

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



---

**“DISEÑO DE CANAL – VIA COMO ESTRUCTURA DE EVACUACION DE AGUAS  
PLUVIALES DE LA CIUDAD DE TRUJILLO PREVIA DESVIACION DE  
ESCURRIMIENTO DE LA QUEBRADA SAN IDELFONSO  
HACIA EL RIO MOCHE”**

---

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**  
**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: HIDRAULICA**

**AUTORA:** Br. - RAMOS CUEVA, DANTE.  
Br. - VIERA BACA, EVELYN JULEISY.

**ASESOR:** ING. RODRIGUEZ RAMOS, MAMERTO.

**TRUJILLO – PERÚ**

**2017**

## ACREDITACIONES

**Tesis:** “Diseño de canal- vía como estructura de evacuación de las aguas pluviales de la ciudad de Trujillo previa desviación de escurrimiento de la quebrada san Idelfonso hacia el Rio Moche”

Por: Br. Ramos Cueva Dante Ramos  
Br. Viera Baca Evelyn Juleisy

---

Presidente

Ing. William Galicia Guarniz  
N° CIP 96091

---

Secretario

Ing. Jorge Paredes Estacio  
N° CIP 90402

---

Vocal

Ing. Manuel Alberto Vertiz Malabrigo  
N° CIP 71188

---

Asesor

Ing. Mamerto Rodríguez Ramos  
N° CIP 3689

## PRESENTACIÓN

**Señores Miembros del Jurado:**

Dando cumplimiento al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada “Antenor Orrego”, para el título Profesional de Ingeniero Civil, es grato poner a vuestra consideración, la presente tesis titulada: “**diseño de canal – vía como estructura de evacuación de aguas pluviales de la ciudad de Trujillo previa desviación de escurrimiento de la quebrada san Idelfonso hacia el rio moche**”, con la convicción de alcanzar una justa evaluación y dictamen.

Atentamente,

Br. Ramos Cueva Dante.

Br. Viera Baca Evelyn Juleisy.

Trujillo, 18 de setiembre del 2017

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis queridos padres y hermanos quiénes me han guiado y apoyado con sabiduría, esfuerzo y dedicación durante todo el transcurso de mi carrera; dándome sus consejos para llegar a ser una persona de bien y cumplir mis objetivos que me propuse. A mis dos pequeños hijos que son el motivo y la razón que me permite cada día esforzarme más para cumplir cada uno de mis ideales de superación, y que recuerde siempre que cuando se quiere alcanzar algo en la vida, no hay tiempo ni obstáculo que impida lograrlo.

Atentamente.

Dante Ramos Cueva

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto de mi vida, quien supo guiarme por el buen camino, y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi familia quien por ellos soy lo que soy. Para mis queridos padres Guido y María Ebel por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia, mi coraje para seguir mis objetivos.

Gracias también a mis queridos hermanos que siempre estuvieron junto a mi dándome el aliento necesario para lograr este objetivo.

Atentamente.

Evelyn Juleisy Viera Baca

## **AGRADECIMIENTOS**

**A:**

**DIOS:**

A Dios por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

**PADRES:**

Por todo su apoyo en cada momento de nuestra vida y en especial en nuestra formación profesional, por su apoyo moral y económico que nos permitió alcanzar esta meta.

**DOCENTES:**

A nuestros docentes que con sus enseñanzas y conocimiento aportaron al desarrollo de mi formación profesional y personal.

**ING. Mamerto Rodríguez Ramos**

A nuestro asesor el ing. Mamerto Rodríguez Ramos por su valiosa asesoría, colaboración y aporte brindado en el presente trabajo de investigación.

## **RESUMEN**

En los últimos años en la ciudad de Trujillo, como en todo el norte peruano, se viene suscitando grandes inundaciones debido a la llegada del fenómeno del Niño. Y esto genera grandes daños económicos y pérdida de vidas humanas, sin embargo, se ha hecho poco o casi nada por crear o diseñar sistemas de mejor evacuación de estas aguas pluviales para reducir su efecto.

En lo que respecta a la ciudad de Trujillo este año 2017 en el mes de marzo nos ha tocado vivir los efectos de este fenómeno de sobremanera, sufriendo los mismos efectos del año 1998, pero con mayor intensidad y mayor tiempo de estadía.

Con el presente estudio se pretende calcular el área de cuenca y su caudal máximo de precipitación que se da en la lluvia más intensa en tiempo más largo, para poder calcular el caudal máximo y su velocidad en el punto de desemboque al mar. Y poder determinar el área de la sección requerida para conducir este caudal en el nivel más crítico.

Con los datos obtenidos en esta investigación se puede contribuir de manera preliminar al diseño definitivo de un sistema de drenaje capaz de evacuar el 100% de estas precipitaciones pluviales, como también servir como una vía de transporte en ausencia del fenómeno y demostrar la dimensión real de esta estructura.

Por:

Br. Dante Ramos Cueva

Br. Evelyn Juleisy Viera Baca

## **ABSTRACT**

“Canal-track design as a structure for the evacuation of rainwater from the city of Trujillo, prior to the diversion of drainage from the San Idelfonso Gorge to the Moche River”

By:

Br. Dante Ramos Cueva

Br. Evelyn Juleisy Viera Baca

In recent years in the city of Trujillo, as in the entire Peruvian north, there has been great flooding due to the advent of the Niño phenomenon. And this generates great economic damages and loss of human lives, however little or nothing has been done to create or design systems of better evacuation of these rainwater to reduce its effect.

With regard to the city of Trujillo this year 2017 in March we have had to live the effects of this phenomenon very much, suffering the same effects of 1998, but with greater intensity and longer time of stay.

The aim of this study is to estimate the basin area and its maximum precipitation flow in the most intense rainfall in the longest time, in order to calculate the maximum flow rate and its velocity at the point of discharging into the sea. And be able to determine the area of the section required to conduct this flow at the most critical level.

With the data obtained in this research it is possible to contribute in a preliminary way to the final design of a drainage system layers to evacuate 100% of these rainfall, as well as serve as a transport route in the absence of the phenomenon and demonstrate the real dimension of this structure.

## INDICE GENERAL

PRESENTACION.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMINETO.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
1. INTRODUCCION.....	1
1.1 EL PROBLEMA.....	3
1.1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.1.2 Formulación del problema.....	3
1.1.3 Alcance.....	3
1.1.4 Justificación de la investigación.....	3
1.1.4.1 Justificación académica.....	3
1.1.4.2. Justificación técnica.....	4
1.1.4.3 Justificación social.....	4
1.1.4.4 Importancia de la investigación.....	4
1.1.4.5 Viabilidad de la investigación.....	4
1.1.4.6 Limitaciones del estudio.....	5
1.1.5 Aportes.....	5
1.2 OBJETIVOS.....	6
1.2.1 General.....	6
1.2.2 Específicos.....	6
1.3 ANTECEDENTES.....	6
1.4 HIPOTESIS.....	7
1.4.1 General.....	7
1.5 MARCO TEORICO.....	8
1.5.1 Definición de cuenca hidrográfica.....	8
1.5.2Delimitacióndecuenca hidrográfica.....	8
1.5.3Clasificación de las cuencas hidrográficas.....	10
1.5.4 Patrón de drenaje.....	11
1.5.5 Características físicas de la cuenca.....	11
1.5.6 Área.....	11
1.5.7 Perímetro.....	12
1.5.8 Uso y tipo de suelo.....	12
1.5.10 Forma de cuenca.....	13
1.5.11 Factor de forma.....	13

1.5.12 Índice de gravelius o de compacidad.....	14
1.5.13 Índice de alargamiento.....	15
1.5.14 Índice asimétrico.....	15
1.5.15 Orden de la cuenca.....	16
1.5.16 Densidad de drenaje.....	17
1.5.17 Sinuosidad de las corrientes de agua.....	17
1.5.18 Pendiente de la cuenca.....	18
1.5.19 Curva hipsométrica.....	20
1.5.20 Elevación media de una cuenca.....	21
1.5.21 Pendiente de la corriente principal.....	22
1.5.22 Rectángulo equivalente.....	24
1.5.23 Determinación de caudal.....	26
1.5.24 Método racional.....	26
1.5.25 Coeficiente de escorrentía.....	27
1.5.26 Coeficiente de escorrentía superficial.....	28
1.5.27 Periodo de retorno.....	30
1.5.28 Fundamentación teórica de la investigación.....	35
1.5.28.1 Generalidades.....	35
1.5.28.2 Investigación de campo.....	35
2. MATERIAL Y METODOS.....	36
2.1 Material.....	36
2.2 Técnicas y recolección de información.....	36
2.3 Población y muestra.....	36
2.4 Metodología.....	37
2.5 Técnicas de análisis.....	37
3. DESARROLLO DE LA TESIS.....	38
CAPITULO I.....	38
DISEÑO DE LA INVESTIGACION.....	38
1. Ubicación del proyecto.....	38
1.1 Ubicación geopolítica.....	38
1.2 Ubicación geográfica.....	38
2. Límites.....	40
3. Vías de acceso y comunicación.....	41
4. Características climatológicas.....	41
5. Características geográficas y orográficas.....	41
6. Precipitación.....	42
CAPITULO II.....	44
IMPACTO AMBIENTAL.....	44
2.1 Generalidades.....	44
2.1.1 Impactos ambientales positivos.....	44

2.1.2 Impactos ambientales negativos.....	45
CAPITULO III.....	46
MANEJABILIDAD.....	46
3.1 Sistemas de encausamiento.....	46
3.2 Sistemas de limpieza y mantenimiento.....	46
3.3 Operavilidad.....	46
3.4 Definición del problema.....	47
CAPITULO IV.....	48
CALCULOS.....	48
4.1 Área general de la cuenca en estudio.....	48
4.2 Calculo de área y características principales.....	49
4.2.1 Calculo de área, perímetro y longitud de cauce.....	49
4.2.2 Calculo de factor de forma de cuenca.....	50
4.2.3 Calculo de factor de compacidad.....	51
4.2.4 Calculo de sinuosidad de cuenca.....	50
4.2.5 Densidad de drenaje de la cuenca.....	52
4.2.6 Índice de alargamiento.....	52
4.2.7 Índice asimétrico.....	52
4.2.8 Curva hipsométrica.....	52
4.3 Calculo de caudal.....	53
4.3.1 Método racional.....	53
4.3.2 Intensidad de lluvia.....	54
4.3.3 Tiempo de concentración.....	54
4.3.4 Precipitación.....	54
4.4 Calculo de caudal de cada área.....	56
4.5 Calculo de caudal de cada área al cauce principal.....	57
4.6 Seccionamiento del cauce principal.....	57
4.7 Aporte de caudal de cada área.....	58
4.8 Diseño de la estructura de encausamiento y conducción de las precipitaciones.....	58
4.8.1 Diseño de la estructura canal-vía empotrada.....	59
4.8.2 Diseño de la estructura pre fabricada como plan de contingencia.....	62
CAPITULO V.....	63
CONCLUSIONES.....	63
CAPITULO VI.....	64
RECOMENDACIONES.....	64
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	65
ANEXOS.....	66

## INDICE DE CUADROS

Cuadro N 01 Área de tamaño de cuencas.....	11
Cuadro N 02 Clases de valores de longitud cauce principal.....	12
Cuadro N 03 Clases de valores de forma.....	13
Cuadro N 04 Clasificación morfológica según el índice sinuosidad.....	11
Cuadro N 05 Relieve según pendiente.....	12
Cuadro N 06 Periodo de retorno.....	13

## INDICE DE GRAFICOS

Grafico N 01 Panorama de escurrimiento.....	09
Gráfico N° 02 Delimitación del área del proyecto.....	10
Gráfico N° 03 Orden de la cuenca.....	08
Gráfico N° 04 Coeficiente de sinuosidad.....	17
Gráfico N° 05 Curva Hipsométrica.....	21
Gráfico N° 06 Representación de la elevación media de una hoya.....	25
Gráfico N° 07 Longitud del eje del rio.....	26

## 1. INTRODUCCION

Trujillo es una ciudad costera del norte del Perú. Fundada por los conquistadores españoles a su llegada al Perú en los años de 1500. Ya que esta ciudad fue fundada por inmigrantes extranjeros y por ende desconocedores de los ciclos climatológicos de lugar y a su vez carentes de datos y registros de precipitaciones pluviales, en su diseño se basaron simplemente por huellas de las escorrentía que se podía apreciar a simple vista, en los relieves topográficos de localidad de Trujillo, la misma que fue fundada en el margen derecho del río Moche y margen izquierdo aguas abajo de la quebrada de san Idelfonso, la misma que actualmente discurre por la avenida de Miraflores.

Desde su fundación, la ciudad de Trujillo ha ido creciendo en todas sus direcciones, en especial hacia su lado Este que se denominaba la Portada de la Sierra y direccionada en espacios adyacentes a dicha quebrada. Teniendo en cuenta que la costa de la Región La Libertad se caracteriza por ser un espacio carente de lluvias en períodos prolongados, como el fenómeno de El Niño, oportunidad en que la quebrada de San Ildefonso, al igual que las quebradas, San Carlos, León dormido y otros, se activan y recobran su afluencia , generando inundaciones o huaicos y arrasando todo los elementos existentes en su trayecto y en sus áreas de influencia, ello ha sido repetitivo desde épocas Pretéritas, pero que debido a que el crecimiento poblacional hasta antes del fenómeno de El Niño de 1998, no se ocupaba los espacios pertenecientes a la dinámica hidráulica de dicho fenómeno, consecuentemente no se producía grandes destrozos en viviendas en infraestructura ya existente.

Con el crecimiento poblacional explosivo de la ciudad de Trujillo desde los años 2000 se ha producido una creciente demanda de terrenos especialmente para las construcciones de viviendas para una población de carácter precaria.

El reciente fenómeno de El Niño, calificado como Niño Costero, ocurrido después de 19 años del último evento y cuyo lapso recurrente aparentemente se ha acortado

y cuya explicación ha sido considerado que ello esté asociado al calentamiento global, de nuestro planeta.

Debido al fenómeno ocurrido, la ciudad de Trujillo se ha visto afectada tremendamente, ante precipitaciones cada vez más frecuentes y a su vez de mayor intensidad lo que ha generado aniegos, atoros de red de desagüe, interrupción de del tránsito, caída de casas de adobe, hundimiento de edificaciones pesadas, llegando en su mayoría al colapso, así como destrucciones de pavimentos de una gran parte de las vías urbanas.

El principal y de mayor efecto destructivo, se ha producido en el espacio perteneciente al cauce de las aguas que discurrieron por la quebrada San Ildefonso, que tiene una longitud del orden de 13.5 kilómetros y se encuentra a 2 kilómetros de la zona urbana, este lugar se ha convertido en una zona de riesgo para las familias que viven cerca, de donde se ha construido viviendas, edificios comerciales, colegios, redes de agua, desagüe y pavimentos, discurriendo el voluminoso caudal de lodo desde la parte alta del distrito El Porvenir cruzando el cementerio de Mampuesto, en el distrito de Florencia de Mora, luego por la avenida Miraflores, llegando hasta el centro histórico, para continuar por la las avenidas España, Juan Pablo II, Víctor Larco, continuando hasta la desembocadura en las playas de Buenos Aires, Distrito de Víctor Larco Herrera .

## **1.1 EL PROBLEMA**

### **1.1.1 Planteamiento del problema.**

En la ciudad de Trujillo en los últimos 100 años según registros del SENAMI la intensidad del fenómeno del niño se viene dando cada vez más intensa y con mayor tiempo de estadía lo cual genera mayor infiltración en el suelo debido a la falta de un sistema de drenaje que evacue estas aguas de manera eficiente.

### **1.1.2 Formulación del problema**

¿Cómo beneficiara el de Diseño del Canal-Vía como estructura de evacuación de las aguas pluviales de la ciudad de Trujillo previa desviación del escurrimiento de la quebrada san Idelfonso hacia el rio moche?

### **1.1.3 Alcance**

El alcance de este proyecto es a nivel de estudio de la cuenca aportante de caudal, cálculo de caudal máximo, cálculo de tiempo de concentración a lo largo del cauce, estudio de ruta de evacuación y diseño de la sección del canal de evacuación con base para vía de transporte.

### **1.1.4 Justificación De La Investigación**

#### **1.1.4.1 Justificación académica.**

Es importante esta investigación ya que, a través de ella, se posibilita resolver el grave problema que amenaza a la ciudad de Trujillo, como son las descargas pluviales y huaicos de la quebrada San Ildefonso y a su vez proporcionar una solución a la problemática del transporte urbano, que actualmente se está tornando caótico.

Todos estos análisis se harán aplicando métodos y revisión de registros hidrológicos.

#### **1.1.4.2 Justificación técnica**

Indudablemente los beneficios de la investigación que nos proponemos desarrollar, contribuirá en mitigar la amenaza señalada a la ciudad, así como mejorará la transitabilidad vial de la ciudad y por ende las condiciones de seguridad y de vida de sus habitantes.

#### **1.1.4.3 Justificación social.**

Es imprescindible de una estructura de evacuación de estas aguas pluviales para evitar inundaciones e infiltraciones las cuales provocan debilitamiento en el suelo portante. Existiendo un buen sistema de drenaje y una correcta concientización social a cerca del fenómeno y sus efectos, tendremos a una ciudad menos vulnerable y una mejor convivencia con la ocurrencia de estos fenómenos.

#### **1.1.4.4 Importancia de la investigación**

La investigación de este tema resulta ser de suma importancia ya que temas como este se hacen cada vez más prioritarios en nuestra ciudad y que las precipitaciones son cada vez más intensas y el número de afectados va en aumento ya que la población urbana de nuestra ciudad ha crecido en los últimos años según el INEI. De 5% A 9% por año.

#### **1.1.4.5 Viabilidad de la investigación.**

Nuestra investigación será viable ya que se cuenta con la información necesaria y las herramientas de ingeniería respectivas.

Se cuenta con los recursos financieros y el tiempo, contamos con los conocimientos adquiridos durante nuestra carrera universitaria, así como también el asesoramiento adecuado para desarrollar la investigación de nuestro proyecto de la manera más óptima.

#### **1.1.4.6 Limitaciones del estudio.**

Las limitaciones con las que nos encontramos durante el estudio e investigación de este proyecto son principalmente.

- Bibliográficamente carece de estudios anteriores hechos de manera definitiva y con cálculos reales e integrales de la cuenca como la del valle de esta, ya que debería tratarse de manera global por su implicancia geográfica y social de todo este ámbito.
- Debido a tamaño del área en estudio y la falta de entidades que colaboren logística y económicamente resulta un costo muy elevado como para hacer un levantamiento topográfico y un estudio de suelos que determine con mayor precisión en los cálculos.
- La limitación más significativa vendría a ser la determinación definitiva de los volúmenes de cada precipitación, ya que las intensidades son cada vez mayores y de periodos de retorno variable y los instrumentos y métodos de medición son ineficientes.

Nuestra investigación, se limita únicamente a proponer una solución técnico estructural para mitigar y/o eliminar la amenaza que significa las descargas pluviales que se pudieran generar en la quebrada San Ildefonso en el evento del fenómeno de El Niño.

#### **1.1.5. Aportes**

Finalmente buscamos proponer un trabajo de investigación para el beneficio en general de la población, como también para el mayor ciclo de vida de los pavimentos y estructuras urbanas.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 General.

El objetivo general es dar una solución técnica- ingenieril para el mejor manejo y evacuación de las aguas pluviales que se pudieran producir en la quebrada San Ildefonso y la concientización de la población en la prevención y respeto a los cauces naturales de esta quebrada.

### 1.2.2 Específicos.

- Diseñar la estructura de doble propósito denominado canal - vía la misma que sirva para la evacuación de los huaicos y aguas pluviales en la época de ocurrencia de dicho fenómeno y que en las épocas de estiaje, sirva como una Vía Expresa vehicular, que permita vincular la zona Este de la ciudad con la parte Oeste, logrando con ello mejorar la transitabilidad vial de nuestra ciudad.
- Delimitación del área de estudio
- Calculo del área y pendientes del terreno
- Identificar el periodo de retorno
- Calculo de la intensidad de la precipitación
- Calculo de caudal máximo
- Diseño de la estructura de evacuación y conducción del caudal

## 1.3 ANTECEDENTES

Como antecedentes de un canal-vía tenemos el ejecutado en Sullana y elaborado por el arquitecto **Cesar Lama More** y el ingeniero **Julio Kuroiwa** que realizaron este proyecto, posteriores a los eventos de este fenómeno ocurrido en los años 1982 y 1983 el cual se realizaron el diseño con caudales registrados a los años referidos.

El diseño de un canal – vía, implicará un REAJUSTE DEL PLANO DE ZONIFICACION GENERAL DE USOS DEL SUELO Y PLANO DEL

ESQUEMA VIAL DEL ESQUEMA DIRECTOR DE TRUJILLO, corrección necesaria en la perspectiva de mejorar la funcionalidad vial de nuestra ciudad, así como asegura que los escurrimientos pluviales y huaycos que se pudieran genera en la quebrada San Francisco, sean adecuadamente evacuados, mitigando con ello la amenaza que represente dicha ruta o cauce de descarga natural de las aguas de la referida quebrada en eventos futuros de producción del fenómeno de El Niño.

## **1.4 HIPOTESIS**

### **1.4.1 General**

Con la aplicación de nuestro proyecto se tendrá la siguiente hipótesis dividida en cuatro aspectos:

#### **Transitabilidad.**

El diseño de estas estructuras permite que en épocas del fenómeno y al momento de la avenida pluvial el tránsito no se vea perjudicada gran escala como ha sucedido en los últimos fenómenos, que alcanzo una paralización del 60%, lo que con nuestro proyecto se pronostica una paralización debido a un re direccionamiento de las vías como plan de contingencia de un 5%.

#### **Salud**

Con la debida evacuación de este caudal se estará evitando el almacenamiento de agua en lugares habitados y transitados.

#### **Seguridad estructural**

Con la debida evacuación de este caudal se estará evitando el almacenamiento de agua en lugares habitados y transitados.

## **Mejor manejo y convivencia con los fenómenos pluviales.**

Nuestra Hipótesis en relación a la problemática que representa la amenaza de la quebrada de San Ildefonso, consiste básicamente en Diseñar la estructura de un Canal – Vía, que parta desde las estribaciones de dicha quebrada ubicada en la parte alta del distrito El Porvenir, desarrollándose a la largo de su cauce natural, hasta su desembocadura en el mar en la zona de Buenos Aires, obviamente ello implicará reacondicionara la actual infraestructura existente, así como proyectarle a dicho canal, las condiciones necesaria para que en la época de estiaje o no presencia del fenómeno, pueda servir como una Vía Expresa que sirva de vinculación rápida del flujo vehicular de la parte Este de la ciudad con la parte Oeste del mismo, con lo cual se logrará el doble propósito de la inversión que pudiera demandar la construcción de dicha estructura.

## **1.5 MARCO TEORICO**

### **1.5.1 Definición de Cuenca hidrográfica**

El estado peruano a través del ministerio de agricultura y riego, Define la cuenca hidrográfica así: "Entiéndase por cuenca u hoya hidrográfica el área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor, que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de agua, en un pantano o directamente en el mar" Como se puede apreciar, este es un concepto desde un punto de vista puramente hidrográfico.

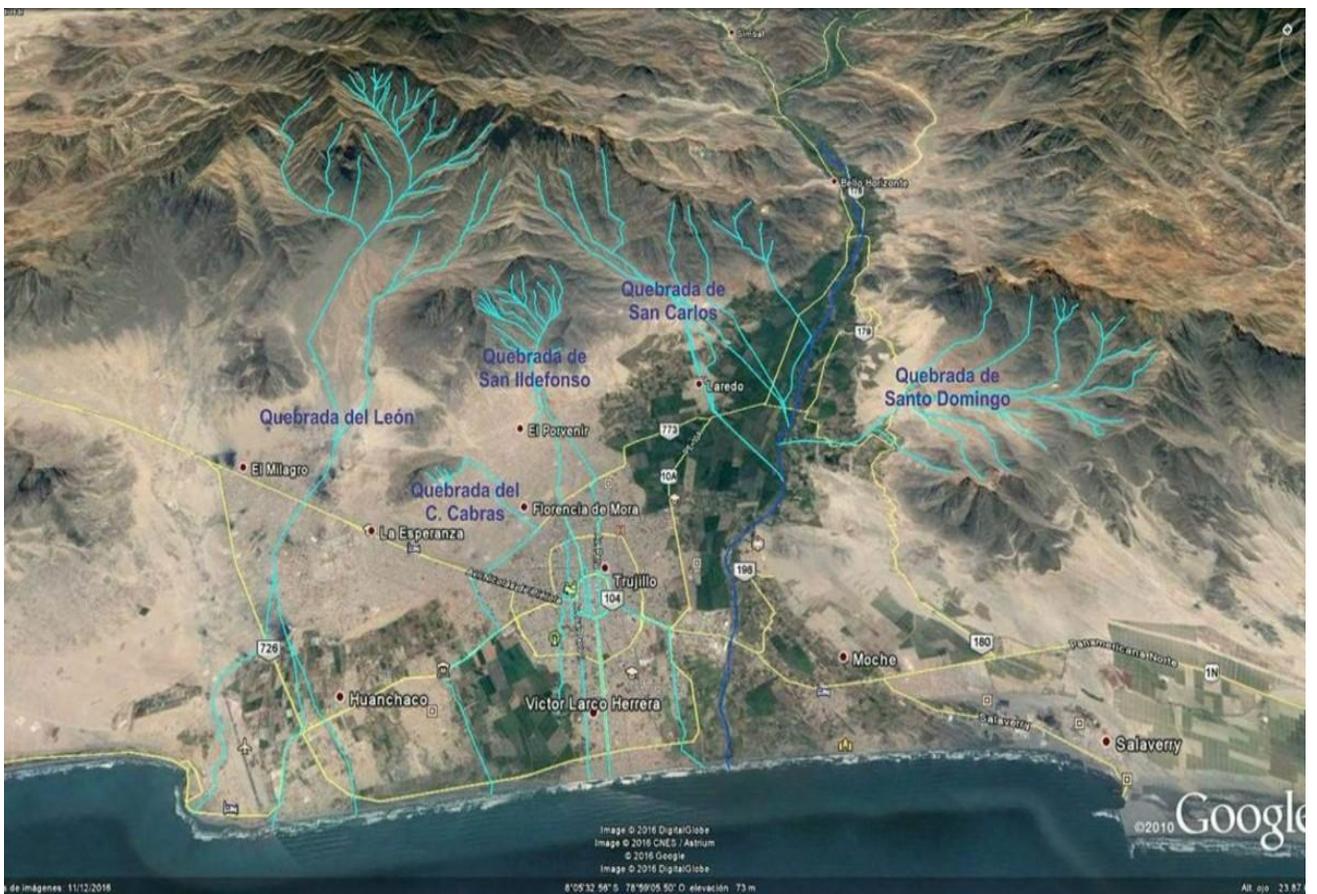
### **1.5.2 Delimitación de la cuenca hidrográfica.**

Los caudales efluentes de las cuencas hidrográficas están delimitados por líneas divisorias las cuales son las encargadas de separar las precipitaciones

que caen en hoyas inmediatamente vecinas. La divisoria une los puntos de máxima cota entre hoyas.

Generalmente, la delimitación de la cuenca como área de estudio, en mapas o fotografías aéreas, se hace siguiendo la línea de mayor altura o divisoria de aguas, hasta encerrar toda el área cuyas aguas drenan a través de un colector común, en una sección o punto considerado, que bien puede ser la desembocadura o cualquier sección dentro del cauce principal. En los mapas, la línea de mayor altura está representada por la forma cóncava que presentan las curvas de nivel, en tanto que los drenajes o partes más bajas están determinados por la forma convexa de las curvas de nivel.

**Figura N°01: Panorama de escurrimiento**



**Figura N° 02: Delimitación del Área de proyecto.**



### **1.5.3 Clasificación de las cuencas hidrográficas**

La subdivisión o clasificación de las cuencas hidrográficas se realiza con el fin de hacer manejable el estudio de sus datos hidrométricos, además de caracterizar el área de influencia del cauce.

A continuación, la clasificación de las cuencas por categorías de tamaño.

#### **Micro cuenca.**

Área determinada por divorcios de agua, con una superficie menor o igual a 10.000 Ha (100 km<sup>2</sup>)

#### **Cuenca pequeña.**

Área con una superficie mayor a 10.000 Ha, pero menor o igual a 100.000 Ha (1000 km<sup>2</sup>).

#### **Cuenca mediana.**

Le corresponde una superficie mayor a 100.000 Ha., pero menor o igual a 500.000 Ha (5000 km<sup>2</sup>).

#### **Cuenca grande.**

Es aquella que tiene una superficie mayor de 500.000 Ha, pero menor o igual a 1.000.000 Ha (100.000 km<sup>2</sup>).

### **Cuenca muy grande.**

Es la que tiene una superficie mayor a 1.000.000 de Ha.

#### **1.5.4 Patrón de drenaje.**

El patrón de drenaje de una cuenca puede definirse como el arreglo que presentan las vías de drenaje, permanentes y transitorias, que contribuyen a evacuar las aguas superficiales de la cuenca. El patrón de drenaje es un elemento compuesto, para cuyo análisis es fundamental tener en cuenta el relieve, la distribución de vegetación, y las condiciones estructurales de la zona.

#### **1.5.5 Características físicas de la cuenca.**

Estas características sirven de apoyo para conocer la variación que se va presentar en el régimen hidrológico de la cuenca, una vez que el agua proveniente de la lluvia presentará pérdidas y desviaciones causadas por la morfología de la cuenca, el tipo de suelo, la geología, las prácticas agrícolas, entre otras.

#### **1.5.6 Área.**

Es la proyección horizontal de la superficie de la cuenca, se puede medir directamente sobre el plano topográfico; se considera la característica geomorfológica más importante, por su gran influencia sobre el caudal: este normalmente aumenta a medida que aumenta el área de la cuenca.

**Cuadro N°01: Área de tamaño de cuencas**

<b>TAMAÑO (KM<sup>2</sup>)</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
$A \leq 100$	Microcuenca
$100 < A \leq 1000$	Cuenca pequeña
$1000 < A \leq 5000$	Cuenca mediana
$5000 < A \leq 100000$	Cuenca grande
$100000 < A$	Cuenca muy grande

### 1.5.7 Perímetro.

Longitud del límite exterior de la cuenca; el perímetro representa uno de los parámetros más importantes teniendo en cuenta que junto con el área de la cuenca, permite especular acerca de la forma de la cuenca.

### 1.5.8 Uso y tipo de suelo.

El tipo de suelo y su uso afectan la escorrentía: hace que se vea desviada de su curso ocasionando que sea infiltrada a través del suelo. La cobertura vegetal, según la cual las plantas también ejercen una fuerte influencia en la escorrentía directa, no solo en su interpretación hipotética de un coeficiente de escorrentía, sino también en la capacidad de la planta para absorber agua en los periodos húmedos.

La presencia de vegetación, su densidad, estructura, altura, tiempo de instalación y permanencia, son determinantes en el proceso de infiltración. Y en este caso de nuestro estudio tiene mucha mayor influencia el caso de infiltración ya que el suelo es suelto y arenoso. Escasa mente impermeable.

### 1.5.9 Longitud del cauce principal.

Es la longitud del río principal a donde van a drenar todos los afluentes, va desde la parte más alta de la cuenca hasta la parte más baja. Este parámetro influye en el tiempo de concentración.

**Cuadro N°02: Clases de valores de longitud cauce principal**

<b>RANGOS DE LONGITUD (KM)</b>	<b>CLASES DE LONGITUD DEL CAUCE</b>
6,9 - 10,9	Corto
11 - 15	Mediano
15,1 - 19,1	Largo

### 1.5.10 Forma de cuenca.

Esta característica es importante porque se relaciona con el tiempo que toma el agua desde los límites más extremos de la hoya hasta llegar a la salida de la misma, ya que su aforo e intensidad de drenaje depende directamente de la forma que tenga esta forma, ya que cuanto más redonda o achatada sea la cuenca, más violenta será su concentración, mientras que si al cuenca es más alargada su aforo será menos violento y más sostenible en el tiempo y de esto dependerá el grado de daño que pueda causar una precipitación tan intensa.

### 1.5.11 Factor de forma.

Representando la relación entre el ancho medio y la longitud axial de la cuenca, este parámetro mide la tendencia de la cuenca hacia las crecidas, desde rápidas y muy intensas a lentas y sostenidas.

Es un parámetro adimensional que denota la forma redondeada o alargada de la cuenca. El factor de forma se define como

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

Dónde:

*A = Área de drenaje en km<sup>2</sup>.*  
*L: Longitud axial de la cuenca en km.*

**Cuadro N°03: Clases de valores de forma**

RANGOS DE $K_f$	CLASES DE FORMA
0.01-0.18	Muy poco achatada
0.18-0.36	Ligeramente achatada
0.36-0.54	Moderadamente achatada

Una cuenca con factor de forma bajo está menos sujeta a crecientes que otra del mismo tamaño.

$K_f > 1$ : Cuenca achatada, tendencia a ocurrencia de avenidas.

$K_f < 1$ : Cuenca alargada, baja susceptibilidad a las avenidas

### 1.5.12 Índice de Gravelius o de compacidad ( $K_c$ ).

Se trata de un indicador adimensional de la forma de la cuenca, obtenida relacionando el perímetro de la cuenca con el área de un círculo igual al de la cuenca (círculo equivalente). Teniendo en cuenta la relación anterior, el índice de compacidad se define como:

**Dónde:** 
$$K_c = 0.282x (P / \sqrt{A})$$

$$P = \text{Perímetro de la hoya, en km}$$
$$A = \text{Área de drenaje de la hoya, en km}^2$$

Cuanto más irregular sea la cuenca mayor será su coeficiente de compacidad; a partir de éste se define la forma de la cuenca tomando como criterio los rangos que se muestran a continuación.

**$K_c$  1.00 – 1.25:** Cuenca redonda a oval redonda.

**$K_c$  1.25 – 1.50:** Cuenca de oval redonda a oval oblonga.

**$K_c$  1.50 – 1.75:** Cuenca de oval oblonga a rectangular oblonga

### 1.5.13 Índice de alargamiento.

Muestra el comportamiento de la forma de la cuenca, esta vez no respecto a su redondez sino a su tendencia a ser de forma alargada; este parámetro relaciona la longitud axial con el ancho máximo de la cuenca. Se define como:

Donde.

$$I_a = \frac{Lm}{l}$$

$$\begin{aligned} Lm &= \text{Longitud maxima, km.} \\ l &= \text{Ancho maximo, km.} \end{aligned}$$

Éste índice permite predecir el movimiento del agua en los drenajes y potencia erosiva o de arrastre; se rige a partir de los siguientes parámetros:

$I_{as} > 1$ : Cuenca alargada.

$I_{as} = 1$ : Cuenca achatada y por lo tanto el cauce principal es corto.

### 1.5.14 Índice asimétrico.

Evalúa la homogeneidad en la distribución de la red de drenaje, relacionando las áreas de las vertientes, mayor ( $A_{ma}$ ) y menor ( $A_{me}$ ). La siguiente ecuación define el índice asimétrico:

$$I_{as} = A_{mayor} / A_{menor}$$

Dónde:

$I_{as}$ : Índice Asimétrico (adimensional)

$A_{may}$  = Area vertiente mayor

$A_{men}$  = Area vertiente menor

*Ias*: > 1: Cauce principal bastante recargado a una de las vertientes.

*Ias*: ~ 1: Distribución uniforme del Cauce principal

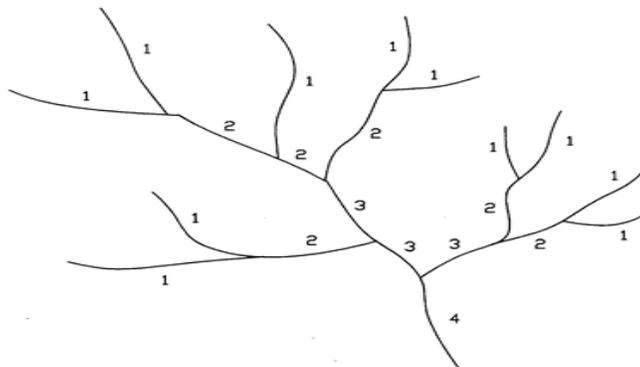
### 1.5.15 Orden de cuenca.

Refleja el grado de ramificación o bifurcación dentro de una cuenca.

- Corrientes de primer orden: pequeños canales que no tiene tributarios.
- Corrientes de segundo orden: cuando dos corrientes de primer orden se unen.
- Corrientes de tercer orden: cuando dos corrientes de segundo orden se unen.
- Corrientes de orden  $n+1$ : Cuando dos corrientes de orden “ $n$ ” se unen.

La siguiente ilustración ejemplifica el orden de la cuenca

**Figura N°03: Orden de la cuenca**



### 1.5.16 Densidad de drenaje.

Es la relación entre la longitud total de los cursos de agua de la hoya y su área total.

$$D_d = \frac{L}{A}. \text{ en km/km}^2$$

Dónde:

*L: Longitud total de las corrientes de agua, en km.*

*A = Área total de la cuenca en km<sup>2</sup>*

Usualmente toma valores entre 0.5 Km/Km<sup>2</sup> para hoya con drenaje pobre, hasta 3.5 Km/Km<sup>2</sup> para hoya excepcionalmente bien drenada

### 1.5.17 Sinuosidad de las corrientes de agua.

Es la relación entre la longitud del río principal medida a lo largo de su cauce (L) y la longitud del valle del río principal medida en línea curva o recta (Lt).

**Grafica N° 04: Coeficiente de sinuosidad**

$$S_i = \frac{L}{L_t}$$



Este parámetro da una idea de la forma del río, los rangos de sinuosidad se pueden observar en la siguiente tabla

**Cuadro N°04: Clasificación morfológica según el índice de sinuosidad**

ÍNDICE DE SINUOSIDAD	CLASIFICACIÓN MORFOLÓGICA
$Si < 1,3$	Baja sinuosidad
$1,3 < si < 2$	Sinuosidad Moderada
$Si > 2$	Alta sinuosidad

#### **1.5.18 Pendiente de la cuenca.**

Es la variación de la inclinación de una cuenca. Su determinación es muy importante pues define el comportamiento de la cuenca respecto al desplazamiento de las capas de suelo:

En zonas de alta pendiente son más ocurrentes los problemas de erosión, mientras que en regiones planas aparecen principalmente problemas de drenaje y sedimentación.

Esta característica afecta directamente la velocidad con la que se da la escorrentía superficial; es decir el tiempo de formación que lleva el agua de lluvias para concentrarse en el cauce principal.

El método a utilizar para la obtención de la pendiente del terreno de la cuenca será el de las cuadrículas asociadas a un vector; Este método consiste en determinar la distribución porcentual de las pendientes de los terrenos por medio de una muestra estadística de las pendientes normales a las curvas de nivel de un número grande de puntos dentro de la hoya.

Los pasos de este método son los siguientes:

- Según el número de puntos a definir (por lo menos 50 puntos), trazar cuadrículas sobre el área de drenaje con espaciamiento adecuado. Cada uno de los puntos de intersección de las cuadrículas, define una pendiente del terreno determinada.

- Trazar la línea de nivel correspondiente a cada punto, por medio de las líneas de nivel inmediatamente inferior o superior. Este paso se ejecuta por interpolación
- Trazar una tangente a la línea de nivel por ese punto sobre la proyección horizontal o área plana de la cuenca.
- Trazar una perpendicular a la tangente trazada anteriormente, también sobre la proyección horizontal o área plana de la cuenca.
- Sobre la perpendicular trazada en el punto anterior trazar un perfil del terreno. Este perfil define la pendiente correspondiente al punto en consideración.
- Teniendo la pendiente de todos los puntos definidos por las cuadrículas, se clasifican los valores por intervalos de clase.

El número de tales intervalos está en relación con el número  $n$  de puntos obtenidos, pero en general no debe ser menor de un valor comprendido entre 5 y 10. Según la ley de Sturges en número de intervalos  $k$  de una muestra de tamaño  $n$  es:

$$k = 1 + 3.3 \log n$$

- Con un tamaño de intervalo de clase  $C = R/K$ , en donde  $R$  es el rango de la muestra, igual al valor máximo menos el valor mínimo y  $K$  es el número de intervalos de clase de la pendiente.
- Para hallar los valores respectivos que den como resultado la pendiente media; se aplican métodos estadísticos que se relacionan en una tabla de ocurrencias y frecuencias acumuladas, presentando finalmente la curva de

distribución de pendientes, donde se acostumbra dejar como ordenadas las pendientes y como abscisas las frecuencias acumuladas

$$Pendiente\ Media = \frac{\sum_{i=1}^k (\# \text{ de ocurrencias}_i * pendiente\ media_i)}{\sum_{i=1}^k \# \text{ de ocurrencias}_i}$$

En la siguiente tabla se aprecia la clasificación de las cuencas hidrográficas según su pendiente media

**Cuadro N°05: Relieve según pendiente**

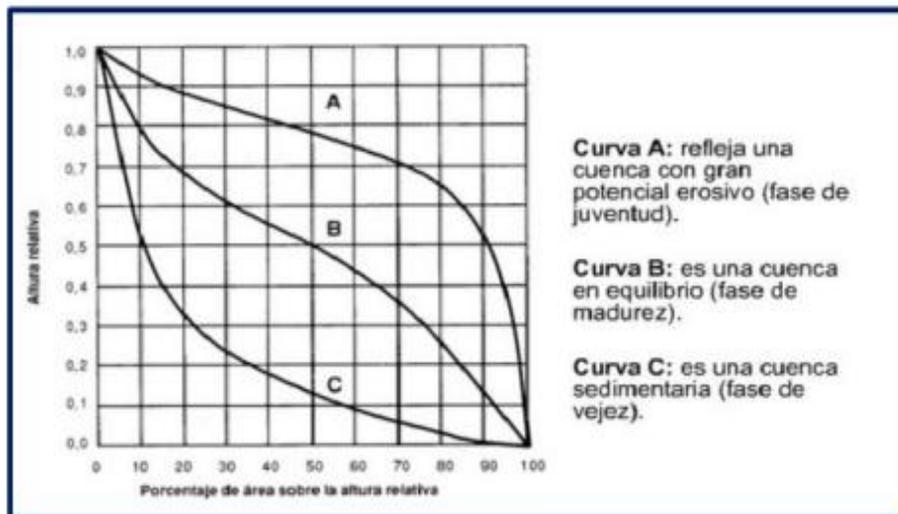
PENDIENTE MEDIA (%)	TIPO DE RELIEVE	SÍMBOLO
0-3	Plano	$P_1$
3-7	Suave	$P_2$
7-12	Medianamente accidentado	$P_3$
12-20	Accidentado	$P_4$
20-35	Fuertemente accidentado	$P_5$
35-50	Muy fuertemente accidentado	$P_6$
50-75	Escarpado	$P_7$
>75	Muy escarpado	$P_8$

### 1.5.19 Curva hipsométrica.

Es la representación gráfica de relieve de una hoya. Representa el estudio de la variación de la elevación de los varios terrenos de la hoya con referencia al nivel medio del mar. Esta variación puede ser indicada por medio de un gráfico que muestre el porcentaje de área de drenaje que existe por encima o por debajo de varias elevaciones. El gráfico se determina planimetrando las áreas entre curvas de nivel.

La curva hipsométrica relaciona el valor de la cota, en las ordenadas, con el porcentaje de área acumulada en las abscisas. Para su elaboración, se grafican con excepción de los valores máximos y mínimos de cota hallados, los valores menores de cota de cada intervalo de clase contra su correspondiente área acumulada. Al valor de la cota mayor encontrada corresponde el cero por ciento del porcentaje de área acumulada. Al valor de la cota mínima encontrada corresponde al ciento por ciento del porcentaje del área acumulada.

**Gráfico N° 05: Curva Hipsométrica**



La siguiente figura muestra un ejemplo general de curva hipsométrica

### 1.5.20 Elevación media de una cuenca.

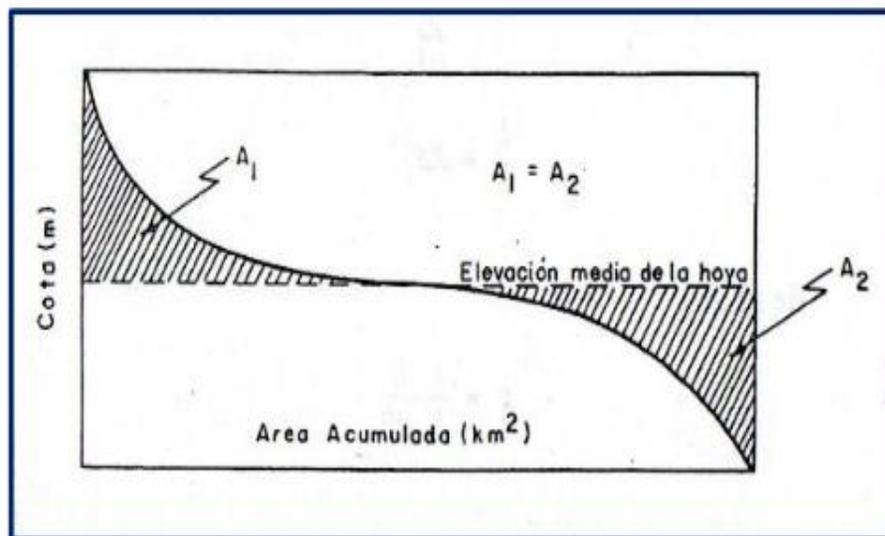
La elevación media de una cuenca es aquella que determina la cota de curva de nivel que divide la cuenca en dos zonas de igual área; es decir, es la elevación correspondiente al 50 % del área total

Para estimar la elevación media se utiliza el método de Área – Elevación, método que inicia con la medición del área de las diferentes franjas del terreno, delimitadas por curvas de nivel consecutivas, y la delimitación de la cuenca (divisoria). Se calcula mediante la ecuación.

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Cota Media de Intervalo}_i) (\text{Área})}{\sum_{i=1}^n \text{Área}_i}$$

En donde el valor “n” corresponde al número de intervalos de clase. Se debe tener en cuenta que la altitud y la elevación media de una hoya son también importantes por la influencia que ejercen sobre la precipitación, sobre las pérdidas de agua por evaporación y transpiración.

**Gráfico N° 06: Representación de la elevación media de una hoya**



### 1.5.21 Pendiente de la corriente principal.

La velocidad de escurrimiento de las corrientes de agua depende de la pendiente de sus canales fluviales. En medida que este valor aumente, mayor será la posibilidad de generar crecidas, dado que la capacidad de arrastre de sedimentos y la velocidad del caudal en caso de tormentas, se incrementa en aquellas cuencas que presenten valores altos de pendientes.

A mayor pendiente, mayor velocidad. Según SÁENZ, la pendiente de la corriente principal se determina según los siguientes parámetros:

- **Pendiente Media:** Es la diferencia total de elevación del lecho del río dividido por su longitud entre esos puntos.

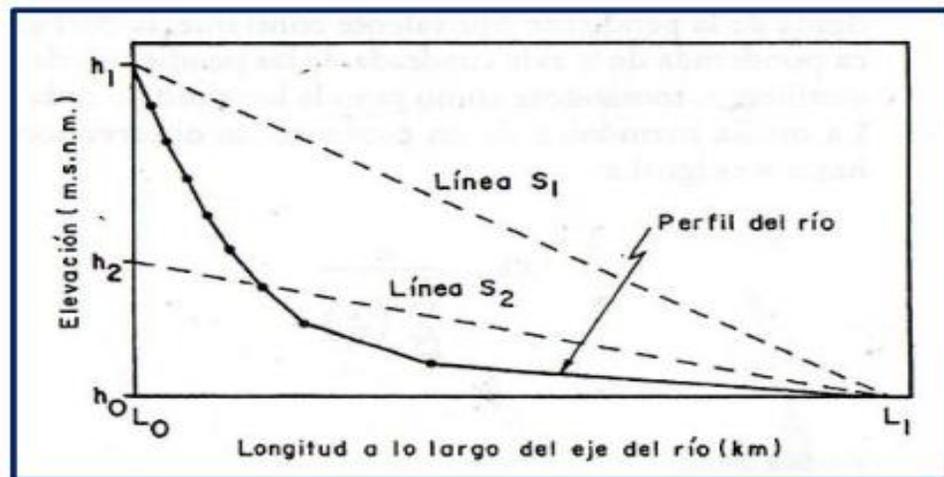
$$S_1 = (h_1 - h_0) / (L_1 - L_0)$$

- **Pendiente media ponderada:** Para calcularlo se traza una línea, tal que el área comprendida entre esa línea y los ejes coordenados sea igual a la comprendida entre el área bajo la curva del perfil del río y dichos ejes.

$$S_2 = (h_2 - h_0) / (L_1 - L_0)$$

El siguiente gráfico representa la pendiente de la corriente principal, teniendo en cuenta los parámetros  $S_1$  y  $S_2$ .

Gráfico N° 07: Longitud del eje del río



- **Pendiente Equivalente constante:** Este índice viene a dar una idea sobre el tiempo de recorrido del agua a lo largo de la extensión del perfil longitudinal del Río.

El tiempo de recorrido varía en toda la extensión del curso del agua como el recíproco de la raíz cuadrada de las pendientes. Dividiendo el perfil de la

corriente en un gran número de trechos rectilíneos, se tiene la raíz cuadrada de la pendiente equivalente constante, la cual es la media armónica ponderada de la raíz cuadrada de las pendientes de los diversos trechos rectilíneos, tomándose como peso la longitud de cada trecho.

El valor de la pendiente equivalente se determina mediante la siguiente ecuación:

$$S_3 = \left( \sum l_i / \sum (l_i / (S_i^{1/2})) \right)^2$$

### 1.5.22 Rectángulo equivalente.

Este índice compara la influencia de las características de la hoya sobre la escorrentía, asimilando la cuenca a un rectángulo que tenga el mismo perímetro y superficie y, por tanto, igual coeficiente de Gravelius ( $K_c$ ). Así, las curvas de nivel se transforman en rectas paralelas al lado menor del rectángulo ( $l$ ), y el drenaje de la cuenca queda convertido en el lado menor del rectángulo.

Para su construcción se toma un rectángulo con área igual a la cuenca, tal que el lado menor sea ( $l$ ) y el mayor sea ( $L$ ); los valores se determinan mediante las siguientes ecuaciones:

$$l = K_c \sqrt{A} / 1.12 \left[ 1 - \sqrt{1 - ((1.12)^2) / (K_c)^2} \right]$$

$$L = K_c \sqrt{A} / 1.12 \left[ 1 + \sqrt{1 - ((1.12)^2) / (K_c)^2} \right]$$

**Donde:**

*A: área de la hoya (km<sup>2</sup>)*

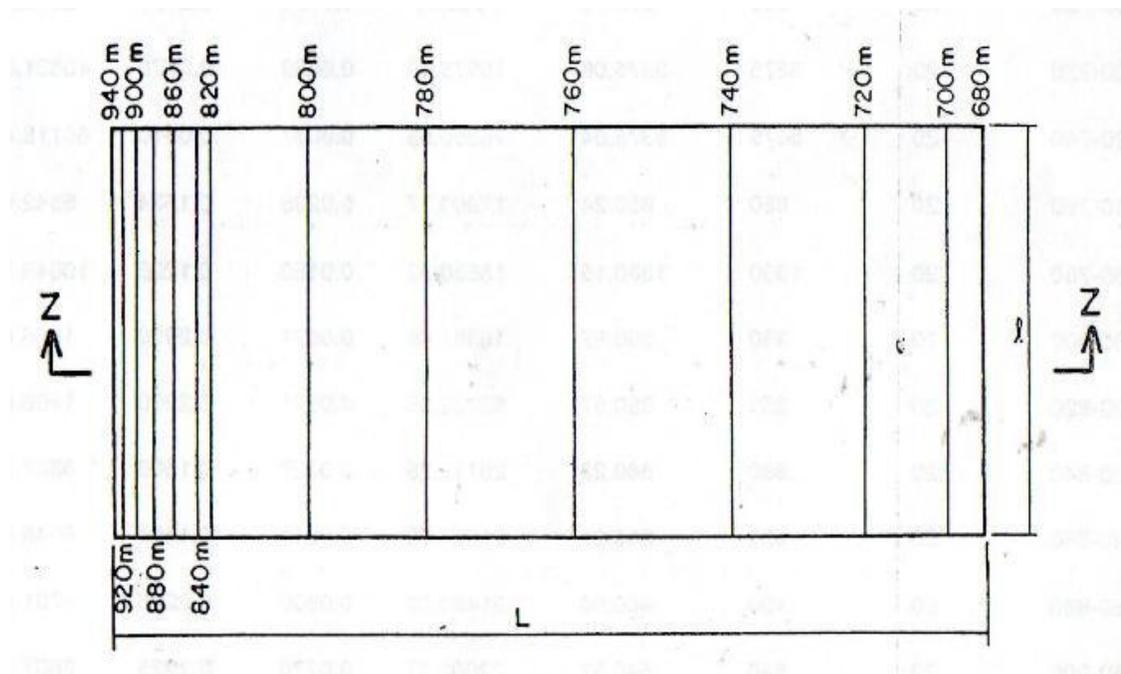
*K<sub>c</sub>: Coeficiente de Compacidad*

*L: Mayor longitud acumulada del rectángulo (km)*

*l: Menor longitud del rectángulo (km)*

Se toma como base los datos presentados en la curva hipsométrica sobre los datos de cotas y área acumulada de la hoya hidrográfica, Para determinar la distancia entre curvas de nivel se utiliza la regla de tres, asignando a la mayor área acumulada el valor de L encontrado anteriormente y con base a esto se calculan las siguientes longitudes de acuerdo a su correspondiente área.

En la siguiente imagen se presenta un ejemplo del rectángulo equivalente:



### 1.5.23 Determinación de caudal.

Para el cálculo del caudal de creciente se dispone de diversos métodos, en el presente.

Trabajo se utiliza el método racional modificado según el método unitario triangular SCS.

### 1.5.24 Método racional.

Este método, que la literatura inglesa atribuye a Lloyd-George en 1906, si bien los principios del mismo fueron establecidos por Mulvaney en 1850, permite determinar el caudal máximo que escurrirá por una determinada sección, bajo el supuesto que éste acontecerá para una lluvia de intensidad máxima constante y uniforme en la cuenca correspondiente a una duración  $D$  igual al tiempo de concentración de la sección. Para estimar el caudal de creciente de la cuenca de estudio, no se implementará el método racional debido a que el método aplica para cuencas hidrográficas con un área máxima de 1 km. y la cuenca es de mayor magnitud.

El método racional tiene como variables el coeficiente de escorrentía superficial, la intensidad de precipitación y el área de influencia de la cuenca.

**Donde:**

$$Q = 0.278 CIA$$

*Q: Descarga máxima de diseño (m<sup>3</sup> /s)*

*C: Coeficiente de escorrentía*

*I: Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)*

*A: Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>).*

### 1.5.25 Coeficiente de escorrentía.

El coeficiente de escorrentía, es la fracción de la precipitación que se transforma en caudal, es decir, la relación que existe entre el volumen de escorrentía superficial y la precipitación total.

El Coeficiente de escorrentía no es un factor constante, sino que varía de acuerdo a la magnitud de la lluvia y particularmente con las condiciones fisiográficas de la cuenca hidrográfica (cobertura vegetal, pendientes, tipo de suelo), por esta razón su determinación es un valor aproximado.

Teniendo en cuenta que el coeficiente de escorrentía es el principal parámetro para la determinación del caudal, se hace necesario saber el uso de suelo del área de la cuenca hidrográfica. La implementación del coeficiente de escorrentías dependerá de la siguiente tabla (Tabla 5) en la cual se relaciona la cobertura vegetal y el tipo de suelo con la pendiente del terreno.

Tabla N°1: Coeficientes de escorrentía método racional

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

El valor del coeficiente de escorrentía se establecerá de acuerdo a las características hidrológicas y geomorfológicas de las quebradas, por tanto, los coeficientes de escorrentía variarán según estas características

#### **1.5.26 Coeficiente de escorrentía superficial:**

Del agua que cae sobre la cuenca, una parte se evapora, otra parte escurre superficialmente y una tercera se infiltra a estratos subterráneos. La escorrentía superficial describe el flujo del agua por la cuenca hidrográfica, siendo uno de los parámetros fundamentales de la hidrología pues representa la porción de la precipitación que se convierte en caudal.

El coeficiente de escorrentía superficial depende de varios valores como el tipo de suelo, la cobertura vegetal, inclinación, factores granulométricos, litológicos entre otros; como se puede observar en la siguiente tabla:

**Tabla N° 02: Coeficiente de escorrentía**

Tipo de superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Zonas urbanas</b>							
Asfalto	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Cemento, tejados	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
<b>Zonas verdes (céspedes, parques, etc.)</b>							
<i>Condición pobre (cobertura vegetal inferior al 50% de la superficie)</i>							
Pendiente baja (0-2%)	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
Pendiente media (2-7%)	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
Pendiente alta (> 7%)	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
<i>Condición media (cobertura vegetal entre el 50% y el 75% del área)</i>							
Pendiente baja (0-2%)	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Pendiente media (2-7%)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente alta (> 7%)	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
<i>Condición buena (cobertura vegetal superior al 75%)</i>							
Pendiente baja (0-2%)	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
Pendiente media (2-7%)	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
Pendiente alta (> 7%)	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58
<b>Zonas rurales</b>							
<b>Campos de cultivo</b>							
Pendiente baja (0-2%)	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
Pendiente media (2-7%)	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
Pendiente alta (> 7%)	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
<b>Pastizales, prados, dehesas</b>							
Pendiente baja (0-2%)	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Pendiente media (2-7%)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente alta (> 7%)	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
<b>Bosques, montes arbolados</b>							
Pendiente baja (0-2%)	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
Pendiente media (2-7%)	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
Pendiente alta (> 7%)	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58
Nota: Los valores de esta tabla son los utilizados en la ciudad de Austin (Texas, USA) para determinar caudales punta por el método racional en su término municipal.							

### **1.5.27 Periodo de retorno.**

No es posible determinar con precisión el Periodo de retorno del fenómeno de El Niño entre los últimos se tiene: 1930, 1983, 1998 y el reciente 2017 motivo por el cual no es posible construir estructuras exclusivas para encasar las descargas pluviales de dicho evento. Motivo, por el cual es más razonable construir encauces de doble propósito, para la época en que no ocurre el fenómeno, es conveniente que el canal de encausamiento sea una o más vías de dispersión acuosa, toda vez que conducir un volumen significativo de descarga como el registrado de 150 m<sup>3</sup>/seg requiere un acueducto representativo, que demoraría años en su ejecución y desarmar toda una infraestructura subterránea de las redes de agua, desagüe, eléctricas, fibra óptica etc. de la ciudad de Trujillo es contraproducente, pa una eventualidad no definida que podría ser de 20 0 30 años de retorno y con los altos costos que ello representa. Generalmente Expresado en años, es uno de los parámetros más significativos y puede definirse como el número de años en que se espera se repita o se supere un cierto caudal ya conocido.

Esto quiere decir que se presume un tiempo estimado en que el caudal aumente significativamente; pero este vuelve y disminuye hasta normalizarse.

El valor del periodo de retorno se establece según la obra civil que se realice, como esta descrito en la tabla.

**Cuadro N°06: Periodo de retorno**

<b>TIPO DE OBRA</b>	<b>PERIODO DE RETORNO (AÑOS)</b>
Puentes (Luz mayor o igual a 50 m)	100
Disipador	100
Bocatoma	50
Puentes (Luz mayores a 10 m y menores a 50m)	50
Puentes (Luz menores a 10 m)	25
Presas pequeñas	25
Alcantarillas de 90 cm de diámetro	20
Drenaje sub-superficial	20
Cunetas	10
Estructuras de caída	10

- **Uso del suelo del área del proyecto:**

El 75% de toda el área de estudio es de uso exclusivo urbano, desde las playas de buenos Aires Hasta la parte inferior de la quebrada de san Idelfonso y que tiene una longitud de 13.6 Km. Contando con un 25% solamente de terreno escabroso e inhabitable por lo que se considera como terreno rocoso y de alto grado de escorrentía.

En todo lo largo y ancho del área de estudio, está conformado por un suelo grueso, que superan los 2mm. De diámetro y con presencia de un 23% de suelo fino lo cual hace un terreno medianamente cultivable, sin embargo, por su escasez de lluvias durante la mayor parte del año no pueden sobrevivir ninguna planta, por lo que siempre se encuentra en forma desértica.

La pendiente del terreno es casi uniforme con valores no mayores a 3 %, a excepción de la parte superior de la cuenca es decir en su nacimiento de este cause, donde la pendiente alcanza hasta un 25%.

- **Tiempo de concentración.**

El tiempo de concentración se define como el tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca estén aportando agua de escorrentía (agua que cae y se transporta por el lecho del río) de forma simultánea al punto de salida, punto de desagüe o punto de cierre. Está determinado por el tiempo que tarda en llegar el agua que procede del punto hidrológicamente más alejado a la salida de la cuenca, y representa el momento a partir del cual el caudal de escorrentía es constante. Este valor ha sido tocado por varios autores, por lo que su cálculo es alejado dependiendo del autor que sea consultado; por lo tanto, este cálculo es atributo del investigador.

La determinación del tiempo de concentración se realiza con ayuda de tablas o ecuaciones empíricas, destacando las ecuaciones de Bransby-Williams, SCS-Ranser, Kirpich y V.T.Chow.

### **Ecuación de Bransby-Williams:**

$$T = \frac{L}{1.5 * D} \sqrt[5]{\frac{M^2}{F}}$$

Dónde:

*T= tiempo de concentración (horas)*

*L= distancia máxima a la salida (km)*

*D= diámetro del círculo de área equivalente a la superficie de la cuenca (km2)*

*M= área de la cuenca (km2)*

*F= pendiente media del cauce principal (%)*

### **Ecuación de SCS – Ranser:**

$$T = 0.947 * \frac{(L^3)^{0.385}}{H}$$

Dónde:

*Tc= tiempo de concentración (horas)*

*L= longitud del cauce principal (km)*

*H=diferencia de cotas entre los puntos extremos del cauce principal (m)*

### **Ecuación de Kirpich:**

$$T_c = 0.0003455 * \left[ \frac{L}{\sqrt{S_1}} \right]^{0.77}$$

Dónde:

*Tc= Tiempo de concentración sobre la superficie natural (horas)*

*S1 = Pendiente del cauce entre los puntos A y B.*

*L= Longitud horizontal entre los puntos A y B (metros)*

### **Ecuación de Chow:**

$$T_c = 0.01 \left[ \frac{L}{S_1} \right]^{0.64}$$

Dónde:

*T<sub>c</sub>* = Tiempo de concentración sobre la superficie natural (horas)  
*S<sub>1</sub>* = Pendiente del cauce entre los puntos A y B.  
*L* = Longitud horizontal entre los puntos A y B (metros)

### **3.2.6.2 Método Racional modificado según el método unitario triangular SCS:**

En este método, el cálculo del caudal se realiza por medio del hidrograma unitario triangular del Soil Conservation Service (SCS)<sup>40</sup>, el cual aplica para cuencas mayores a 1 km<sup>2</sup> y menores a 100 km<sup>2</sup>.

El caudal pico de creciente resulta de la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{PA}{5.4 T_c}$$

Dónde:

*Q* = Caudal pico de creciente  
*P* = Volumen de lluvia, mm  
*A* = Área de la cuenca, km<sup>2</sup>  
*T<sub>c</sub>* = Tiempo de concentración, horas

*P* se determina mediante la siguiente ecuación:

$$P = i t_c C$$

*i*: intensidad de la lluvia, mm/h  
*t<sub>c</sub>*: tiempo de concentración, horas  
*C*: coeficiente de reducción

El coeficiente de reducción en este caso es igual a 1, debido a que es una cuenca menor de 25km<sup>2</sup> y la pendiente del terreno es muy fuerte.

*t<sub>c</sub>* se determina mediante la fórmula de Kirpich:

$$t_c = (0,000323) \left( \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}} \right)$$
$$S = \frac{\text{cota 2} - \text{cota 1}}{L}$$

*L*: curso de agua más largo, m

## **1.5.28 Fundamentación teórica de la investigación**

### **1.5.28.1 Generalidades**

Actualmente el problema de las inundaciones en la costa de Perú no es algo reciente, esto ya viene de hace muchos años atrás.

Dentro de una organización como la nuestra es necesaria que exista una delimitación tanto cualitativa como cuantitativa de los territorios que, determine las posibles soluciones en trabajos de ingeniería. Esta delimitación se denomina ordenamiento territorial o Zonificación. Cuando se tiene planeado desarrollar una serie de actividades que requieren una investigación en el campo de ordenamiento territorial, es indispensable entonces realizar una Zonificación Geotécnica. La gran mayoría de los principios que definen una tipificación geotécnica no están totalmente cubiertos y aducen algunas falencias que impiden que el suelo para fines de ingeniería este subutilizado de ahí la importancia de esto.

Nuestra investigación se basa en la inexistencia de obras para solucionar el problema de inundaciones y con la recopilación de información de estudios y propuestas para solucionarlo.

### **1.5.28.2 Investigación de campo**

Esta actividad se ha realizado en campo hemos vistado la zona de ocurrencia y efectos del fenómeno, con lo cual hemos podido apreciar la mejor ruta de descarga de las aguas potenciales de descarga y en base a ello, hemos planteado las soluciones y/o alternativas de solución respectiva.

es muy importante porque aquí se realizan algunos de los análisis preliminares sobre los aspectos más notables del estudio, se detectan

algunos detalles que no muy claros al principio y se identifican sitios que en teoría no eran muy representativos pero que ya en campo se ven diferente.

## **2. MATERIAL Y METODOS**

### **2.1 Material**

- Guías de diseño según la norma OS 060

### **2.2 Técnicas de recolección de información**

La técnica empleada ha sido la recolección de datos informativos referente a la quebrada san Idelfonso recurriendo archivos de SENAMI, el ANA, Reportes periodísticos. A los cuales se les ha hecho un análisis básico, para cálculos de caudales precipitaciones entre otros.

Para la determinación de las cuencas, hemos recurrido a datos topográficos del IGN (Instituto Geográfico Nacional) los cuales han sido procesados mediante software, tanto para su geo referenciación como para su determinación de las dimensiones y propiedades de la cuenca.

Para el diseño del reglamento hemos utilizado el reglamento **OS 060**.

### **2.3 Población y Muestra**

#### **2.3.1 Población**

Quebrada san **IDELFONSO** y áreas afluentes a su cauce.

#### **2.3.2 Muestra**

Nuestra muestra es toda el área tributaria del cauce de la quebrada San Idelfonso.

## **2.4 Metodología**

### **Procedimiento:**

- i. Recolección de información bibliográfica e hidrográfica de la cuenca de san Idelfonso y de su cauce en todo su recorrido hasta la desembocadura en las playas de Buenos Aires.
- ii. Demarcación de la cuenca tributaria a este cauce.
- iii. Adquisición de planos y datos en el IGN.
- iv. Digitalización de planos topográficos obtenidos.
- v. Demarcación de cauces tributarios.
- vi. Determinación del área de drenaje, forma y factor de forma de la cuenca.
- vii. Determinación del sistema de drenaje.
- viii. Diseño de la estructura de drenaje.
- ix. Entrega de resultados y formulación de conclusiones.
- x. Sustentación del trabajo

## **2.5 Técnicas de análisis**

Se utilizaron los siguientes programas:

- AutoCAD
- Civil 3D
- Global Mapper
- Google Earth
- Excel

### **3. DESARROLLO DE LA TESIS**

#### **CAPITULO I**

#### **DISEÑO DE LA INVESTIGACION**

##### **1. UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

- Distrito: TRUJILLO
- Provincia: TRUJILLO
- Región: LA LIBERTAD.

##### **1.1 Ubicación geopolítica**

El proyecto es una franja de un ancho aproximado de 4 km. Con una longitud de 14 km. Que se extiende desde las playas del distrito de BUENOS AIRES hasta la corona de la cuenca de san Idelfonso, casi paralelo al rio moche el cual se encuentra ubicado al margen derecho de esta cuenca. El área de este proyecto es de 47.60 km<sup>2</sup>. Se encuentra ubicado sobre el margen izquierdo del rio MOCHE en la provincia de TRUJILLO región de LA LIBERTAD.

##### **1.2 Ubicación geográfica**

La ubicación geográfica según coordenadas UTM.

Norte	:	9102816.
Este	:	717218.
Altitud (msnm)	:	38.
Zona geográfica:		17 sur.

## Plano de localización



## Plano de ubicación



## 2. Límites.

Sus límites son los siguientes:

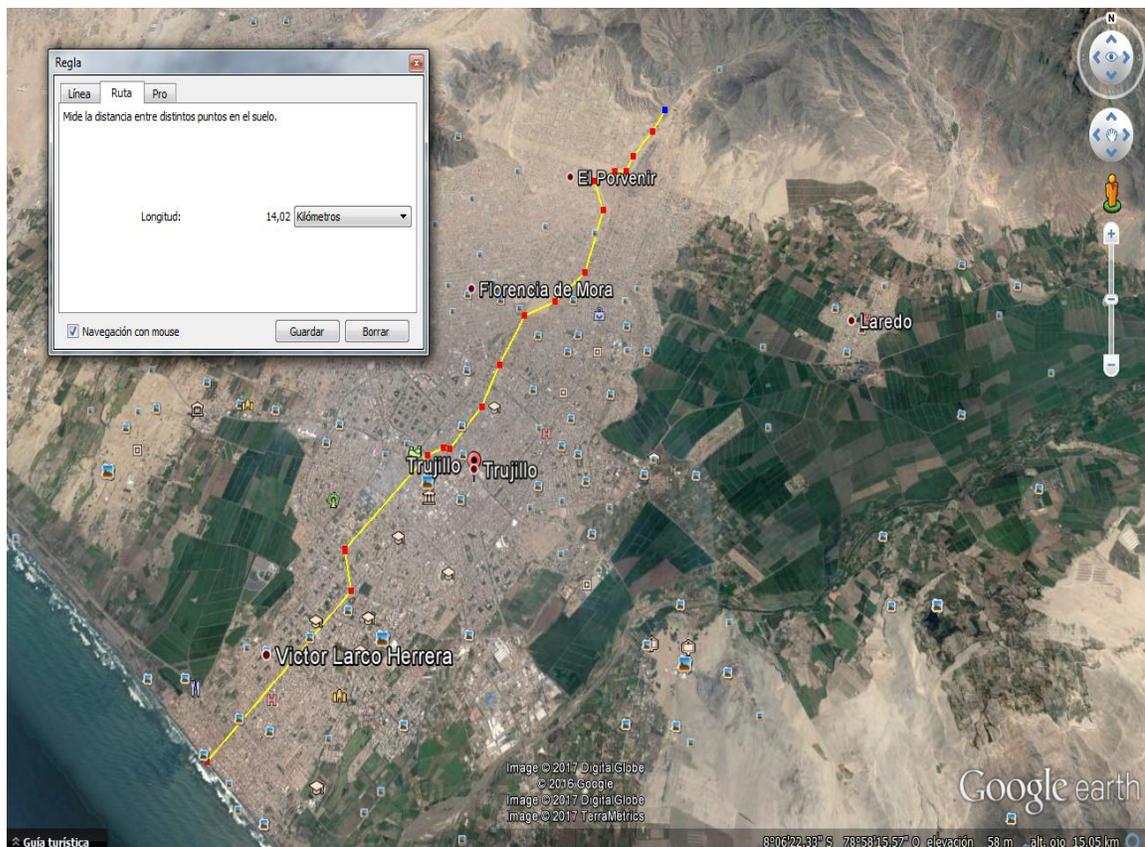
Por el norte limita con distrito de La Esperanza la cuenca del león dormido

Por el sur con el distrito de Moche

Por el noreste limita con El distrito de Laredo y la quebrada de san Carlos

Y por el Noroeste con Huanchaco y el Océano Pacifico.

**Figura N° 01: Perfil longitudinal del proyecto**



### **3. Vías de acceso y comunicación**

Las vías de comunicación que unes a este lugar con la ciudad de Trujillo son a través de una vía asfaltada, vías afirmadas y con una distancia máxima a su punto más extremo con referencia a las coordenadas del proyecto (plaza de armas de Trujillo), 7km en un tiempo máximo de 20 minutos en camioneta 4x4.

### **4. Características climatológicas**

La ciudad de Trujillo se caracteriza por su clima árido y semicálido, con una temperatura media máxima de 22, 7° C (72, 9° F), y una mínima de 15, 8° C (60, 4° F) Con precipitaciones muy escasas dentro de periodos de 10 años aproximadamente, ya que después de cada estos periodos sucede el regreso del fenómeno del niño que trae con el lluvias intensas y muy frecuentes en lo que dura el paso de este fenómeno que regularmente dura 2 meses de febrero a marzo.

### **5. Características geográficas y orográficas**

La geografía del terreno, lugar donde se encuentra el proyecto: “DISEÑO DE CANAL – VIA COMO ESTRUCTURA DE EVACUACION DE AGUAS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE TRUJILLO PREVIA DESVIACION DE ESCURRIMIENTO DE LA QUEBRADA SAN IDELFONSO HACIA EL RIO MOCHE” es de un relieve accidentado en la parte superior del proyecto y suave o llano en la parte baja, hasta su colindancia con el océano pacifico.

La población del sector del proyecto está considerada densa, ya que la población en la parte céntrica según datos del INEI alcanza una densidad de 517 personas por km<sup>2</sup>.

**Tabla N°01: PRINCIPALES INDICADORES**

<b>Principales Indicadores</b>	
Pobreza	21.50%
Superficie	1 768.7 Km2
Acceso a telefonía fija	62.20%
Población estimada	957 010 Pers.
PEA	314 322 Pers.
PEA ocupada	316 229 Pers.
Total hombres	466 906 Pers.
PEA Adm. Pública y Defensa	9 339 Pers.
Total mujeres	490 104 Pers.
Desnutrición crónica (<5 años)	10.90%

## **6. Precipitación Pluvial**

Desde el 31 de enero a 15 de marzo de 2017, se vienen registrando fuertes precipitaciones pluviales ocasionando inundación, deslizamiento y huaycos que afectaron viviendas, vías de comunicación y áreas de cultivo en los distritos y provincias de la Región La Libertad. El 17 de marzo, a las 07:00 horas aproximadamente a consecuencia de fuertes precipitaciones pluviales se produjo un huayco que afectó vías de comunicación y servicios básicos, en el caserío Chope y distrito de Cascas. El 17 y 18 de marzo de 2017, a consecuencia fuertes precipitaciones pluviales se activó la quebrada San Idelfonso ocasionando una inundación que afectó viviendas y vías de comunicación en el distrito de El Porvenir. El 18 de marzo de 2017, a las 15:30 y 19:30 aproximadamente, a consecuencia de fuertes precipitaciones pluviales se activó la quebrada El León ocasionando una inundación que afectó viviendas en el centro poblado El Milagro y distrito de Huanchaco. El 18 de marzo de 2017, a las 19:37 horas aproximadamente a consecuencia de fuertes precipitaciones pluviales se incrementó el caudal del río Virú afectando vía de comunicación, en el distritito y provincia de Virú.

Según datos de ANA (Autoridad Nacional de Agua) la precipitación en la ciudad de Trujillo y todo el ámbito del valle del Río Moche se va incrementando la intensidad y precipitación con cada fenómeno que se da, convirtiéndose la precipitación e intensidad de moderado a

extraordinario y dándose en un periodo de retorno aproximado entre 8 y 19 años con intensidades de 25, 30, 45, 60, 120 ml/hora, en los años 1920, 1935, 1960, 1998 y 2017 respectivamente

Estas precipitaciones se dan generalmente en los meses de diciembre a marzo de todos los años.

Las precipitaciones más bajas se registran en los meses de junio y julio donde las precipitaciones registran un nivel de 0.3ml/día. Incrementos de forma constante más baja en julio, con un promedio de 5 ml.

La mayor cantidad de precipitación ocurre en marzo, con un promedio de 63 mm

## **CAPITULO II**

### **IMPACTO AMBIENTAL**

#### **2.1 Generalidades.**

El impacto ambiental que generaría este proyecto en el área, podemos identificarlo por los siguientes aspectos positivos y negativos.

##### **2.1.1 Impactos ambientales positivos**

###### **Vivienda**

Las viviendas serán una de las estructuras más beneficiadas, ya que cuando ocurra el fenómeno no se verán expuestas de forma directa a las inundaciones, por lo cual sus estructuras y bases se mantendrán estables y seguras.

###### **Transporte**

El impacto que ocasionará el proyecto en cuanto al transporte, será el de conservar las rutas de tránsito a través de un plan de contingencia, evacuando el tránsito a zonas previamente establecidas, para mitigar el impacto del fenómeno.

###### **Comercio**

En cuanto al comercio el impacto generado será tan alto que los perjuicios por inundaciones no alteraran los escasos de mercancías ya que el objetivo principal es de este proyecto es de conservar las vías de comunicación terrestre para épocas del fenómeno.

## **Salud**

La salud de la población trujillana será la más beneficiada con este proyecto ya que con este diseño permitirá el escurrimiento eficiente y la auto limpieza de la ciudad en cada lluvia.

## **Seguridad estructural**

Con la aplicación de este diseño tendremos una mejor conservación de las estructuras urbanas, ya que con su buen transporte de estos caudales producidos por el fenómeno se estará evitando los estancamientos e infiltraciones en el suelo portante de dichas estructuras.

### **2.1.2 Impactos ambientales negativos**

En la ejecución del proyecto con el diseño que determinaremos no podemos encontrar ningún impacto negativo, ya que el proyecto se basa únicamente en la mejora de estructuras y distribución de las mismas en sentido urbanístico, con elementos de contingencia dispuestos de forma que mejore el tránsito en función de la ruta de encausamiento de precipitaciones.

## **CAPITULO III**

### **MANEJABILIDAD**

#### **3.1 Sistemas de encausamiento**

Los caudales de estas quebradas, de ser aplicable la proposición técnica de nuestro Estudio, se caracterizan por ser manejable, tanto por la existencia de técnicas disponibles y presupuesto existente, lo que lo convierte en un proyecto factible a desarrollar.

La problemática referida básicamente corresponde a dar una solución a un peligro potencial latente que amenaza a una significativa parte de la ciudad de Trujillo, como consecuencia de los efectos destructivas de los huaycos que periódicamente se producen en la quebrada de San Ildefonso por causa de las intensas lluvias que descarga el fenómeno de EL Niño y cuyo caudal torrencioso arrasa las construcciones que se hayan construido en su cauce natural y cuyo efectos posteriores son: viviendas destruidas, pavimentos desintegrados, redes de agua y desagüe colapsados, acumulación de lodo en las vías públicas y polvareda contaminante, productoras de enfermedades respiratorias.

#### **3.2 Sistema de limpieza y mantenimiento**

Este proyecto estará a cargo de la municipalidad provincial de Trujillo quien dispondrá para su mantenimiento al área de limpieza.

#### **3.3 Operatividad**

Generando desorden en el tráfico vehicular y peatonal. Así como almacenamiento de aguas pluviales en lugares de hondonadas lo que propicia la proliferación de insectos generadores de enfermedades infecciosas.

Finalmente, dicha problemática implica la interrupción del adecuado desarrollo socio-económico de la ciudad, produciéndose consecuentemente una inflación local, traduciéndose en la elevación de costos en los productos y/o escases de ellos afectando a la condición de vida de sus habitantes.

### **3.4 Definición Del Problema**

El problema radica en que la ciudad de Trujillo, está expuesta a sufrir los efectos destructivos que pudiera generar el próximo evento del fenómeno de El Niño y particularmente afectable por las inundaciones y/o huaycos que se pudieran producir en la quebrada denominada San Ildefonso, ubicada en la parte alta del distrito de El Porvenir y cuyas aguas descargadas por las torrenciales lluvias que en ese espacio, discurren por gravedad, siguiendo su cauce natural hacia el mar, pero que en la actualidad se han construido edificaciones, redes de agua, desagüe y pavimentos, los cuales potencian en ser destruyibles, tal como recientemente ha ocurrido con la presencia del fenómeno denominado Niño Costero, problema que será motivo de análisis en el desarrollo de la presente Tesis, proponiendo los diseños estructurales que permitan resolver el problema señalado.

## **CAPITULO IV**

### **CALCULOS**

#### **4.1 AREA GENERAL DE LA CUENCA EN ESTUDIO.**

El área de drenaje de este cauce se utilizó para su cálculo el CIVIL 3D. Basándonos en los planos catastrales de los distritos de EL PORVENIR, FLORENCIA DE MORA, LA ESPERANZA, TRUJILLO Y VICTOR LARCO.

$$**A=36.45 km2.**$$

Por lo se encuentra en el rango de micro cuenca.  
Cabe mencionar que para el cálculo de esta área de esta cuenca general y de las micro cuencas se realizó a través del programa ARCGIS.

#### **PERIMETRO.**

El perímetro se de la cuenca general alcanza un total de

$$**P=42.41 km.**$$

#### **LONGITUD DE CAUCE PRINCIPAL (L).**

La longitud de cauce principal alcanza una longitud de:

$$**L=13.86 km.**$$

## 4.2 CALCULO DE AREAS Y CARACTERISTICAS PRINCIPALES.

### DESCRIPCION DE CUENCA

	<b>Km2</b>	<b>Hectárea</b>	<b>Km</b>
<b>AREA</b>	47.6	4760.6	-
<b>PERIMETRO</b>	-	-	43.7
<b>LONG. CAUCE</b>	-	-	13.82

#### 4.2.1 Calculo de área, perímetro y longitud de cauce.

La cuenca de estudio por estar clasificada como micro cuenca y de un terreno en su mayoría de áreas trabajadas (terreno no natural), Urbanísticamente, la cual distorsiona el flujo de caudales pluviales de manera significativa por la existencia de pistas, veredas, sardineles y bermas, las que influyen significativamente en el direccionamiento de la escorrentía.

Por esta razón la micro cuenca de la quebrada de SAN IDELFONSO para su mejor estudio lo hemos dividido en áreas adyacentes al cauce principal, y está dividido en áreas que topográficamente evacuan un caudal importante, que, al contribuir al cauce, su volumen es suficiente como para modificar las áreas de la sección del canal de diseño.

Estas áreas contribuyentes al cauce se han determinado en 7 y que en el cuadro siguiente se describe las dimensiones de sus componentes.

**CUADRO N°08: pendiente y relieve de cada área**

AREA	COTA ma	COTA mi	L (M)	S	RELIEVE
A	963	170	3130	0.253	Accidentada
B	158	124	1530	0.022	Suave
C	124	83	3500	0.012	Suave
D	83	60	2000	0.012	Suave
E	45	26	540	0.035	Suave
F	31	16	640	0.023	Suave
G	16	4	740	0.016	Suave

#### 4.2.2 Calculo de factor de forma de cuenca.

$$Kf = \frac{A(\text{km}^2)}{L(\text{cauce})^2}$$

**TABLA N°12: Factor de la cuenca**

Área	Lg. Cuenca	Kf
47.6	13.8	0.25

**TABLA N°13: Factor de forma de áreas**

Area	Lg. Cuenca	Kf
13.3	1.5	5.91
8.7	1.5	3.88
4.8	1.5	2.13
5.3	1.5	2.35
5.2	1.5	2.32
5.7	1.5	2.53
4.6	1.5	2.04

#### 4.2.3 Calculo de coeficiente de compacidad (Kc).

$$K_c = 0.282x (P / \sqrt{A})$$

P= Perímetro de la hoya en Km

A= Área de drenaje de la hoya en Km<sup>2</sup>

A= 47.6

P= 43.7

**TABLA N°14: Coeficiente de compacidad de cuenca**

Kf	0.25
Kc	1.78

**TABLA N°15: Coeficiente de compacidad de áreas.**

<b>Kc A</b>	<b>1,18</b>
<b>Kc B</b>	<b>1,33</b>
<b>Kc C</b>	<b>1,27</b>
<b>Kc D</b>	<b>1,36</b>
<b>Kc E</b>	<b>1,22</b>
<b>Kc F</b>	<b>1,47</b>
<b>Kc G</b>	<b>1,39</b>

**4.2.4 Calculo de sinuosidad de cuenca (Si).**

$$Si = L/Lt.$$

<b>TRAMOS</b>	<b>LONG. METROS</b>
<b>TRAMO 1</b>	5671
<b>TRAMO 2</b>	4456
<b>TRAMO 3</b>	2943
<b>TRAMO 4</b>	2678
<b>Long. Total</b>	15748

Si

0,88

#### 4.2.5 Densidad de drenaje de la cuenca.

$$Dd = \frac{L(km)}{A(Km)2} \quad \text{en Km} - Km2$$

A= Área total de la cuenca en Km2

L= Longitud total de las escorrentías

#### Densidad de Drenaje de la Cuenca

<b>Lt</b>	48,43	
<b>A</b>	47,6	
<b>Dd</b>	<b>1,02</b>	<b>Km/km2</b>

#### 4.2.6 Índice de Alargamiento.

$$Ia = \frac{Lm}{L} \quad \text{Adimensional}$$

Lm= Longitud Máxima en Km.

L=Ancho máximo en Km.

Ia > 1 cuenca Alargada

Ia < 1 Cuenca Achatada

<b>Lm (Km)</b>	13,6	
<b>l</b>	4,2	
<b>Ia</b>	3,2	<b>Adim.</b>

#### 4.2.7 Índice Asimétrico

$$Ias = \frac{\text{Area mayor}}{\text{Area menor}} \quad \text{Adimensional}$$

Ias > 1: Cause demasiado recargado a un lado del Cauce

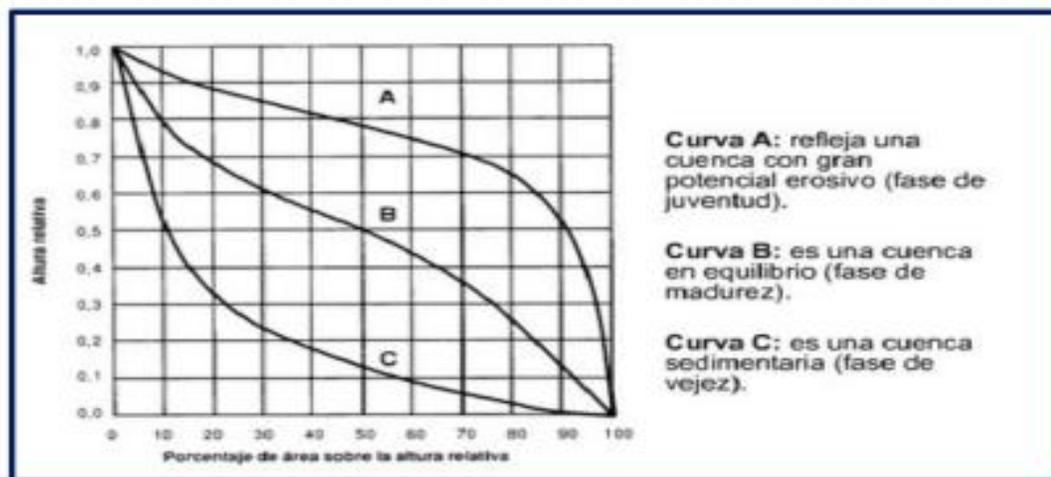
Ias = 1: Distribución uniforme de drenaje al cause principal

<b>A may</b>	42,46
<b>A men</b>	4,14
<b>Ias</b>	<b>10,21</b>

Con esta asimetría tan elevada hace que optemos por el cálculo de aporte de caudal del Área mayor, Ya que su valor es muy significativo.

#### 4.2.8 Curva Hipsométrica

La siguiente figura muestra un ejemplo general de curva hipsométrica:



#### 4.3 Calculo de Caudal

##### 4.3.1 Método Racional

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Ecuación: 1

Dónde:

Q = Caudal en m<sup>3</sup>/seg.

I = Intensidad de lluvia en mm/hora

A = Es el Área de la cuenca en hectáreas

C = Coeficiente de escorrentía.

#### 4.3.2 Intensidad de lluvia.

$$I = \frac{P}{Tc.}$$

**Ecuacion: 2**

P = Precipitacion

#### 4.3.3 Tiempo de concentración.

0.0663 = Valor constante

L = Longitud de cauce en Km.

Sc = Pendiente media del cauce.

0.77 = Valor constante.

$$t_c = 0.0663 \left[ \frac{L}{\sqrt{S_c}} \right]^{0.77}$$

**Formula:3**

#### 4.3.4 Precipitación.

$$P = \frac{Cm^3}{m^2}$$

**Ecuación de Bransby-Williams**

<b>T</b>	tiempo de concentración en horas
<b>L</b>	distancia máxima a la salida Km
<b>D</b>	diámetro del círculo de área equivalente a la superficie de la cuenca en Km <sup>2</sup>
<b>M</b>	área de la cuenca en Km <sup>2</sup>
<b>F</b>	pendiente media del cauce principal

<b>Símbolo</b>	<b>Valor</b>	<b>U. Med.</b>
<b>L</b>	13,8237	Km
<b>D</b>	7,42	km
<b>M</b>	47,61	km <sup>2</sup>
<b>F</b>	2,47	%

<b>T</b>	<b>4,788</b>	<b>Horas</b>
----------	--------------	--------------

**Ecuación de SCS-Ranser.**

<b>Tc</b>	Tiempo de concentración
<b>L</b>	Longitud de cause principal
<b>H</b>	Diferencia de cotas entre los puntos extremos del cauce principal

<b>Símbolo</b>	<b>Valor</b>	<b>U. med</b>
<b>L</b>	13,8237	km
<b>H</b>	156	m
<b>Tc</b>	0,1261	

<b>Tc</b>	<b>9,448</b>	<b>Horas</b>
-----------	--------------	--------------

#### 4.4 Cálculo del caudal de cada área

El cálculo de caudal para todas las áreas se ha hecho a través de este formato.

METODO DE LA FORMULA RACIONAL	
Para aplicar el siguiente método hemos realizado el siguiente trabajo de gabinete:	
1	Pendiente de vertiente.
2	Área de micro cuenca
3	Intensidad de lluvia máxima ( mm/h )
4	Fórmula racional
$Q = C * i * A / 360$	
Q	Caudal máximo de escorrentía que provocara una máxima avenida. (m <sup>3</sup> /s )
U	
C	Coeficiente de escorrentía
A	Área de influencia de la cuenca. (ha) ( <span style="color: blue;">&lt; 500 has</span> )
i	intensidad máxima de lluvia (mm/h)
<b>Llenar la zona resaltada con los valores respectivos de la cuenca.</b>	
<b>coeficiente escorrentía adoptado (C):</b>	<b>0,1</b> Coef. Escorrentía.
<b>Área de la cuenca adoptada (A)</b>	<b>1329,6</b> has
<b>intensidad máxima de lluvia adoptada (i)</b>	<b>120</b> mm/h
<b>Caudal máximo:</b>	<b><math>Q_{max} = C * i * A /</math></b>
<b>360 =</b>	<b>44,32</b> m <sup>3</sup> /s

Una vez halladas el caudal de cada área aportante al cauce, se ha realizado una suma acumulada con caudal de la quebrada de san Idelfonso, y otra si este caudal ya que existiendo proyectos de desviación se a considerado como previa desviación y lo que nos lleva a un resultado más ventajoso por mermar el caudal de drenaje y por ende disminución en la sección de diseño de la estructura del CANAL-VIA.

#### 4.5 Aportes de caudal de cada área al cauce principal

Aporte de caudal de cada Área

	<b>m3</b>	<b>Q1Acum</b>	<b>Q2Acum</b>
Área A	44	44,32	0,0
Área B	29	73,42	29,1
Área C	16	89,43	45,1
Área D	18	107,08	62,8
Área E	17	124,46	80,1
Área F	47	171,88	127,6
Área G	38	210,16	165,8

**210**

Con datos calculados previamente, se van a ordenar de la forma que se muestra en el siguiente cuadro en una hoja Excel para su proceso y conseguir lo datos de objetivo para este estudio.

#### Datos generales de cada Área.

Los datos sombreados son los que se tendrán que introducir en la hoja de cálculo para que al correr el cálculo se determine o halle las dimensiones de la sección del diseño del CANAL-VIA.

Cota final de canal	158	m
cota al fondo del canal diseñado	124	m
Longitud de cauce	1773	m
<b>Caudal</b>	<b>29,1</b>	m3/seg
Pendiente	0,0192	S
Coef. Rug.	0,014	

#### 4.6 Seccionamiento del cauce principal.

El cauce principal se ha dividido en tramos de diferentes tamaños y pendientes para poder hacer un cálculo más exacto de su aporte de caudal al CANAL-VIA.

En esta tabla se ha ordenado de forma conveniente los datos del tramo del canal con sus respectivas dimensiones para el cálculo de su pendiente.

	<b>Long. (m)</b>	<b>Cota May</b>	<b>Cota Men</b>
Tramo A	0	963	158
Tramo B	1773	158	124
Tramo C	3185	124	83
Tramo D	1168	83	60
Tramo E	3117	60	31
Tramo F	1809	31	16
Tramo G	2773	16	4
<b>Long. Total</b>	<b>13825</b>		

#### 4.7 Aporte de caudal de cada área.

En el siguiente cuadro se muestra de forma clara como el caudal de cada área e a sumando uno a otro para formar un solo caudal a su desembocadura, el cual está calculado de forma progresiva y multiplicado por un factor de tiempo de concentración el cual determina del verdadero valor de máximo caudal en una determinada sección o tramo del CANAL-VIA.

	<b>m3</b>	<b>Q1acum.</b>	<b>Q2acum.</b>
<b>Área A</b>	22	22.16	0.0
<b>Área B</b>	12	34.28	12.1
<b>Área C</b>	4	38.29	16.1
<b>Área D</b>	3	41.23	19.1
<b>Área E</b>	3	44.13	22.0
<b>Área F</b>	8	52.03	29.9
<b>Área G</b>	6	58.41	36.2

#### **4.8 Diseño de la estructura de encausamiento y conducción de las precipitaciones.**

- Estructura canal-vía empotrada
- Estructura pre fabricada

##### **4.8.1 Diseño de la estructura canal-vía empotrada.**

El proyecto básicamente consiste en construir un canal vía desde el final de la prolongación de la Av. Miraflores, la misma que está pavimentada, extendiéndola hasta la estribación de la quebrada San Ildefonso, esta operación permitirá evitar la erosión del cauce de unos 4.00 Km. De tierra, lugar de donde las descargas pluviales erosionan y arrastran las piedras y barro hacia la ciudad de Trujillo y de allí mejorar el cauce del curso de las aguas en su paso por el Cementerio Mampuesto, mediante pavimento rígido. Desde esta parte es conveniente dispersa el flujo de las aguas descargadas, hacia la avenida adyacente a la Av. Miraflores, para su conducción hasta la Av. España y luego seguir dispersándolas por las vías del centro urbano, pasando por los jirones San Martín, Independencia, Pizarro y más abajo por La Av. Juan Pablo II, Larco, hasta su descarga en la zona de Buenos Aires.

El objetivo es que las calles y avenidas de dispersión del flujo acuático, estén en buenas condiciones de mantenimiento, debidamente selladas, tal como se ha podido comprobar que, en la Av. Miraflores, por donde ha discurrido el mayor volumen de agua y lodo, el pavimento no ha sufrido mayor daño, en tanto que en las vías que han estado en mal construcción, es decir en malas condiciones de conservación son las que más han sufrido dichos efectos.

Las alternativas de construir un canal subterráneo, así como de encausa las aguas del San Ildefonso, mediante una canal hacia el río Moche, a nuestro criterio no

son convenientes, como ya lo hemos precisado precedentemente, por cuanto no sabemos cuándo podría ocurrir el próximo fenómeno de El Niño.

En esta parte de nuestro trabajo hemos procedido a usar todos los datos obtenidos de los procesos anteriores para determinar las dimensiones recomendables para nuestro diseño, y que trabaje en función del ancho de vía disponible para realizar este proyecto y que sus características de esta estructura este directamente proporcional al caudal y su velocidad de cada suceso pluvial.

Las secciones elegidas por son la Trapezoidal y la Rectangular las cuales son las más recomendables por, tanto por su mejor estructura para soportar cargas laterales como también la mejor sección para fluidos de drenaje.

 <p>Trapezoidal</p>	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$
---	-----------	--------------------	------------------------------------	---------

n=Coeficiente de rugosidad

b=base de canal

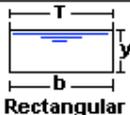
y=Talud

z=% de inclinación de talud

T=Espejo de agua

#### Sección Trapezoidal-TRAMO B

Símbolo	Valor	Un. Medida
n	0,013	m
b	24	
y	0,28	m
z	0,05	m
T	24,1	

Tipo de sección	Área A (m <sup>2</sup> )	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	<b>by</b>	<b>b+2y</b>	$\frac{by}{b+2y}$	<b>b</b>

Las dimensiones del Canal-Vía se calcularon a través de las formula 1 y 2, las dimensiones se fueron ajustando a través de un tanteo en función del caudal y ancho de vía disponible en cada calle.

n=Coficiente de rugosidad

b=T= base de canal y espejo de agua

y=Talud

s=pendiente longitudinal de canal

### Sección Rectangular- TRAMO B

Símbolo	Dimensión	Unidad
<b>b = T</b>	20	m
<b>y</b>	0,2	m
<b>S</b>	0,0192	%
<b>n</b>	0,013	Ad

### Calculo de las dimensiones de la sección del canal-Vía

Descripción	Ecuación	Resultado	Unidad
Área	<b>B*Y</b>	<b>6,6</b>	m <sup>2</sup>
Perímetro	<b>b+2y</b>	<b>20,66</b>	m
Radio/Hidráulico	<b>(by)/(b+2y)</b>	<b>0,32</b>	Ad

$$V = \frac{(Rh)^{2/3} (S)^{1/2}}{n}$$

V	=	4,98 m/seg.
---	---	-------------

### Dimensiones de sección de canal-vía Trapezoidal

	T	y	b	Z	Qe	cap. Q
Seccion B	20.06	0.2	20	0.03	12.1	13.4
Seccion C	16.1	0.3	16	0.05	16.1	17.1
Seccion D	20.1	0.25	20	0.05	19.1	19.7
Seccion E	20.2	0.35	20	0.1	22.0	23.8
Seccion F	20.4	0.43	20	0.2	29.9	32.9
Seccion G	20.4	0.58	20	0.2	36.2	38.8

### Dimensiones de sección de canal-vía Rectangular

	T	y	b	Qe	Cap. Q
Seccion B	20	0.2	20	12.1	13.35
Seccion C	16	0.3	16	16.1	17.01
Seccion D	20	0.25	20	19.1	19.56
Seccion E	20	0.35	20	22.0	23.41
Seccion F	20	0.43	20	29.9	30.99
Seccion G	20	0.58	20	36.2	36.51

Para el diseño de esta sección se utilizó el programa H canales. Y para la cual se propone dos alternativas de secciones que es la rectangular y la trapezoidal.

#### 4.8.2 Diseño de la estructura pre fabricada como plan de contingencia

Esta estructura formada por bloques de concreto armado con dimensiones y características necesarias para su auto soporte ante fuerzas externas las cuales tendrán un diseño con dimensiones apropiadas para su fácil transporte e instalación.

Las dimensiones para esta estructura se sacan directamente del diseño trapezoidal, ya que esta estructura hará las veces de los taludes.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES**

- El diseño de la estructura del CANAL-VIA, debe de ser de manera expresa tanto en su recorrido como en su sección para generar la más mínima pérdida de carga en su volumen y propiciar la mayor velocidad, para que durante la evacuación de las precipitaciones se evite el descanso o estancamiento de solidos acareadas por la corriente.
- El diseño de este canal debe de regirse por lo establecido en la norma OS 060. Donde indica los parámetros constructivos de los sistemas de evacuación de aguas pluviales en zonas urbanas, y como norma de la construcción y elaboración de las estructuras de concreto hacerlo bajo la norma AASHTO.
- Las estructuras de las vías que cruzan es este CANAL-VIA, tendrán las mismas dimensiones con las que cuentan ahora, a excepción de la rampa que baja hacia el canal que será la más angosta posible para evitar incremento del remanso del caudal.
- Los diseños que se proponen, deberá ser evaluados en la fase final de la Ingeniería de Detalle, fase en la que usualmente los proyectos previos a su ejecución se las definen.

## CAPITULO VI

### RECOMENDACIONES

- Para la delimitación de la Cuenca se recomienda usar datos topográficos **shape file** del instituto geográfico nacional, ya que hacer un levantamiento topográfico sería demasiado costoso por el área que comprende, ya que es demasiado grande. Estos datos que entrega el IGN. Son totalmente gratuitos, los cuales se pueden procesar en diferentes programas de diseño topográfico.
- Para determinar las rutas de evacuación de caudales es necesario usar únicamente dentro de la ciudad el plano catastral, ya que por el diseño urbano la pendiente y relieve natural han sido modificados y obedecen únicamente al direccionamiento de las calles el escurrimiento.
- Y en cuanto a la utilización de secciones de diseño se emplee la sección trapezoidal por ser una estructura de mejor estabilidad y de mejor acoplamiento a un radio hidráulico de mejora definitivamente el flujo. Incrementando su velocidad.
- Finalmente recomendamos que, no habiendo una clara definición de la recurrencia del fenómeno de El Niño, no es conveniente ejecutar obras de encauzamiento definitivas, que no tuvieran una alternativa de servicio en las épocas de no ocurrencia de El Niño.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Chow V, Maidment D, Mays L, (1994) Hidrología Aplicada. Colombia: D'VINNI EDITORIAL LTDA.

Aparicio F, (1992) Fundamentos de hidrología de superficie (1ra ed.). México: EDITORIAL LIMUSA, S.A.

Rico A, Del Castillo H, (2000). La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres (1ra ed.). México: EDITORIAL NORIEGA.

Fattorelli S, Fernández P, (2011) Diseño Hidrológico (2da ed.) Italia: WATER ASSESSMENT & ADIVISORY GLOBAL NETWORK.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, (2015). Manual de hidrología, Hidráulica y drenaje. Perú

Comisión Nacional del Agua, (2007) Manual de agua potable, alcantarillado y Saneamiento. México D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Norma OS. 060 Drenaje Pluvial Urbano

## **ANEXOS**

## **PANEL FOTOGRAFICO**



**Cuenca de la quebrada san Idelfonso**





**Talud real de sección de ruptura del dique Mampuesto**



**Vista del ancho de cauce a la altura de Cementerio Mampuesto.**



**Enrocado de talud de la desembocadura de dique Mampuesto.**



**Vista general de la sección real de la desembocadura de cementerio Mampuesto**

## FORMULARIO

1.- Es la relación entre la longitud total de los cursos de agua de la hoya y su área total

$$D\alpha = \frac{L}{A} \quad \text{en Km/km}$$

L= Longitud de los cursos de agua en km

A= Área de la cuenca en km<sup>2</sup>

2.- Muestra el comportamiento de la forma de la cuenca, esta vez no respecto a su redondez sino a su tendencia a ser de forma alargada; este parámetro relaciona la longitud axial con el ancho máximo de la cuenca. Se define como:

$$I\alpha = \frac{Lm}{I}$$

Donde:

Lm= Longitud máxima, Km.

I= ancho máximo, km.

Este índice permite predecir el movimiento del agua en los drenajes y potencias erosiva o de arrastre se rige a partir de los siguientes parámetros:

3.- Es la relación entre la longitud del río principal medida a lo largo de su cauce (L) y la del valle del río principal medida en la línea curva o recta (Lt)<sup>19</sup>

$$S\iota = \frac{L}{L_t}$$

4.- Ecuación de Branaby- Willams:

$$\frac{L}{1.5 D} \sqrt[3]{\frac{M^2}{F}}$$

**T=**

Dónde:

T= Tiempo de concentración (horas)

L=Distancia máxima a la salida(Km)

D=diámetro del círculo de área equivalente a la superficie de la cuenca (km<sup>2</sup>)

M=área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

F=pendiente media del cauce principal(%)

**5.- Ecuación de SCS- Ranser:**

$$0.947 * \frac{(L^3)^{0.385}}{H}$$

**T=**

Dónde:

Tc= Tiempo de concentración (horas)

L= longitud del cauce principal (km)

H= diferencia de elevación entre los puntos extremos del cauce principal (m)

**6.- Ecuación de Kirpich:**

$$T_c = 0.0003455 * \left[ \frac{L}{\sqrt{S_1}} \right]^{0.77}$$

Tc= tiempo de concentración sobre la superficie natural (horas)

S<sub>1</sub>= periodo del cauce entre los puntos A y B.

L= Longitud horizontal entre los puntos A y B (metros)

## **GLOSARIO**

**ALCANTARILLADO PLUVIAL.** - Conjunto de alcantarillas que transportan aguas de lluvia.

**BASE.** - Capa de suelo compactado, debajo de la superficie de rodadura de un pavimento.

**BERMA.** - Zona lateral pavimentada o no de las pistas o calzadas, utilizadas para realizar paradas de emergencia y no causar interrupción del tránsito en la vía.

**BOMBEO DE LA PISTA.** - Pendiente transversal contada a partir del eje de la pista con que termina una superficie de rodadura vehicular, se expresa en porcentaje.

**CALZADA.** - Porción de pavimento destinado a servir como superficie de rodadura vehicular.

**CAPTACIÓN.** - Estructura que permite la entrada de las aguas hacia el sistema pluvial.

**CARGA HIDRAULICA.** - Suma de las cargas de velocidad, presión y posición.

**COEFICIENTE DE ESCORRENTIA.** - Coeficiente que indica la parte de la lluvia que escurre superficialmente.

**COEFICIENTE DE FRICCIÓN.** - Coeficiente de rugosidad de Manning. Parámetro que mide la resistencia al flujo en las canalizaciones.

Es el área de terreno sobre la que actúan las precipitaciones pluviométricas y en las que las aguas drenan hacia una corriente en un lugar dado.

**CUNETA.** - Estructura hidráulica descubierta, estrecha y de sentido longitudinal destinada al transporte de aguas de lluvia, generalmente situada al borde de la calzada.

**CUNETA MEDIANERA.** - (Mediana Hundida) Cuneta ubicada en la parte central de una carretera de dos vías (ida y vuelta) y cuyo nivel está por debajo del nivel de la superficie de rodadura de la carretera.

**DERECHO DE VIA.** - Ancho reservado por la autoridad para ejecutar futuras ampliaciones de la vía.

**DREN.** - Zanja o tubería con que se efectúa el drenaje.

**DRENAJE.** - Retirar del terreno el exceso de agua no utilizable.

**DRENAJE URBANO.** - Drenaje de poblados y ciudades siguiendo criterios urbanísticos.

**FRECUENCIA DE LLUVIAS.** - Es el número de veces que se repite una precipitación de intensidad dada en un período de tiempo determinado, es decir el grado de ocurrencia de una lluvia.

**FILTRO.** - Material natural o artificial colocado para impedir la migración de los finos que pueden llegar a obturar los conductos, pero que a la vez permiten el paso del agua en exceso para ser evacuada por los conductos.

**FLUJO UNIFORME.** - Flujo en equilibrio dinámico, es aquel en que la altura del agua es la misma a lo largo del conducto y por tanto la pendiente de la superficie del agua es igual a la pendiente del fondo del conducto.

**HIETOGRAMA.** - Distribución temporal de la lluvia usualmente expresada en forma gráfica. En el eje de las abscisas se anota el tiempo y en el eje de las ordenadas la intensidad de la lluvia.

**HIDROGRAMA UNITARIO.** - Hidrograma resultante de una lluvia efectiva unitaria (1 cm), de intensidad constante, distribución espacial homogénea y una duración determinada.

**INTENSIDAD DE LA LLUVIA.** - Es el caudal de la precipitación pluvial en una superficie por unidad de tiempo. Se mide en milímetros por hora (mm/hora) y también en litros por segundo por hectárea (l/s/Ha).

**LLUVIA EFECTIVA.** - Porción de lluvia que escurrirá superficialmente. Es la cantidad de agua de lluvia que

queda de la misma después de haberse infiltrado, evaporado o almacenado en charcos.

**MEDIANA.** - Porción central de una carretera de dos vías que permite su separación en dos pistas, una de ida y otra de vuelta.

**MONTANTE.** - Tubería vertical por medio de la cual se evacua las aguas pluviales de los niveles superiores a inferiores.

**PRECIPITACIÓN.** - Fenómeno atmosférico que consiste en el aporte de agua a la tierra en forma de lluvia, llovizna, nieve o granizo.

**PRECIPITACION EFECTIVA.** - Es la precipitación que no se retiene en la superficie terrestre y tampoco se infiltra en el suelo.

**RASANTE.** - Nivel del fondo terminado de un conducto del sistema de drenaje.

**REJILLA.** - Estructura de metal con aberturas generalmente de tamaño uniforme utilizadas para retener sólidos suspendidos o flotantes en aguas de lluvia o aguas residuales y no permitir que tales sólidos ingresen al sistema

**REVESTIMIENTO.** - Recubrimiento de espesor variable que se coloca en la superficie interior de un conducto para resistir la acción abrasiva de los materiales sólidos arrastrados por el agua y/o neutralizar las acciones químicas de los ácidos y grasas que pueden contener los desechos acarreados por el agua.

**SARDINEL (SOLERA).** - Borde de la vereda.

**SISTEMAS DE EVACUACION POR GRAVEDAD.** - Aquellos que descargan libremente al depósito de drenaje, ya sea natural o artificial.

**SUMIDERO.** - Estructura destinada a la captación de las aguas de lluvias, localizados generalmente antes de las esquinas con el objeto de interceptar las aguas antes de la zona de tránsito de los peatones. Generalmente están concentrados a los buzones de inspección.

**PONDING (LAGUNAS DE RETENCION).** - Sistema de retención de agua de lluvias para retardar su ingreso al sistema de drenaje existente, a fin de no sobrecargarlo.