



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Diseño de un canal vía para la evacuación de aguas
pluviales provenientes de la quebrada San Idelfonso,
tramo barrio 6 de El Porvenir – playa Huanchaco**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
Bachiller en Ingeniería Civil**

AUTORES:

Flores Ocaña, Frank Yorjan (ORCID: 0000-0002-0195-1698)
German Rosas, Erika Nicol (ORCID: 0000-0002-5287-9331)
Rios Villanueva, Evelyng Lorena (ORCID: 0000-0003-4690-7022)

ASESORES:

Gálvez Carrillo, Rosa Patricia (ORCID: 0000-0002-4612-109X)
Rodríguez Beltrán, Eduar José (ORCID: 0000-0002-9289-9732)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Hidráulico y Saneamiento

TRUJILLO – PERÚ

2019

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Índice de tablas.....	iii
Índice de figuras.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGÍA.....	8
2.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	8
2.2. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.....	9
2.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	9
2.4. PROCEDIMIENTO.....	10
2.5. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.....	21
2.6. ASPECTOS ÉTICOS.....	21
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
IV. CONCLUSIONES.....	23
V. RECOMENDACIONES.....	24
REFERENCIAS.....	25
ANEXOS.....	28

Índice de tablas

Tabla 1: Diseño de pre prueba con dos grupos	8
Tabla 2: Área de la cuenca	10
Tabla 3: Datos de la estación de Sinsicap	10
Tabla 4: Precipitaciones anuales de la estación de Sinsicap	11
Tabla 5: Coeficientes de escorrentía	11
Tabla 6: Caudales máximos anuales en función del periodo de retorno	12
Tabla 7: Caudales de diseño en función del periodo de retorno	18
Tabla 8: Operacionalización de variables	28
Tabla 9: Ficha de observación directa	29

Índice de figuras

Figura 1: Verificación del ajuste con momento ordinarios mediante la distribución normal en HIDROESTA 2.	12
Figura 2: Verificación del ajuste con momento ordinarios mediante Log Normal De 2 Parámetros en HIDROESTA 2.	13
Figura 3: Verificación del ajuste con momento ordinarios mediante Log Normal De 3 Parámetros en HIDROESTA 2.	13
Figura 4: Verificación del ajuste con momento ordinarios mediante Gamma 2 Parámetros en HIDROESTA 2.	14
Figura 5: Verificación del ajuste con momento ordinarios mediante Gamma 3 Parámetros en HIDROESTA 2.	14
Figura 6: Verificación del ajuste con momento ordinarios mediante Log-Pearson Tipo III Parámetros en HIDROESTA 2.	15
Figura 7: Verificación del ajuste con momento ordinarios mediante Gumbel en HIDROESTA 2.	15
Figura 8: Verificación del ajuste con momento ordinarios mediante Log Gumbel en HIDROESTA 2.	16
Figura 9: Caudal de diseño para un periodo de retorno de 25 años mediante Gumbel en HIDROESTA 2.	16
Figura 10: Caudal de diseño para un periodo de retorno de 50 años mediante Gumbel en HIDROESTA 2.	17
Figura 11: Caudal de diseño para un periodo de retorno de 100 años mediante Gumbel en HIDROESTA 2.	17
Figura 12: Plano topográfico del recorrido del canal vía.....	30
Figura 13: Plano catastral del recorrido del canal vía.....	30

RESUMEN

El trabajo de investigación titulado “Diseño de un canal vía para la evacuación de aguas pluviales provenientes de la quebrada San Idelfonso, tramo barrio 6 de El Porvenir – playa Huanchaco”, tiene como principal fin la adecuada evacuación de aguas pluviales provenientes de la quebrada San Idelfonso.

El estudio corresponde a una investigación cuantitativa, pre experimental, según la temporalidad es transversal y según la orientación que asume es orientada a la aplicación. El diseño comprende el trazado del canal siguiendo el cauce natural de la quebrada San Idelfonso hasta el cementerio Mampuesto; lugar donde se realizará la desviación hacia una línea de conducción de sección rectangular y cerrada. Mediante el diseño del canal vía se logra evacuar las aguas residuales de manera efectiva, además de la ventaja que brinda a la población al poder utilizarla como una vía alterna para la transitabilidad de vehículos.

En el diseño se ha tomado en cuenta consideraciones como: análisis de topografía, velocidades máximas y mínimas de flujo, caudal de diseño para un periodo de 100 años, área y radio hidráulico; tomando como sección transversal del canal la forma rectangular de canal revestido con un ancho de plantilla de 8.00 m, para un tirante de agua de 1.80 m y un borde libre de 0.40 m.

Palabras clave: Diseño de un canal vía, aguas pluviales, tramo.

ABSTRACT

The research work entitled “Design of a channel for the evacuation of rainwater from the San Idelfonso stream, section 6 of El Porvenir - Huanchaco beach”, has as the main purpose the adequate evacuation of rainwater from the San Ravine Idelfonso.

The study corresponds to a quantitative, pre-experimental investigation, according to the temporality is transversal and according to the orientation it assumes is application oriented. The design includes the layout of the canal following the natural channel of the San Idelfonso gorge to the Mampuesto cemetery; place where the deviation will be made towards a rectangular and closed section conduction line. Through the design of the canal, the wastewater can be evacuated effectively, in addition to the advantage it provides to the population by being able to use it as an alternate route for vehicle traffic.

In the design, considerations such as: topography analysis, maximum and minimum flow rates, design flow for a period of 100 years, area and hydraulic radius have been taken into account; taking as a cross-section of the channel the rectangular shape of the channel covered with a template width of 8.00 m, for a water strap of 1.80 m and a free edge of 0.40m.

Keywords: Road canal design, water rain, section.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, nuestro país sigue afrontando problemas a causa del último fenómeno del niño costero que arrasó con gran parte del norte peruano ocurrido en marzo del 2017; este evento se calificó de magnitud moderada, con acontecimientos relacionados a las lluvias e inundaciones parecidas a las del evento del año 1925, considerándose como el tercer “Fenómeno El Niño” más intenso de al menos los últimos cien años. De acuerdo con la base de datos del SENAMHI el tiempo de retorno disminuyó considerablemente en el último siglo, dejando de ser un acontecimiento extraordinario para considerarse como uno eventual (Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño, 2017).

Una de las ciudades más afectadas fue la ciudad de Trujillo, en la cual aún se manifiestan los estragos que dejó el desborde de las quebradas San Idelfonso, San Carlos y El León. La quebrada que más impacto negativo generó fue la de San Idelfonso, debido a que su ubicación geográfica y el recorrido de su cauce natural atraviesa el centro de la ciudad. La ruta de los 7 huaicos que azotaron la ciudad avanzó desde el distrito El Porvenir cruzando el cementerio de Mampuesto, el distrito de Florencia de Mora, luego la avenida Miraflores, el centro histórico y el distrito de Víctor Larco desembocando finalmente en el balneario de Buenos Aires.

Este fenómeno afectó a 3875 viviendas, debido al elevado crecimiento demográfico e inadecuada planificación urbanística; a pesar de los planes de reubicación propuestos por el gobierno local, la población se rehusó a abandonar sus viviendas. Los problemas que ocasionó fueron: el colapso de las redes de agua potable dejando a gran parte de la ciudad sin acceso al recurso hídrico por aproximadamente un mes, el colapso del alcantarillado produjo focos infecciosos generados enfermedades micro bacterianas tales como el dengue, paludismo, conjuntivitis, fiebre amarilla, chikungunya y la enfermedad del zika. Así también la acumulación de sedimentos y residuos sólidos afectaron la transitabilidad peatonal y vehicular de las principales avenidas de la ciudad (Diario El Comercio, 2017).

El desborde de la quebrada San Idelfonso, también ocasionó problemas económicos, siendo uno de los más resaltantes en el rubro turístico, puesto que durante el período de ocurrencia de dicho fenómeno se registró baja concurrencia de turistas nacionales y extranjeros. Frente a esta problemática se ha propuesto como solución el diseño de un canal vía, el cual parte desde la vertiente de la quebrada San Idelfonso ubicado en el barrio 6 en el distrito de El Porvenir hasta la playa de Huanchaco en el distrito de Huanchaco. Este trabajo de investigación tiene como fin principal evitar el ingreso de residuos sólidos al centro histórico mediante la desviación del cauce natural de la quebrada. El diseño permitirá evacuar las aguas pluviales a través de un canal proyectado a un cauce alterno, el cual se inicia en el cementerio mampuesto, cause del canal de regadío y que se une al cauce natural de la quebrada de El León Dormido para finalizar la desembocadura hacia la playa de huanchaco. Dado que las avenidas son eventuales, entonces gran parte del año el canal no llevara agua, lo que facilitaría usarlo como un medio para facilitar el acceso directo de los pobladores de la zona hacia huanchaco y sus alrededores “devendría” un ahorro sustancial de tiempo y dinero.

Proyectos y/o investigaciones realizados con resultados similares tenemos:

En la ciudad de Lima se construyó una carretera de forma subterránea debajo del curso del río Rímac, con el fin de aliviar el tráfico formado en la vía de evitamiento; respetando el patrimonio histórico del centro de Lima. El túnel inicia desde la Av. Tacna y el Puente Huánuco, conectando los viaductos que se encuentran al sur, con los viaductos del norte; tiene una extensión aproximadamente de 2000 m y pasa por debajo de 4 puentes históricos existentes (LAMSAC, 2017).

A causa del fenómeno de El niño producido durante el primer semestre de 1983, fue construido el canal vía de Sullana en la depresión del terreno que atraviesa la ciudad, dicha obra serviría como como acueducto para que se evacuen las aguas provenientes de las lluvias, sino también como vía de circulación para vehículos y peatones (Diario El Correo, 2010).

En Costa Rica existe el proyecto de construcción del canal seco “canal vía” con una longitud de 315 km, el cual consta de dos líneas férreas compuestas por una de emergencia y una autovía de 10 carriles que conectarían los puertos de Paris y Santa Elena, se pretende reducir el tráfico, crear zonas francas, banco propio, zonas de servicio y brindar 80.000 puestos de trabajo (Diario Voz de Goicochea, 2019).

El proyecto de construcción de una mega estructura de ingeniería que pretende realizar el trazado de 800 metros de vía-canal en el corregimiento de Salgar, en Puerto Colombia, se viene ejecutando en un 70 %. Esta obra contempla la colocación de concreto rígido, con un ancho de 6 metros, además de contar con andenes en ambos lados, esta estructura permitirá conducción de aguas negras, agua potable; canalización de aguas lluvias y demás. (Diario El heraldo, 2019). El megaproyecto realizado en Honduras consta de un canal seco que une por medio de una carretera que tiene 4 carriles con una longitud aproximada de 400 kilómetros el océano Atlántico con el Pacífico, este trayecto ahorra más de 100 kilómetros y por ende muchas horas a la ruta principal existente (ABC Internacional, 2018).

Se aprobó el proyecto de infraestructura pluvial, orientado a la construcción de estructuras necesarias que permitirían aumentar la capacidad de captación y trazar la nueva trayectoria de los colectores de aguas de lluvia que trasladen estas aguas desde el canal cero hasta el río Pamplonita sin ningún riesgo para la población; lo cual reducirá los efectos de inundación, garantizando el tránsito y aumentando la actividad comercial (Diario La Opinión, 2016).

La ciudad de Barranquilla Colombia se caracteriza por tener un clima tropical, producto de ella se producen continuas lluvias que inundan y se convierten en canales, ante esta problemática se desarrolló un plan de control mediante redes de sensores inalámbricos de alerta temprana (Cama Pinto, 2016).

Las lluvias extremas generan un aumento considerable de los niveles en el drenaje de la cuenca. La respuesta del riachuelo es un aumento en el área de

inundación de hasta el 14% en relación del tiempo de retorno de 20 años. Un acontecimiento de 1 000 años originaria un aumento en el área de inundación de 67%, afectando las zonas de la región urbana, así como todos los terrenos de cultivo (Wurl Jobst, García Cynthia, Imaz Miguel, 2015).

Las cuencas son espacios de terreno natural delimitado por las partes altas como montañas y cerros, conformado por una red de cursos de agua provenientes de la lluvia, las cuales forman un río principal desde su nacimiento, sus afluentes, lagos en él y aguas subterráneas que después de un recorrido desembocan en un río más grande o el mar. Los componentes de una cuenca son: el área, que es la proyección horizontal de la zona de estudio delimitada por la divisoria de aguas, la extensión del área generalmente se expresa en km²; el perímetro que es la longitud del borde del área, medida en metros o kilómetros; la longitud del recorrido del cauce principal, el cual para medirlo se debe tener en cuenta las irregularidades y curvas de dicho cauce; el índice de compacidad (Kc), es aquella relación que existe entre el área de la cuenca y el perímetro de un círculo hidrográfico; la pendiente de la cuenca, que representa la pendiente media de la trayectoria del agua hasta llegar a la parte más baja río y tiempo de concentración, considerándose como el tiempo que demora una gota de agua de lluvia en llegar desde el lugar más lejano de la cuenca hasta el punto de salida (Ramakrishna, B., Querol, María y Rodríguez, Francisco, 2003).

Las cuencas por su forma de drenaje y de acuerdo a donde deposita sus aguas finales se clasifican en: Arréicas cuando sus aguas se pierden por infiltración y evaporación, Criptorréicas cuando funcionan como ríos subterráneos, Endorreicas cuando sus aguas llegan a un lago o embalse, pero no llegan al mar, Exorreicas cuando es un sistema mayor y sus aguas desembocan en el mar; y por su tamaño puede ser: Microcuenca; cuando su área es de 10 a 500 km², Subcuenca; cuando su área oscila entre los 500 y 2000 km² y Cuenca; cuando su área corresponde a más de 2000 km² (Faustino, Jorge y Jiménez, Francisco, 2002, p.25).

Para diseñar un canal se tienen que considerar distintos criterios:

Criterios hidrológicos: El periodo de retorno, el cual se toma en cuenta para la mayor parte de proyectos realizados, variando de acuerdo a la magnitud e importancia de cada uno, iniciando desde periodos de retorno de 20 hasta más de 100 años para los proyectos que tienen mayor inversión y el riesgo de falla admisible, el periodo de retorno que es la probabilidad, de simbología T es el porcentaje de la cantidad de años de ocurrencia de una eventualidad extraordinaria; por ende, se tiene una probabilidad de $1/T$ cuando un acontecimiento extremo se manifiesta cada T años (Vélez, Botero, Parra, Aristizabal y Marulanda, 2011, p.26). El Riesgo de falla admisible, es la probabilidad en la que se puede presentar un pico en la creciente de estudio alrededor de la vida útil del proyecto, que está en función con el periodo de retorno. Por tal motivo si el dueño del proyecto acepta el determinado riesgo de falla admisible, se procede a trabajar con el periodo de retorno elegido, de lo contrario se debe aumentar hasta cumplir con lo establecido, sin afectar la vida útil de la obra (Ministerio De Transportes y Comunicaciones, 2018, p.23).

Criterios hidráulicos son los que determinan las características con las que se construirá el canal, así como el tipo de material de acuerdo con la calidad de agua que se requiere y el caudal; además, se debe garantizar que la velocidad del afluente no provoque erosiones, sin ser menor de 0.60 m/s, para finalmente diseñar y construir de manera que funcione permanentemente sin dejar de lado la seguridad (Norma de obras de saneamiento OS-010, 2006).

Criterios normativos, los eventos como el fenómeno del niño costero generan grandes daños, pero es equívoco señalarlos como las causantes de las desgracias, cuando en realidad la población es la que ocupa los espacios territoriales en los que siempre han discurrido los huaicos o avenidas de aguas. En los cauces naturales o artificiales de ríos o quebradas se debe conservar una faja marginal de terreno para la protección, el libre tránsito, la vigilancia u otros servicios públicos; pero se no indica la extensión de la faja marginal, solo usos probables. Además, es evidente que las normas actuales dejan espacios para delimitar la faja marginal (Ley N° 29339, Ley de recursos Hídricos, título V). Según resolución jefatural N°332-2016-ANA, el ancho mínimo de faja marginal

para quebradas de tramos y ríos de alta pendiente (mayores a 2 %) encañonados de material rocoso es de 3 metros, y para quebradas y tramos de ríos de alta pendiente (mayores a 2 %) material conglomerado es de 4 metros.

La recopilación y análisis de información se realizó mediante el estudio de la información hidrológica, provenientes de fuentes como el ANA y SENAMHI, realizando un inventario de dicha información y Análisis de la información geológica, compuesta por la información topográfica de la que obtenemos la pendiente, red de distribución de agua y desagüe; sin dejar de lado a variables como la geología y propiedades del suelo.

Para el diseño de canales se tiene que contar con un conjunto de información básica para poder garantizar un correcto planteamiento de la sección transversal y la trazabilidad del canal, entre las cosas más importantes con las que se debe contar tenemos: fotografías aéreas e imágenes satelitales, las cuales nos sirven para establecer la ubicación exacta de la población, conocer la topografía del terreno y plantear un posible trazo a partir de esta información. Si en el área de estudio no existen datos topográficos se pasará a hacer el reconocimiento del terreno donde se establecerá el inicio del canal y el punto final del mismo, para después realizar el trazo preliminar en donde se proyectará la poligonal inicial y se realizará el levantamiento de las secciones transversales de acuerdo a criterio, para finalmente hacer el trazo definitivo en gabinete, donde se debe considerar los radios mínimos en función al caudal (Manual de Diseño de obras Hidráulicas- Autoridad Nacional del Agua, 2010, p. 7).

Las variables de estudio son variable independiente: evacuación de las aguas pluviales provenientes de la quebrada San Idelfonso y variable dependiente: canal vía tramo barrio 6 de El Porvenir- playa Huanchaco.

El problema que se ha formulado es ¿En qué medida el diseño del canal vía contribuirá con la evacuación adecuada de las aguas pluviales provenientes de la quebrada San Idelfonso desde el barrio 6 de El Porvenir hasta el balneario de Huanchaco sin que afecte a la población trujillana?

El proyecto se justifica técnica, económica y social, que en respuesta a la problemática percibida que generó el último fenómeno del niño costero a la población trujillana se propone como alternativa de solución el diseño del canal tramo barrio 6 El Porvenir - playa Huanchaco como un proyecto viable que consiste en evacuar las aguas pluviales provenientes de la quebrada San Idelfonso siguiendo su cauce natural desde su nacimiento hasta el cementerio Mampuesto lugar donde se plantea la desviación por la ruta trazada que llegará a unirse con la quebrada El León Dormido cerca al aeropuerto internacional capitán FAP Carlos Martínez de Pinillos para finalmente desembocar en la playa Huanchaco; de esta manera se evitará el desborde de la quebrada San Idelfonso, previniendo inundaciones, así mismo reducirá considerablemente el porcentaje de población afectada por el fenómeno del niño costero en la ciudad de Trujillo. Además, se ha considerado que el canal será cerrado, por lo que, sin obstaculizar el transporte de las aguas pluviales, los automóviles podrán transitar por la longitudinal del canal y tomarla como una vía alterna para acceso directo a Huanchaco y de este modo ahorrar en tiempo y economía.

El objetivo general es elaborar el diseño de un canal vía para la evacuación de aguas pluviales provenientes de la quebrada San Idelfonso, tramo barrio 6 de El porvenir – playa Huanchaco. Los objetivos específicos son: Evaluar la evacuación de aguas pluviales producidas por el fenómeno del niño en la ciudad de Trujillo antes del diseño del canal vía, Plantear la trazabilidad de la línea de conducción del canal vía en la ciudad de Trujillo, Plantear el diseño geométrico del canal, mediante el análisis de caudales máximos y caudales de diseño, Evaluar la evacuación de aguas pluviales producidas por el fenómeno del niño en la ciudad de Trujillo después del diseño del canal vía.

La hipótesis formulada es: El diseño del canal vía contribuirá con la evacuación adecuada de las aguas pluviales de la quebrada San Idelfonso desde el barrio 6 de El Porvenir hasta el balneario de Huanchaco evitando el desborde ante un inminente fenómeno del niño costero futuro.

II. METODOLOGÍA

2.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

2.1.1. TIPO DE ESTUDIO

El presente trabajo es una investigación cuantitativa, pre experimental, pues pretende determinar en qué medida el diseño del canal vía contribuirá con la evacuación adecuada de las aguas pluviales provenientes de la quebrada San Idelfonso desde el barrio 6 del Porvenir hasta el balneario de Huanchaco sin que afecte a la población trujillana.

Según la temporalidad es transversal, porque estudia el caso en un momento determinado de su evolución.

Según la orientación que asume es orientada a la aplicación, porque busca la adquisición de conocimiento con el fin de dar respuesta a problemas concretos.

2.1.2. DISEÑO DE ESTUDIO

Atendiendo al tipo de investigación pre experimental se utilizará el diseño pre - experimental de dos grupos, uno experimental y el otro de control aplicando un test y post test, además una prueba preliminar en la variable dependiente "Y". Cabe recalcar que el tratamiento (programa de sensibilización) se aplica únicamente a los sujetos experimentales y durante un tiempo establecido, luego del cual se mide a ambos grupos en la variable dependiente.

Tabla 1: *Diseño de pre prueba con dos grupos*

Grupo	Pre prueba	V. independiente	Post prueba
E	Y ₁	X	Y ₂
C	Y ₁	---	Y ₂

Donde:

E: Grupo experimental (Tramo del canal desde la desviación en el cementerio Mampuesto hasta la playa Huanchaco)

C: Grupo de control (Tramo del canal desde el Barrio 6 de El Porvenir hasta el Cementerio Mampuesto)

Y1 y Y2: Evacuación de aguas pluviales

X: Estímulo (Diseño del canal vía tramo barrio 6 de El Porvenir- playa Huanchaco)

2.2. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

2.2.1. POBLACIÓN

Longitud del canal vía desde El Porvenir (barrio 6) hasta la playa de Huanchaco.

2.2.2. MUESTRA

Para determinar el tamaño de la muestra, se utilizó el tipo de muestreo no probabilístico, debido a que la selección fue de acuerdo al criterio del investigador, perteneciendo a una muestra intencionada pues se conoce el universo.

Por lo que se requiere aplicar el pre y post test al tramo del canal vía desde la desviación del cauce natural ubicado en el cementerio Mampuesto hasta su desembocadura en la playa de Huanchaco.

2.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

2.3.1. TÉCNICAS

La observación: Es la técnica de recolección de datos a través de la percepción directa de los hechos educativos.

2.3.2. INSTRUMENTOS

- Guía de observación: Es un instrumento específico de recolección de datos, que su aplicación requiere el uso de la técnica de observación. Consiste en un listado de ítems por aspectos que guían la observación del comportamiento de los sujetos del proceso educativo motivo de investigación.
- Ficha de observación: Si a una guía se le añade recuadros para el registro de datos observados, se convierte en una ficha de observación.

2.4. PROCEDIMIENTO

La recolección de información se realiza para cada aspecto:

Análisis de impactos antes del canal vía: Consiste en recolectar información mediante una ficha de observación de cómo se realizó la evacuación de aguas pluviales en el último fenómeno del niño.

Trazabilidad de la línea de conducción del canal vía Barrio 6 El porvenir-Huanchaco: Se realizó mediante el reconocimiento de terreno y en base a planos topográficos para luego proponer una ruta que genere menor impacto negativo posible.

Planteamiento del diseño geométrico del canal: Se realizó la recolección de precipitaciones máximas mensuales de los 5 últimos años de la estación de Sinsicap, se procesó los datos mediante el método racional para determinar los caudales, posteriormente con ayuda del programa Hidroesta 2 se obtuvieron los caudales máximo y caudales de diseño, para finalmente proponer el área de la sección utilizando el caudal de diseño para un periodo de retorno de 100 años ,considerando la velocidad máxima y mínima establecida en el manual de diseño de canales de la Autoridad Nacional del Agua.

Área de la cuenca de la quebrada San Idelfonso:

Tabla 2: *Área de la cuenca*

Área de la cuenca	28.9 km ²
	2890 ha

Fuente: Propia

Precipitación de la Estación de Sinsicap:

Tabla 3: *Datos de la estación de Sinsicap*

Estación: SINSICAP		
Departamento: LA LIBERTAD	Provincia: OTUZCO	Distrito: SINSICAP
Latitud: 7°51'.75"	Longitud: 78°45'18.11"	Altitud: 2315 m.s.n.m.
Tipo: PLU - Meteorología	Código: 107059	

Fuente: SENAMHI

Tabla 4: *Precipitaciones anuales de la estación de Sinsicap*

AÑO	PRECIPITACIÓN (mm/h)
2014	0.3083
2015	0.7792
2016	1.4625
2017	2.3792
2018	0.7583
2019	1.5458

Fuente: SENAMHI

Coeficientes de escorrentía según característica de superficie:

Tabla 5: *Coeficientes de escorrentía*

Coeficiente de escorrentía				
Características de la superficie	25	50	100	150
Bosque (2 % - 7 %)	0.4	0.43	0.47	0.482

Fuente: Chow -1998

Cálculo de caudales por período de diseño: El cálculo de caudales se realiza utilizando el método racional con relación al tiempo de retorno de 25, 50, 100 y 150 años.

Según el Manual de hidrología, hidráulica y drenaje (2008, p.42) el cálculo del caudal máximo se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$Q = 0.278 CIA$$

Dónde:

Q: Caudal de diseño, correspondiente al periodo de retorno seleccionado, en m³/s.

C: Coeficiente de escorrentía.

I: Intensidad de la lluvia de diseño, en mm/h.

A: Área de la cuenca, en Ha

Tabla 6: Caudales máximos anuales en función del periodo de retorno

AÑO	PRECIPITACIÓN (mm/h)	Caudal (m3/s) (r= 25 años)	Caudal (m3/s) (r= 50 años)	Caudal (m3/s) (r= 100 años)	Caudal (m3/s) (r= 150 años)
2014	0.3083	0.9901	1.0643	1.1634	1.1931
2015	0.7792	2.502	2.6896	2.9398	3.0149
2016	1.4625	4.6963	5.0485	5.5181	5.659
2017	2.3792	7.6398	8.2128	8.9767	9.2059
2018	0.7583	2.4351	2.6177	2.8612	2.9343
2019	1.5458	4.9638	5.3361	5.8325	5.9814

Fuente: Propia

Ajustes de distribución de precipitación:

- Distribución normal:

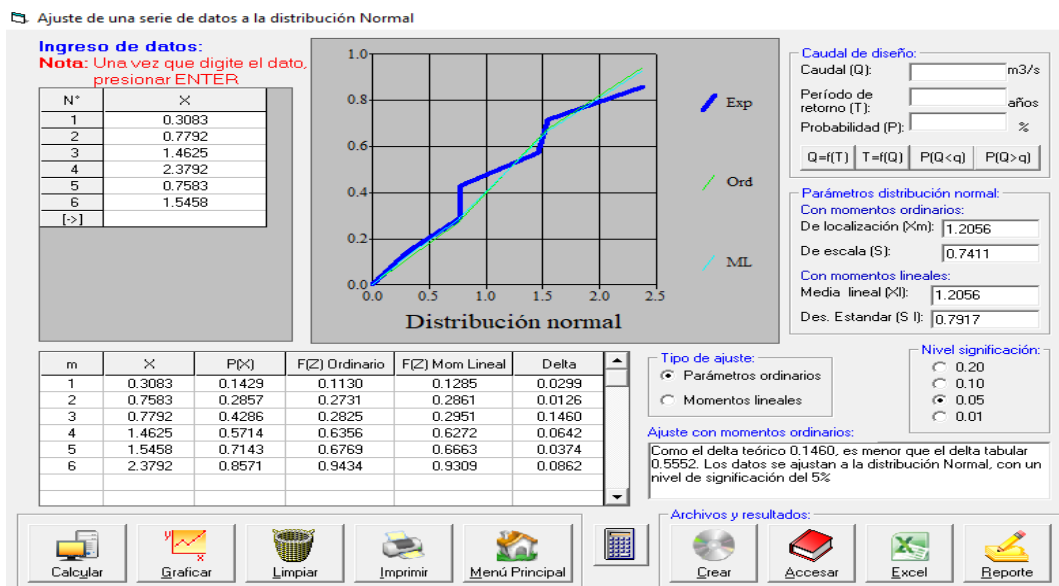


Figura 1: Verificación del ajuste con momento ordinarios mediante la distribución normal en HIDROESTA 2.

- Log Normal De 2 Parámetros

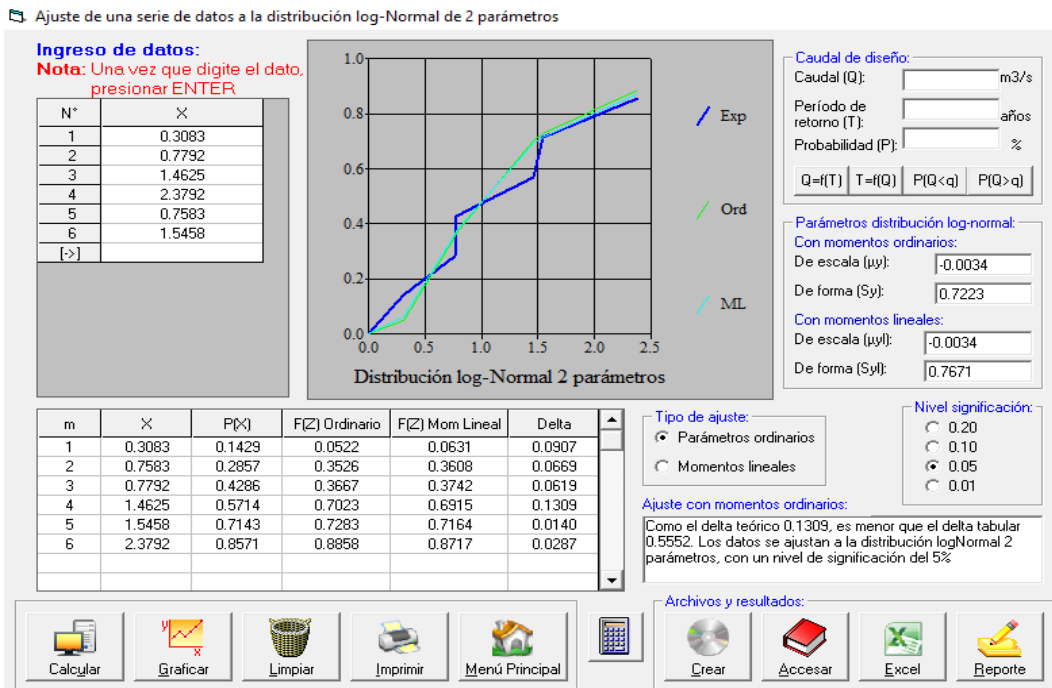


Figura 2: Verificación del ajuste con momento ordinarios mediante Log Normal De 2 Parámetros en HIDROESTA 2.

- Log Normal De 3 Parámetros

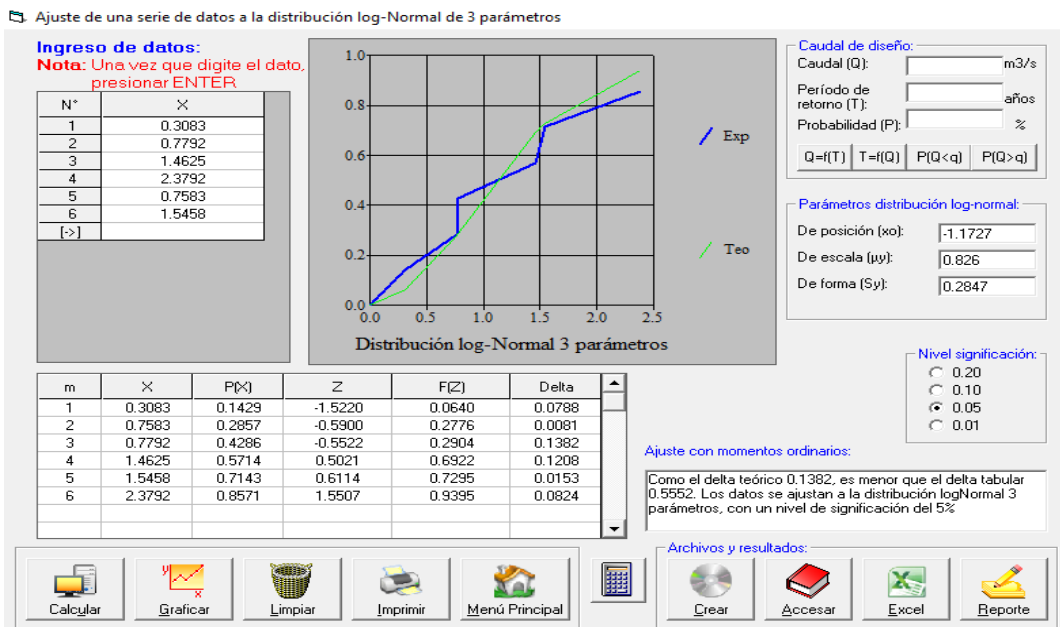


Figura 3: Verificación del ajuste con momento ordinarios mediante Log Normal De 3 Parámetros en HIDROESTA 2.

- Gamma 2 Parámetros

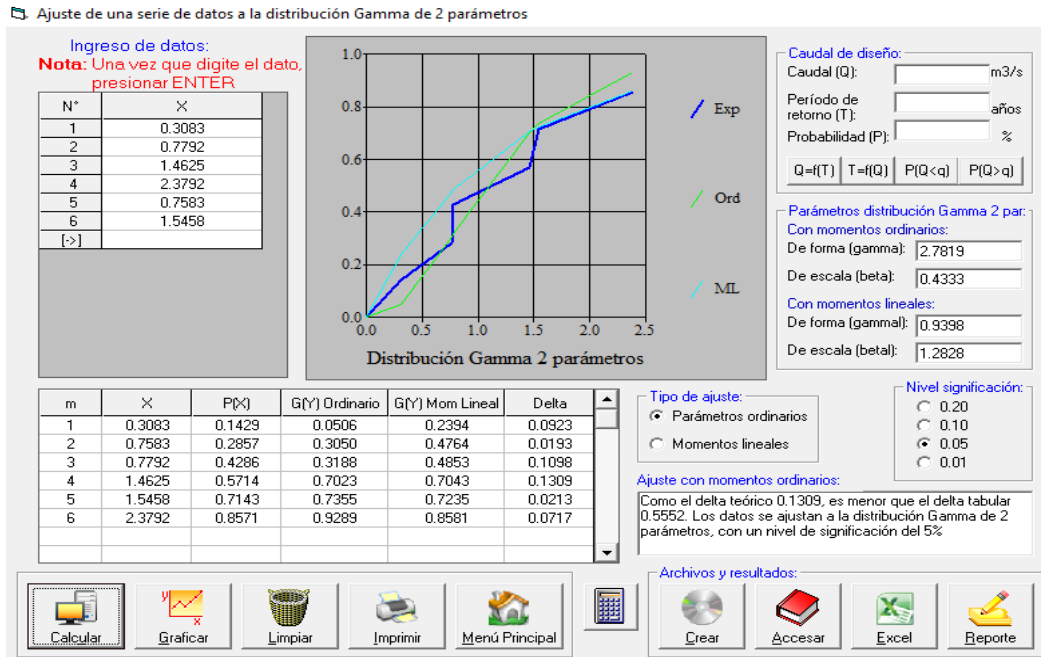


Figura 4: Verificación del ajuste con momento ordinarios mediante Gamma 2 Parámetros en HIDROESTA 2.

- Gamma 3 Parámetros

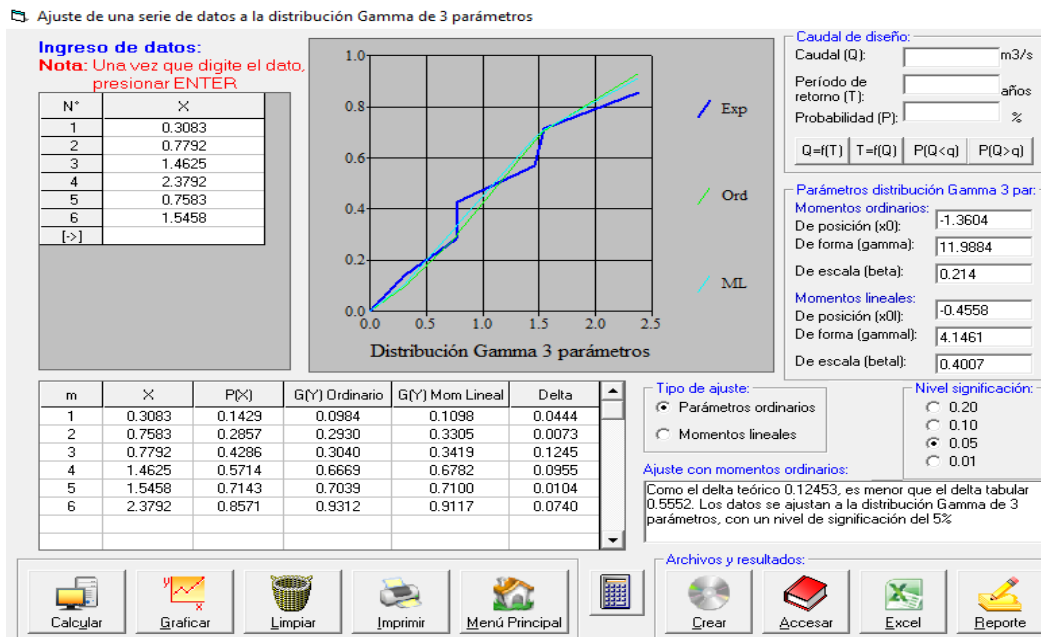


Figura 5: Verificación del ajuste con momento ordinarios mediante Gamma 3 Parámetros en HIDROESTA 2.

- Log-Pearson Tipo III

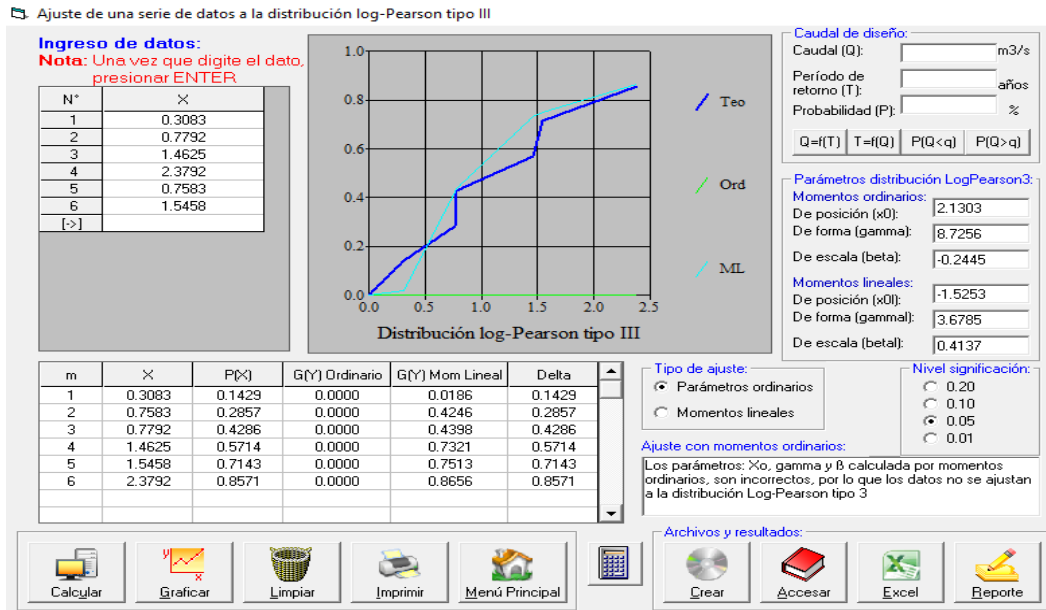


Figura 6: Verificación del ajuste con momento ordinarios mediante Log-Pearson Tipo III Parámetros en HIDROESTA 2.

- Gumbel

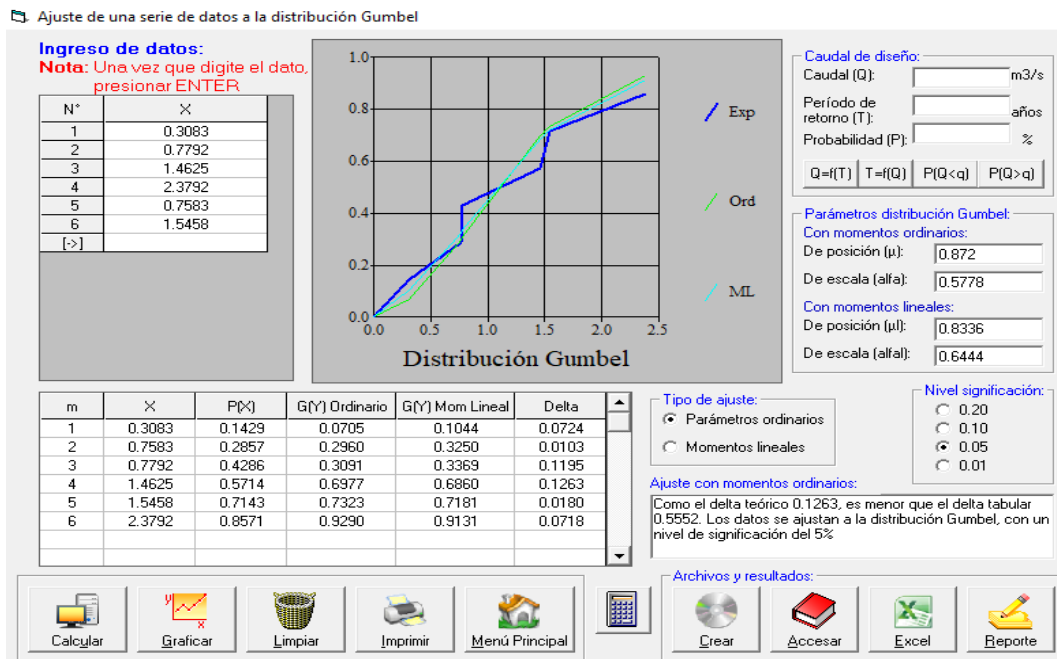


Figura 7: Verificación del ajuste con momento ordinarios mediante Gumbel en HIDROESTA 2.

- Log-Gumbel

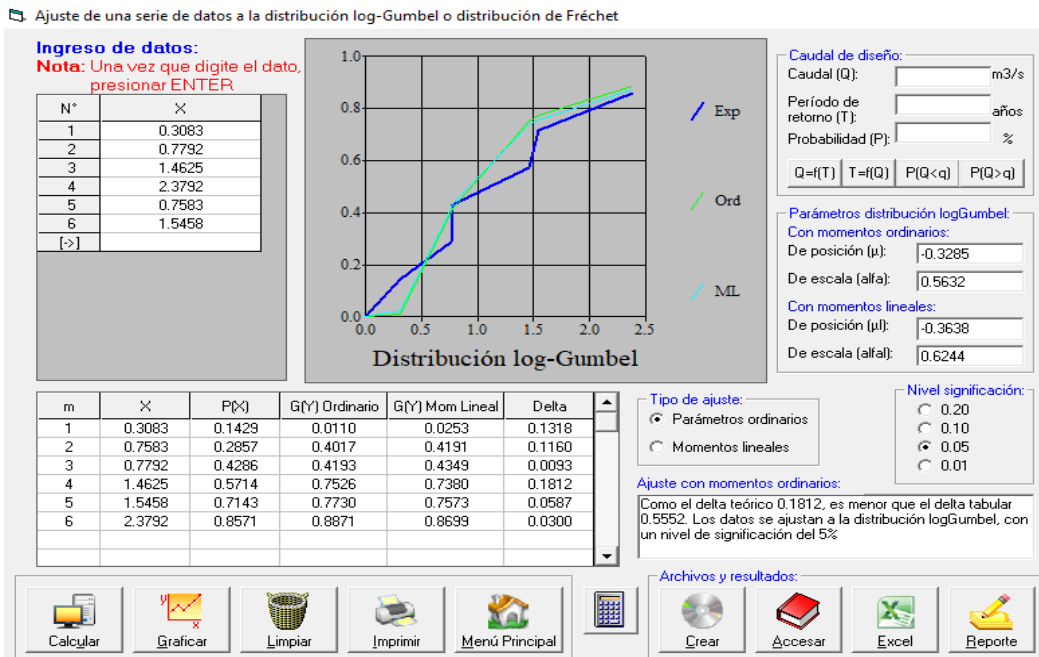


Figura 8: Verificación del ajuste con momento ordinarios mediante Log Gumbel en HIDROESTA 2.

Cálculo de caudales máximos y caudales de diseño METODO DE GUMBEL:

- Periodo de 25 años:

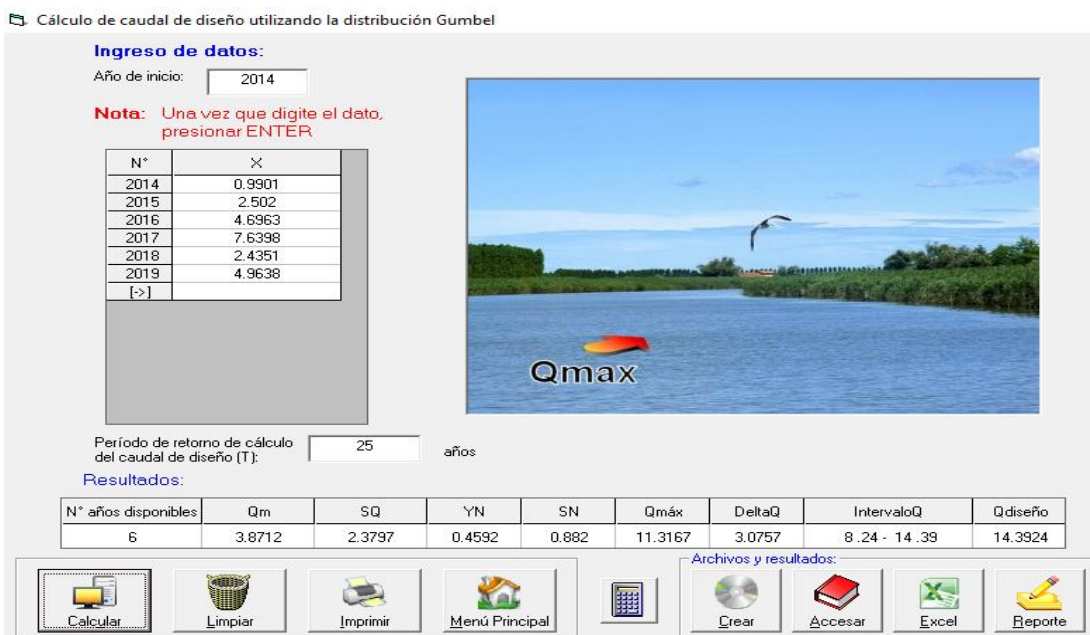


Figura 9: Caudal de diseño para un periodo de retorno de 25 años mediante Gumbel en HIDROESTA 2.


- Periodo de 50 años:

Cálculo de caudal de diseño utilizando la distribución Gumbel

Ingreso de datos:
 Año de inicio:

Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
2014	1.0643
2015	2.6896
2016	5.0485
2017	8.2128
2018	2.6177
2019	5.3361
[>]	



Periodo de retorno de cálculo del caudal de diseño (T): años

Resultados:

N° años disponibles	Qm	SQ	YN	SN	Qmáx	DeltaQ	IntervaloQ	Qdiseño
6	4.1615	2.5582	0.4592	0.882	14.1759	3.3064	10.87 - 17.48	17.4822

Archivos y resultados:

Calcular... Limpiar Imprimir Menú Principal Crear Accesar Excel Reporte

Figura 10: Caudal de diseño para un periodo de retorno de 50 años mediante Gumbel en HIDROESTA 2.


- Periodo de 100 años:

Cálculo de caudal de diseño utilizando la distribución Gumbel

Ingreso de datos:
 Año de inicio:

Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
2014	1.1634
2015	2.9398
2016	5.5181
2017	8.9767
2018	2.8612
2019	5.8325
[>]	



Periodo de retorno de cálculo del caudal de diseño (T): años

Resultados:

N° años disponibles	Qm	SQ	YN	SN	Qmáx	DeltaQ	IntervaloQ	Qdiseño
6	4.5486	2.7961	0.4592	0.882	17.6917	3.6139	14.08 - 21.31	21.3055

Archivos y resultados:

Calcular... Limpiar Imprimir Menú Principal Crear Accesar Excel Reporte

Figura 11: Caudal de diseño para un periodo de retorno de 100 años mediante Gumbel en HIDROESTA 2.

Tabla 7: Caudales de diseño en función del periodo de retorno

TR= 25 AÑOS		TR= 50 AÑOS		TR= 100 AÑOS	
Q máx (m3/s)	Q diseño (m3/s)	Q máx (m3/s)	Q diseño (m3/s)	Q máx (m3/s)	Q diseño (m3/s)
11.32	14.39	14.18	17.48	17.69	21.31

Fuente: Propia

Para el cálculo de la sección se debe tener en cuenta el tipo de material del cuerpo del canal, coeficiente de rugosidad, velocidad máxima y mínima permitida, pendiente del canal, etc. La ecuación más utilizada es la de Manning o Strickler, y su expresión es:

Fórmula de Manning:

$$Q = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{n}$$

Dónde:

Q: Caudal en m3/s

R: Radio hidráulico

S: Pendiente

n: Coeficiente de rugosidad (Hormigón, paredes rugosas)

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008) el procedimiento de más fácil aplicación y uso, la cual permite obtener la velocidad del flujo y caudal para una condición de régimen uniforme es la fórmula de Manning (p.74).

Estableciéndose la siguiente relación:

$$Q = VA$$

$$R = \frac{A}{P}$$

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

A: Área del canal: Para el cálculo se considera la velocidad máxima y

mínima permitida, y luego se promedia para obtener el área con la que se trabajará.

$$A = \frac{Q (100 \text{ años})}{V}$$

Velocidad máxima: la U.S. BUREAU OF RECLAMATION, recomienda que, para canales revestidos, las velocidades no deben exceder de 3.0 m/seg. (Manual de Diseño de obras Hidráulicas- Autoridad Nacional del Agua, 2010, p. 16).

$$A = \frac{21.31 \text{ m}^3/\text{s}}{3 \text{ m/s}}$$

$$A_{\text{min}} = 7.1033 \text{ m}^2$$

Velocidad mínima: 0.8 m/s, se considera la más apropiada que obstaculiza el crecimiento de vegetación en el canal y no permite sedimentación. (Manual de Diseño de obras Hidráulicas- Autoridad Nacional del Agua, 2010, p. 15).

Para este caso se consideró una velocidad mínima de 1 m/s.

$$A = \frac{21.31 \text{ m}^3/\text{s}}{1 \text{ m/s}}$$

$$A_{\text{máx}} = 21.31 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{prom}} = \frac{(A_{\text{min}} + A_{\text{máx}})}{2} = \frac{(7.1033 + 21.31)}{2} = 14.207 \text{ m}^2$$

Obteniendo como resultado que la velocidad de diseño es: 2.0 m/s

Debido a que el canal será revestido la sección será rectangular (Villón, 2007, p.18).

Por lo tanto, la fórmula es la siguiente:

$$A = b * y$$

$$A = 8 \times 1.8 = 14.4 \text{ m}^2$$

Dónde:

b: Ancho de fondo

y: Altura máxima del agua en el centro del canal.

Adecuándonos a las condiciones topográficas del lugar el ancho de fondo del canal se considera el valor de 8m.

Para el cálculo de la altura máxima de agua en el centro de canal, se tiene la siguiente formula:

$$y = \frac{A}{b}$$

Dónde:

A: área del canal

b: Ancho de fondo

$$y = \frac{14.207}{8} = 1.776m$$

Se asume una altura de 1.80 m

Borde libre:

$$h - y = \frac{y}{5}$$

$$BL = \frac{1.8}{5} = 0.36$$

Se asume un borde libre de 0.40 m

Perímetro mojado:

$$P = b + 2y$$

$$P = 8 + 2(1.8) = 11.6 m$$

Radio hidráulico:

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{14.4}{11.6} = 1.24 m$$

Aplicando la fórmula de Manning, se halla la pendiente con la que se trabajará:

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} ; S = \left(\frac{V \cdot n}{R^{2/3}} \right)^2$$

$$R = 1.24 m$$

$$V = 2 m/s$$

$$n = 0.015 \text{ (Tabla)}$$

$$S = \left(\frac{2 * 0.015}{1.24^{2/3}} \right)^2 * 100 = 0.07\%$$

El revestimiento del canal tendrá un espesor de 10 cm, por ser un canal grande. (Manual de Diseño de obras Hidráulicas- Autoridad Nacional del Agua, 2010, p. 17).

2.5. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

Los datos fueron procesados en el programa HIDROESTA 2 para calcular los caudales máximos y de diseño en un período de retorno. Así también Excel, canal y AutoCAD.

2.6. ASPECTOS ÉTICOS

Se determinó la veracidad de los datos, la validez de la información, así como el respeto a la biodiversidad y al medio ambiente.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. RESULTADOS

- Mediante la ficha de observación se determinó que la evacuación de las aguas pluviales en el último fenómeno de EL Niño no se realizó de la manera adecuada produciendo que las aguas de la lluvia ingresaran e inundaran el centro de la ciudad, generando diversos impactos negativos.
- La trazabilidad del canal vía tramo barrio 6 El Porvenir – playa Huanchaco se realizó analizando la topografía del terreno y la distribución urbanística de tal manera que la conducción de las aguas pluviales sea efectiva y genere el menor impacto a la población en su trayectoria.
- Se logró plantear el diseño geométrico del canal vía mediante el análisis de caudales máximos y de diseño, definiéndolo como un canal cerrado con sección rectangular de 8 m de ancho de fondo y 2.2 m de altura máxima.
- Por medio de la maqueta se logró demostrar que el diseño del canal vía

con su funcionamiento evacuará adecuadamente las aguas pluviales desde el nacimiento del cauce de la quebrada San Idelfonso hasta su desembocadura sin provocar daños a la ciudad de Trujillo.

3.2. DISCUSIÓN

En concordancia con el proyecto de infraestructura pluvial publicado en el Diario La Opinión, el diseño del canal vía tramo barrio 6 El Porvenir – playa Huanchaco es una nueva ruta para la evacuación de aguas pluviales que permitirá derivar eficazmente el caudal desde el inicio del cauce de la quebrada San Idelfonso realizando una derivación con dirección hasta la playa Huanchaco donde será la desembocadura previniendo que la población trujillana corra riesgo de inundaciones y se vea afectada.

Con referencia al canal vía construido en la ciudad de Sullana, el fenómeno del niño costero también fue la causa principal por la que se ha propuesto el diseño del canal vía en la ciudad de Trujillo, con este proyecto se plantea como función principal derivar las aguas pluviales de la quebrada San Idelfonso hasta la playa Huanchaco lo cual para su diseño se calculó el caudal máximo y de diseño para un periodo de retorno de 100 años. Considerando aspectos topográficos y urbanísticos se cree que el diseño de un canal vía abierto no sería la mejor opción para la evacuación de las aguas de la lluvia.

De acuerdo con el enfoque que se le dio al proyecto del canal seco en Honduras, el canal vía también será una trayectoria más directa con la que se pretende unir los distritos de El Porvenir, Florencia de Mora, La Esperanza con Huanchaco y contará con 2 carriles y una longitud de 15 kilómetros lo que permite un ahorro de tiempo de viaje a comparación de la ruta que generalmente se toma para llegar al distrito de Huanchaco.

IV. CONCLUSIONES

- Se evaluó que la evacuación de las aguas pluviales de la quebrada San Idelfonso en el último fenómeno del niño no fue la adecuada frente a la gran magnitud de su caudal.
- Se plateó la trazabilidad de línea de conducción del canal vía tramo barrio 6 El Porvenir – playa Huanchaco en la ciudad de Trujillo en la que se ha identificado la ruta más efectiva que tendrá que seguir el caudal.
- Se planteó el diseño geométrico del canal vía con los cálculos de caudal de diseño en un periodo de retorno de 100 años.
- Se demostró mediante una maqueta que el diseño del canal vía en la ciudad de Trujillo garantiza la adecuada evacuación de aguas pluviales provenientes de la quebrada San Idelfonso.

V. RECOMENDACIONES

- Al diseñar un canal que dividirá una ciudad se debe tomar en cuenta los sistemas de red de agua potable y alcantarillado para evitar generar daños secundarios a la población.
- Plantar árboles en la cuenca donde está ubicada la quebrada con el fin de reducir la precipitación.
- Implementar áreas verdes en la berma central del canal.
- En el tramo desde el inicio hasta la desviación se deben colocar rejillas con el fin de retener los sólidos transportados por el caudal.

REFERENCIAS

- Aurazo, Johnny. Lluvias en Trujillo: así fue el primer huaico durante El niño costero del 2017 [en línea]. El Comercio.15 de marzo del 2019. [Fecha de consulta:13 se septiembre de 2019].
Disponibile en: <https://elcomercio.pe/peru/la-libertad/lluvias-trujillo-primer-huaico-nino-costero-2017-fotos-noticia-617138>
- Infraestructura de datos espaciales del SENAMHI. [En línea]. Lima, SENAMHI, [fecha de consulta: 13 se septiembre de 2019].
Disponibile en:http://ideseq.senamhi.gob.pe/portalideseq/ideseq_tema_evento_el_nino_la_nina_nino_2017.jsp
- Construcción de 800 metros de vía-canal en Salgar avanza en un 70% [en línea]. El heraldo.07 de abril del 2019. [Fecha de consulta: 29 de noviembre del 2019].
Disponibile en: <https://www.elheraldo.co/atlantico/construccion-de-800-metros-de-canal-en-salgar-avanza-en-un-70-617334>
- BEJARANO M.D., SORDO-WARD A., GABRIEL-MARTIN I., GARROTE L. *Journal of Hydrology*, [online]. 572. May 2019. [consultation date: 27 Setember 2019]. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002216941930229X>
- Canal Verde Interoceánico de Costa Rica [en línea]. Voz de Goicochea.3 de Julio del 2019. [fecha de consulta:29 de septiembre del 2019].
Disponibile en: <https://www.lavozdegoicochea.info/2019/03/canal-verde-interoceanico-de-costa-rica.html>
- Honduras ultima un canal seco para unir el Atlántico y el Pacífico [en línea]. ABC Internacional.7 de agosto del 2018. [fecha de consulta:29 de septiembre del 2019].
Disponibile en: https://www.abc.es/internacional/abci-honduras-ultima-canal-seco-para-unir-atlantico-y-pacifico-201808061700_noticia.html
- El túnel debajo del Río Rímac [en línea]. LAMSAC.2017 [fecha de consulta: 27 de Noviembre del 2019].
Disponibile en: <http://www.lamsac.com.pe/obras/nueva-via-expresa/tunel>
- Canalizarán aguas lluvias de Cúcuta [en línea]. La Opinión. 5 de Julio del

2016 [fecha de consulta: 27 de Noviembre del 2019].

Disponible en: <https://www.laopinion.com.co/cucuta/canalizaran-aguas-lluvias-de-cucuta-114792>

- Cama-Pinto, A., Acosta-Coll, M., Pineres-Espitia, G., Caicedo-Ortiz, J., Zamora-Musa, R. y Sepúlveda-Ojeda, J., Diseño de una red de sensores inalámbricos para la monitorización de inundaciones repentinas en la ciudad de Barranquilla, Colombia, doi: 10.4067/S0718-33052016000400005, Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 24(4), 581-599 (2016).

Disponible en:
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052016000400005

- WURL JOBST, GARCÍA CYNTHIA, IMAZ MIGUEL, Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, [online]. 87. Agosto del 2015. [Fecha de consulta: 29 Setiembre del 2019].

Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0188461115300182>

- El canal vía de Sullana [en línea]. Diario el correo. 11 de enero del 2010. [fecha de consulta:27 de noviembre del 2019].

Disponible en: <https://diariocorreo.pe/opinion/el-canal-via-de-sullana-262250/>

- Ramakrishna, B. 1997. Estrategia de Extensión para el Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas: Conceptos y Experiencias. San José, IICA/ GTZ
- Querol, María. 2003. Estudio sobre los convenios y acuerdos de cooperación entre los países de América Latina y el Caribe, en relación con sistemas hídricos y cuerpos de agua transfronterizos. Santiago de Chile, CEPAL, Serie Recursos Naturales e Infraestructura No 64, noviembre de 2003.

Disponible en: eclag.org/publicaciones/RecursosNaturales/2/LCL2002PE/lcl2002e.pdf.

- Cuencas Hidrográficas, descentralización y desarrollo regional participativo [en línea] Vol. VII. Costa Rica. Intersedes. 1 de diciembre

2006.

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=66612867008>

- (Ley N° 29338, Ley de recursos Hídricos, título V)
- Resolución Jefatural N°332-2016-ANA
- FAUSTINO, Jorge y JIMÉNEZ, Francisco. Manejo de cuencas hidrográficas. [en línea]. Costa Rica, 2002. [fecha de consulta: 29 de setiembre 2019].

Disponible en: sidalc.net/REPDOC/A5762E/A5762E

- Ministerio de Transportes y comunicaciones. Manual de hidrología, hidráulica y drenaje. Perú: MTC, 2008.42 pp.
- Ministerio de Transportes y comunicaciones. Manual de hidrología, hidráulica y drenaje. Perú: MTC, 2008.74 pp.
- Autoridad Nacional del Agua. Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico. Perú: ANA, 2010.16 pp.
- Autoridad Nacional del Agua. Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico. Perú: ANA, 2010.15 pp.
- VILLÓN, Máximo. Hidráulica de canales. 2ª.ed. Lima-Perú: Villón,2007.18 pp.
ISBN:99778-66-081-6
- Autoridad Nacional del Agua. Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico. Perú: ANA, 2010.17 pp.


ANEXOS

Tabla 8: Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
DISEÑO DEL CANAL VÍA BARRIO 6 EL PROVENIR - PLAYA HUANCHACO	Es el planteamiento hidráulico en el que se determina estrategias de funcionamiento del sistema de evacuación (ANA, 2010, p.6).	Mediante datos hidrológicos, geológicos, topográficos y criterios normativos.	Con canal vía	De razón
			Sin canal vía	
EVACUACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES	Recolección, transporte, almacenamiento y drenaje de las aguas pluviales mediante una estructura (Decreto Legislativo N° 1356).	Mediante el caudal.	Avenidas pluviales máximas	De razón

Fuente: Propia

Tabla 9: Ficha de observación directa

FICHA DE OBSERVACIÓN DIRECTA	
Ficha de observación n° 01	Proceso investigativo: CAUCE DE LA QUEBRADA SAN IDELFONSO
	Equipo de observación: DIAZ RAMOS JOSE, FLORES OCAÑA FRANK, GERMAN ROSAS ERIKA, RIOS VILLANUEVA LORENA
Fecha:	CALIDAD DE VIDA DE LA POBLACIÓN
Hora:	
Lugar:	SERVICIOS BÁSICOS
	TRANSITABILIDAD
	ACTIVIDADES ECONÓMICAS
	-MEDIO AMBIENTE

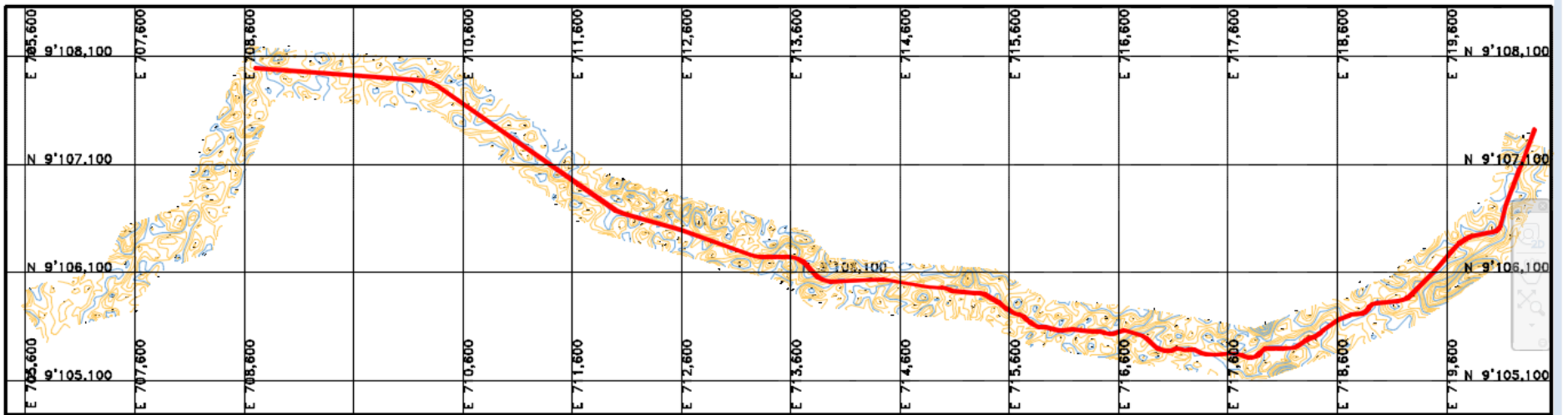


Figura 12: Plano topográfico del recorrido del canal vía

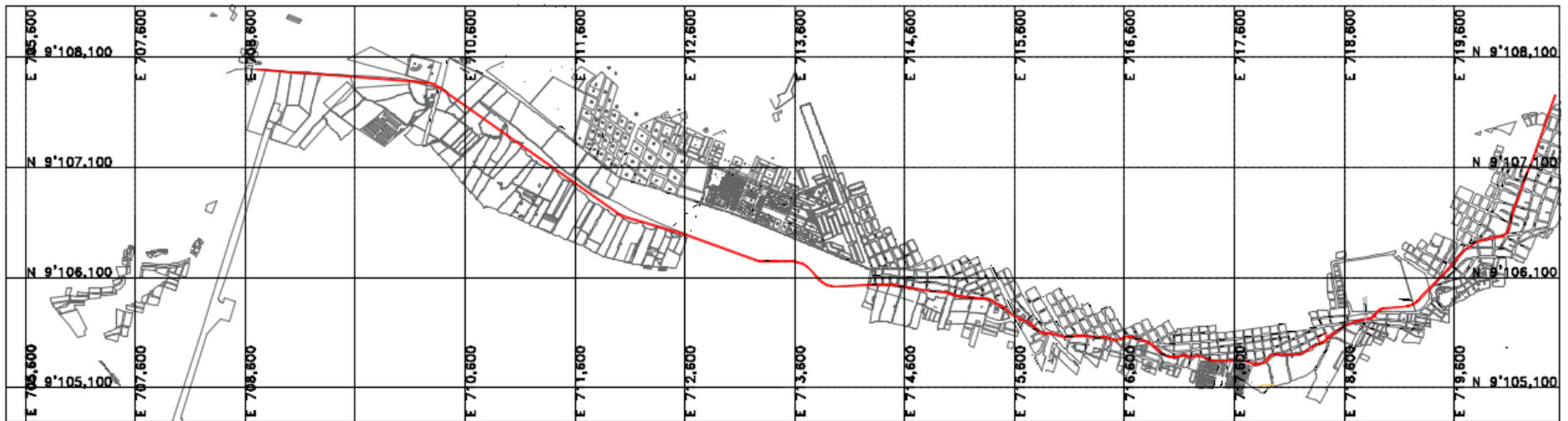


Figura 13: Plano catastral del recorrido del canal vía