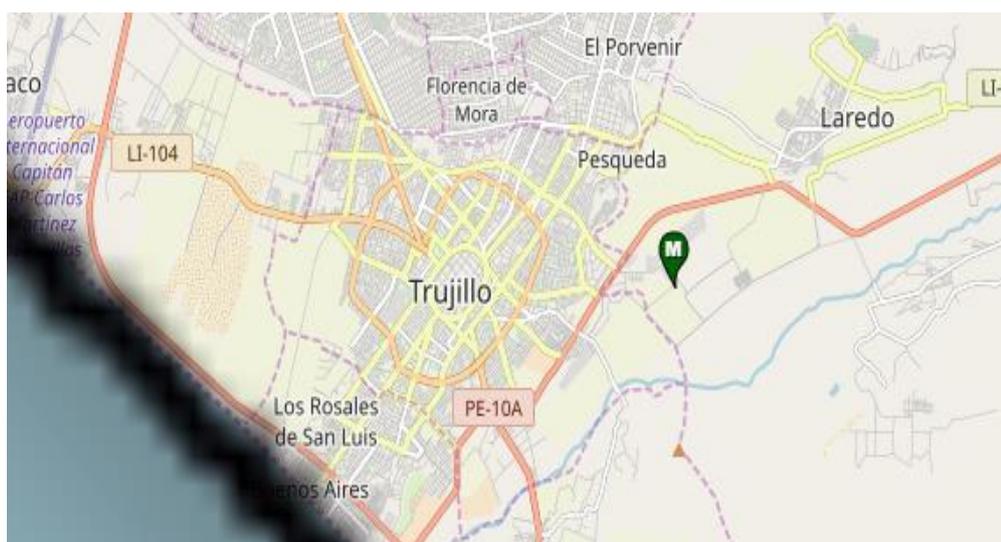


Figura N°5: Estación meteorológica de Trujillo.

Fuente: (SENAMHI).

#### 4.4.3. Datos de las Precipitaciones máximas.

Se obtuvieron datos de precipitaciones máximas de 6 años del registro de la Estación meteorológica Trujillo, desde el año 2014 hasta el 2019, ver (anexo N°3).

A continuación, se muestra el resumen de datos de las precipitaciones máximas anuales en 24 horas.

Tabla N°3: Cuadro de resumen de las precipitaciones máx. anuales.

<b>Precipitaciones Máximas anuales</b>		
<b>Mes</b>	<b>Año</b>	<b>Pmax en 24hr</b>
Abril	2014	<b>0.242</b>
Marzo	2015	<b>0.142</b>
Febrero	2016	<b>0.354</b>
Marzo	2017	<b>1.125</b>
Diciembre	2018	<b>0.333</b>
Febrero	2019	<b>0.329</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5. Cálculo del Caudal de diseño.

##### 4.5.1. Generalidades.

Para los cálculos del caudal de diseño se utilizó el Reglamento Nacional de Edificaciones O.S.060 de drenaje pluvial urbano, donde nos indica los parámetros de diseño y el método a utilizar para el buen funcionamiento del sistema de drenaje urbano.

El sistema de drenaje pluvial se calculará por el método racional ya que la norma nos indica que este método se utilizará para cuencas menores a los 13 km<sup>2</sup>.

##### 4.5.2. Método Racional.

Según el "Reglamento Nacional Edificaciones OS.060" los caudales de escurrimiento serán cálculos por el método racional que es aplicable para áreas de drenaje no mayores de 13 km<sup>2</sup>, que están compuestas de subáreas

o subcuencas de diferentes características, el caudal pico proporcionado por el método racional viene expresado por la siguiente forma:

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

Donde:

Q = Caudal pico (m<sup>3</sup>/s)

C = Coeficiente de escorrentía (adimensional)

I = Intensidad de la lluvia (mm/h)

A = Área de drenaje (Ha)

#### **4.5.3. Periodo de retorno.**

Para un sistema de drenaje mayor, deberá ser diseñado para un periodo de retorno no menor de 25 años, el diseñador podrá proponer periodos de retorno mayores para obtener un margen de seguridad debido al valor económico o estratégico de la propiedad a proteger. (RNE.OS.0.60).

Para nuestro diseño de sistema de drenaje pluvial de la avenida Larco, se utilizó un periodo de retorno de 100 años considerando el margen de seguridad.

#### **4.5.4. Coeficiente de escorrentía.**

Para la selección del coeficiente de escorrentía se debe considerar los siguientes efectos:

- Características de la superficie.
- Tipo de área urbana.
- Intensidad de lluvia (teniendo en cuenta su tiempo de retorno).
- Pendiente del terreno.
- Condición futura dentro del horizonte de la vida del proyecto.

Se pueden considerar otros efectos como: proximidad del nivel freático, porosidad del suelo, almacenamiento por depresiones de terreno, etc. (R.N.E.OS.060).

Para nuestro sistema de drenaje pluvial se consideró un coeficiente de escorrentía de 0.95 y 0.97, por tener un área desarrollada, pista asfáltica y concreto/ techo, considerando un periodo de retorno de 100 años.

CARACTERÍSTICA DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>ÁREAS DESARROLLADAS</b>							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/Techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00

Figura N°6: Coeficiente de escorrentía para ser utilizado en el Método Racional.

Fuente: (RN.E.OS.060).

Para nuestro sistema de drenaje pluvial se realizó un promedio de las áreas desarrolladas la cual nos da un coeficiente de escorrentía de 0.96, que será utilizado en el método racional.

#### 4.5.5. Intensidad de lluvia.

La intensidad de la precipitación de diseño para un determinado punto del sistema de drenaje es la intensidad promedio de una lluvia cuya duración es igual al tiempo de concentración del área que se drena hasta ese punto, cuyo periodo de retorno es igual al del diseño de la obra drenada. (RNE.OS.060). Este valor resulta del análisis de las curvas de intensidad – duración – periodo de retorno, la cuales se obtienen de los datos que ofrece la estación meteorológica dentro de la cuenca y su superficie, además se debe considerar un tiempo de concentración y un periodo de retorno definido por el tipo de estructura a diseñar.

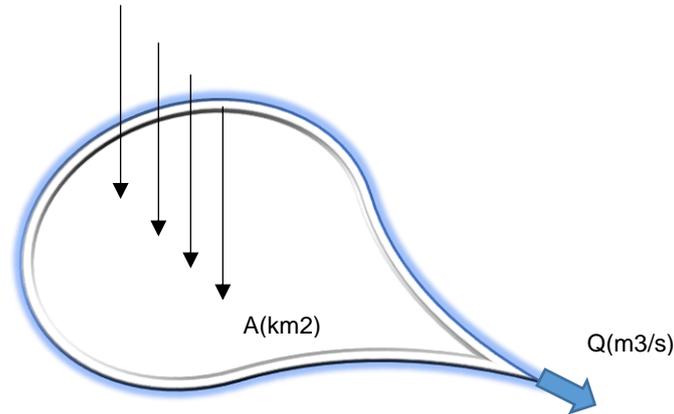


Figura N°7: Intensidad de precipitación sobre una cuenca.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5.6. Cálculo de la Curva de Intensidad Duración y Frecuencia.

Es la relación entre las Intensidades promedio máximas esperadas, para cada duración de precipitación para una frecuencia determinada o periodo de retorno en promedio. Sintetiza el comportamiento pluviométrico de una zona.

Las más comunes son el tipo Talbot y Montana.

$$\frac{I_{mm}}{hr} = \frac{a}{b + Dmin}$$

$$I = aD^b$$

La curva Tipo Talbot, propone el ajuste a una hipérbola, siendo a y b, los parámetros de ajuste, mientras que el tipo montana se ajusta a una función potencial.

Para las precipitaciones máximas correctas se le multiplica por un factor de ampliación de 1.13 a los valores máximos resultantes de las precipitaciones procesadas. (Weiss L., 1964; World Meteorological Organization WMO, 2009, L.L. Weis en base a un estudio de estaciones años de datos de lluvia, encontró que los resultados de un análisis probabilístico llevado a cabo con lluvias máximas anuales tomadas en un momento fijo intervalo de observación en 24 horas al ser incrementado un 13% conducían a

magnitudes más aproximadas a las obtenidas con lluvias máximas verdaderas. (Rendón Dávila, 2013, citado en Urbano Broncano, 2017).

Para el cálculo de las curvas IDF se tomaron los datos de la tabla N°3 de precipitaciones máximas anuales en 24 horas, se realizó la distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel.

La distribución Gumbel se desarrolla para valor extremos, como precipitaciones máximas anuales la cual es de interés para nuestro diseño, donde se podrá precisar con más exactitud la intensidad de lluvia en un determinado tiempo y periodo.

$$I = \frac{0.9662 \times T^{0.289778}}{t^{0.54001}} \quad \rightarrow \quad I = \frac{0.9662 \times 100^{0.289778}}{10^{0.54001}} = 1.06 \text{ mm/hr}$$

I = Intensidad de lluvia (mm/hr).

T = Tiempo de retorno (años).

t = tiempo de concentración (min).

Para más detalle del cálculo de las curvas de IDF, Ver Anexo N°4.

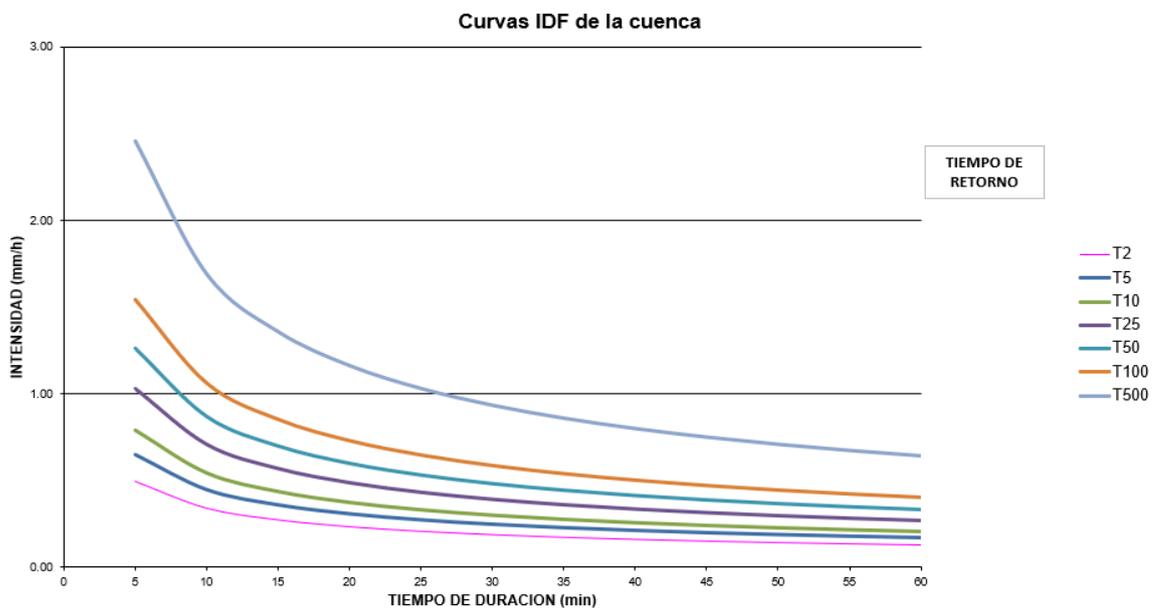


Figura N°8: Curvas IDF.

Fuente: elaboración propia.

#### 4.5.7. Área de Drenaje.

Se determino el tamaño y la forma de la cuenca y subcuenca en consideración, los intervalos entre las curvas de nivel permitieron distinguir la dirección del flujo superficial, se determinó las áreas de drenaje que contribuyen al sistema que se diseñó, así como las subáreas de drenaje que contribuyen a cada punto de ingreso del sistema de drenaje.

Para el área tributaria de aporta al sistema de drenaje, se diseñó en cada tramo del área de estudio, donde incluyo el área propia del tramo en consideración, es decir el área tributaria de un tramo será la suma de su área más las áreas tributarias anteriores.

Para determinar el área tributaria de aporte al sistema se utilizó el programa AutoCAD Civil 3D, que es una herramienta fundamental para trazar las áreas que influyen en el sistema de drenaje la que cuenta con un área de 7.65 ha, para mayor detalle ver anexo N°5.

#### 4.5.8. Caudal de diseño.

Ya obtenida la información de la intensidad de lluvia, las subáreas de aporte al sistema de drenaje y el coeficiente de escorrentía, se realizaron los cálculos para determinar el caudal de diseño para nuestro sistema de drenaje donde tenemos un área de aporte de 7.6554 Ha, un coeficiente de escorrentía de 0.96 y una intensidad de lluvia de 1.06 mm/hr.

Para nuestro sistema de drenaje el caudal pico a evacuar es de 21.04 lt/s, para más detalle ver anexo N°6.

Tabla N°4: Calculo total del caudal de diseño por el Método Racional.

	<i>Área de la subárea (Ha)</i>	<i>Área acumulada</i>	<i>Coeficiente escorrentía</i>	<i>Intensidad</i>	<i>Q(m3/s) (acumulado)</i>	<i>Q (lt/s)</i>
AT	7.6554	7.6554	0.96	1.06	0.0216	<b>21.64</b>

Fuente: Elaboración propia

#### **4.6. Consideraciones Hidráulicas en el Sistemas de Drenaje.**

Las consideraciones de un sistema de drenaje mayor y menor que se instalen en áreas urbanas, deberán tener la capacidad de evacuar y evitar inundaciones de lluvia de poca frecuencia, para cuencas menores de 13 Km<sup>2</sup> los caudales se calcularan por el Método Racional, teniendo un periodo de retorno no menor de 25 años.

Para la determinación de la escorrentía superficial dentro del área de drenaje urbano producida por la lluvia a un cierto periodo de retorno, nos permitirá utilizar la ecuación de Manning para determinar la capacidad de la tubería, capaz de conducir dicho caudal a tubo lleno.

(R.N.E.OS.060)

##### **4.6.1. Captación de aguas lluvia en Edificaciones.**

Para el diseño de un sistema de drenaje en edificaciones ubicadas en localidades de alta precipitación con lluvias iguales o mayores a 10 mm/día, se considerará las aguas acumuladas sobre las azoteas que serán evacuadas por los jardines o suelos sin revestir para garantizar su infiltración en los suelos, si no fuese posibles la evacuación se realizara la evacuación hacia el sistema de drenaje exterior o de calzada.

Para la evacuación de aguas pluviales en azoteas se utilizarán montantes de 0.05 m de diámetro como mínimo para su buena descarga en jardines o patios sin revestimiento. (RNE.OS.060).

##### **4.6.2. Captación y transporte de aguas pluviales en zonas vehiculares - pistas.**

Se considerará que, para la evacuación de las aguas provenientes de las lluvias en calzadas, veredas y viviendas, la orientación de flujo en las pistas deberá tener una pendiente longitudinal mayor al 0.5% y una pendiente transversal de 2% a 4%, para facilitar la concentración de aguas lluvia en los extremos o bordes de la calzada. (R.N.E.OS.060)

#### 4.6.3. Captación y transporte de aguas pluviales en calzada y aceras.

La evacuación de aguas que discurren sobre la calzada y aceras se realizara mediante sistemas de drenaje abierto o cerrado según los estudios realizados por el diseñador, las que evacuarán el flujo en las zonas bajas donde los sumideros captarán el agua para conducirlos en el sistema de drenaje pluvial de la ciudad. (R.N.E.OS.060).

Cumpliendo con la norma OS.060. en la "orientación de flujo" se identificó la pendiente transversal de la Avenida Larco que es de 2% en toda la avenida, desde el punto de inicio de la avenida hasta donde culmina, de este modo se pudo calcular el ancho de la inundación en un carril de circulación, para ello en la norma nos indica el cálculo de la determinación de la cuneta.

La determinación de la capacidad de la cuneta, depende de la sección transversal, pendiente y rugosidad del material con que se construya

Es decir:

**Av. Larco Calzada I y II.**

$$y_{max} = 2\%(3.5) = 0.07m.$$

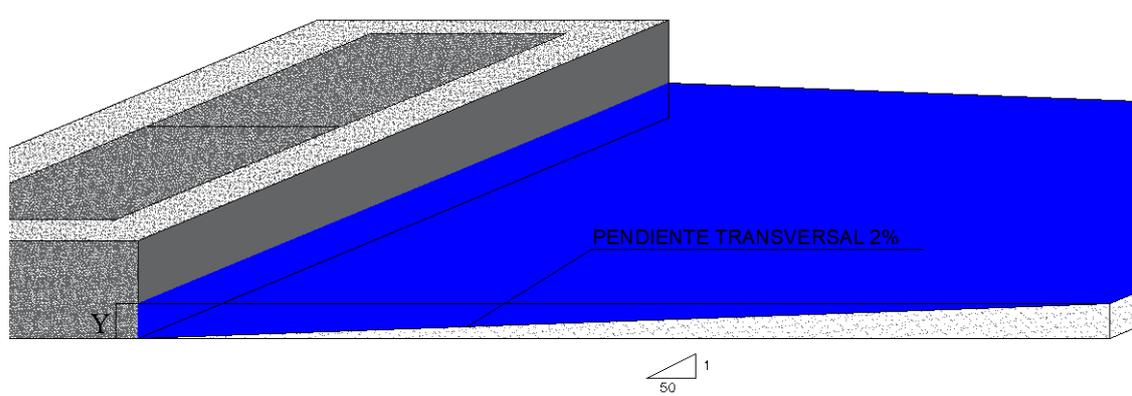


Figura N°9: Cuneta triangular en la Avenida Larco.

Fuente: elaboración propia.

El cálculo anterior de " $Y_{max}$ " señala, el límite para el calado en la calzada, se consideró que se conocen las características del canal (pendiente de fondo, coeficiente de rugosidad de Manning y talud del canal triangular) se puede determinar para cada una de las pendientes cuál es el caudal máximo que puede circular. Para obtenerlo se emplea información de la norma

OS.060 sobre "Ecuación de Manning en la Determinación de Caudales en Cunetas Triangulares".

El máximo caudal asociado al criterio de riesgo de calado " $Y(m)$ " es de,  $Q_{max}$  m<sup>3</sup>/s, es decir que, para cumplir la restricción, cualquier caudal que circule por la calzada para una pendiente " $S$  (m/m)", debe ser inferior al  $Q_{max}$  lt/s. (Urbano, 2017).

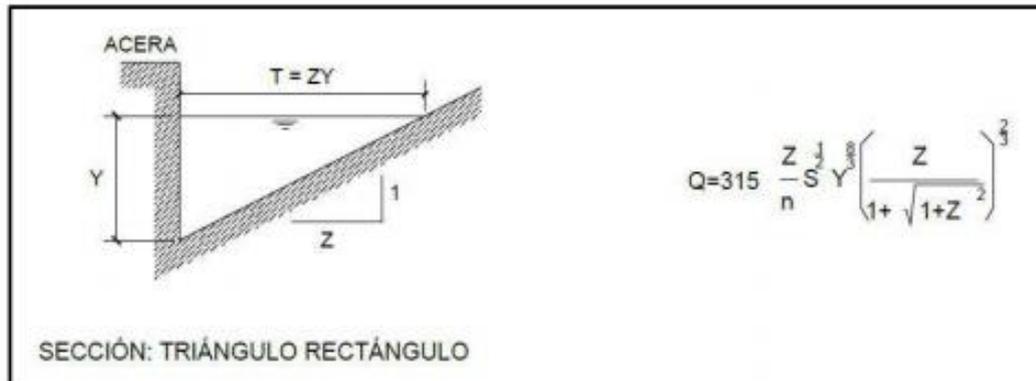


Figura N°10: Formula de Manning para la determinación del Caudal.

Fuente: R.N.E.OS.060.

El programa AutoCAD Civil 3D nos brinda la información del perfil longitudinal de la rasante, la cual nos brinda los datos de la pendiente longitudinal de las vías de estudio para poder calcular el caudal máximo circulante por la calzada, ver anexo N°7.

#### 4.6.4. Sumidero.

Los sumideros son estructuras que tienen por objeto realizar la recolección de las aguas de lluvia e impedir el ingreso de elementos sólidos de gran tamaño que discurren por la superficie de vías o terrenos al sistema de alcantarillado pluvial o combinado, se debe tener en cuenta los criterios de localización de los sumidero, deben de ponerse en cruces de las vías de tal manera que intercepten la guas de escorrentía, rebajes de andén parqueaderos en niveles inferiores al de la vía, cunetas, disminución de la pendiente longitudinal de la vía, los sumideros deben tener un espaciamiento mínimo de 6 m. o donde lo indiquen los planos del proyecto.

Los sumideros se clasifican según la forma de captación de las aguas y la selección del tipo de sumidero a instalar depende de las características de flujo, topografía y grado de importancia del sector. (Norma de Construcción de Sumideros, EPM).

Para el sistema de drenaje pluvial de la avenida Larco se consideró sumidero de rejillas de tipo A.

- Sumidero de rejillas tipo A: Consisten en una abertura con rejilla colocada sobre el piso de la cuneta de la vía, adicionalmente la rejilla debe quedar entre 1 cm. o 2 cm. por debajo de la rasante de la vía. Los muros y la losa de fondo de la caja de sumideros deben ser de concreto con una resistencia a la compresión de 28 MPa.

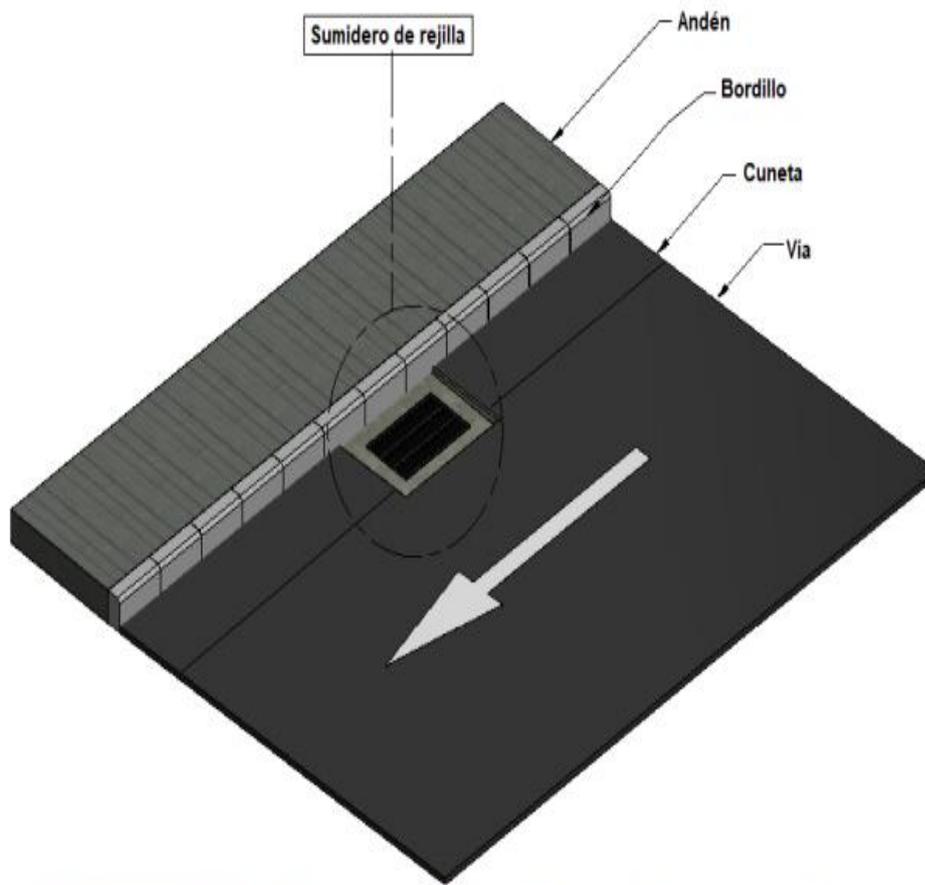


Figura N°11: Sumidero de Rejilla tipo A.

Fuente: (Norma de Construcción de Sumideros, EPM).

Para nuestro sistema de drenaje se utilizarán sumideros de rejilla tipo A que estarán ubicadas la parte lateral de la pista, las medidas se encuentran en la figura N°14 para más detalle.

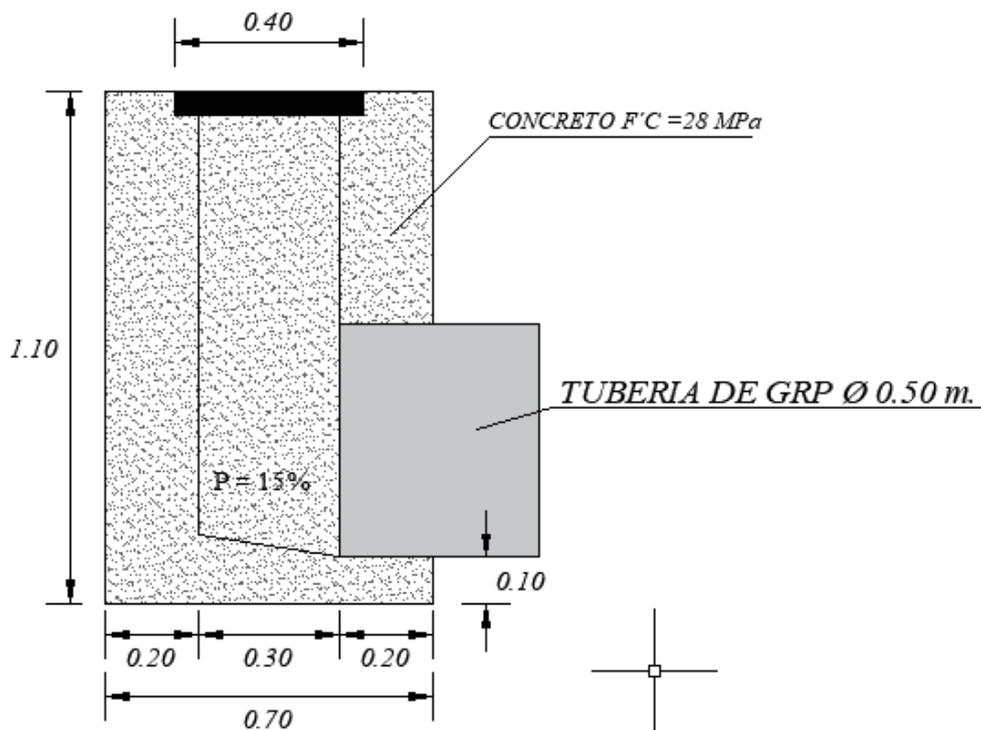
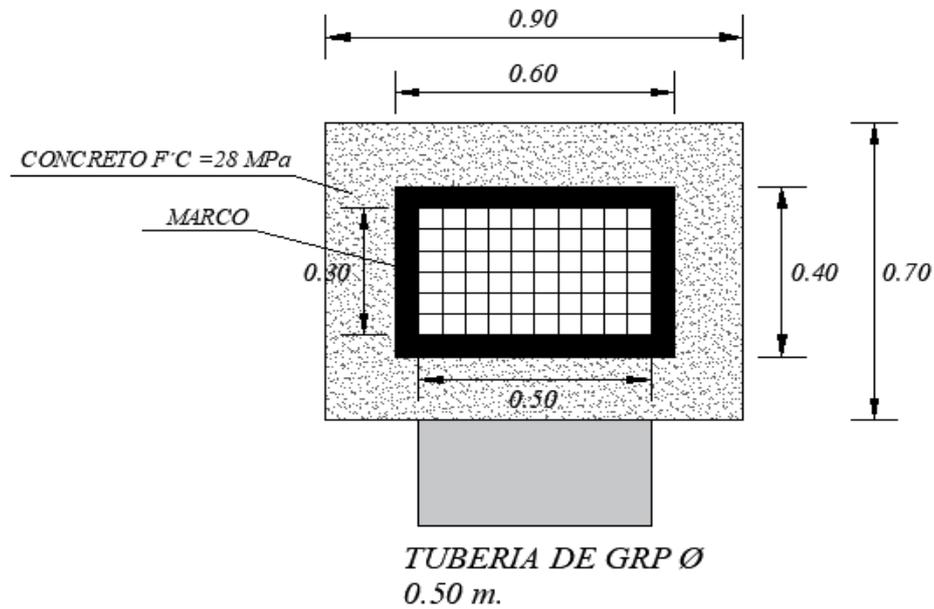


Figura N°12: Sumidero de Rejilla tipo A para el sistema de drenaje.  
Fuente: Elaboración propia.

Las dimensiones de las cajas de los sumideros variaran según la pendiente del terreno ya que en toda la avenida Larco tiene una superficie semiplana, ver el plano de perfiles.

#### 4.6.4.1. Cálculo de la eficiencia de sumideros.

Para el cálculo de la eficiencia de sumideros y captación de los caudales, se obtuvieron en el estudio que fue realizado por Gómez y González (1999), en la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), donde realizaron ensayos que permiten cuantificar la captación y eficiencia de distintos intervalos para diferentes pendientes. Estos autores indican en su investigación la proporcionalidad entre el caudal circulante por la calle y el caudal captado por el sumidero, mediante un factor de eficiencia de la reja, el factor de proporcionalidad no tiene un valor fijo dependiendo de la reja, sino depende de los parámetros geométricos del caudal circulante y el calado “y”, la cual conlleva a un formula aplicable. (Urbano Broncano, 2017).

$$E = A. \left( k \frac{Q}{y} \right)^{-B}$$

E= Eficiencia de captación.

Q= caudal circulante.

y= calado de agua inmediatamente antes de la reja (mm)

A, B= parámetros de ajuste.

Dado que se obtuvo como cuneta triangular, es necesario calcular el calado mediante la siguiente ecuación.

$$y = \left[ \left( \frac{2. Q. n}{\sqrt{S}. Z^{5/3}} \right) \cdot \left( 2(1 + \sqrt{1 + Z^2}) \right)^{2/3} \right]^{3/8}$$

El factor de eficiencia de sumidero está dado ya que la cuneta está definida como triangular, es posible determinar el valor del calado mediante esta fórmula, ya conociendo la pendiente longitudinal (S), coeficiente de rugosidad (n) y el valor recíproco de la pendiente transversal (Z), haciendo

variar para cada caudal transversal y longitudinal, nos permitirá obtener calados que indiquen la eficiencia del sumidero. (Urbano Broncano, 2017). Para el sistema de drenaje pluvial en la avenida Larco, se tuvo que adecuar las medidas del sumidero debido a la longitud transversal de la calzada que es de 3.5 metros.

Teniendo en cuentas las fórmulas de eficiencia de sumideros se realizaron los cálculos para verificar la eficiencia del sumidero diseñado, con el caudal circulante que se encuentra en la tabla N°4 la cual se puede verificar en el anexo N°8.

## AV. LARCO CALZADA 1

### TRAMO 1

- Para calzada mayores a 3.00 m.

$$n = 0.016$$

$$S = 0.009 \text{ m/m}$$

$$Z = 50$$

$$x = 3.50 \text{ m. (ancho de la calle)}$$

$$Ix = 2.00 \% \text{ (pendiente transversal de la calle)}$$

Eficiencia de Sumidero:

$$E = A. \left( k \frac{Q}{y} \right)^{-B}$$

El valor de K se calcula mediante:

$$y \leq 3.Ix \dots \dots k = 1$$

$$3.Ix = 0.06.$$

$$3Ix. \leq y \leq x.Ix \dots \dots k = 1 - \left( 1 - \frac{3.Ix}{y} \right)^2$$

$$3.5.Ix = 0.07$$

$$y \geq x.Ix \dots \dots k = \frac{1 - \left( 1 - \frac{3.Ix}{y} \right)^2}{1 - \left( 1 - \frac{x.Ix}{y} \right)^2}$$

Calculemos el valor del calado.

$$y = \left[ \left( \frac{2.Q.n}{\sqrt{S}.Z^{5/3}} \right) \cdot \left( 2(1 + \sqrt{1 + Z^2}) \right)^{2/3} \right]^{3/8}$$

Tabla N°5: Eficiencia de Sumidero de Rejilla.

S	Q (circulante)	y	E	Q(captado) m3/s	Q sigue la calle m3/s
0.009	0.0001	0.007	455.43%	0.001	0.000
0.009	0.0005	0.012	257.75%	0.001	0.00
0.009	0.0008	0.014	221.93%	0.002	0.00
0.009	0.0013	0.017	183.83%	0.002	0.00
0.009	0.0015	0.017	175.45%	0.003	0.00
0.009	0.0017	0.018	165.47%	0.003	0.00
0.009	0.0020	0.019	156.90%	0.003	0.00
0.009	0.0027	0.022	140.32%	0.004	0.00
0.009	0.0030	0.023	134.49%	0.004	0.00

Nota: k=1

La eficiencia de sumideros nos indica el porcentaje de captación del caudal que circula, en este caso nuestro sumidero de rejilla tipo A estaría captando más del 100% del caudal circulante, la cual nos indica que las dimensiones de nuestro sumidero son correctas para el caudal pico que pueda circular en cada tramo.

#### 4.6.5. Rejillas

Las rejillas son estructuras metálicas con aberturas generalmente de tamaño uniforme utilizadas para la retención de sólidos que traen las aguas de lluvia y no permitir que tales sólidos ingresen al sistema de drenaje.

Para los sumideros se utilizarán rejillas rectangulares de 0.60 x 0.40m la cual corresponde al tipo de sumidero de rejilla tipo A que tendrán una posición horizontales y verticales, que están fabricadas de acero galvanizado por su mayor resistencia y durabilidad, para más detalle las medidas se encuentran en la figura N°13.

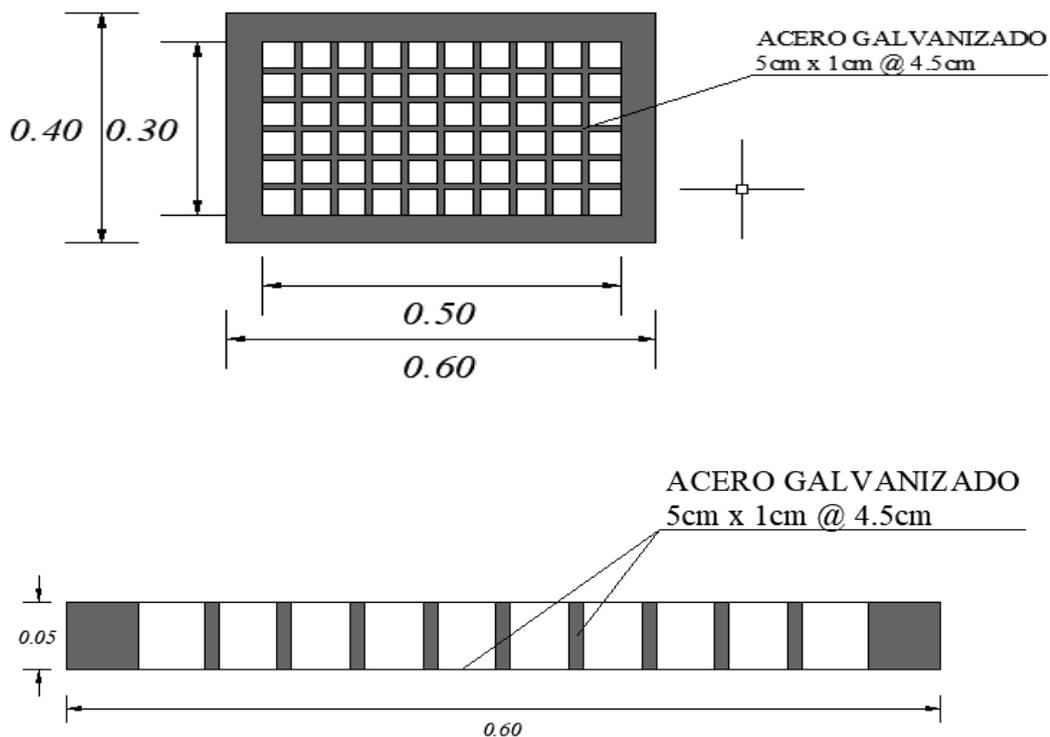


Figura N°13: Rejillas de fierro galvanizado.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.6.6. Registros.

La instalación de registros debe tener la capacidad suficiente para permitir el acceso de un hombre, el diámetro mínimo de registro de recolectores es de 1.20 m. deberán ubicarse fuera de calzada, excepto cuando se instalen en caminos de servicio o en calles, en este caso se vitará ubicarlo en las intersecciones.

Los registros se ubicarán en:

- Puntos intermedios de tuberías muy largas.
- Zonas donde se presenta cambio de tubería.
- Puntos donde se presenta cambio brusco de pendiente.
- En curvas o deflexiones de alineamiento.

- Para tuberías de diámetro menores de 1.2 m. el espaciamiento de los registros será de 100 a 200 m.

Si el conducto es de dimensiones suficientes para el desplazamiento de un operario no será necesario instalar un registro. (RNE.OS.060).

#### 4.7. Cálculo Hidráulico del Sistema de Drenaje.

Para nuestro sistema de drenaje pluvial se utilizó la ecuación de Manning para la determinación de la velocidad media de desplazamiento, que para ello se calculó el radio hidráulico, pendiente de canalización y el coeficiente de rugosidad de Manning.

La velocidad mínima que debe fluir a tubo lleno es de 0.90 m/s para evitar la sedimentación de las partículas y la velocidad máxima según la tabla N°3 del Reglamento Nacional de Edificaciones, nos indica que para poliéster reforzado con fibra de vidrio es de 3 m/s.

- ECUACION MANNING:

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

V = Velocidad media de desplazamiento (m/s).

R = Radio medio Hidráulico (m).

S = Pendiente de la canalización

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

##### 4.7.1. Cálculo del Radio Medio Hidráulico.

Los diámetros mínimos de tubería serán indicados en la figura N°14, considerando la ubicación de instalación parcial o totalmente bajo la calzada donde se aumentará el diámetro a 0.50 m. como mínimo.

Para nuestro sistema de drenaje se considero una tubería de PVC reforzado con fibra de vidrio por sus propiedades físicas como, alta resistencia, bajo

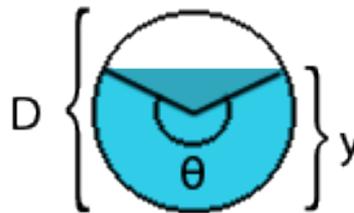
peso y resistencia a la corrosión con un diámetro de 0.50 m. desde el tramo I cota R1 - R39 y tramo II cota R63 - R109 ( av. España hasta av. Huaman ), con un diámetro de 0.40 m desde el tramo I cota R39 - R62 y tramo II cota R109 – R137 (av. Huaman hasta donde desemboca).

Para obtener el radio hidráulico se utilizaron dos diámetros de tubería de 0.50 y 0.40 m. con un tirante de agua de  $\frac{3}{4}$  del diámetro de la tubería para más detalle ver la siguiente ecuación.

Mínimos de Tuberías en Colectores de agua de lluvia	
Tipo de Colector	Diámetro Mínimo (m)
Colector Troncal	0.50
Lateral Troncal	0.40*
Conductor Lateral	0.40*

Figura N°14: Mínimo de Tubería en Colectores de agua lluvia.

Fuente: RNE.OS.060.



- Diámetro de Tubería I.

$$D = 0.50 \text{ m.}$$

$$Y = \frac{3}{4} \cdot (0.50) = 0.375 \text{ m.}$$

$$\theta = 2 \times \text{Arccos} \left( 1 - \frac{0.375}{\left(\frac{0.5}{2}\right)} \right) = 4.189$$

$$\text{Área mojada} = \frac{\left( (4.189 - \text{sen}(4.189)) \times 0.5^2 \right)}{8} = 0.158 \text{ m}^2.$$

$$\text{Perímetro mojado} = \frac{4.189 * 0.5}{2} = 1.047 \text{ m.}$$

$$R = \frac{A(\text{mojada})}{P(\text{mojado})} = \frac{0.158}{1.047} = \mathbf{0.151 \text{ m.}}$$

- Diámetro de Tubería II.

$$D = 0.40 \text{ m.}$$

$$Y = \frac{3}{4} \cdot (0.40) = 0.3 \text{ m.}$$

$$\theta = 2 \times \text{Arccos} \left( 1 - \frac{0.30}{\left(\frac{0.4}{2}\right)} \right) = 4.189$$

$$\text{Área mojada} = \frac{\left( (4.189 - \text{sen}(4.189)) \times 0.4^2 \right)}{8} = 0.101 \text{ m}^2.$$

$$\text{Perímetro mojado} = \frac{4.189 * 0.4}{2} = 0.838 \text{ m.}$$

$$R = \frac{A(\text{mojada})}{P(\text{mojado})} = \frac{0.101}{0.838} = \mathbf{0.121 \text{ m.}}$$

### 3.7.2. Coeficiente de rugosidad Manning.

Para el coeficiente de rugosidad se consideró una "n" de 0.010, para tubería de PVC reforzado con fibra de vidrio.

Tubería	Coeficiente de Rugosidad "n" de Manning
Asbesto Cemento	0.010
Hierro Fundido Dúctil	0.010
<b>Cloruro de Polivinilo</b>	<b>0.010</b>
Poliéster Reforzado con fibra de vidrio	0.010
Concreto Armado liso	0.013
Concreto Armado con revestimiento de PVC	0.010
Arcilla Vitrificada	0.010

Figura N°15: Coeficiente de rugosidad.

Fuente: RNE.OS.060.

### 3.7.3. Pendiente de la canalización.

Para la obtención de datos de las pendientes de canalización, se utilizó el programa AutoCAD Civil 3D, para realizar el perfil longitudinal la cual nos brinda información de las pendientes requeridas para el cálculo siguiente, para más detalle ver el plano de perfil longitudinal y (anexo N°9).

Tabla N°6: Pendiente de canalización Tramo I y II.

TRAMO I		
<i>COTA</i>	<i>DIST. I</i>	<i>S %</i>
R1-R2	73.09	1.25
R2-R3	22.13	0.36
R3-R4	121.37	0.75
R4-R5	183.68	0.55
R5-R6	25.01	0.50
R6-R7	89.72	1.28
R7-R8	20.59	4.05
R8-R9	100	1.52
R9-R10	92.29	1.22
R10-R11	28.5	0.17
R11-R12	55.68	0.09
R12-R13	21.28	0.26
R13-R14	90.22	0.71
R14-R15	24.09	0.21
R15-R16	102.93	0.1
R16-R17	101.13	0.15
R17-R18	47.42	1.93
R18-R19	47.32	1.66
R19-R20	23.43	0.21
R20-R21	41.98	0.12
R21-R22	37.85	0.26
R22-R23	42.98	0.23
R23-R24	58.09	1.21
R24-R25	78.29	0.13
R25-R26	65.47	0.85
R26-R27	74.69	0.9
R27-R28	63.41	0.72
R28-R29	72.3	0.68
R29-R30	76.26	1.92
R30-R31	100	0.26
R31-R32	116.34	0.51

TRAMO II		
<i>COTA</i>	<i>DIST. I</i>	<i>S %</i>
R63-R64	69.90	1.38
R64-R65	26.14	0.42
R65-R67	47.76	0.86
R67-R68	74.01	0.65
R68-R69	93.63	0.12
R69-R70	82.13	0.99
R70-R71	37.24	0.62
R71-R72	80.09	1.01
R72-R73	33.43	3.74
R73-R74	67.3	1.59
R74-R75	36.11	1.53
R75-R76	58.66	1.49
R76-R77	60.53	0.09
R77-R78	40.3	0.12
R78-R79	29.95	0.41
R79-R80	87.98	1.1
R80-R81	34.98	0.18
R81-R82	45.93	0.22
R82-R83	30.33	0.16
R83-R84	117.66	0.13
R84-R85	40.89	2.46
R85-R86	49.8	0.99
R86-R87	51.16	0.1
R87-R88	33.31	0.15
R88-R89	40.51	0.12
R89-R90	41.37	0.12
R90-R91	33.63	1.77
R91-R92	70.09	0.58
R92-R93	30.29	0.17
R93-R94	57.7	1.28
R94-R95	41.28	0.51

R32-R33	36.64	0.78
R33-R34	39.84	0.3
R34-R35	32.17	0.16
R35-R36	100	0.1
R36-R37	100	0.17
R37-R38	100	0.73
R38-R39	123.1	0.12
R39-R40	100	0.16
R40-R41	101.21	0.14
R41-R42	99.89	0.82
R42-R43	100	0.92
R43-R44	100	0.84
R44-R45	100	0.42
R45-R46	100	0.42
R46-R47	100	0.14
R47-R48	100	0.34
R48-R49	69.05	1.59
R49-R50	52.92	0.78
R50-R51	40	0.21
R51-R52	34.09	0.16
R52-R53	25.23	0.18
R53-R54	51.27	0.18
R54-R55	57.39	0.15
R55-R56	29.13	0.16
R56-R57	44.29	0.15
R57-R58	68.08	0.16
R58-R59	61.2	0.15
R59-R60	52.66	0.18
R60-R61	55.37	0.57
R61-R62	32.08	1.94
TUB	23.93	1.81

R95-R96	43.5	0.11
R96-R97	47.89	0.58
R97-R98	83.95	1.87
R98-R99	39.46	1
R99-R100	58.51	1.22
R100-R101	37.72	0.13
R101-R102	100	0.24
R102-R103	90.8	0.75
R103-R104	42.07	0.18
R104-R105	100	0.1
R105-R106	100	0.39
R106-R107	76.23	0.61
R107-R108	100	0.11
R108-R109	57.51	0.16
R109-R110	40.82	0.19
R110-R111	65.79	0.1
R111-R112	30.23	0.13
R112-R113	100.85	0.22
R113-R114	49.43	0.77
R114-R115	100	0.88
R115-R116	90.47	0.88
R116-R117	36.41	0.53
R117-R118	100	0.42
R118-R119	100	0.42
R119-R120	46.52	0.26
R120-R121	70.49	0.11
R121-R122	60.38	0.29
R122-R123	83.23	1.87
R123-R124	65.67	0.1
R124-R125	48.54	0.15
R125-R126	34.27	0.15
R126-R127	54.27	0.15
R127-R128	54.13	0.15
R128-R129	41.7	0.15
R129-R130	56.87	0.15
R130-R131	29.36	0.15
R131-R132	43.06	0.15
R132-R133	35	0.15
R133-R1334	37.08	0.15
R134-R135	35.45	0.27
R135-R136	32.76	1.24
R136-R137	36.46	1.85
TUB	24.86	1.09

#### 4.7.4. Sistema de Evacuación.

Se realizó un sistema de drenaje por gravedad, considerando las funciones de depósito de evacuación y condiciones hidráulicas de descarga, la tubería de descarga se consideró a 1.5 m sobre el nivel medio de mar para su buen funcionamiento, evitando la obstrucción de la tubería. (RNE.OS.060).

Para el sistema de descarga en el sistema de drenaje pluvial urbano en la avenida Larco, se utilizó una válvula antirretorno WASTOP® INOX que se instala por inserción en la tubería, su función consiste en el flujo de dirección normal que produce un leve aumento de presión sobre a membrana cónica haciendo que se abra lo suficiente para permitir el paso en el sentido correcto y con el flujo en dirección contraria, la membrana actúa como un tapón que bloquea el paso a la tubería.

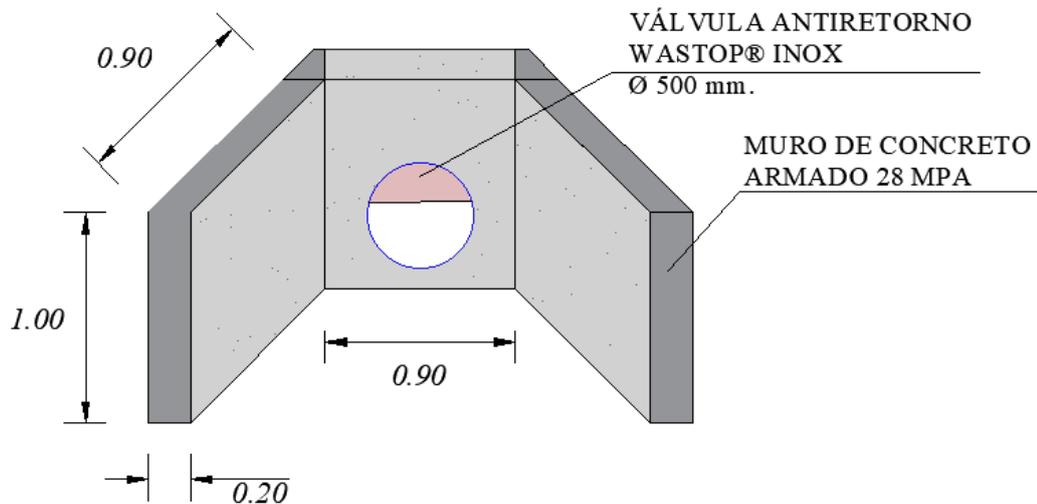


Figura N°16: Muro de protección para la válvula antirretorno WASTOP® INOX.

Fuente: Elaboración propia.

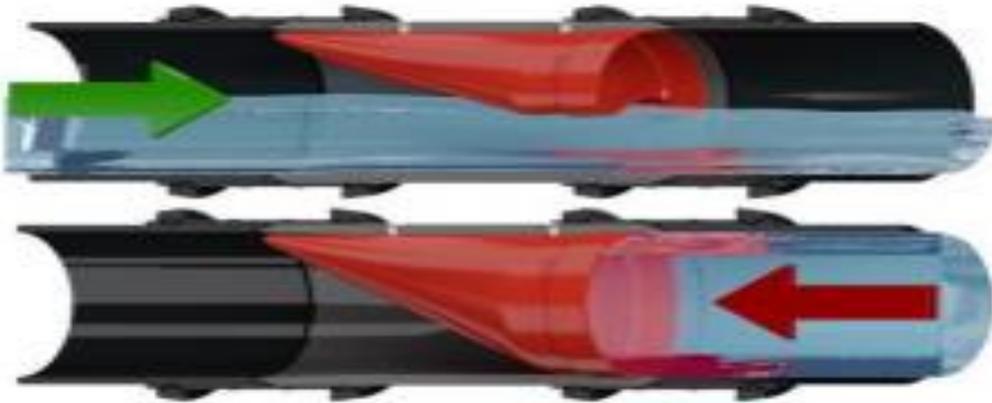


Figura N°17: Válvula antirretorno WASTOP® INOX  
Fuente: WASTOP®

#### 4.7.5. Cálculo del Diseño Hidráulico por el Método de Manning.

Se calcula la velocidad media de desplazamiento para la evacuación de aguas lluvia a tubo lleno, donde la velocidad mínima es de 0.90 m/s según el R.N.E.OS.060, que es requerida para evitar la sedimentación de las partículas acarreadas por la lluvia.

Las velocidades se calcularon con la ecuación de Manning teniendo los datos de la pendiente en el perfil longitudinal, con dos diámetros de tubería de 0.40 y 0.50 m, obteniendo un radio hidráulico de 0.121 y 0.151 m. y un coeficiente de rugosidad de 0.01.

Las velocidades obtenidas por la ecuación de Manning cumplen con los parámetros establecidos de velocidades, para más detalle ver (anexo N°10).

Tabla N°7: Cálculo de velocidades por la Ecuación de Manning.

##### ➤ TRAMO I

<b>COTA</b>	<b>S %</b>	<b>R</b>	<b>n</b>	<b>V (m/S)</b>
R1-R2	1.25	0.151	0.01	3.2
R2-R3	0.36	0.151	0.01	1.7
R3-R4	0.75	0.151	0.01	2.5
R4-R5	0.55	0.151	0.01	2.1
R5-R6	0.50	0.151	0.01	2.0
R6-R7	1.28	0.151	0.01	3.2

R7-R8	4.05	0.151	0.01	5.7
R8-R9	1.52	0.151	0.01	3.5
R9-R10	1.22	0.151	0.01	3.1
R10-R11	0.17	0.151	0.01	1.2
R11-R12	0.09	0.151	0.01	0.9
R12-R13	0.26	0.151	0.01	1.4
R13-R14	0.71	0.21	0.01	3.0
R14-R15	0.21	0.151	0.01	1.3
R15-R16	0.1	0.151	0.01	0.9
R16-R17	0.15	0.151	0.01	1.1
R17-R18	1.93	0.151	0.01	3.9
R18-R19	1.66	0.151	0.01	3.7
R19-R20	0.21	0.151	0.01	1.3
R20-R21	0.12	0.151	0.01	1.0
R21-R22	0.26	0.151	0.01	1.4
R22-R23	0.23	0.151	0.01	1.4
R23-R24	1.21	0.151	0.01	3.1
R24-R25	0.13	0.151	0.01	1.0
R25-R26	0.85	0.151	0.01	2.6
R26-R27	0.9	0.151	0.01	2.7
R27-R28	0.72	0.151	0.01	2.4
R28-R29	0.68	0.151	0.01	2.3
R29-R30	1.92	0.151	0.01	3.9
R30-R31	0.26	0.151	0.01	1.4
R31-R32	0.51	0.151	0.01	2.0
R32-R33	0.78	0.151	0.01	2.5
R33-R34	0.3	0.151	0.01	1.6
R34-R35	0.16	0.151	0.01	1.1
R35-R36	0.1	0.151	0.01	0.9
R36-R37	0.17	0.151	0.01	1.2
R37-R38	0.73	0.151	0.01	2.4
R38-R39	0.12	0.151	0.01	1.0
R39-R40	0.16	0.121	0.01	1.0
R40-R41	0.14	0.121	0.01	0.9
R41-R42	0.82	0.121	0.01	2.2
R42-R43	0.92	0.121	0.01	2.3
R43-R44	0.84	0.121	0.01	2.2
R44-R45	0.42	0.121	0.01	1.6
R45-R46	0.42	0.121	0.01	1.6
R46-R47	0.14	0.121	0.01	0.9
R47-R48	0.34	0.121	0.01	1.4
R48-R49	1.59	0.121	0.01	3.1
R49-R50	0.78	0.121	0.01	2.2
R50-R51	0.21	0.121	0.01	1.1

R51-R52	0.16	0.121	0.01	1.0
R52-R53	0.18	0.121	0.01	1.0
R53-R54	0.18	0.121	0.01	1.0
R54-R55	0.15	0.121	0.01	0.9
R55-R56	0.16	0.121	0.01	1.0
R56-R57	0.15	0.121	0.01	0.9
R57-R58	0.16	0.121	0.01	1.0
R58-R59	0.15	0.121	0.01	0.9
R59-R60	0.18	0.121	0.01	1.0
R60-R61	0.57	0.121	0.01	1.8
R61-R62	1.94	0.121	0.01	3.4
TUB	1.81	0.121	0.01	3.3

➤ TRAMO II

<b>COTA</b>	<b>S %</b>	<b>R</b>	<b>n</b>	<b>V (m/S)</b>
R63-R64	1.38	0.151	0.01	3.3
R64-R65	0.42	0.151	0.01	1.8
R65-R67	0.86	0.151	0.01	2.6
R67-R68	0.65	0.151	0.01	2.3
R68-R69	0.12	0.151	0.01	1.0
R69-R70	0.99	0.151	0.01	2.8
R70-R71	0.62	0.151	0.01	2.2
R71-R72	1.01	0.151	0.01	2.8
R72-R73	3.74	0.151	0.01	5.5
R73-R74	1.59	0.151	0.01	3.6
R74-R75	1.53	0.151	0.01	3.5
R75-R76	1.49	0.151	0.01	3.5
R76-R77	0.09	0.151	0.01	0.9
R77-R78	0.12	0.151	0.01	1.0
R78-R79	0.41	0.151	0.01	1.8
R79-R80	1.1	0.151	0.01	3.0
R80-R81	0.18	0.151	0.01	1.2
R81-R82	0.22	0.151	0.01	1.3
R82-R83	0.16	0.151	0.01	1.1
R83-R84	0.13	0.151	0.01	1.0
R84-R85	2.46	0.151	0.01	4.4
R85-R86	0.99	0.151	0.01	2.8
R86-R87	0.1	0.151	0.01	0.9
R87-R88	0.15	0.151	0.01	1.1
R88-R89	0.12	0.151	0.01	1.0
R89-R90	0.12	0.151	0.01	1.0

R90-R91	1.77	0.151	0.01	3.8
R91-R92	0.58	0.151	0.01	2.2
R92-R93	0.17	0.151	0.01	1.2
R93-R94	1.28	0.151	0.01	3.2
R94-R95	0.51	0.151	0.01	2.0
R95-R96	0.11	0.151	0.01	0.9
R96-R97	0.58	0.151	0.01	2.2
R97-R98	1.87	0.151	0.01	3.9
R98-R99	1	0.151	0.01	2.8
R99-R100	1.22	0.151	0.01	3.1
R100-R101	0.13	0.151	0.01	1.0
R101-R102	0.24	0.151	0.01	1.4
R102-R103	0.75	0.151	0.01	2.5
R103-R104	0.18	0.151	0.01	1.2
R104-R105	0.1	0.151	0.01	0.9
R105-R106	0.39	0.151	0.01	1.8
R106-R107	0.61	0.151	0.01	2.2
R107-R108	0.11	0.151	0.01	0.9
R108-R109	0.16	0.151	0.01	1.1
R109-R110	0.19	0.121	0.01	1.1
R110-R111	0.1	0.121	0.01	0.8
R111-R112	0.13	0.121	0.01	0.9
R112-R113	0.22	0.121	0.01	1.1
R113-R114	0.77	0.121	0.01	2.1
R114-R115	0.88	0.121	0.01	2.3
R115-R116	0.88	0.121	0.01	2.3
R116-R117	0.53	0.121	0.01	1.8
R117-R118	0.42	0.121	0.01	1.6
R118-R119	0.42	0.121	0.01	1.6
R119-R120	0.26	0.121	0.01	1.2
R120-R121	0.11	0.121	0.01	0.8
R121-R122	0.29	0.121	0.01	1.3
R122-R123	1.87	0.121	0.01	3.3
R123-R124	0.1	0.121	0.01	0.8
R124-R125	0.15	0.121	0.01	0.9
R125-R126	0.15	0.121	0.01	0.9
R126-R127	0.15	0.121	0.01	0.9
R127-R128	0.15	0.121	0.01	0.9
R128-R129	0.15	0.121	0.01	0.9
R129-R130	0.15	0.121	0.01	0.9
R130-R131	0.15	0.121	0.01	0.9
R131-R132	0.15	0.121	0.01	0.9
R132-R133	0.15	0.121	0.01	0.9
R133-R134	0.15	0.121	0.01	0.9

R134-R135	0.27	0.121	0.01	1.3
R135-R136	1.24	0.121	0.01	2.7
R136-R137	1.85	0.121	0.01	3.3
TUB	1.09	0.121	0.01	2.6

#### **4.8. Impacto Ambiental.**

El objetivo de impacto ambiental es identificar, prevenir e interpretar los efectos ambientales tanto negativos como positivos; para prevenir a través de medidas de control y seguimiento, el deterioro del ambiente. (Hernández,2018).

##### **4.8.1. Área de influencia directa.**

La avenida Larco dado que es una de las arterias principales de la ciudad de Trujillo, sufre este fenómeno climatológico que son las lluvias, donde la acumulación de aguas afecta considerablemente las pistas, áreas verdes y negocios a alrededor, debido a que la avenida no cuenta con un sistema de drenaje pluvial, ni con pendiente necesaria donde el flujo de agua puede circular.

Las lluvias de poca precipitación que al no contar con un sistema por la cual desembocar, se acumulan en ciertos tramos de la avenida Larco donde se vuelven un foco infeccioso de proliferación de insectos hídricos, putrefacción de aguas estancadas, que no solo contaminan el medio ambiente si no también destruyen en su totalidad las áreas verdes con las que cuenta la avenida.

Las inundaciones provocadas por el cambio climático que sufre toda la costa norte del Perú afectan considerablemente las zonas urbanas, ya que en su mayoría no cuentan con un sistema de drenaje pluvial, afectando considerablemente el medio ambiente de diferentes maneras, las aguas que fluyen hacia un punto de desembocadura llevan consigo en su gran parte materiales orgánicos e inorgánicos entre otras sustancias la cual llegan al

mar, provocando la contaminación en esta mismo, ya que las aguas provenientes de la avenida Larco son desembocadas en el Océano Pacífico, para ello el sistema de drenaje cumple un gran función al recolectar solo aguas pluviales sin desechos orgánicos e inorgánicos y evitando el empozamiento de aguas en ciertos tramos de la avenida que deterioran las áreas verdes inundadas.

## V. DISCUSIÓN.

Según el objetivo general, diseñar el sistema de drenaje pluvial de la Av. Larco, los resultados obtenidos en la tabla N°7 nos indican los cálculos realizados para el diseño de drenaje pluvial para una urbanización, cumpliendo los parámetros establecidos en la Norma Técnica Peruana.OS.060. satisfaciendo las necesidades del área de estudio en épocas de lluvia, evacuando 21.64 lt/s por el sistema drenaje, donde se utilizó tubos de PVC reforzados con fibra de vidrio de 0.50 m y 0.40 m de diámetro, se pusieron sumideros en puntos estratégicos para recolección de aguas según la norma, datos que al ser comparados con lo encontrado por Hernández (2018) quien concluyo que la cuenca El Chilca al solo contar con alcantarillado sanitario, no le permite poseer la capacidad de evacuación pluvial necesaria durante un evento de precipitación máxima, el sistema planteado logra evacuar aproximadamente 3 m<sup>3</sup>/s de caudal captadas por estructuras hidráulicas puestas en zonas estratégicas, debido a que el área de estudio tiene cuencas ciegas que no permiten la evacuación fluida por ello se utilizan bombas tornillo de Arquímedes que ayudaran a la evacuación de las aguas, con estos resultados se afirma la importancia de sistema de drenaje pluvial para una ciudad y el bienestar de la población.

Para cumplir el objetivo del estudio topográfico se realizó en dos parte, trabajo de campo y de gabinete, en la tabla N°1 nos muestra el levantamiento topográfico teniendo 8 BMs en coordenadas UTM del levantamiento topográfico, los puntos no muestran los desniveles de terreno que varían de 31 m.s.n.m hasta 5 m.s.n.m, donde nos muestra la pendiente de 0% a 2% indicando el tipo de terreno llano, datos que al ser comparado con lo encontrado por Tapullima (2018) quien para cumplir sus objetivos topográficos realizo en trabajo de campo para la toma de puntos y el trabajo de gabinete, para el cálculo y la realización de planos a escalas indicadas, se establecieron siete tipos de estaciones de la poligonal y 17 BMs, con estos resultados obtenidos nos muestra el método de trabajo a realizar para la obtención del plano del terreno.

## **VI. CONCLUSIÓN.**

- Se diseñó el sistema de drenaje pluvial para la avenida Larco, cumpliendo con los parámetros establecidos por el R.N.E.OS.060, es autosuficiente para la evacuación de aguas en tiempos de lluvia pronunciadas.
- La topografía realizada en el terreno nos sirvió para determinar el tipo de terreno plano donde se realizaron los estudios correspondientes del diseño de drenaje.
- Se realizó la caracterización de suelos de toda la avenida Larco, predominando en la parte superior, los suelos continuos pobremente graduados y arenas pobremente graduadas, obteniendo una buena capacidad admisible y en la parte inferior de la avenida prevalece los suelos arcillosos de ligera media plasticidad con arenas finas, teniendo poca capacidad admisible para la construcción.
- El estudio meteorología de la ciudad de Trujillo, fue fundamental para el diseño de todo el sistema de drenaje teniendo en cuenta las precipitaciones máximas anuales de los diferentes años registrados en el SENAMHI y posteriormente calculados por el método racional teniendo como resultado el caudal de diseño de 21.64 lt/s.
- El sistema de drenaje pluvial en la avenida Larco, beneficiara a la ciudadanía, evitando diferentes problemas ocasionados por el empozamiento de aguas, de esta manera ayudara al crecimiento de una de las avenidas más importantes de la ciudad de Trujillo.

## **VII.RECOMENDACIONES.**

Dado que el calentamiento global viene afectando a todo el mundo con la variación de los climas, para futuras investigaciones es recomendable obtener datos precisos de las estaciones pluviométricas existentes en la región La Libertad, así como el reporte mensual que nos brinda le SENAMHI ya que es la entidad encargada del estudio meteorológico e hidrológico en todo el Perú, dado que con esa información se realiza el diseño del sistema de drenaje conjuntamente con la topografía y el estudio de suelos para un buen funcionamiento del sistema y que el diseño sea viable para la recolección del aguas lluvia en la zona de estudio.

## REFERENCIAS

**Cencico. 2016.** www.censico.com. [En línea] 2016. [Citado el: 15 de 06 de 2019.] <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=165>.

**CODISEC.** www.munivictorlarco.gob.pe. [En línea] [Citado el: 12 de OCTUBRE de 2019.] <http://www.munivictorlarco.gob.pe/portal/descargas/Transparencia/Codisec/Plan%20de%20Seguridad%20Ciudadana/Planseg2019.pdf>.

**Comicion Nacional del Agua. 2007.** *Manual de Agua potable, alcantarillado y saneamiento.* México : Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2007. pág. 246. ISBN: 978-968-817-880-5.

**Enfen. 2019.** Enfen.com. [En línea] 04 de 01 de 2019. [Citado el: 06 de 06 de 2019.] [www.enfen.com.pe](http://www.enfen.com.pe).

**Hernández Jimenez, Manuel. 2018.** *Diseño del drenaje pluvial y evaluación de impacto ambiental en urb. el Chilcal de la ciudad de Piura.* Facultad de Ingeniería, Universidad de Piura. Piura : s.n., 2018. pág. 165.

**Hernandez Sampieri, Roberto, Fernandez Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar. 2014.** *Metodología de la investigación.* Sexta. Ciudad de México : Mc Graw Hill, 2014. pág. 634.

**Manuel Gómez, José Dolz. 1994.** *Problemática del drenaje de aguas pluviales en zonas urbanas y del estudio hidraulico de las redes de colectores.* Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental , Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona : s.n., 1994. pág. 66.

**Mori Honorio, Jarol Jhon. 2018.** *Diseño del drenaje pluvial para mejorar la transitabilidad en la localidad de San Roque de Cumbaza, San Martín.* Facultad de Ingeniería, Universidad Cesar Vallejo. Tarapoto : s.n., 2018. pág. 264, Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil.

**Norma de Construcción de Sumideros (EPM).** www.epm.com. [En línea] [Citado el: 5 de Noviembre de 2019.] <https://www.epm.com.co> › Portals › Aguas › NC\_AS\_IL02\_17\_Sumideros.

**Palacios Ruiz, Álvaro. 2008.** *Acueductos, cloacas y drenajes. Criterios para el diseño hidráulico.* [ed.] Publicaciones UCAB. Caracas : s.n., 2008. pág. 251. ISBN: 9802443646.

**Perez Carmona, Rafael. 2015.** *Diseño y Construcción de Alcantarillados Sanitario Pluvial y Drenaje de Carreteras.* Bogotá : Ecoe Ediciones ,2013, 2015. ISBN:978-958-771-028-1.

**Reglamento Nacional de Edificaciones. 2018.** *Normas OS. 060 Drenaje pluvial urbano.* Ministerio de Vivienda y Construcción. Lima : s.n., 2018. pág. 51.

**Rodriguez Solórzano, Gilberth Jampier y Vásquez Fernández, Pablo Córdova. 2018.** *Estudio de la intensidad pluvial y diseño de un sistema de drenaje en el distrito de Víctor Larco Herrera -Trujillo-La Libertad.* Facultad de Ingeniería, Universidad Cesar Vallejo. Trujillo : s.n., 2018. pág. 37, Trabajo de investigación para optar el grado de bachiller.

**Rojas Marmolejo, Sheyla. 2018.** *Cálculo de precipitaciones y caudales de diseño de sistema de Drenaje pluvial urbano en onas de Huancalica, Junin y Ayacucho.* Facultad de Ciencias e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima : PUCP, 2018. pág. 87, Tesis para optar el título de Ingeniero civil.

**Rojas Naira , Paolo Cesar y Humpiri Pari, Vladimir Humberto. 2016.** *Evaluación, diseño y modelamiento del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Juliaca con la aplicación del software swmm.* Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Universidad Nacional del Antiplano. Puno : s.n., 2016. pág. 206, Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil.

**SENAMHI.** [www.senamhi.gob.pe](http://www.senamhi.gob.pe). [En línea] [Citado el: 25 de SETIEMBRE de 2019.] <https://senamhi.gob.pe/?p=estaciones>.

**Silva, Ing. Enrique F. Luján. 2011.** *Microzonificación Geotécnica del Distrito de Trujillo.* [En línea] 2011. [Citado el: 15 de NOVIEMBRE de 2019.] [https://www.guzlop-editoras.com/web\\_des/ing01/civil/pld0114.pdf](https://www.guzlop-editoras.com/web_des/ing01/civil/pld0114.pdf). ISSN.

**Solórzano Rodríguez, Gilberth Jampier y Vásquez Fernández, Pablo Francisco. 2018.** *Estudio de la intensidad pluvial y diseño de un sistema de drenaje en el distrito de Víctor Larco Herrera -Trujillo-La Libertad.* Universidad César Vallejo. Trujillo : s.n., 2018. pág. 37, Trabajo de Investigación para optar el grado de bachiller.

**Tapullima Gálvez, Fernando. 2018.** *Diseño del sistema de drenaje pluvial para mejorar la transitabilidad en la localidad de San Cristóbal, Picota.* Facultad de Ingeniería, Universidad Cesar Vallejo. Tarapoto : s.n., 2018. pág. 305, Tesis para obtener del título profesional de Ingeniero Civil.

**UCV. 2017.** *Adaptación estilo ISO 690 y 690-2 .* Universidad Cesar Vallejo. Lima : s.n., 2017. pág. 34, Adaptación de la norma ISO.

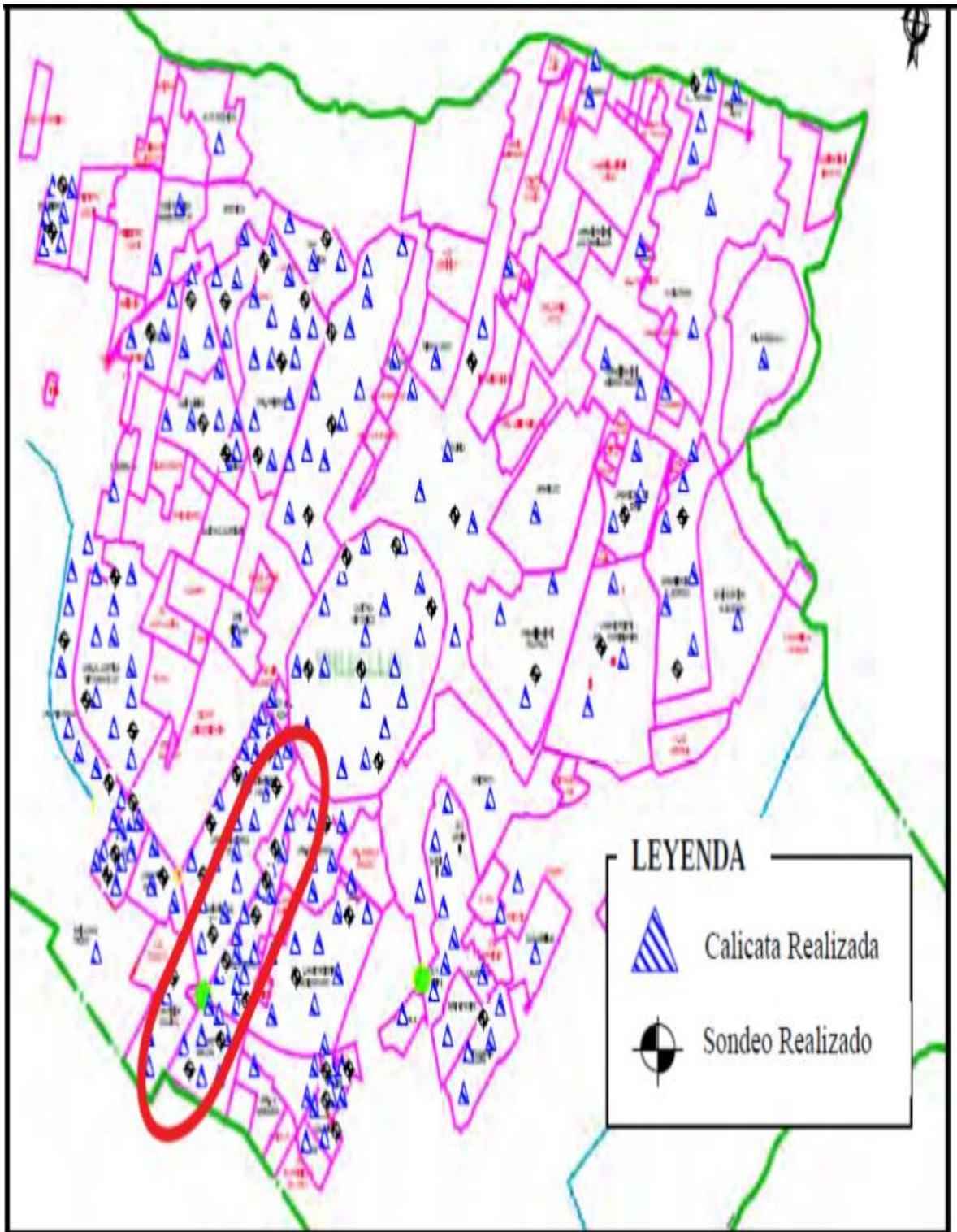
**Urbano Broncano, Sinthia Vanesa. 2017.** *Diseño alternativo de un sistema de drenaje pluvial para las avenidas Antonio Raymondí y Mariscal Luzuriaga en la ciudad de Huaraz-2015.* Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo. Huaraz : s.n., 2017. pág. 301, Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil.

**WASTOP®.** <https://tec-san.com/wp-content/uploads/2017/10/VALVULA-ANTIRRETORNO-WASTOP.pdf>. [En línea]

**Yañez Portal, Paul. 2014.** *Eficiencia del sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos y Jr. Santa Rosa.* Facultad de Ingeniería , Universidad Privada del Norte. Cajamarca : s.n., 2014. pág. 147, Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil.

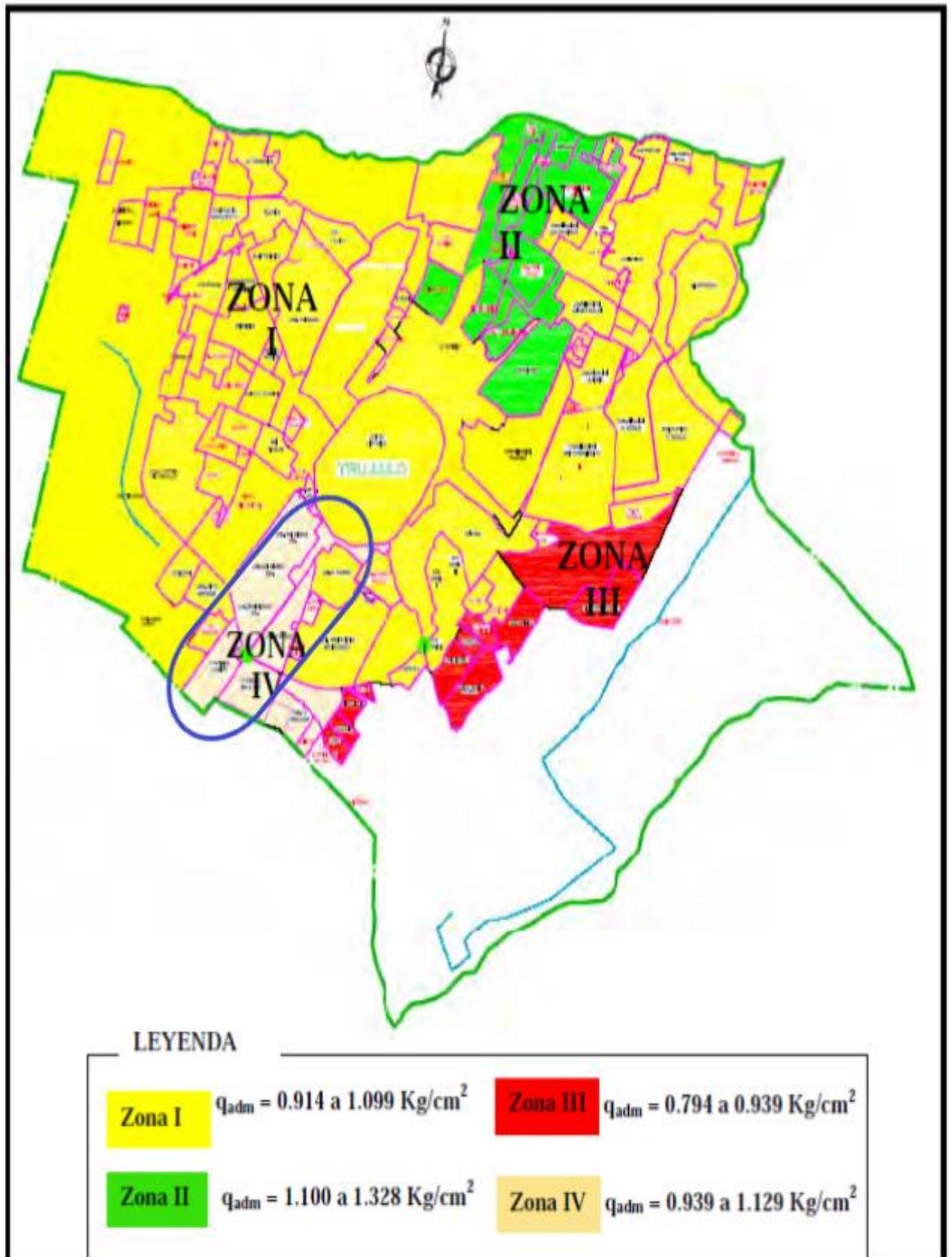
## ANEXOS

Anexo N°1: Mapa de ubicación de las calicatas y sondeos realizados.



Fuente: (Lujan, 2011)

Anexo N°2: Mapa de microzonificación Geotécnica del Distrito de Trujillo.



Fuente: (Lujan, 2011)

Anexo N°3: Datos de la precipitación EM – Trujillo.

Estación: TRUJILLO					
<b>Departamento:</b>	<b>LA LIBERTAD</b>	<b>Provincia:</b>	<b>TRUJILLO</b>	<b>Distrito:</b>	<b>LAREDO</b>
<b>Latitud:</b>	<b>8°6'43.29"</b>	<b>Longitud:</b>	<b>78°59'6.36"</b>	<b>Altitud:</b>	<b>44 msnm.</b>
<b>Tipo:</b>	<b>CO - Meteorológica</b>	<b>Código:</b>	<b>108068</b>		
<b>AÑO / MES / DÍA</b>				<b>PRECIPITACIÓN (mm/día)</b>	
01/12/2014				0.5	mm/día
03/10/2014				0.7	mm/día
04/01/2014				5.8	mm/día
09/05/2014				0.1	mm/día
12/08/2014				1.1	mm/día
01/08/2015				1.8	mm/día
02/02/2015				2.2	mm/día
03/05/2015				3.4	mm/día
11/08/2015				0.7	mm/día
12/03/2015				1.1	mm/día
02/05/2016				8.5	mm/día
03/02/2016				0.7	mm/día
04/08/2016				0.9	mm/día
01/01/2017				0.3	mm/día
02/04/2017				4.6	mm/día
03/02/2017				27	mm/día
04/01/2017				3.5	mm/día
12/01/2017				0.2	mm/día
04/12/2017				0.1	mm/día
05/12/2017				0.8	mm/día
18/01/2018				0.5	mm/día
19/01/2018				1.4	mm/día
15/02/2018				2.2	mm/día
03/04/2018				0.3	mm/día
04/04/2018				1.5	mm/día
05/04/2018				0.4	mm/día
08/04/2018				2.2	mm/día
09/04/2018				0.7	mm/día
15/04/2018				8	mm/día
04/05/2018				0.1	mm/día
30/10/2018				0.2	mm/día
19/12/2018				0.7	mm/día
20/12/2018				2.4	mm/día
21/12/2018				0.4	mm/día

15/01/2019				1.8	mm/día
24/01/2019				0.7	mm/día
04/02/2019				0.6	mm/día
09/02/2019				0.5	mm/día
12/03/2019				1	mm/día
13/03/2019				7.9	mm/día
17/03/2019				1.6	mm/día
18/03/2019				1.8	mm/día
20/03/2019				0.4	mm/día
20/09/2019				2.3	mm/día

- Resumen de Precipitaciones Máximas en 24hr.

Precipitaciones Máximas anuales			
Mes	Año	Pmáx. (mm/día)	Pmáx en 24hr
Abril	2014	5.8	0.242
Marzo	2015	3.4	0.142
Febrero	2016	8.5	0.354
Marzo	2017	27	1.125
Diciembre	2018	8	0.333
Febrero	2019	7.9	0.329

Fuente: SENAMHI.

- Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel.

Nº	Año	Mes Max. Precip.	Precipitación (mm)	
			$x_i$	$(x_i - x)^2$
1	2014	0.24	0.24	0.0322
2	2015	0.14	0.14	0.0780
3	2016	0.35	0.35	0.0045
4	2017	1.13	1.13	0.4957
5	2018	0.33	0.33	0.0077
6	2019	0.33	0.33	0.0083
<b>6</b>		<b>Suma</b>	<b>2.5</b>	<b>0.6</b>

Cálculos variables probabilísticas	Cálculo de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias				
	<p>Los valores máximos resultantes del análisis fueron corregidos, conforme a los factores de ajuste previstos por la Organización Meteorológica Mundial (WMO,2009), por el factor 1.13 para obtener lluvias máximas verdaderas. Dicho valor, es también respaldado por L.L. Weiss en su publicación Ratio of true fixed interval maximum rainfall de 1964.</p>				
$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 0.42 \text{ mm}$					
$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.35 \text{ mm}$	<b>Periodo</b>	<b>Variable</b>	<b>Precip.</b>	<b>Prob. de</b>	<b>Corrección</b>
	<b>Retorno</b>	<b>Reducida</b>	<b>(mm)</b>	<b>ocurrencia</b>	<b>intervalo fijo</b>
	Años	YT	XT'(mm)	F(xT)	XT (mm)
	2	0.37	0.36	0.50	<b>0.41</b>
	5	1.50	0.68	0.80	<b>0.76</b>
$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s = 0.28 \text{ mm}$	10	2.25	0.88	0.90	<b>1.00</b>
	25	3.20	1.14	0.96	<b>1.29</b>
$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha = 0.26 \text{ mm}$	50	3.90	1.34	0.98	<b>1.51</b>
	100	4.60	1.53	0.99	<b>1.73</b>
	500	6.21	1.98	1.00	<b>2.23</b>

$$F_{(x)} = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$$

Fuente: MANUAL DE HIDROLOGIA, HIDRAULICA Y DRENAJE (PORTAL UNSCH-INGENIERIA CIVIL, HEMERSON L.A.)

Anexo N°4: cálculo de las curvas intensidad duración y frecuencia (IDF).

- Coeficientes para las relaciones de las lluvias de duración en 24 horas.

Duraciones, en horas									
1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
0.25	0.31	0.38	0.44	0.50	0.56	0.64	0.79	0.90	1.00

Fuente: manual para el Diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

- Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias.

Tiempo de Duración	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	0.4100	0.7634	0.9974	1.2931	1.5124	1.7301	2.2332
18 hr	X18=91%	0.3690	0.6871	0.8977	1.0215	1.3611	1.5571	2.0099
12 hr	X12=80%	0.3239	0.6031	0.7880	1.0215	1.1948	1.3668	1.7642
8 hr	X8 = 68%	0.2624	0.4886	0.6383	0.8276	0.9679	1.1073	1.4292
6 hr	X6 = 61%	0.2296	0.4275	0.5585	0.7241	0.8469	0.9689	1.2506
5 hr	X5 = 57%	0.2050	0.3817	0.4987	0.6465	0.7562	0.8650	1.1166
4 hr	X4 = 52%	0.1804	0.3359	0.4389	0.5689	0.6654	0.7612	0.9826
3 hr	X3 = 46%	0.1558	0.2901	0.3790	0.4914	0.5747	0.6574	0.8486
2 hr	X2 = 39%	0.1271	0.2367	0.3092	0.4008	0.4688	0.5363	0.6923
1 hr	X1 = 30%	0.1025	0.1909	0.2494	0.3233	0.3781	0.4325	0.5583

- Intensidades de lluvia a partir de Pd, según Duración de precipitación y Frecuencia de la misma.

$$I = \frac{P[mm]}{t_{duracion}[hr]}$$

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno						
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	1440	0.0171	0.0318	0.0416	0.0539	0.0630	0.0721	0.0930
18 hr	1080	0.0205	0.0382	0.0499	0.0568	0.0756	0.0865	0.1117
12 hr	720	0.0270	0.0503	0.0657	0.0851	0.0996	0.1139	0.1470
8 hr	480	0.0328	0.0611	0.0798	0.1034	0.1210	0.1384	0.1787
6 hr	360	0.0383	0.0713	0.0931	0.1207	0.1412	0.1615	0.2084
5 hr	300	0.0410	0.0763	0.0997	0.1293	0.1512	0.1730	0.2233
4 hr	240	0.0451	0.0840	0.1097	0.1422	0.1664	0.1903	0.2456
3 hr	180	0.0519	0.0967	0.1263	0.1638	0.1916	0.2191	0.2829
2 hr	120	0.0636	0.1183	0.1546	0.2004	0.2344	0.2682	0.3461
1 hr	60	0.1025	0.1909	0.2494	0.3233	0.3781	0.4325	0.5583

- Representación matemática de las curvas Intensidad - Duración - Período de retorno:

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

En la cual:

I = Intensidad (mm/hr)

t = Duración de la lluvia (min)

T = Período de retorno (años)

K, m, n = Parámetros de ajuste

Realizando un cambio de variable:  $d = K \cdot T^m$

Con lo que anterior se expresó se obtiene:  $I = \frac{d}{t^n} \Rightarrow I = d \cdot t^{-n}$

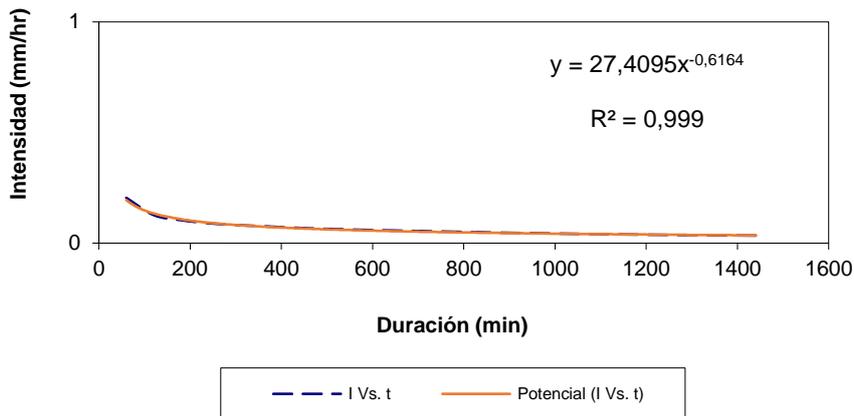
y=I

x=t

Tomando logaritmos en la ecuación anterior se arriba a un modelo de regresión múltiple al observarse:  $\log(y)=\log(d) - n\log(x)$

<b>Periodo de retorno para T = 2 años</b>						
<b>Nº</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>ln x</b>	<b>ln y</b>	<b>ln x*ln y</b>	<b>(lnx)^2</b>
1	1440	0.0171	7.2724	-4.0696	-29.5961	52.8878
2	1080	0.0205	6.9847	-3.8873	-27.1518	48.7863
3	720	0.0270	6.5793	-3.6122	-23.7657	43.2865
4	480	0.0328	6.1738	-3.4173	-21.0978	38.1156
5	360	0.0383	5.8861	-3.2632	-19.2073	34.6462
6	300	0.0410	5.7038	-3.1942	-18.2189	32.5331
7	240	0.0451	5.4806	-3.0989	-16.9837	30.0374
8	180	0.0519	5.1930	-2.9578	-15.3596	26.9668
9	120	0.0636	4.7875	-2.7559	-13.1939	22.9201
10	60	0.1025	4.0943	-2.2779	-9.3264	16.7637
10	4980	0.4397	58.1555	-32.5343	-193.9013	346.9435
<b>Ln (d) = -0.1274</b>		<b>d = 0.8803</b>		<b>n = -0.5375</b>		

### Regresión T= 2 años

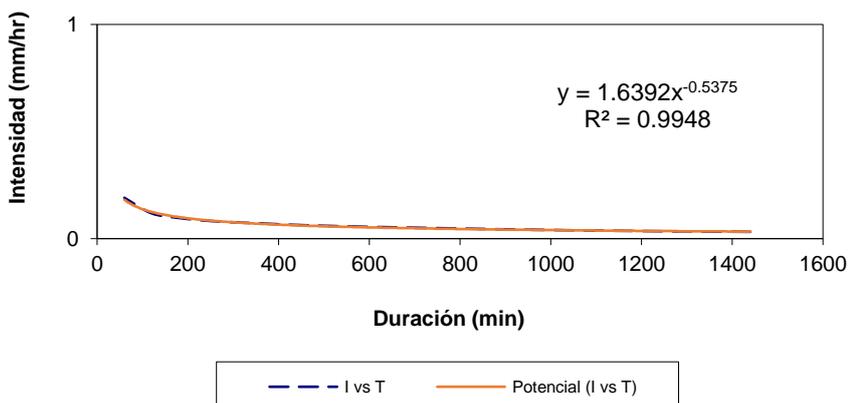


Serie T= 2 años	
x	y
1440	0.0171
1080	0.0205
720	0.0270
480	0.0328
360	0.0383
300	0.0410
240	0.0451
180	0.0519
120	0.0636
60	0.1025

### Periodo de retorno para T = 5 años

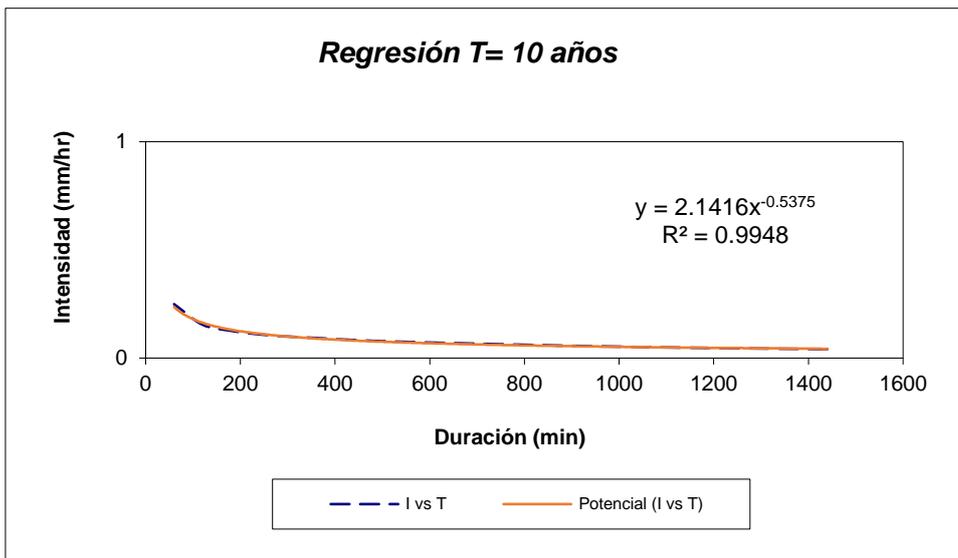
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	0.0318	7.2724	-3.4480	-25.0753	52.8878
2	1080	0.0382	6.9847	-3.2657	-22.8099	48.7863
3	720	0.0503	6.5793	-2.9906	-19.6758	43.2865
4	480	0.0611	6.1738	-2.7957	-17.2599	38.1156
5	360	0.0713	5.8861	-2.6415	-15.5483	34.6462
6	300	0.0763	5.7038	-2.5725	-14.6732	32.5331
7	240	0.0840	5.4806	-2.4772	-13.5768	30.0374
8	180	0.0967	5.1930	-2.3361	-12.1315	26.9668
9	120	0.1183	4.7875	-2.1343	-10.2179	22.9201
10	60	0.1909	4.0943	-1.6562	-6.7812	16.7637
10	4980	0.8188	58.1555	-26.3179	-157.7497	346.9435
<b>Ln (d) = 0.4942</b>		<b>d = 1.6392</b>		<b>n = -0.5375</b>		

### Regresión T= 5 años



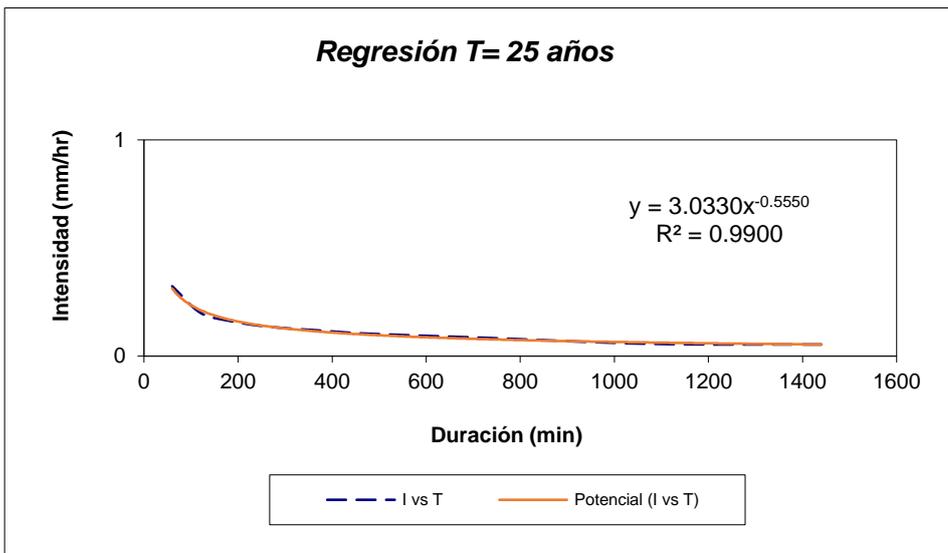
Serie T= 5 años	
x	y
1440	0.0318
1080	0.0382
720	0.0503
480	0.0611
360	0.0713
300	0.0763
240	0.0840
180	0.0967
120	0.1183
60	0.1909

<b>Periodo de retorno para T = 10 años</b>						
<b>Nº</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>ln x</b>	<b>ln y</b>	<b>ln x*ln y</b>	<b>(lnx)^2</b>
1	1440	0.0416	7.2724	-3.1807	-23.1310	52.8878
2	1080	0.0499	6.9847	-2.9983	-20.9425	48.7863
3	720	0.0657	6.5793	-2.7232	-17.9168	43.2865
4	480	0.0798	6.1738	-2.5283	-15.6093	38.1156
5	360	0.0931	5.8861	-2.3742	-13.9746	34.6462
6	300	0.0997	5.7038	-2.3052	-13.1483	32.5331
7	240	0.1097	5.4806	-2.2099	-12.1115	30.0374
8	180	0.1263	5.1930	-2.0688	-10.7432	26.9668
9	120	0.1546	4.7875	-1.8669	-8.9379	22.9201
10	60	0.2494	4.0943	-1.3889	-5.6866	16.7637
10	4980	1.0697	58.1555	-23.6444	-142.2016	346.9435
<b>Ln (d) = 0.7615</b>		<b>d = 2.1416</b>		<b>n = -0.5375</b>		



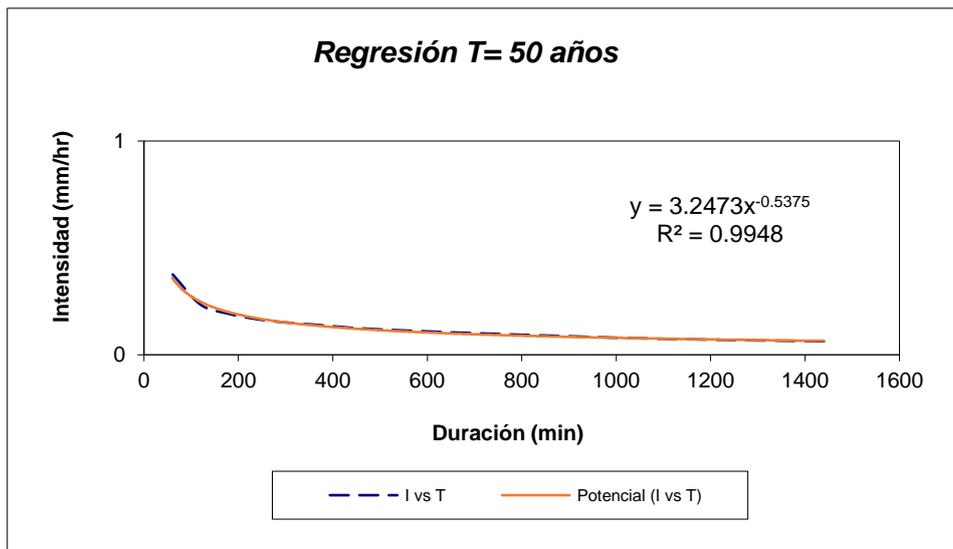
<b>Serie T= 10 años</b>	
<b>x</b>	<b>y</b>
1440	0.0416
1080	0.0499
720	0.0657
480	0.0798
360	0.0931
300	0.0997
240	0.1097
180	0.1263
120	0.1546
60	0.2494

<b>Periodo de retorno para T = 25 años</b>						
<b>Nº</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>ln x</b>	<b>ln y</b>	<b>ln x*ln y</b>	<b>(lnx)^2</b>
1	1440	0.0539	7.2724	-2.9210	-21.2430	52.8878
2	1080	0.0568	6.9847	-2.8691	-20.0398	48.7863
3	720	0.0851	6.5793	-2.4636	-16.2088	43.2865
4	480	0.1034	6.1738	-2.2687	-14.0066	38.1156
5	360	0.1207	5.8861	-2.1146	-12.4466	34.6462
6	300	0.1293	5.7038	-2.0456	-11.6675	32.5331
7	240	0.1422	5.4806	-1.9503	-10.6887	30.0374
8	180	0.1638	5.1930	-1.8092	-9.3950	26.9668
9	120	0.2004	4.7875	-1.6073	-7.6950	22.9201
10	60	0.3233	4.0943	-1.1293	-4.6237	16.7637
10	4980	1.3789	58.1555	-21.1787	-128.0148	346.9435
<b>Ln (d) = 1.1096</b>		<b>d = 3.0330</b>		<b>n = -0.5550</b>		



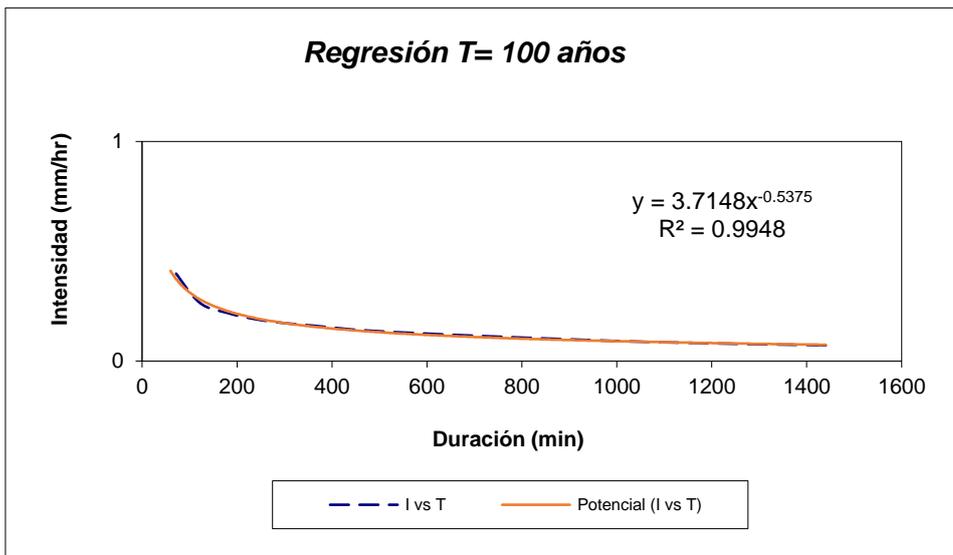
<b>Serie T= 25 años</b>	
<b>x</b>	<b>y</b>
1440	0.0539
1080	0.0568
720	0.0851
480	0.1034
360	0.1207
300	0.1293
240	0.1422
180	0.1638
120	0.2004
60	0.3233

Periodo de retorno para T = 50 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	0.0630	7.2724	-2.7644	-20.1036	52.8878
2	1080	0.0756	6.9847	-2.5820	-18.0349	48.7863
3	720	0.0996	6.5793	-2.3069	-15.1780	43.2865
4	480	0.1210	6.1738	-2.1120	-13.0393	38.1156
5	360	0.1412	5.8861	-1.9579	-11.5244	34.6462
6	300	0.1512	5.7038	-1.8889	-10.7739	32.5331
7	240	0.1664	5.4806	-1.7936	-9.8300	30.0374
8	180	0.1916	5.1930	-1.6525	-8.5814	26.9668
9	120	0.2344	4.7875	-1.4506	-6.9449	22.9201
10	60	0.3781	4.0943	-0.9726	-3.9822	16.7637
10	4980	1.6220	58.1555	-19.4815	-117.9925	346.9435
<b>Ln (d) = 1.1778</b>		<b>d = 3.2473</b>		<b>n = -0.5375</b>		



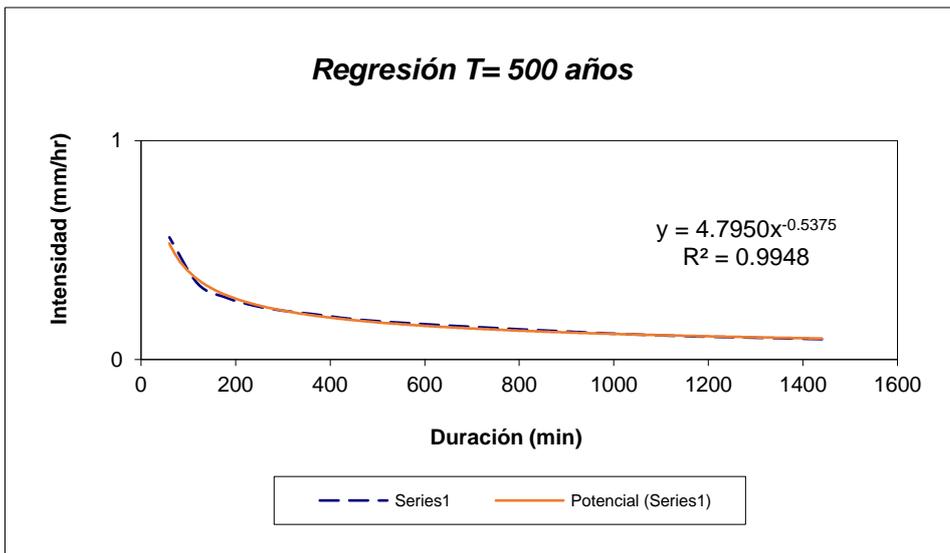
Serie T= 50 años	
x	y
1440	0.0630
1080	0.0756
720	0.0996
480	0.1210
360	0.1412
300	0.1512
240	0.1664
180	0.1916
120	0.2344
60	0.3781

<b>Periodo de retorno para T = 100 años</b>						
<b>Nº</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>ln x</b>	<b>ln y</b>	<b>ln x*ln y</b>	<b>(lnx)^2</b>
1	1440	0.0721	7.2724	-2.6299	-19.1255	52.8878
2	1080	0.0865	6.9847	-2.4476	-17.0955	48.7863
3	720	0.1139	6.5793	-2.1725	-14.2931	43.2865
4	480	0.1384	6.1738	-1.9776	-12.2090	38.1156
5	360	0.1615	5.8861	-1.8234	-10.7327	34.6462
6	300	0.1730	5.7038	-1.7544	-10.0068	32.5331
7	240	0.1903	5.4806	-1.6591	-9.0929	30.0374
8	180	0.2191	5.1930	-1.5180	-7.8830	26.9668
9	120	0.2682	4.7875	-1.3162	-6.3011	22.9201
10	60	0.4325	4.0943	-0.8381	-3.4316	16.7637
10	4980	1.8555	58.1555	-18.1367	-110.1713	346.9435
<b>Ln (d) = 1.3123</b>		<b>d = 3.7148</b>		<b>n = -0.5375</b>		



<b>Serie T= 100 años</b>	
<b>x</b>	<b>y</b>
1440	0.0721
1080	0.0865
720	0.1139
480	0.1384
360	0.1615
300	0.1730
240	0.1903
180	0.2191
120	0.2682
60	0.4325

<b>Periodo de retorno para T = 500 años</b>						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	0.0930	7.2724	-2.3746	-17.2692	52.8878
2	1080	0.1117	6.9847	-2.1923	-15.3126	48.7863
3	720	0.1470	6.5793	-1.9172	-12.6138	43.2865
4	480	0.1787	6.1738	-1.7223	-10.6331	38.1156
5	360	0.2084	5.8861	-1.5682	-9.2303	34.6462
6	300	0.2233	5.7038	-1.4992	-8.5509	32.5331
7	240	0.2456	5.4806	-1.4038	-7.6940	30.0374
8	180	0.2829	5.1930	-1.2628	-6.5575	26.9668
9	120	0.3461	4.7875	-1.0609	-5.0791	22.9201
10	60	0.5583	4.0943	-0.5829	-2.3865	16.7637
10	4980	2.3951	58.1555	-15.5841	-95.3269	346.9435
<b>Ln (d) = 1.5676</b>		<b>d = 4.7950</b>		<b>n = -0.5375</b>		



<b>Serie T= 500 años</b>	
x	y
1440	0.0930
1080	0.1117
720	0.1470
480	0.1787
360	0.2084
300	0.2233
240	0.2456
180	0.2829
120	0.3461
60	0.5583

<b>Resumen de aplicación de regresión potencial</b>		
Periodo de Retorno (años)	Término ctte. de regresión (d)	Coef. de regresión [n]
2	0.880	-0.538
5	1.639	-0.538
10	2.142	-0.538
25	3.033	-0.555
50	3.247	-0.538
100	3.715	-0.538
500	4.795	-0.538
<b>Promedio =</b>	<b>2.779</b>	<b>-0.540</b>

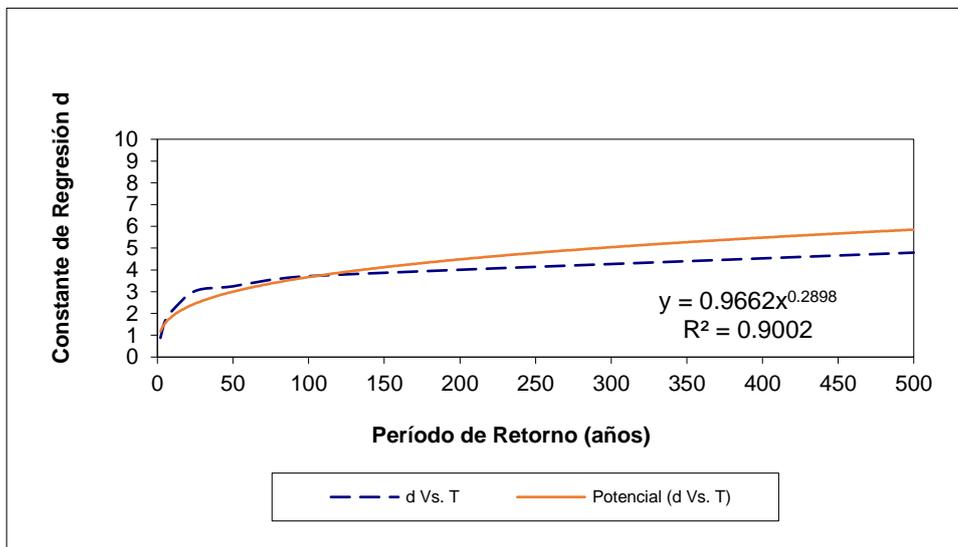
En función del cambio de variable realizado, se realiza otra regresión de potencia entre las columnas del periodo de retorno (T) y el término constante de regresión (d), para obtener valores de la ecuación:

$$d = K \cdot T^m$$

<b>Regresión potencial</b>						
<b>Nº</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>ln x</b>	<b>ln y</b>	<b>ln x*ln y</b>	<b>(lnx)^2</b>
1	2	0.8803	0.6931	-0.1274	-0.0883	0.4805
2	5	1.6392	1.6094	0.4942	0.7954	2.5903
3	10	2.1416	2.3026	0.7615	1.7535	5.3019
4	25	3.0330	3.2189	1.1096	3.5715	10.3612
5	50	3.2473	3.9120	1.1778	4.6077	15.3039
6	100	3.7148	4.6052	1.3123	6.0434	21.2076
7	500	4.7950	6.2146	1.5676	9.7418	38.6214
7	692	19.4511	<b>22.5558</b>	<b>6.2956</b>	<b>26.4250</b>	<b>93.8667</b>
<b>Ln (K) = -0.0344</b>		<b>K = 0.9662</b>		<b>m = 0.2898</b>		

Termino constante de regresión (K) = 0.9662

Coefficiente de regresión (m) = 0.2898



x	y
2	0.8803
5	1.6392
10	2.1416
25	3.0330
50	3.2473
100	3.7148
500	4.7950

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n} \rightarrow I = \frac{0.9962 \cdot T^{0.2898}}{t^{0.54001}}$$

Donde:

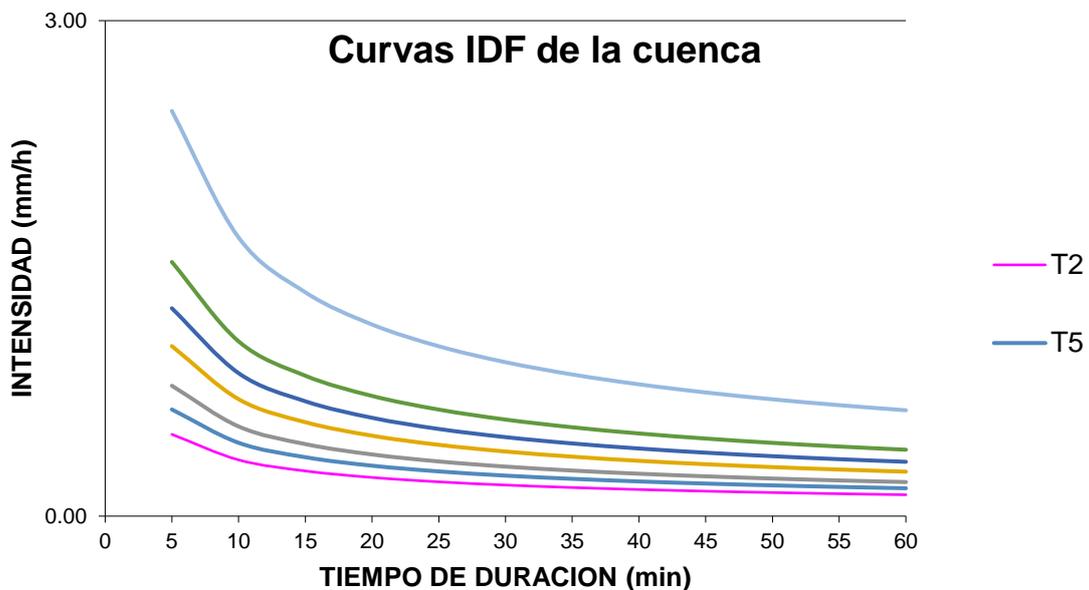
I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	0.50	0.34	0.27	0.23	0.21	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13
5	0.65	0.44	0.36	0.31	0.27	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17
10	0.79	0.54	0.44	0.37	0.33	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23	0.22	0.21
25	1.03	0.71	0.57	0.49	0.43	0.39	0.36	0.33	0.31	0.30	0.28	0.27
50	1.26	0.87	0.70	0.60	0.53	0.48	0.44	0.41	0.38	0.36	0.34	0.33
100	1.54	1.06	0.85	0.73	0.65	0.58	0.54	0.50	0.47	0.44	0.42	0.40
500	2.45	1.69	1.36	1.16	1.03	0.93	0.86	0.80	0.75	0.71	0.67	0.64

Nota: se marca con color amarillo nuestra intensidad de precipitaciones según el periodo de retorno de 100 años y con una duración de 10 minutos.



Fuente: Fuente: MANUAL DE HIDROLOGIA, HIDRAULICA Y DRENAJE (PORTAL UNSCH-INGENIERIA CIVIL, HEMERSON L.A.)



Anexo N°6: Cálculo del caudal de diseño utilizando el método racional.

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

Donde:

Q = Caudal pico (m<sup>3</sup>/s)

C = Coeficiente de escorrentía (adimensional)

I = Intensidad de la lluvia (mm/hh)

A = Área de drenaje (Ha)

		Área de la subárea (Ha)	Área acumulada	Coeficiente escorrentía	Intensidad	Q(m <sup>3</sup> /s) (acumulado)	Q (lt/s)
<b>Tramo 01</b>	A1	0.041	0.041	0.96	1.06	0.0001	0.12
	A2	0.1458	0.1868	0.96	1.06	0.0005	0.53
	A3	0.0916	0.2784	0.96	1.06	0.0008	0.79
	A4	0.1816	0.46	0.96	1.06	0.0013	1.30
	A5	0.061	0.521	0.96	1.06	0.0015	1.47
	A6	0.088	0.609	0.96	1.06	0.0017	1.72
	A7	0.0928	0.7018	0.96	1.06	0.0020	1.98
	A8	0.2435	0.9453	0.96	1.06	0.0027	2.67
	A9	0.1133	1.0586	0.96	1.06	0.0030	2.99
	A10	0.1726	1.2312	0.96	1.06	0.0035	3.48
	A11	0.0581	1.2893	0.96	1.06	0.0036	3.64
	A12	0.2606	1.5499	0.96	1.06	0.0044	4.38
	A13	0.0712	1.6211	0.96	1.06	0.0046	4.58
	A14	0.2554	1.8765	0.96	1.06	0.0053	5.30
	A15	0.3611	2.2376	0.96	1.06	0.0063	6.32
	A16	0.3626	2.6002	0.96	1.06	0.0073	7.35
	A17	0.4657	3.0659	0.96	1.06	0.0087	8.67
	A18	0.2982	3.3641	0.96	1.06	0.0095	9.51
	A19	0.2045	3.5686	0.96	1.06	0.0101	10.09
	A20	0.2069	3.7755	0.96	1.06	0.0107	10.67

		Área de la subárea (Ha)	Área acumulada	Coefficiente escorrentía	Intensidad	Q(m3/s) (acumulado)	Q (lt/s)
<b>Tramo 02</b>	A´1	0.044	0.044	0.96	1.06	0.0001	0.12
	A´2	0.1785	0.2225	0.96	1.06	0.0006	0.63
	A´3	0.1181	0.3406	0.96	1.06	0.0010	0.96
	A´4	0.0916	0.4322	0.96	1.06	0.0012	1.22
	A´5	0.0839	0.5161	0.96	1.06	0.0015	1.46
	A´6	0.0963	0.6124	0.96	1.06	0.0017	1.73
	A´7	0.0604	0.6728	0.96	1.06	0.0019	1.90
	A´8	0.0921	0.7649	0.96	1.06	0.0022	2.16
	A´9	0.0526	0.8175	0.96	1.06	0.0023	2.31
	A´10	0.2725	1.09	0.96	1.06	0.0031	3.08
	A´11	0.1116	1.2016	0.96	1.06	0.0034	3.40
	A´12	0.21	1.4116	0.96	1.06	0.0040	3.99
	A´13	0.0809	1.4925	0.96	1.06	0.0042	4.22
	A´14	0.1411	1.6336	0.96	1.06	0.0046	4.62
	A´15	0.1719	1.8055	0.96	1.06	0.0051	5.10
	A´16	0.1648	1.9703	0.96	1.06	0.0056	5.57
	A´17	0.3638	2.3341	0.96	1.06	0.0066	6.60
	A´18	0.3655	2.6996	0.96	1.06	0.0076	7.63
	A´19	0.4777	3.1773	0.96	1.06	0.0090	8.98
	A´20	0.2858	3.4631	0.96	1.06	0.0098	9.79
	A´21	0.1973	3.6604	0.96	1.06	0.0103	10.35
	A´22	0.2195	3.8799	0.96	1.06	0.0110	10.97

	Área de la subárea (Ha)	Área acumulada	Coefficiente escorrentía	Intensidad	Q(m3/s) (acumulado)	Q (lt/s)
A(Total )	7.6554	7.6554	0.96	1.06	0.0216	21.64

Anexo N°7: Caudales máximos asociados al criterio de calado máximo.

### AVENIDA LARCO CALZADA I Y II.



Fuente: Google Heart Pro.

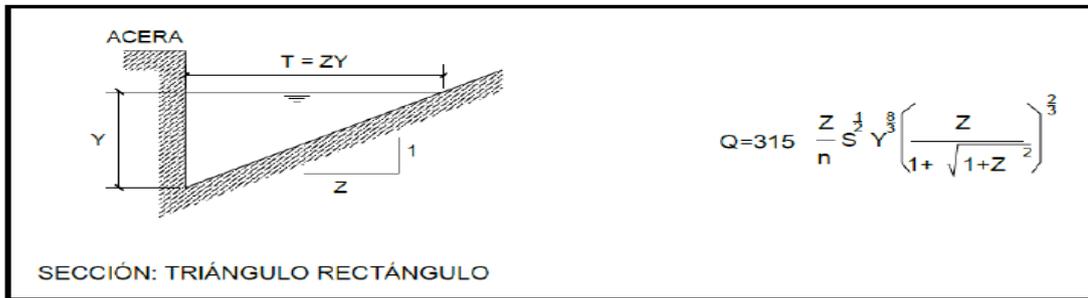
AV. LARCO CALZADA 1 - 2				
PERFIL LONGITUDINAL				
TRAMO	PROGRESIVA	COTA	PENDIENTE	m/m
1	0	31	0	-
2	1+254.42	20	0.90%	0.009
3	1+381.93	14	0.40%	0.004
4	0+968.90	7	0.70%	0.007
5	0+617.03	5	0.30%	0.003

- Pendiente transversal: 2.00%
- Limitación del ancho de inundación a un carril de circulación de: 3.50 m.

$$y_{max} = 2\% (3.5) = 0.07 \text{ m}$$

$$y_{max} = 7.00 \text{ cm}$$

## CAUDAL MÁXIMO LIGADOS AL CRITERIO DE RIEGO DE CALADO



$$Q = 315 \frac{Z}{n} S^{\frac{1}{2}} Y^{\frac{2}{3}} \left( \frac{Z}{1 + \sqrt{1 + \frac{Z^2}{1}}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Donde:

- Q=Caudal en litros por segundo
- n=Coeficiente de rugosidad de Manning
- S=Pendiente longitudinal del canal
- Z=Valor recíproco de la pendiente transversal (1:Z)
- Y=Tirante de agua en metros
- T=Ancho superficial en metros
- P=Perímetro mojado en metros

Para la calzada 1 y 2 de la avenida Larco.

- **Tramo 1 – 2.**

Datos:

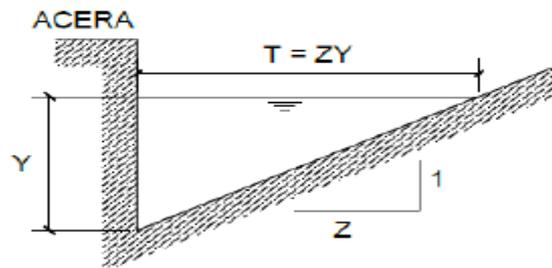
$$y = 0.07$$

$$Z = 50$$

$$T = ZY = 3.5$$

$$n = 0.016$$

$$S = 0.009$$



$$Q = 315 \times \frac{50}{0.016} \times 0.009^{1/2} \times 0.009^{2/3} \left( \frac{50}{1 + \sqrt{1 + 50^2}} \right)^{2/3}$$

$$Q = 76.01 \text{ lt/s}$$

$$Q = 0.076 \text{ m}^3/\text{s}$$

- **Tramo 2 – 3.**

Datos:

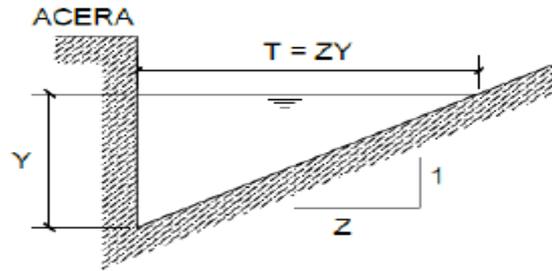
$$y = 0.07$$

$$Z = 50$$

$$T = ZY = 3.5$$

$$n = 0.016$$

$$S = 0.004$$



$$Q = 315 \times \frac{50}{0.016} \times 0.004^{1/2} \times 0.004^{8/3} \left( \frac{50}{1 + \sqrt{1 + 50^2}} \right)^{2/3}$$

$$Q = 50.57 \text{ lt/s}$$

$$Q = 0.05 \text{ m}^3/\text{s}$$

• **Tramo 3 – 4.**

Datos:

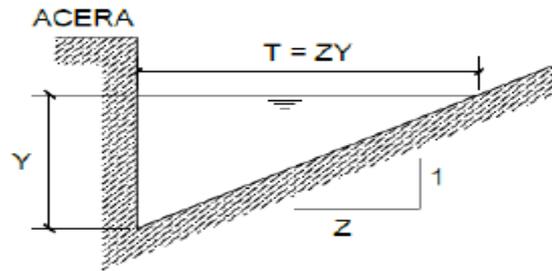
$$y = 0.07$$

$$Z = 50$$

$$T = ZY = 3.5$$

$$n = 0.016$$

$$S = 0.007$$



$$Q = 315 \times \frac{50}{0.016} \times 0.007^{1/2} \times 0.007^{8/3} \left( \frac{50}{1 + \sqrt{1 + 50^2}} \right)^{2/3}$$

$$Q = 67.04 \text{ lt/s}$$

$$Q = 0.07 \text{ m}^3/\text{s}$$

• **Tramo 4 – 5.**

Datos:

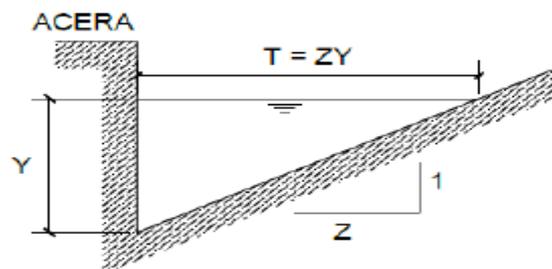
$$y = 0.07$$

$$Z = 50$$

$$T = ZY = 3.5$$

$$n = 0.016$$

$$S = 0.003$$



$$Q = 315 \times \frac{50}{0.016} \times 0.003^{1/2} \times 0.003^{8/3} \left( \frac{50}{1 + \sqrt{1 + 50^2}} \right)^{2/3}$$

$$Q = 43.88 \text{ lt/s}$$

$$Q = 0.04 \text{ m}^3/\text{s}$$

Anexo N°8: Cálculo de eficiencia de sumideros.

## AV. LARCO CALZADA 1

### TRAMO 1

- Para calzada mayores a 3.00 m.

$$n = 0.016$$

$$S = 0.009 \text{ m/m}, 0.004 \text{ m/m}, 0.007 \text{ m/m}, 0.003 \text{ m/m}$$

$$Z = 50$$

$$x = 3.50 \text{ m. (ancho de la calle)}$$

$$Ix = 2.00 \% \text{ (pendiente transversal de la calle)}$$

$$A = 0.4 \text{ m y } B = 0.60 \text{ m (dimensiones de la rejilla de sumidero)}$$

Eficiencia de Sumidero:

$$E = A \cdot \left( k \frac{Q}{y} \right)^{-B}$$

$$y = \left[ \left( \frac{2 \cdot Q \cdot n}{\sqrt{S} \cdot Z^{5/3}} \right) \cdot \left( 2(1 + \sqrt{1 + Z^2}) \right)^{2/3} \right]^{3/8}$$

El valor de K se calcula mediante:

$$y \leq 3 \cdot Ix \dots \dots k = 1$$

$$3 \cdot Ix = 0.06.$$

$$3Ix \leq y \leq x \cdot Ix \dots \dots k = 1 - \left( 1 - \frac{3 \cdot Ix}{y} \right)^2$$

$$3 \cdot 5 \cdot Ix = 0.07$$

$$y \geq x \cdot Ix \dots \dots k = \frac{1 - \left( 1 - \frac{3 \cdot Ix}{y} \right)^2}{1 - \left( 1 - \frac{x \cdot Ix}{y} \right)^2}$$

S	Q (circulante)	y	E	Q(captado) m3/s	Q sigue la calle m3/s
0.009	0.0001	0.006	432.81%	0.001	0.000
0.009	0.0005	0.011	244.94%	0.001	0.00
0.009	0.0008	0.013	210.90%	0.002	0.00
0.009	0.0013	0.015	174.70%	0.002	0.00
0.009	0.0015	0.016	166.73%	0.002	0.00
0.009	0.0017	0.017	157.25%	0.003	0.00
0.009	0.0020	0.018	149.11%	0.003	0.00
0.009	0.0027	0.020	133.35%	0.004	0.00
0.009	0.0030	0.021	127.81%	0.004	0.00
0.004	0.0035	0.026	132.30%	0.005	0.00
0.004	0.0036	0.026	130.04%	0.005	0.00
0.004	0.0044	0.028	121.36%	0.005	0.00
0.007	0.0046	0.026	112.05%	0.005	0.00
0.007	0.0053	0.027	106.07%	0.006	0.00
0.007	0.0063	0.029	99.30%	0.006	0.00
0.007	0.0073	0.030	93.86%	0.007	0.00
0.003	0.0087	0.038	97.06%	0.008	0.00
0.003	0.0095	0.039	93.74%	0.009	0.00
0.003	0.0101	0.040	91.69%	0.009	0.00
0.003	0.0107	0.041	89.77%	0.010	0.00

## AV. LARCO CALZADA 2

### TRAMO 2

- Para calzada mayores a 3.00 m.

$$n = 0.016$$

$$S = 0.009 \text{ m/m } 0.004\text{m/m}, 0.007 \text{ m/m}, 0.003\text{m/m}$$

$$Z = 50$$

$$x = 3.50 \text{ m. (ancho de la calle)}$$

$$Ix = 2.00 \% \text{ (pendiente transversal de la calle)}$$

$$A = 0.4 \text{ m y } B = 0.60 \text{ m (dimensiones de la rejilla de sumidero)}$$

Eficiencia de Sumidero:

$$E = A \cdot \left(k \frac{Q}{y}\right)^{-B}$$

$$y = \left[ \left( \frac{2 \cdot Q \cdot n}{\sqrt{S} \cdot Z^{5/3}} \right) \cdot \left( 2(1 + \sqrt{1 + Z^2}) \right)^{2/3} \right]^{3/8}$$

El valor de K se calcula mediante:

$$y \leq 3.Ix \dots \dots k = 1$$

$$3.Ix = 0.06.$$

$$3Ix \leq y \leq x.Ix \dots \dots k = 1 - \left(1 - \frac{3.Ix}{y}\right)^2$$

$$3.5.Ix = 0.07$$

$$y \geq x.Ix \dots \dots k = \frac{1 - \left(1 - \frac{3.Ix}{y}\right)^2}{1 - \left(1 - \frac{x.Ix}{y}\right)^2}$$

S	Q (circulante)	y	E	Q(captado) m3/s	Q sigue la calle m3/s
0.009	0.0001	0.006	213.50%	0.000	0.000
0.009	0.0006	0.012	128.59%	0.001	0.000
0.009	0.0010	0.014	112.57%	0.001	0.000
0.009	0.0012	0.015	104.50%	0.001	0.000
0.009	0.0015	0.016	98.86%	0.001	0.000
0.009	0.0017	0.017	93.72%	0.002	0.000
0.009	0.0019	0.017	91.00%	0.002	0.000
0.009	0.0022	0.018	87.42%	0.002	0.000
0.009	0.0023	0.019	85.63%	0.002	0.000
0.004	0.0031	0.024	84.45%	0.003	0.000
0.004	0.0034	0.025	81.91%	0.003	0.001
0.004	0.0040	0.027	77.89%	0.003	0.001
0.007	0.0042	0.025	72.63%	0.003	0.001
0.007	0.0046	0.026	70.61%	0.003	0.001
0.007	0.0051	0.027	68.44%	0.003	0.002
0.007	0.0056	0.027	66.60%	0.004	0.002
0.003	0.0066	0.034	68.38%	0.005	0.002
0.003	0.0076	0.036	65.34%	0.005	0.003
0.003	0.0090	0.038	62.10%	0.006	0.003
0.003	0.0098	0.040	60.45%	0.006	0.004
0.003	0.0103	0.041	59.41%	0.006	0.004
0.003	0.0110	0.041	58.34%	0.006	0.005

Anexo N°09: Cálculo del diseño hidráulico por el método de Manning.

- ECUACION MANNING:

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

V = Velocidad media de desplazamiento (m/s).

R = Radio medio Hidráulico (m).

S = Pendiente de la canalización (numero)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

**TRAMO I.**

<b>COTA</b>	<b>DIST. I</b>	<b>S %</b>	<b>D (m) (tubería)</b>	<b>R</b>	<b>n</b>	<b>V (m/S)</b>
R1-R2	73.09	1.25	0.50	0.151	0.01	3.2
R2-R3	22.13	0.36	0.50	0.151	0.01	1.7
R3-R4	121.37	0.75	0.50	0.151	0.01	2.5
R4-R5	183.68	0.55	0.50	0.151	0.01	2.1
R5-R6	25.01	0.50	0.50	0.151	0.01	2.0
R6-R7	89.72	1.28	0.50	0.151	0.01	3.2
R7-R8	20.59	4.05	0.50	0.151	0.01	5.7
R8-R9	100	1.52	0.50	0.151	0.01	3.5
R9-R10	92.29	1.22	0.50	0.151	0.01	3.1
R10-R11	28.5	0.17	0.50	0.151	0.01	1.2
R11-R12	55.68	0.09	0.50	0.151	0.01	0.9
R12-R13	21.28	0.26	0.50	0.151	0.01	1.4
R13-R14	90.22	0.71	0.50	0.151	0.01	2.4
R14-R15	24.09	0.21	0.50	0.151	0.01	1.3
R15-R16	102.93	0.1	0.50	0.151	0.01	0.9
R16-R17	101.13	0.15	0.50	0.151	0.01	1.1
R17-R18	47.42	1.93	0.50	0.151	0.01	3.9
R18-R19	47.32	1.66	0.50	0.151	0.01	3.7
R19-R20	23.43	0.21	0.50	0.151	0.01	1.3
R20-R21	41.98	0.12	0.50	0.151	0.01	1.0
R21-R22	37.85	0.26	0.50	0.151	0.01	1.4
R22-R23	42.98	0.23	0.50	0.151	0.01	1.4
R23-R24	58.09	1.21	0.50	0.151	0.01	3.1

R24-R25	78.29	0.13	0.50	0.151	0.01	1.0
R25-R26	65.47	0.85	0.50	0.151	0.01	2.6
R26-R27	74.69	0.9	0.50	0.151	0.01	2.7
R27-R28	63.41	0.72	0.50	0.151	0.01	2.4
R28-R29	72.3	0.68	0.50	0.151	0.01	2.3
R29-R30	76.26	1.92	0.50	0.151	0.01	3.9
R30-R31	100	0.26	0.50	0.151	0.01	1.4
R31-R32	116.34	0.51	0.50	0.151	0.01	2.0
R32-R33	36.64	0.78	0.50	0.151	0.01	2.5
R33-R34	39.84	0.3	0.50	0.151	0.01	1.6
R34-R35	32.17	0.16	0.50	0.151	0.01	1.1
R35-R36	100	0.1	0.50	0.151	0.01	0.9
R36-R37	100	0.17	0.50	0.151	0.01	1.2
R37-R38	100	0.73	0.50	0.151	0.01	2.4
R38-R39	123.1	0.12	0.50	0.151	0.01	1.0
R39-R40	100	0.16	0.40	0.121	0.01	1.0
R40-R41	101.21	0.14	0.40	0.121	0.01	0.9
R41-R42	99.89	0.82	0.40	0.121	0.01	2.2
R42-R43	100	0.92	0.40	0.121	0.01	2.3
R43-R44	100	0.84	0.40	0.121	0.01	2.2
R44-R45	100	0.42	0.40	0.121	0.01	1.6
R45-R46	100	0.42	0.40	0.121	0.01	1.6
R46-R47	100	0.14	0.40	0.121	0.01	0.9
R47-R48	100	0.34	0.40	0.121	0.01	1.4
R48-R49	69.05	1.59	0.40	0.121	0.01	3.1
R49-R50	52.92	0.78	0.40	0.121	0.01	2.2
R50-R51	40	0.21	0.40	0.121	0.01	1.1
R51-R52	34.09	0.16	0.40	0.121	0.01	1.0
R52-R53	25.23	0.18	0.40	0.121	0.01	1.0
R53-R54	51.27	0.18	0.40	0.121	0.01	1.0
R54-R55	57.39	0.15	0.40	0.121	0.01	0.9
R55-R56	29.13	0.16	0.40	0.121	0.01	1.0
R56-R57	44.29	0.15	0.40	0.121	0.01	0.9
R57-R58	68.08	0.16	0.40	0.121	0.01	1.0
R58-R59	61.2	0.15	0.40	0.121	0.01	0.9
R59-R60	52.66	0.18	0.40	0.121	0.01	1.0
R60-R61	55.37	0.57	0.40	0.121	0.01	1.8
R61-R62	32.08	1.94	0.40	0.121	0.01	3.4
TUB	23.93	1.81	0.40	0.121	0.01	3.3

**TRAMO II.**

<b>COTA</b>	<b>DIST. I</b>	<b>S %</b>	<b>D (m) (tubería)</b>	<b>R</b>	<b>n</b>	<b>V (m/S)</b>
R63-R64	69.90	1.38	0.50	0.151	0.01	3.3
R64-R65	26.14	0.42	0.50	0.151	0.01	1.8
R65-R67	47.76	0.86	0.50	0.151	0.01	2.6
R67-R68	74.01	0.65	0.50	0.151	0.01	2.3
R68-R69	93.63	0.12	0.50	0.151	0.01	1.0
R69-R70	82.13	0.99	0.50	0.151	0.01	2.8
R70-R71	37.24	0.62	0.50	0.151	0.01	2.2
R71-R72	80.09	1.01	0.50	0.151	0.01	2.8
R72-R73	33.43	3.74	0.50	0.151	0.01	5.5
R73-R74	67.3	1.59	0.50	0.151	0.01	3.6
R74-R75	36.11	1.53	0.50	0.151	0.01	3.5
R75-R76	58.66	1.49	0.50	0.151	0.01	3.5
R75-R76	58.66	0.09	0.50	0.151	0.01	0.9
R76-R77	60.53	0.12	0.50	0.151	0.01	1.0
R77-R78	40.3	0.41	0.50	0.151	0.01	1.8
R78-R79	29.95	1.1	0.50	0.151	0.01	3.0
R79-R80	87.98	0.18	0.50	0.151	0.01	1.2
R80-R81	34.98	0.22	0.50	0.151	0.01	1.3
R81-R82	45.93	0.16	0.50	0.151	0.01	1.1
R82-R83	30.33	0.13	0.50	0.151	0.01	1.0
R83-R84	117.66	2.46	0.50	0.151	0.01	4.4
R84-R85	40.89	0.99	0.50	0.151	0.01	2.8
R85-R86	49.8	0.1	0.50	0.151	0.01	0.9
R86-R87	51.16	0.15	0.50	0.151	0.01	1.1
R87-R88	33.31	0.12	0.50	0.151	0.01	1.0
R88-R89	40.51	0.12	0.50	0.151	0.01	1.0
R89-R90	41.37	1.77	0.50	0.151	0.01	3.8
R90-R91	33.63	0.58	0.50	0.151	0.01	2.2
R91-R92	70.09	0.17	0.50	0.151	0.01	1.2
R92-R93	30.29	1.28	0.50	0.151	0.01	3.2
R93-R94	57.7	0.51	0.50	0.151	0.01	2.0
R94-R95	41.28	0.11	0.50	0.151	0.01	0.9
R95-R96	43.5	0.58	0.50	0.151	0.01	2.2
R96-R97	47.89	1.87	0.50	0.151	0.01	3.9
R97-R98	83.95	1	0.50	0.151	0.01	2.8
R98-R99	39.46	1.22	0.50	0.151	0.01	3.1
R99-R100	58.51	0.13	0.50	0.151	0.01	1.0
R100-R101	37.72	0.24	0.50	0.151	0.01	1.4

R101-R102	100	0.75	0.50	0.151	0.01	2.5
R102-R103	90.8	0.18	0.50	0.151	0.01	1.2
R103-R104	42.07	0.1	0.50	0.151	0.01	0.9
R104-R105	100	0.39	0.50	0.151	0.01	1.8
R105-R106	100	0.61	0.50	0.151	0.01	2.2
R106-R107	76.23	0.11	0.50	0.151	0.01	0.9
R107-R108	100	0.16	0.50	0.151	0.01	1.1
R108-R109	57.51	0.19	0.50	0.151	0.01	1.2
R109-R110	40.82	0.1	0.40	0.121	0.01	0.8
R110-R111	65.79	0.13	0.40	0.121	0.01	0.9
R111-R112	30.23	0.22	0.40	0.121	0.01	1.1
R112-R113	100.85	0.77	0.40	0.121	0.01	2.1
R113-R114	49.43	0.88	0.40	0.121	0.01	2.3
R114-R115	100	0.88	0.40	0.121	0.01	2.3
R115-R116	90.47	0.53	0.40	0.121	0.01	1.8
R116-R117	36.41	0.42	0.40	0.121	0.01	1.6
R117-R118	100	0.42	0.40	0.121	0.01	1.6
R118-R119	100	0.26	0.40	0.121	0.01	1.2
R119-R120	46.52	0.11	0.40	0.121	0.01	0.8
R120-R121	70.49	0.29	0.40	0.121	0.01	1.3
R121-R122	60.38	1.87	0.40	0.121	0.01	3.3
R122-R123	83.23	0.1	0.40	0.121	0.01	0.8
R123-R124	65.67	0.15	0.40	0.121	0.01	0.9
R124-R125	48.54	0.15	0.40	0.121	0.01	0.9
R125-R126	34.27	0.15	0.40	0.121	0.01	0.9
R126-R127	54.27	0.15	0.40	0.121	0.01	0.9
R127-R128	54.13	0.15	0.40	0.121	0.01	0.9
R128-R129	41.7	0.15	0.40	0.121	0.01	0.9
R129-R130	56.87	0.15	0.40	0.121	0.01	0.9
R130-R131	29.36	0.15	0.40	0.121	0.01	0.9
R131-R132	43.06	0.15	0.40	0.121	0.01	0.9
R132-R133	35	0.15	0.40	0.121	0.01	0.9
R133-R1334	37.08	0.27	0.40	0.121	0.01	1.3
R134-R135	35.45	1.24	0.40	0.121	0.01	2.7
R135-R136	32.76	1.85	0.40	0.121	0.01	3.3
R136-R137	36.46	1.09	0.40	0.121	0.01	2.6
TUB	24.86	1.09	0.40	0.121	0.01	2.6

Anexo N°10: Empozamiento de aguas lluvia en la Av. Larco – Ovalo Larco.



Anexo N°11: Empozamiento de aguas lluvia en la Av. Larco – Cuadra N°1.



Anexo N°12: Empozamiento de aguas lluvia en la Av. Larco – Ovalo Larco.



Anexo N°13: Empozamiento de aguas lluvia en la Av. Larco - Cuadra N°17.



Anexo N°14: Empozamiento de aguas lluvia en la Av. Larco- Ovalo Larco.



Anexo N°15: Empozamiento de aguas lluvia en la Av. Larco – Ovalo Larco.

