



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Análisis hidrológico y diseño de un sistema de drenaje pluvial  
para el área urbana en la ciudad de Andahuaylas”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Oscoco Rincón, Franklin Lennart (ORCID: 0000-0002-0190-1404)

Pastor Torres, Eduard (ORCID: 0000-0003-4908-8843)

**ASESORA:**

Mg. Ing. Gallo Gallo, Teodora Margarita (ORCID: 0000-0001-5793-3811)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento**

CALLAO - PERÚ

2022

## **DEDICATORIA**

Queremos dedicar esta tesis a Dios por brindarnos su bendición a diario y acompañarnos en cada instante de nuestras vidas, a nuestros padres, ellos fueron el impulso para seguir adelante y lograr nuestras metas, A todos nuestros amigos, a los que se han convertido en familia. Quienes pasaron días y noches motivando esta iniciativa de concluir esta tesis.

## **AGRADECIMIENTO**

En especial a nuestros padres ya que ellos han sido siempre el motor que impulso nuestros sueños y esperanzas, quienes estuvieron siempre a nuestro lado en los días y noches más difíciles durante nuestras horas de estudio. Siempre han sido nuestras mejores guías de vida. Hoy cuando concluimos esta tesis, les dedicamos a ustedes este nuestro logro amado padres, como una meta más conquistada. Orgullosos de tenerlos a nuestro lado en estos momentos tan importantes para nosotros.

Gracias por ser quienes son y por creer en nosotros.

<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b>	
<b>DEDICATORIA</b>	ii
<b>AGRADECIMIENTO</b>	iii
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b>	iv
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	v
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	vi
<b>RESUMEN</b>	vii
<b>ABSTRACT</b>	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	9
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	13
<b>III. METODOLOGÍA</b>	19
<b>3.1. Tipo y diseño de investigación</b>	19
<b>3.1.1. Tipo de investigación</b>	19
<b>3.2. Variables y Operacionalización.</b>	19
<b>3.3. Población muestra y muestreo, Unidad de análisis</b>	20
<b>3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b>	21
<b>3.5. Procedimiento</b>	21
<b>3.6. Método de análisis de datos</b>	23
<b>3.7. Aspectos éticos</b>	23
<b>IV. RESULTADOS</b>	24
<b>V. DISCUSIÓN</b>	75
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	78
<b>VII. RECOMENDACIONES</b>	81
<b>ANEXOS</b>	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Zona de estudio para hacer el alcantarillado pluvial .....	9
Figura 2: Inundaciones en épocas de lluvia en las principales vías de la ciudad de Andahuaylas...	10
Figura 3: cuenca hidrológica exorreica .....	16
Figura 4: Curva Intensidad – Duración – Tiempo de Retorno Estación San Jerónimo – Andahuaylas .....	34

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos Estación Meteorológica San Jerónimo - Andahuaylas .....	25
Tabla 2: Precipitación máxima en 24 horas( estación san jerónimo-Andahuaylas) .....	25
Tabla 3: Prueba Kolmogorov-Smirnov - Precipitaciones Máximas 24 Horas Estación Pluviométrica: San Jerónimo.....	27
Tabla 4: Ajuste de serie de datos a la distribución Log Normal de 3 parámetros. ....	28
Tabla 5: Lluvia máxima para diferentes duraciones – Criterio Grobe como Dyck y Peshke Estación: San Jerónimo.....	29
Tabla 6: Precipitación Máxima 24 horas para la Distribución Log Normal 3 parámetros Estación: San Jerónimo.....	29
Tabla 7: Precipitación Máxima 24 Horas - Ajustada para Tr .....	30
Tabla 8: Intensidades máximas para diferentes duraciones – Criterio Grobe como Dyck y Peshke Estación: San Jerónimo .....	32
Tabla 9: Intensidades máximas para diferentes duraciones y periodos de retorno – Criterio Grobe como Dyck y Peshke Estación: San Jerónimo.....	33
Tabla 10: Valores de Intensidades máximas para diferentes duraciones D en min y para T = 5, 10, 20 y 50 años – Criterio Grobe como Dyck y Peshke Estación: San Jerónimo.....	33
Tabla 11: Parámetros de la cuenca de estudio. ....	36
Tabla 12: Datos de la cuenca de estudio - A. ....	37
Tabla 13: Datos de la cuenca de estudio - B .....	37
Tabla 14: Intensidad Máxima – valores de T, D y I <sub>max</sub> .....	37
Tabla 15: Caudal máximo producido en la cuenca de estudio-Método Racional para periodo de retorno de 10 años.....	38
Tabla 16: Datos para la obtención de Coeficiente Ponderado-Método Racional con Dyck y Peshke .....	38
Tabla 17: Intensidades Máximas para diferentes duraciones y periodos de retorno-Metodo Racional con Dyck y Peshke .....	39
Tabla 18: Características Físicas de la cuenca colectora del sumidero Ubicación 674197.493, 8489828.132. ....	41
Tabla 19: Cuadro de tramos y caudales de acuerdo a su respectivo tramo .....	44
Tabla 20: Coeficiente de escorrentía, método racional.....	45
Tabla 21: Caudales originados por las áreas de la zona urbana en estudio. Sin tomar en cuenta el caudal máximo .....	45
Tabla 22: Calculo de altura de cuneta rectangular a partir del caudal, ancho de solera “b”, pendiente “s” y coeficiente de rugosidad “n”.....	46
Tabla 23: Calculo de altura asumida para no generar diferentes dimensiones en las cunetas.....	46
Tabla 24: Caudales originados por cada tramo incluido el caudal máximo de la zona urbana en estudio.....	47
Tabla 25: Calculo de altura de cuneta rectangular a partir del caudal, ancho de solera “b”, pendiente “s” y coeficiente de rugosidad “n”.....	48
Tabla 26: Calculo de altura asumida para no generar diferentes dimensiones en las cunetas.....	48

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “Análisis hidrológico y diseño de un sistema de drenaje pluvial para el área urbana en la ciudad de Andahuaylas”, tiene como objetivo la de analizar la hidrología para el diseño del sistema de drenaje pluvial urbano, en el sector del Jr. Ramón Castilla y aledaños en el centro de la ciudad de Andahuaylas, en el departamento de Apurímac. Para la cual se utilizó la tipología del tipo experimental dado que en base a la data obtenida fue a partir de las precipitaciones i/o hidrología de la zona en estudio. En cuanto al diseño de la investigación se realizó un diseño no experimental, puesto que, lo que se propone es una solución alterna respecto al sistema de alcantarillado específicamente en cuanto a aguas pluviales. La investigación tiene un enfoque cuantitativo ya que analiza y recopila la data de la hidrología de las precipitaciones pluviales en la provincia de Andahuaylas, esta data se obtiene a partir de órganos como SENHAMI, y otros proyectos antecesores ligados a la hidrología y consecuente diseño de evacuación de aguas pluviales en la zona de Andahuaylas. Se diseñó un sistema de alcantarilla tipo cajón de concreto armado según norma ASSHTO y la NTP E060.

**Palabras clave:** Alcantarilla, hidrología y diseño pluvial

## **ABSTRACT**

The present research work entitled "Hydrological analysis and design of a storm drainage system for the urban area in the city of Andahuaylas", has as its objective to analyze the hydrology for the design of the urban storm drainage system, in the sector of the Jr. Ramón Castilla and surroundings in the center of the city of Andahuaylas, in the department of Apurímac. For which the typology of the experimental type was used since based on the data obtained it was from the rainfall and/or hydrology of the area under study. Regarding the design of the research, a non-experimental design was carried out, since what is proposed is an alternative solution regarding the sewage system specifically in terms of rainwater. The research has a quantitative approach since it analyzes and collects data on the hydrology of rainfall in the province of Andahuaylas, this data is obtained from bodies such as SENHAMI, and other predecessor projects linked to hydrology and consequent evacuation design. of rainwater in the Andahuaylas area. A reinforced concrete box-type sewer system was designed according to the ASSHTO standard and NTP E060.

**Keywords:** Culvert, hydrology and storm design



## I. INTRODUCCIÓN

En la provincia de Andahuaylas ciudad, las precipitaciones pluviales que se generan sobre todo entre los meses de Diciembre a Marzo, generan desazón y malestar en las familias y vecinos que viven aledaños a las vías en las cuales se genera inundaciones, sobre todo en la parte del casco central de la ciudad, llámese el Jr. Guillermo Cáceres y el Jr. Juan Antonio Trelles, utilizado en esta tesis como vía longitudinal y como vía transversal el Jr. Constitución, el Jr. Ramón Castilla y el Jr. Juan F. Ramos, tomada como zona de estudio, las cuales generan afluencia de las escorrentías pluviales dicha inundación, como se muestra en las figura. 1, esto debido a la pendiente y la geografía de la ciudad en sí ya que es un valle con cierta inclinación hacia el río Chumbao que surca dicho valle hace que las aguas fluyan naturalmente por gravedad, sin embargo, las calles longitudinales las cuales están en sentido transversal al fluido de las aguas se quedan estancadas generando las inundaciones.

*Figura 1: Zona de estudio para hacer el alcantarillado pluvial*



*Fuente: Google Earth*

La precipitación pluvial no solamente afecta a las viviendas, sino que también a los negocios y entidades financieras que se encuentran en Jr. Ramón Castilla los cuales tiene que utilizar incluso bombas para poder drenar las precipitaciones

pluviales. En las figuras 2 se muestran cómo es que quedan las calles luego de las precipitaciones pluviales sobre todo cuando estas son intensas.

*Figura 2: Inundaciones en épocas de lluvia en las principales vías de la ciudad de Andahuaylas*



*Fuente: propia*

Debido a las precipitaciones también el alcantarillado colapsa frente a las lluvias el cual genera aniegos brotando pestilencia y mucha contaminación en las calles de la ciudad.

La propuesta de diseño de un sistema de Drenaje Pluvial para la zona el Jr. Guillermo Cáceres, Jr. Juan Antonio Trelles, Jr. Constitución, Jr. Ramón Castilla y el Jr. Juan F. Ramos y alrededores de la ciudad de Andahuaylas - Apurímac, se da debido a una insuficiente existencia de un sistema de evacuación de las aguas pluviales; por tal motivo es que se realiza el presente estudio hidrológico para tener los parámetros necesarios y luego hacer un modelo de drenaje la cual podrá mitigar dichas incomodidades en la ciudadanía.

En cuanto a la viabilidad; para la obtención de datos se pedirá información a la municipalidad provincial de Andahuaylas, datos como el plano topográfico, suelos y el plano catastral de la zona urbana de la provincia, los datos de pluviometría se podrán obtener a partir de la entidad SENHAMI, y los demás gastos serán costeados por los tesisistas.

**El problema general es:**

¿De qué manera el análisis hidrológico influye en el diseño del sistema de drenaje pluvial urbano en los Jirones Jr. Guillermo Cáceres, Jr. Juan Antonio Trelles, Jr. Constitución, Jr. Ramón Castilla y el Jr. Juan F. Ramos y alrededores de la ciudad de Andahuaylas, en el departamento de Apurímac?

Mientras que los problemas específicos son los siguientes:

- ¿De qué manera el análisis hidrológico influye en el diseño de las obras superficiales de captación del sistema de drenaje pluvial urbano?
- ¿Cómo determinar mediante un estudio hidrológico el caudal de diseño de los sistemas de drenaje pluvial?
- ¿Cuál es la variabilidad en cálculos que se genera para un diseño pluvial urbano con diseño de tiempos de retorno de 10 y 25 años en la zona de estudio?

### **Justificación del problema**

El desarrollo de esta investigación consiste principalmente en la identificación y análisis de los problemas que existen dentro de la ciudad de Andahuaylas; como también del estudio hidrológico de la micro cuenca en la zona y las soluciones para luego posteriormente proceder a diseñar la solución más satisfactoria. Es preciso mencionar que los problemas que sufre el área urbana de la ciudad de Andahuaylas a falta de un sistema de evacuación de las aguas pluviales que en lo esencial son la contaminación del medio ambiente, la propagación de enfermedades y el deterioro de las calles y cabe señalar que también no existe un sistema adecuado de drenaje para las aguas pluviales dentro de la zona en estudio, por lo que las aguas de precipitación pluvial corren por las calles del sector en estudio. La solución adoptada en esta investigación es el diseño hidrológico y estructural de un sistema de drenaje pluvial en el área de estudio, asimismo el desarrollo de esta investigación es de gran importancia, porque se pretende dar solución al estado actual del sistema de drenaje pluvial del centro de la ciudad de Andahuaylas, por este motivo se plantea hacer análisis hidrológico y diseño de un sistema de drenaje pluvial para el área del centro de la ciudad de Andahuaylas donde se genere una estrategia para mejorar la capacidad de drenaje de las redes de alcantarillado para evacuar de manera rápida las aguas pluviales.

### **El objetivo general del presente estudio es:**

Analizar la hidrología para el diseño del sistema de drenaje pluvial urbano, en los Jirones Jr. Guillermo Cáceres, Jr. Juan Antonio Trelles, Jr. Constitución, Jr. Ramón Castilla y el Jr. Juan F. Ramos y aledaños en el centro de la ciudad de Andahuaylas, en el departamento de Apurímac.

Mientras que los objetivos específicos serán los siguientes:

- Analizar la hidrología del sector para el diseño de las obras superficiales de captación del sistema de drenaje pluvial urbano en la zona de estudio.
- Determinar los parámetros hidrológicos para el diseño del sistema de drenaje pluvial para el centro de la ciudad de Andahuaylas.
- Determinar la diferenciación en los cálculos que se generará a partir de entre un diseño para un periodo de retorno de 10 y otro de 25 años.

**La hipótesis general es:**

El análisis hidrológico influye en el diseño del sistema de drenaje pluvial, en los Jirones Jr. Guillermo Cáceres, Jr. Juan Antonio Trelles, Jr. Constitución, Jr. Ramón Castilla y el Jr. Juan F. Ramos y aledañas en la ciudad de Andahuaylas, en el departamento de Apurímac.

**Mientras que las hipótesis específicas son las siguientes:**

- El análisis hidrológico influye en el diseño de las obras superficiales de captación del sistema de drenaje pluvial urbano.
- El análisis hidrológico influye en el diseño del alcantarillado pluvial.
- El diseño según al tiempo de retorno de entre 10 años y de 25 años es muy diferenciable.

## II. MARCO TEÓRICO

Según (Br. Geldres Rios, 2020) en su tesis “propuesta del sistema de drenaje pluvial urbano del distrito de Iquitos” propone un sistema de drenaje pluvial que se encargue de evacuar de manera correcta las aguas producto de las precipitaciones pluviales en la parte urbana del distrito de Iquitos que es el lugar de estudio del autor, para ello busca realizar estudios que le permitan diseñar un sistema empleando un tipo de modelamiento por computadora, utilizando e implementando un sistema y que busca beneficiar al sector en estudio, también el autor hace una evaluación de las fallas que existen en el drenaje actual del distrito

(Jhon Williams, 2021) en su tesis “Diseño del sistema de drenaje pluvial urbano en la avenida 28 de agosto del distrito de Amarilis, Huánuco-2019” propone hacer una mejora en lo que es el encausamiento de las aguas producto de las precipitaciones pluviales de esta manera evitar los daños que estas generan como son las inundaciones en la Av. 28 de agosto que es su área de estudio, también utiliza criterios basados en la norma OS.060( drenaje pluvial urbano), también propone la implementación de un sistema de sedimentadores que eviten la colmatación del sistema a emplear e incluye como parte de su investigación la evaluación física del sistema de drenaje pluvial existente mediante fichas de evaluación, también hace el uso del software de modelamiento matemático SWMM 5 vE para un modelamiento y diseño hidrológico

(Pedro Diego, 2021) en su tesis “Diseño de un sistema de drenaje pluvial urbano en la ciudad de Otuzco, La libertad mediante el uso del modelamiento matemático SWMM” propone realizar un diseño de un sistema de drenaje pluvial urbano haciendo el uso de un software de modelamiento matemático SWMM para la ciudad de Otuzco, donde realiza un análisis hidrológico para poder determinar las características físicas de la zona en estudio, con esos valores el autor simula un tipo de modelamiento matemático que permita realizar un drenaje pluvial urbano más óptimo, calculando el caudal de diseño así como también lo que son los tirantes

máximos como resultado obtiene un buen desempeño hidráulico que cumplan con las normativas vigentes existentes

(Wilmer Moises, 2021) en su tesis “Análisis y diseño del sistema de drenaje pluvial urbano del distrito de Patapo, provincia de Chiclayo, región Lambayeque” plantea un diseño de un sistema de drenaje pluvial para el distrito de Patapo para evitar las inundaciones generadas por las precipitaciones pluviales que generan daños a nivel socioeconómico de esta manera siendo directamente la población la más afectada por la exposición de contraer enfermedades que traen las inundaciones dentro de la ciudad sobre todo el malestar de la población que genera la acumulación de las aguas en la superficie de la infraestructura vial estas al colmatarse generan afloramientos en la superficie de tránsito peatonal y vehicular, el autor realiza trabajos como levantamientos topográficos, estudios de mecánica de suelos, estudios hidrológicos con las cuales realiza un diseño de un sistema de drenaje con la misma evalúa el costo que esta tendrá como proyecto.

(David Cristopher, 2019) en su tesis “Diseño del sistema de alcantarillado en el centro poblado Casarana, del distrito de la arena provincia de Piura, departamento de Piura, octubre 2019” tuvo como objetivo la de diseñar un sistema de alcantarillado para el centro poblado de Casarana en el distrito de la Arena, departamento de Piura, el autor se basó en una investigación de tipo no experimental ya que sus datos obtenidos fueron desarrolladas por el mismo autor mediante observaciones tal cual se desarrollan en el contexto real para su posterior análisis y diseño, esta propuesta beneficiara a un total de 53 viviendas y a una institución educativa que está ubicado en la zona de estudio.

(Parada-Molina et al., 2020) “propuesta de drenaje urbano sostenible: una alternativa para Xalapa, Veracruz México”, hace mención de la escorrentía que generan las áreas urbanas a consecuencia de las precipitaciones pluviales esto en mayor parte debido a que las superficies se encuentran impermeabilizadas y esto evita que las aguas se infiltren y debido a esto la gestión sostenible de recursos naturales se ha vuelto tendencia en la implementación de sistemas de drenaje cada vez más innovadores, uno de sus principales objetivos del autor es determinar una

viabilidad donde se implemente pozos de infiltración como parte de un sistema de drenaje pluvial en las zonas urbanas del municipio de Xalapa, México.

(Noemi & Carlos, 2018) en su investigación “propuesta de ingeniería innovadora de un colector pluvial que permite mejorar el funcionamiento de las redes de alcantarillado”, donde analizan con métodos de ingeniería los colectores pluviales para determinar el funcionamiento de estas y ver las formas más correctas de realizar las mejoras para que estas puedan soportar las cargas generadas por el tránsito vehicular y mejorar la funcionalidad de las alcantarillas.

(Carlos & Llano, 2020) en su artículo de “Drenaje pluvial sostenible. Una alternativa de gestión del agua de lluvia en la Universidad de Sonora” desarrolla un estudio debido a los problemas frecuentes de inundaciones que presentan las zonas urbanas de Hermosillo durante las épocas de lluvia el estudio consistió en desarrollar una evaluación del sistema de drenaje pluvial en el campus de la universidad de Sonora, mediante estudios topográficos, hidrológicos e hidráulicos de esta manera el autor determina los caudales mediante procesos estadísticos generados debido a las precipitaciones pluviales de las 12 microcuencas existentes, esto lo realiza a base de un registro climatológico de 34 años de una estación meteorológica existente en la ciudad, con estos datos el autor realizó los cálculos hidráulicos para poder encausar el caudal para cada microcuenca

(Gilberth Moises, 2020) en su proyecto de titulación “Diseño hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario para el sector el Arrastradero de la ciudad de Calceta del canton Bolívar” realizó un diseño hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario para la ciudad de Calceta, Canton Bolívar, el autor se basó en estudios topográficos que el mismo realizó determinando de esta manera las curvas de nivel y así desarrollo un diseño hidráulico en el software SeweCad. Realizando los planos y presupuesto para la construcción de un sistema de alcantarillado que permita la evacuación de las aguas producto de las precipitaciones pluviales en la zona.

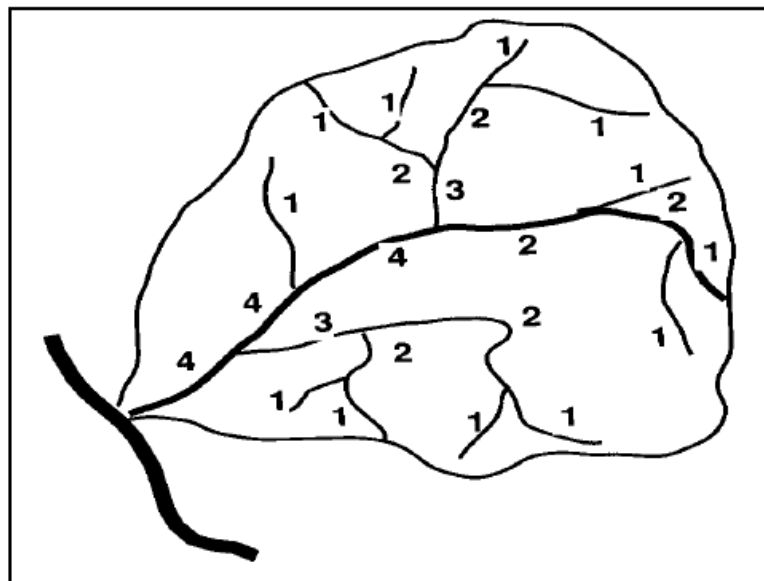
(John Wilson, 2020) en su propuesta “implementación de sistemas alternativos de drenaje pluvial urbano en el proyecto vial avenida Tintal de Bogotá D.C”. propone

la implementación de un sistema alternativo de drenaje urbano sostenible, el autor propone el uso de espacios verdes como alternativa de un drenaje sostenible, el uso de pavimentos permeables como un buen sistema de drenaje pluvial, el uso de zanjas de infiltración y el uso de tanques de almacenamiento.

A continuación, se presentarán algunos conceptos básicos desde el punto de vista de algunos autores.

**CUENCA HIDROLÓGICA:** Según (Breña P. & Jacobo V., 2006) “es una superficie en la cual el agua precipitada se transfiere a las partes topográficas bajas por medio del sistema de drenaje, concentrándose generalmente en un colector que descarga a otras cuencas aledañas, o finalmente al océano”.

*Figura 3: cuenca hidrológica exorreica*



*Fuente: “principios y fundamentos de la hidrología superficial” (Breña P. & Jacobo V., 2006)*

**ÁREA DE LA CUENCA (A):** Según (Velez, 1977) “El área de la cuenca es la característica geomorfológica más importante para el diseño. definida como la proyección horizontal de toda el área de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural”



**PRECIPITACIÓN:** Según (Sánchez, 2008) “precipitación es cualquier agua meteórica recogida sobre la superficie terrestre. Esto incluye básicamente: lluvia, nieve y granizo”

Básicamente el estudio hidrológico del presente trabajo se enfoca en las precipitaciones, pero no en su tipología en sí, sino que más bien en la cantidad de precipitación en un determinado tiempo que se origina en una determinada zona. Es con esta cantidad de precipitación que se calculará el caudal de la misma y al final se diseñará un sistema de drenado pluvial

**INFILTRACIÓN:** Según (Bateman, 2007) “Es un proceso por el cual el agua se transfiere desde la superficie del terreno hacia las profundidades. Depende de la morfología y composición del terreno. La infiltración se puede dar de forma saturada o no saturada”.

En ese sentido la infiltración influye mucho en la cantidad de agua que generará escorrentía, y que al final será la que provoque las inundaciones, a modo de ejemplo: En una zona de tierra habrá mayor infiltración que en una zona pavimentada, y esto hará que la escorrentía sea mayor en la zona pavimentada, y si es que no hay una pendiente determinada puede generar inundaciones, las inundaciones se generaran en zonas llanas donde la infiltración y la escorrentía son bajas.

**CANALES DE DRENAJE:** Según (MTC, 2008) “Es un sistema de drenaje superficial de una vía diseñado adecuadamente estos deben interceptar con efectividad todo el escurrimiento directo superficial y de la cuenca, para conducirla a través de canales y cunetas ”.

**ALCANTARILLAS:** Según (MTC, 2008) “Se define como alcantarilla a la estructura cuya luz sea menor a 6.0 m y su función es evacuar el flujo superficial proveniente de cursos naturales o artificiales que interceptan la carretera”.

**PENDIENTE LONGITUDINAL:** Según (MTC, 2008) “La pendiente longitudinal de la alcantarilla debe ser tal que no altere desmesuradamente los procesos

geomorfológicos, como la erosión y sedimentación, por ello, los cambios de pendiente deben ser estudiados en forma cuidadosa”.

**ESCURRIMIENTO:** Según (Breña P. & Jacobo V., 2006) “Escurrimiento se puede definir como la porción de la precipitación pluvial que ocurre en una zona o cuenca hidrológica y que circula sobre o debajo de la superficie terrestre”

### **III. METODOLOGÍA**

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

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

En esta investigación se busca dar solución alternativa al problema latente que se genera debido a las aguas pluviales en las calles del centro de la ciudad de Andahuaylas, por ende, la tipología del estudio es del tipo experimental, dado que en base a la data obtenida a partir de las precipitaciones i/o hidrología de la zona, solamente nos remitiremos al cálculo de un posible diseño de sistema de drenaje pluvial urbano del centro de la ciudad de Andahuaylas.

##### **3.1.2. Diseño de la investigación**

En cuanto al diseño de la investigación se realizó un diseño no experimental, puesto que, lo que se propone es una solución alterna respecto al sistema de alcantarillado específicamente en cuanto a aguas pluviales, a la que estamos seguros se realizara más adelante mediante nuestras autoridades, y también dado que actualmente las arterias de la ciudad de Andahuaylas se encuentran pavimentadas pero con un sistema de drenaje pluvial con más de 20 años de antigüedad, en tal sentido es que en estos momentos ya es preponderante que se realicen cambios tanto en las vías como en su sistema de alcantarillado urbano.

##### **3.1.3. Enfoque de la investigación**

La investigación tiene un enfoque cuantitativo ya que analiza y recopila la data de la hidrología de las precipitaciones pluviales en la provincia de Andahuaylas, esta data se obtiene a partir de órganos como SENHAMI, y otros proyectos antecesores ligados a la hidrología y consecuente diseño de evacuación de aguas pluviales en la zona de Andahuaylas. Cabe señalar que, en la presente, para diseñar el sistema de drenaje pluvial urbano, se regirá según lo indicado en la norma CE. 040 Drenaje pluvial urbana

#### **3.2. Variables y Operacionalización.**

##### **Análisis hidrológico**

Para el presente trabajo de investigación, el análisis hidrológico será fundamental sobre todo para la obtención de data de las precipitaciones

anuales i/o diarias que se presentan en la ciudad de Andahuaylas, luego esta información será utilizada como datos fundamentales para la elaboración del diseño de un sistema de drenaje pluvial urbano en el centro de la ciudad de Andahuaylas.

En ese sentido el análisis hidrológico actúa como la variable independiente, a partir del cual dependerá por consiguiente el diseño del sistema de drenaje pluvial urbano.

### **Diseño del sistema de drenaje pluvial urbano**

EL diseño del sistema de drenaje pluvial urbano dependerá de la información obtenida a partir de la cantidad de precipitaciones anuales i/o diarias que se presentan a lo largo de los años en la ciudad de Andahuaylas, cabe recalcar que dicha información de las precipitaciones se obtiene del ente SENHAMI y además de proyectos anteriores que se asieron con la misma línea de investigación.

Por lo tanto: EL diseño de sistema de drenaje pluvial urbano del centro ciudad de Andahuaylas es la variable dependiente, la cual se ajustará al comportamiento que se obtenga a partir del análisis hidrológico.

### **3.3. Población muestra y muestreo, Unidad de análisis**

#### **Población**

Para la tesis en ejecución la población está compuesta por todas las vías aledañas al río Chumbao, cabe señalar que este río será el receptor de las aguas drenadas ya que la misma cruza por el centro de la ciudad los cuales forman parte del sistema de drenaje pluvial en estudio.

#### **Muestra**

La muestra que se tomó para la investigación fue, en los Jirones Jr. Guillermo Cáceres, Jr. Juan Antonio Trelles, Jr. Constitución, Jr. Ramón Castilla y el Jr. Juan F. Ramos ya que son las vías en la cual se presenta la mayor cantidad de inundaciones en la zona.

#### **Muestreo**

El muestreo que se ejecutó fue el no probabilístico, ya que la obtención de datos en campo se efectuó con el presupuesto propio, así mismo se definió

la muestra en base a características considerables del total de población y sobre todo es la zona en la cual los daños son más considerables.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

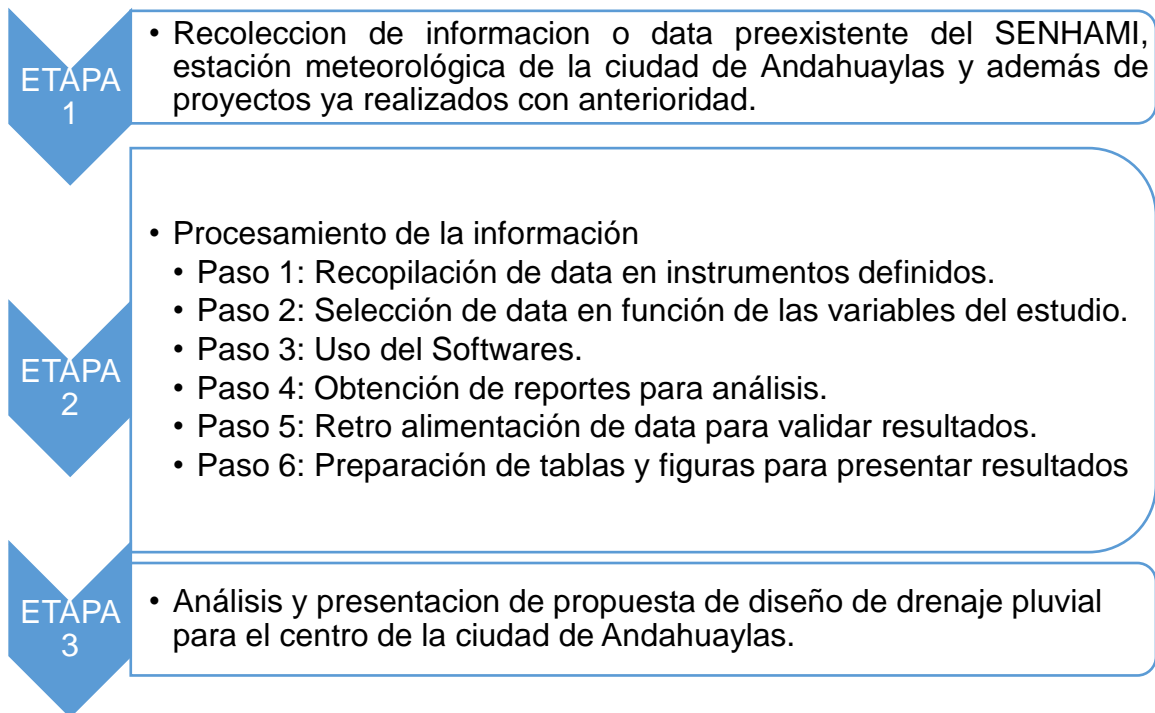
Las técnicas a utilizar para este proyecto son la de búsqueda de datos preexistentes con las cuales mediante manipulación de procesos estadísticos se podrán llegar a obtener una información o data confiable, así como también se recolectaron los datos de precipitaciones máximas de la estación meteorológica Andahuaylas, SENHAMI, así como de proyectos antecesores en el departamento de Apurímac, provincia Andahuaylas.

También comprendió la recolección, evaluación y análisis de la documentación existente como estudios anteriores, cartografía, plano topográfico y pluviometría en el área de estudio.

### **3.5. Procedimiento**

La data para obtener información meteorológica Ello se obtiene desde la página de SENHAMI. En este caso de la estación San Jerónimo.

Dentro del proceso de investigación serán necesario las siguientes etapas básicas para cada una de las técnicas:



### **En la parte de análisis hidrológico:**

para la obtención de los datos de la manera más correcta o adecuada de las características hidrológicas de la zona que escogimos como estudio realizamos de acuerdo a las siguientes etapas

- **Recopilación de la información:** esta etapa fue la más importante ya que se tiene que realizar la recolección de los datos de la manera más certera posible de las fuentes existentes ya sean datos topográficos, datos de las estaciones pluviométricas, cartografía y entre otras fuentes necesarias para un adecuado desarrollo del tema.
- **Trabajo de campo:** esta etapa consiste en lo general en el reconocimiento del terreno, la ubicación de las diferentes obras de drenaje existentes, la determinación de las pendientes para cada tramo en estudio, la toma de muestras para un estudio de suelos entre otros.
- **Fase de gabinete:** Esta etapa consiste en el procesamiento de toda la información obtenida durante los procesos anteriores

### **En la parte de diseño:**

- **Recopilación de la información:** Igual que en la parte de hidrología.

- **Trabajo de campo:** más que nada ver el catastro y las calles de la ciudad in situ.
- **Fase de gabinete:** Ya se utilizarán software.

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

Se utilizarán métodos probabilísticos para ver las precipitaciones máximas diarias, en este caso se hará el método Prueba Kolmogorov-Smirnov.

También se harán regresiones potenciales para obtener las precipitaciones con un grado de error menor que si se hiciera con regresiones lineales.

Para el modelamiento de sistemas de alcantarillado se utilizará el programa Hcanales

### **3.7. Aspectos éticos**

La presente tesis cumple con el código de ética de la investigación al cual se rige la Universidad Cesar Vallejo.

Los resultados que se obtendrán son válidos para la zona en estudio más no es una generalización, dado que se utilizaron data específica del lugar in situ, además de que el resultado final del diseño de sistema de drenaje fluvial será una propuesta para un proyecto futuro.

## **IV. RESULTADOS**

Antes de poder dar los resultados en sí, se muestra algunos datos pertinentes que se hicieron para el estudio respectivo.

### **4.1. AREA DE ESTUDIO**

El ámbito de estudio, políticamente, geográficamente, se ubica conforme se describe a continuación:

#### **a. Ubicación Política**

Departamento: Apurímac.

Provincia: Andahuaylas.

Distrito: Andahuaylas.

#### **b. Ubicación Geográfica**

El proyecto se encuentra localizado geográficamente en la sierra sur, entre las coordenadas 674116.82 E, 8489800 S y 674373.85 E, 8489484.62 S, con una altura de 2,940 m.s.n.m en la plaza de armas.

#### **c. Ubicación Hidrográfica**

Microcuenca: Rio Chumbao.

Cuenca: Pampas.

Red Hidrográfica: Cuenca Apurímac.

Los mapas respectivos se pueden apreciar en los **Anexos (Mapa 1 y Mapa 2)** del presente documento de investigación.

### **4.2. CARTOGRAFIA**

El plano topográfico del área céntrica de la ciudad de Andahuaylas.

Se utilizó básicamente Google Earth, y el catastro de la ciudad.

### **4.3. PLUVIOMETRIA**

Para el estudio hidrológico del alcantarillado, la información de precipitación requerida corresponde a la estación meteorológica del distrito de San Jerónimo aledaño al distrito de Andahuaylas.

Los datos meteorológicos utilizados para el presente estudio es el brindado por el SENAMHI para el Gobierno Regional de Apurímac entre los años



2012-2013, a razón de la formulación del proyecto: “Mejoramiento y ampliación del servicio de agua de riego para las comunidades”. Los datos son de precipitación máxima diaria en el periodo 1990-2012.

*Tabla 1: Datos Estación Meteorológica San Jerónimo - Andahuaylas*

<b>Latitud</b>	13° 38' 55.1" S	Provincia Andahuaylas
<b>Longitud</b>	73° 22'.4" W	Distrito San Jerónimo
<b>Altitud</b>	2990.0 m.s.n.m.	Años de registro: 23 (1990-2012)

*Fuente: elaboración propia*

*Tabla 2: Precipitación máxima en 24 horas( estación san jerónimo-Andahuaylas)*

<b>N°</b>	<b>AÑO</b>	<b>X</b>
1	1990	21.8
2	1991	23.5
3	1992	29.8
4	1993	24.4
5	1994	23.8
6	1995	32
7	1996	22.5
8	1997	22.2
9	1998	32.7
10	1999	23.8
11	2000	30.5
12	2001	25.8
13	2002	24.8
14	2003	25.7
15	2004	19.9
16	2005	35.3
17	2006	43.3
18	2007	29.2
19	2008	23.5
20	2009	22.2
21	2010	36.3
22	2011	28.1
23	2012	29.3

*Fuente: SENAMHI-Proyecto Represamiento de las Lagunas Parcco-Chinquillay-Estudio Hidrológico.*

Actualmente el SENAMHI brinda datos meteorológicos inclusive a diario, sin embargo, no tienen mucha confiabilidad, dado que en algunos días el dato es “cero”, con el que no se puede trabajar.

Las estaciones meteorológicas conocidas administradas por el SENAMHI y que tienen influencia en el área de estudio son la estación de Abancay, Curahuasi, Curpahuasi, Chalhuanca, Tambobamba, Anta y Granja Kayra. Estos últimos en la región de Cusco. Se menciona como referencia, sin embargo, en el presente estudio solamente se trabaja con la estación de San Jerónimo, provincia de Andahuaylas, que se muestra en el **Mapa 3** de los **Anexos** de este documento.

#### **4.4. ESTIMACION DEL CAUDAL DE DISEÑO**

Para el presente estudio como es el alcantarillado pluvial, el caudal de diseño ha sido calculado por el Método Racional; el Reglamento Nacional de Edificaciones CE-040 y OS 060 Drenaje Pluvial Urbano, recomienda que el método racional es aplicable en áreas menores o igual a 13 km<sup>2</sup>.

Las calles del centro de la ciudad de Andahuaylas, y aledañas a la plaza de armas presentan un área menor al indicado en el Reglamento Nacional de Edificaciones, por lo cual se justifica el empleo del método racional, que tiene la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{CIA}{3600}$$

Donde:

Q: Caudal máximo (m<sup>3</sup>/s)

C: Coeficiente de escorrentía

I: Intensidad de lluvia (mm/hr)

A: Área (m<sup>2</sup>)

#### **4.5. CÁLCULO DE LA INTENSIDAD MÁXIMA**

La determinación de la intensidad máxima es de suma importancia ya que gracias a esto se tiene conocimiento de las intensidades de las tormentas, la magnitud que estas alcanzan y la frecuencia, estos datos son de suma importancia para un adecuado diseño de las obras hidráulicas. Para esta investigación se tomará en cuenta precipitaciones máximas en 24 horas de la estación de San Jerónimo, cuyo período de registro comprende 23 años (1990 – 2012).

Para determinar las precipitaciones máximas para periodos de retorno diferentes en esta investigación se evaluó a través de 6 métodos estadísticos tales como:

- Método Normal
- Método Log Normal de 2 parámetros
- Método Log Normal de 3 parámetros
- Método Log Pearson III
- Método de Gumbel
- Método Log Gumbel

En la Tabla 3, presentamos los resultados obtenidos de acuerdo a estos métodos para precipitación máxima de 24 horas de la estación de San Jerónimo, se ajustan a todas las distribuciones probabilísticas analizadas. Se seleccionó a la distribución Log Normal 3 parámetros, porque es la mejor que se ajusta a los datos de precipitación máxima 24 horas.

*Tabla 3: Prueba Kolmogorov-Smirnov - Precipitaciones Máximas 24 Horas Estación Pluviométrica: San Jerónimo.*

<b>Distribución Probabilística</b>	<b>Delta calculado <math>\Delta 2c</math></b>	<b>Delta Tabular <math>\Delta 2t</math></b>	<b>Los Datos se ajustan a la distribución</b>
Normal	0.1532	0.2836	Si
Log Normal 2 parám.	0.1269	0.2836	Si
Log Normal 3 parám.	0.0883	0.2836	Si
Log Pearson III	0.08863	0.2836	Si
Gumbel	0.0957	0.2836	Si
Log Gumbel	0.0965	0.2836	Si

Fuente: Elaboración propia

La Distribución Log Normal 3 Parámetros consta de los siguientes parámetros:

La función de densidad de x es:

$$f(x) = \frac{1}{(x - x_0) \sqrt{(2\pi)S_y}} e^{-1/2 \left( \frac{\ln(x - x_0) - u_y}{S_y} \right)^2}$$

Para  $x > x_0$

Dónde:

$x_0$ : parámetro de posición

$u_y$ : parámetro de escala o media

$S_y^2$ : parámetro de forma o varianza

Tabla 4: Ajuste de serie de datos a la distribución Log Normal de 3 parámetros.

m	X	P(X)	Z	F(Z)	Delta
1	19.9	0.0417	-2.1951	0.0141	0.0276
2	21.8	0.0833	-1.2235	0.1106	0.0272
3	22.2	0.125	-1.0697	0.1424	0.0174
4	22.2	0.1667	-1.0697	0.1424	0.0243
5	22.5	0.2083	-0.962	0.168	0.0403
6	23.5	0.25	-0.6415	0.2606	0.0106
7	23.5	0.2917	-0.6415	0.2606	0.0311
8	23.8	0.3333	-0.555	0.2894	0.0439
9	23.8	0.375	-0.555	0.2894	0.0856
10	24.4	0.4167	-0.393	0.3472	0.0695
11	24.8	0.4583	-0.2922	0.3851	0.0733
12	25.7	0.5	-0.0832	0.4668	0.0332
13	25.8	0.5417	-0.0613	0.4755	0.0661
14	28.1	0.5833	0.3826	0.649	0.0657
15	29.2	0.625	0.5632	0.7133	0.0883
16	29.3	0.6667	0.5787	0.7186	0.052
17	29.8	0.7083	0.6549	0.7437	0.0354
18	30.5	0.75	0.7565	0.7753	0.0253
19	32	0.7917	0.9577	0.8309	0.0392
20	32.7	0.8333	1.0447	0.8519	0.0186
21	35.3	0.875	1.3371	0.9094	0.0344

22	36.3	0.9167	1.4386	0.9249	0.0082
23	43.3	0.9583	2.0287	0.9788	0.0204

Fuente: Elaboración propia

Tomando como modelo probabilístico adecuado el modelo teórico Criterio Grobe – Dyck y Peshke, se calcularon las lluvias máximas de 24 horas para diferentes duraciones, para la estación de San Jerónimo. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 5: Lluvia máxima para diferentes duraciones – Criterio Grobe como Dyck y Peshke  
Estación: San Jerónimo

P24h	20 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min
21.8	7.48	8.28	9.85	11.71	12.96	13.93
23.5	8.07	8.93	10.62	12.63	13.97	15.02
29.8	10.23	11.32	13.46	16.01	17.72	19.04
24.4	8.38	9.27	11.02	13.11	14.51	15.59
23.8	8.17	9.04	10.75	12.79	14.15	15.21
32	10.99	12.16	14.46	17.19	19.03	20.45
22.5	7.72	8.55	10.17	12.09	13.38	14.38
22.2	7.62	8.43	10.03	11.93	13.2	14.18
32.7	11.23	12.42	14.77	17.57	19.44	20.89
23.8	8.17	9.04	10.75	12.79	14.15	15.21
30.5	10.47	11.59	13.78	16.39	18.14	19.49
25.8	8.86	9.8	11.66	13.86	15.34	16.48
24.8	8.51	9.42	11.2	13.32	14.75	15.85
25.7	8.82	9.76	11.61	13.81	15.28	16.42
19.9	6.83	7.56	8.99	10.69	11.83	12.71
35.3	12.12	13.41	15.95	18.97	20.99	22.55
43.3	14.86	16.45	19.56	23.26	25.75	27.67
29.2	10.02	11.09	13.19	15.69	17.36	18.66
23.5	8.07	8.93	10.62	12.63	13.97	15.02
22.2	7.62	8.43	10.03	11.93	13.2	14.18
36.3	12.46	13.79	16.4	19.5	21.58	23.19
28.1	9.65	10.68	12.7	15.1	16.71	17.95
29.3	10.06	11.13	13.24	15.74	17.42	18.72

Tabla 6: Precipitación Máxima 24 horas para la Distribución Log Normal 3 parámetros Estación: San Jerónimo

Tr(años)	P(Pp>Po)	P(Pp<Po)	Pp <sub>máx</sub> (mm)
----------	----------	----------	------------------------

2	0.5	0.5	26.09
3	0.67	0.33	28.38
5	0.8	0.2	31.11
10	0.9	0.1	34.78
25	0.96	0.04	39.74
50	0.98	0.02	43.65
100	0.99	0.01	47.75
200	1	0.01	52.05

Los valores calculados en la **tabla 3** respecto a las precipitaciones máximas en 24 horas se han realizado de acuerdo a la recomendación que realiza la Organización Meteorológica Mundial, por un factor de 1.13, que toma en cuenta el número de lecturas en el pluviómetro por día, que se asume por seguridad en 1 vez por día. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

*Tabla 7: Precipitación Máxima 24 Horas - Ajustada para Tr*

Periodo de Retorno	Pmax. Sin corrección Estacion San Jerónimo	Pmax. Con corrección (*) Estación San Jerónimo
2	26.09	29.48
3	28.38	32.07
5	31.11	35.15
10	34.78	39.3
25	39.74	44.91
50	43.65	49.32
100	47.75	53.96
200	52.05	58.82

#### 4.6. ALTURA DE LLUVIA DE DISEÑO

Existen gran variedad de modelos que nos permiten estimar la intensidad a partir de la precipitación máxima en 24 horas. De las cuales tomaremos el modelo de Cálculo de Intensidad Máxima con el Criterio de Grobe, conocido como de Dyck y Peschke, con los siguientes parámetros:

Para obtener la ecuación general de las curvas IDT:

$$I_{max} = \frac{KT^a}{D^b}$$

Donde:

$I_{max}$  = Intensidad máxima en mm/hr.

T = Periodo de retorno, en años.

D = Duración en minutos.

A partir de los datos de precipitación diaria, el proceso a seguir es como se indica:

**a. Recopilar información de precipitaciones máximas de 24 horas.**

En la estación de San Jerónimo de la provincia de Andahuaylas, se cuenta con información de precipitaciones diarias, de las cuales se tiene las precipitaciones máximas diarias, para un periodo de 23 años (1990 – 2012), los que se han mostrado en los párrafos anteriores.

**b. Descomponer la precipitación de 24 horas en diferentes duraciones.**

Según el criterio de discretización del Grobe o Dyck y Peschke, es decir, utilizando la ecuación, discretizar la P24H en diferentes duraciones, para este proceso particular, se usarán duraciones de 20,30,60,120,180 y 240 min.

**c. Transformar las lluvias máximas en mm a intensidades en mm/hr.**

$$I = \frac{60 \times P_D}{D} \text{ en mm/hr}$$

**d. Ordenar las  $I_{max}$  y calcular sus periodos de retorno con la formula de Weibull.**

$$T = \frac{n + 1}{m}$$

- e. Reordenar los datos de las tripletas  $I_{max}$ , T y D en forma adecuada.
- f. Calcular los parámetros K, a y b de la correlación potencial múltiple.

La ecuación general, se puede expresar como:

$$I_{max} = KT^a D^b$$

Tabla 8: Intensidades máximas para diferentes duraciones – Criterio Grobe como Dyck y Peshke  
Estación: San Jerónimo

Año	20 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min
1	22.45	16.56	9.85	5.86	4.32	3.48
2	24.2	17.86	10.62	6.31	4.66	3.75
3	30.69	22.64	13.46	8.01	5.91	4.76
4	25.13	18.54	11.02	6.55	4.84	3.9
5	24.51	18.08	10.75	6.39	4.72	3.8
6	32.96	24.31	14.46	8.6	6.34	5.11
7	23.17	17.1	10.17	6.04	4.46	3.59
8	22.86	16.87	10.03	5.96	4.4	3.55
9	33.68	24.85	14.77	8.78	6.48	5.22
10	24.51	18.08	10.75	6.39	4.72	3.8
11	31.41	23.17	13.78	8.19	6.05	4.87
12	26.57	19.6	11.66	6.93	5.11	4.12
13	25.54	18.84	11.2	6.66	4.92	3.96
14	26.47	19.53	11.61	6.9	5.09	4.11
15	20.49	15.12	8.99	5.35	3.94	3.18
16	36.35	26.82	15.95	9.48	7	5.64
17	44.59	32.9	19.56	11.63	8.58	6.92
18	30.07	22.19	13.19	7.84	5.79	4.66
19	24.2	17.86	10.62	6.31	4.66	3.75
20	22.86	16.87	10.03	5.96	4.4	3.55
21	37.38	27.58	16.4	9.75	7.19	5.8
22	28.94	21.35	12.7	7.55	5.57	4.49
23	30.18	22.26	13.24	7.87	5.81	4.68



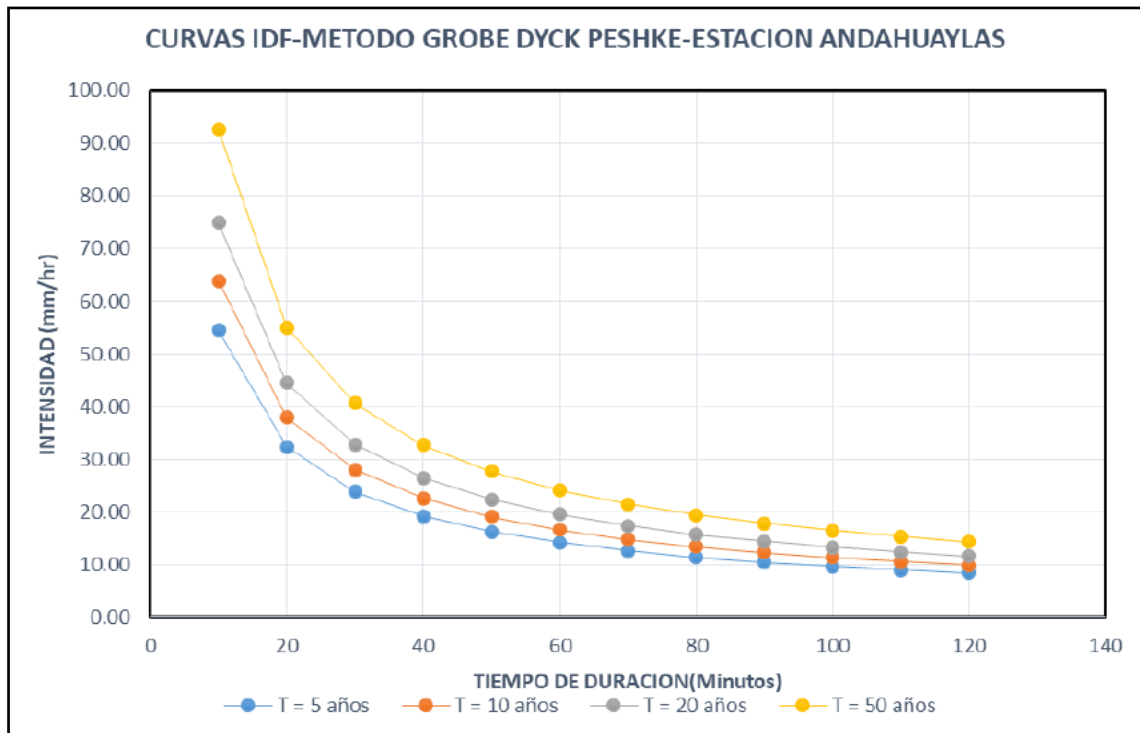
Tabla 9: Intensidades máximas para diferentes duraciones y periodos de retorno – Criterio Grobe como Dyck y Peshke Estación: San Jerónimo.

T(años)	20 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min
24	44.59	32.9	19.56	11.63	8.58	6.92
12	37.38	27.58	16.4	9.75	7.19	5.8
8	36.35	26.82	15.95	9.48	7	5.64
6	33.68	24.85	14.77	8.78	6.48	5.22
4.8	32.96	24.31	14.46	8.6	6.34	5.11
4	31.41	23.17	13.78	8.19	6.05	4.87
3.43	30.69	22.64	13.46	8.01	5.91	4.76
3	30.18	22.26	13.24	7.87	5.81	4.68
2.67	30.07	22.19	13.19	7.84	5.79	4.66
2.4	28.94	21.35	12.7	7.55	5.57	4.49
2.18	26.57	19.6	11.66	6.93	5.11	4.12
2	26.47	19.53	11.61	6.9	5.09	4.11
1.85	25.54	18.84	11.2	6.66	4.92	3.96
1.71	25.13	18.54	11.02	6.55	4.84	3.9
1.6	24.51	18.08	10.75	6.39	4.72	3.8
1.5	24.51	18.08	10.75	6.39	4.72	3.8
1.41	24.2	17.86	10.62	6.31	4.66	3.75
1.33	24.2	17.86	10.62	6.31	4.66	3.75
1.26	23.17	17.1	10.17	6.04	4.46	3.59
1.2	22.86	16.87	10.03	5.96	4.4	3.55
1.14	22.86	16.87	10.03	5.96	4.4	3.55
1.09	22.45	16.56	9.85	5.86	4.32	3.48
1.04	20.49	15.12	8.99	5.35	3.94	3.18

Tabla 10: Valores de Intensidades máximas para diferentes duraciones D en min y para T = 5, 10, 20 y 50 años – Criterio Grobe como Dyck y Peshke Estación: San Jerónimo

Duración D	T = 5 años	T = 10 años	T = 20 años	T = 50 años
10	54.44	63.88	74.95	92.58
20	32.37	37.98	44.56	55.05
30	23.88	28.02	32.88	40.61
40	19.25	22.58	26.5	32.73
50	16.28	19.1	22.41	27.69
60	14.2	16.66	19.55	24.15
70	12.65	14.84	17.42	21.51
80	11.44	13.43	15.76	19.46
90	10.48	12.29	14.42	17.82
100	9.68	11.36	13.33	16.46
110	9.01	10.58	12.41	15.33
120	8.44	9.91	11.62	14.36

Figura 4: Curva Intensidad – Duración – Tiempo de Retorno Estación San Jerónimo – Andahuaylas



#### 4.7. CAUDAL MAXIMO

##### Método Racional

Para el cálculo del caudal máximo, para el caso del estudio se utilizará el Método Racional. El Método Racional es uno de los más utilizados para la estimación del caudal máximo asociado a determinada lluvia de diseño. Se utiliza normalmente en el diseño de obras de drenaje urbano y rural y tiene la ventaja de no requerir de datos hidrométricos para la determinación de caudales máximos.

La expresión utilizada por el Método Racional es:

$$Q = \frac{CIA}{3600}$$

Donde:

Q: Caudal máximo (m<sup>3</sup>/s)

C: Coeficiente de escorrentía

I: “Intensidad de la lluvia de Diseño, con duración igual al tiempo de concentración de la cuenca y con frecuencia igual al periodo de retorno seleccionado para el diseño (Curvas I-D-F) mm/h”.

A: Área de la cuenca (hectárea).

Para el caso del proyecto y la aplicación del método Racional se han obtenido los datos correspondientes.

Realizado el análisis de las características del área de la cuenca donde se desarrolla del proyecto, se ha determinado 04 zonas diferenciadas; zona alta con presencia de pajonal abarca 50.9 hectáreas, se observa una zona forestada con especies mayormente exóticas de 30.90 hectáreas, mas abajo se tiene una zona agrícola extensa de 136 hectáreas y en la parte baja se tiene la zona urbana de 29.10 hectáreas.

La zona alta se encuentra entre una altitud de 3,650 m.s.n.m y 3,448 m.s.n.m, la zona forestal se encuentra en las altitudes 3,440 – 3,112 m.s.n.m, la zona agrícola se encuentra entre 3,502 – 3,008 m.s.n.m y la zona urbana se encuentra entre las altitudes 3,024 – 2,924 m.s.n.m.

Por otra parte, la zona alta tiene una cobertura de pajonal (pradera), la zona forestal de bosque alto, la zona agrícola.

Sin embargo, para el cálculo del caudal máximo y el diseño de alcantarillado pluvial en la zona de estudio, solamente se utilizará una sub cuenca que se detallará más adelante.

El mapa de ubicación de la cuenca se encuentra en el **Anexo (Mapa N°4)**

Tabla 11: Parámetros de la cuenca de estudio.

Nº	PARAMETROS	UNIDAD	DATOS
1	Ubicación		Andahuaylas
2	Nombre Río i/o cause		Chumbao / Quebrada
3	Punto más alto de la cuenca	m.s.n.m.	3650
4	Punto más bajo de la cuenca	m.s.n.m.	2900
5	Área	Km <sup>2</sup>	2.46
6	Perímetro	Km	8.23
7	Altura media de la cuenca	m.s.n.m.	3300
8	Punto más alto del cauce principal	m.s.n.m.	3450
9	Punto más bajo del cauce principal	m.s.n.m.	2900
10	Longitud del cauce principal	Km	1.75
11	Longitud total de las corrientes	Km	1.75
12	Orden de bifurcación de los ríos	Adimen	1
13	Índice de compacidad o gravelius	Adimen	1.47
14	Factor de forma	Rf	0.8
15	Pendiente media de la cuenca	m/Km	217.39
16	Pendiente media de la cuenca	m/m	0.217
17	Pendiente del cauce principal	m/Km	314.11
18	Pendiente del cauce principal (maning)	m/m	0.31
19	Densidad de drenaje	Adimen	0.71
20	L (lado mayor)	Km	3.45
21	I (lado menor)	Km	1.24
22	Tiempo de concentración	horas	0.39
23	Frecuencia de ríos	rios/Km <sup>2</sup>	0.41
24	Comportamiento hídrico en la zona del proyecto		Escurrimiento y sedimentación

El mapa de ubicación de la cuenca aledaña se encuentra en el **Anexo (Mapa N°5)**

*Tabla 12: Datos de la cuenca de estudio - A.*

Zona	Área(Hectáreas)	Altura Máxima	Altura Mínima	Pendiente (%)
Zona Alta(Pajonal)	50.9	3650	3448	15.275
Zona Forestal	30.9	3340	3112	31.578
Zona Agrícola	136	3502	3008	26.748
Zona Urbana	29.1	3024	2924	14.574

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 13: Datos de la cuenca de estudio - B*

Zona	Área(Hectáreas)	Cobertura	Coefficiente de escorrentía
Zona Alta(Pajonal)	50.9	Praderas	0.2
Zona Forestal	30.9	Forestal	0.5
Zona Agrícola	136	Terrenos cultivados	0.7
Zona Urbana	29.1	Zonas multifamiliares concentradas	0.75
<b>TOTAL</b>	<b>246.9</b>	<b>COEFICIENTE PONDERADO</b>	<b>0.58</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Del cuadro anterior se tiene un Coeficiente de escorrentía ponderado de 0.58 y un área total de 246.9 hectáreas.

Otro dato que solicita el método racional es la intensidad máxima calculado con anterioridad que se muestra en el siguiente cuadro:

*Tabla 14: Intensidad Máxima – valores de T, D y Imax .*

Trio	T(años)	Duración(min)	Imax(mm/hr)
1	5	10	54.44
2	10	20	37.98
3	20	30	32.88
4	50	40	32.73

Fuente: Elaboración propia

El resultado final de cálculo para un periodo de duración de 10 años se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 15: Caudal máximo producido en la cuenca de estudio-Método Racional para periodo de retorno de 10 años

ITEM	UNIDAD	VALOR
Coeficiente C	C	0.47
Area de la Cuenca	Hectárea	246.9
Intensidad Máxima	mm/hr	39.45
Caudal de Máximo	m3/s	15.693

### Método Racional con Dyck y Peshke

Este método requiere los mismos datos del método racional, la diferencia es que utiliza datos de precipitación máxima en 24 horas para el cálculo de la intensidad máxima, lo que le hace consistente. Los datos de precipitación de la estación de San Jerónimo son los ajustados con la distribución Normal de 3 parámetros.

Tabla 16: Datos para la obtención de Coeficiente Ponderado-Método Racional con Dyck y Peshke

N°	AREA	COBERTURA	TEXTURA	PENDIENTE	COEF.
1	50.9	Praderas	Franco arenosa	15.28	0.2
2	30.9	Forestal	Franco arcillolimoso	31.58	0.5
3	136	Terrenos cultivados	Franco arcillolimoso	26.75	0.5
4	29.1	Multifamiliares concentradas			0.47

Coeficiente ponderado: 0.47

Área Total: 246.9 Hectáreas.

Tabla 17: Intensidades Máximas para diferentes duraciones y periodos de retorno-Metodo Racional con Dyck y Peshke

T(Años)	15 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min
24	55.33	32.9	19.56	11.63	8.58	6.92
12	46.39	27.58	16.4	9.75	7.19	5.8
8	45.11	26.82	15.95	9.48	7	5.64
6	41.79	24.85	14.77	8.78	6.48	5.22
4.8	40.89	24.31	14.46	8.6	6.34	5.11
4	38.98	23.17	13.78	8.19	6.05	4.87
3.43	38.08	22.64	13.46	8.01	5.91	4.76
3	37.44	22.26	13.24	7.87	5.81	4.68
2.67	37.31	22.19	13.19	7.84	5.79	4.66
2.4	35.91	21.35	12.7	7.55	5.57	4.49
2.18	32.97	19.6	11.66	6.93	5.11	4.12
2	32.84	19.53	11.61	6.9	5.09	4.11
1.85	31.69	18.84	11.2	6.66	4.92	3.96
1.71	31.18	18.54	11.02	6.55	4.84	3.9
1.6	30.41	18.08	10.75	6.39	4.72	3.8
1.5	30.41	18.08	10.75	6.39	4.72	3.8
1.41	30.03	17.86	10.62	6.31	4.66	3.75
1.33	30.03	17.86	10.62	6.31	4.66	3.75
1.26	28.75	17.1	10.17	6.04	4.46	3.59
1.2	28.37	16.87	10.03	5.96	4.4	3.55
1.14	28.37	16.87	10.03	5.96	4.4	3.55
1.09	27.86	16.56	9.85	5.86	4.32	3.48
1.04	25.43	15.12	8.99	5.35	3.94	3.18

**Resultados Finales Caudal Máximo Periodo de Retorno 10 años (Método Racional con Dyck y Peshke).**

**Ecuación de ajuste para I - D - T:**

Ecuación:  $I_{\max} = 211.2239 \cdot T^{(0.2306)} \cdot D^{(-0.7500)}$

R: 0.9989

R<sup>2</sup>: 0.9978

Se: 0.6653

**I<sub>max</sub> de diseño para los valores de T y D:**

Para T: 10 años  
Para D: 19.01 min  
Imax: 39.45 mm/hr

**Resultados finales de los cálculos:**

Coeficiente C: 0.47  
Área de la cuenca: 246.9 has

I máx: 39.45 mm/hr
Q máx: 12.716 m3/s

**Resultados Finales Caudal Máximo Periodo de Retorno 25 años  
(Método Racional con Dyck y Peshke).**

**Ecuación de ajuste para I - D - T:**

Ecuación:  $I_{\text{máx}} = 211.2239 \cdot T^{(0.2306)} \cdot D^{(-0.7500)}$

R: 0.9989  
R<sup>2</sup>: 0.9978  
Se: 0.6653

**Imax de diseño para los valores de T y D:**

Para T: 25 años  
Para D: 19.01 min  
Imax: 48.74 mm/hr

**Resultados finales de los cálculos:**

Coeficiente C: 0.47  
Área de la cuenca: 246.9 has

I máx: 48.74 mm/hr
Q máx: 15.711 m3/s

Este cálculo se ha realizado para el área de la cuenca total que es de 246.9 hectáreas.



En los siguientes párrafos se realizará el cálculo para la sub cuenca utilizada en la presente tesis.

#### **4.8. CALCULO DEL CAUDAL MÁXIMO UTILIZANDO EL MÉTODO RACIONAL CON DYCK Y PESCHKE PARA SUB CUENCAS DEL ÁREA DEL PROYECTO.**

##### **Determinación de cobertura y C Ponderado**

En el área de intervención del proyecto se ha definido 06 sumideros o drenajes, por donde ingresarán las aguas pluviales, para 04 de estos se ha realizado el cálculo de caudal máximo, considerando a cada uno de ellos como una cuenca independiente.

Para este análisis se utiliza el método Racional con Dyck y Peschke, con el que primer lugar se determina la cobertura y el C ponderado.

*Tabla 18: Características Físicas de la cuenca colectora del sumidero Ubicación 674197.493, 8489828.132.*

<b>N°</b>	<b>AREA(Has)</b>	<b>COBERTURA</b>	<b>TEXTURA</b>	<b>PENDIENT.</b>	<b>C</b>
1	0.038	Praderas	Franco arcillolimoso	28.117	0.4
2	0.075	Forestal	Franco limosa	28.117	0.5
3	1.5	Terrenos cultivados	Franco arenosa	28.117	0.5
4	2.138	Áreas semi urbanas			0.4
<b>TOTAL</b>	<b>3.75</b>		<b>C ponderado</b>		<b>0.44</b>

**Cálculo de Intensidad Máxima para un periodo de retorno de 10 años del sumidero o colector.**

##### **Ecuación de ajuste para I - D - T:**

$$\text{Ecuación: } I_{\text{máx}} = 211.2239 * T^{(0.2306)} * D^{(-0.7500)}$$

R: 0.9989

R<sup>2</sup>: 0.9978

Se: 0.6653

**I<sub>max</sub> de diseño para los valores de T y D:**

Para T: 10 años

Para D: 2.51 min

I<sub>max</sub>: 179.99 mm/hr

**Resultados finales de los cálculos:**

Coeficiente C: 0.44

Área de la cuenca: 3.75 has

I máx: 179.99 mm/hr
Q máx: 0.825 m <sup>3</sup> /s

**Cálculo de Intensidad Máxima para un periodo de retorno de 25 años del sumidero o colector.**

**Ecuación de ajuste para I - D - T:**

Ecuación:  $I_{\text{máx}} = 211.2239 \cdot T^{(0.2306)} \cdot D^{(-0.7500)}$

R: 0.9989

R<sup>2</sup>: 0.9978

Se: 0.6653

**I<sub>max</sub> de diseño para los valores de T y D:**

Para T: 25 años

Para D: 2.51 min

I<sub>max</sub>: 222.34 mm/hr

**Resultados finales de los cálculos:**

Coeficiente C: 0.44

Área de la cuenca: 3.75 has

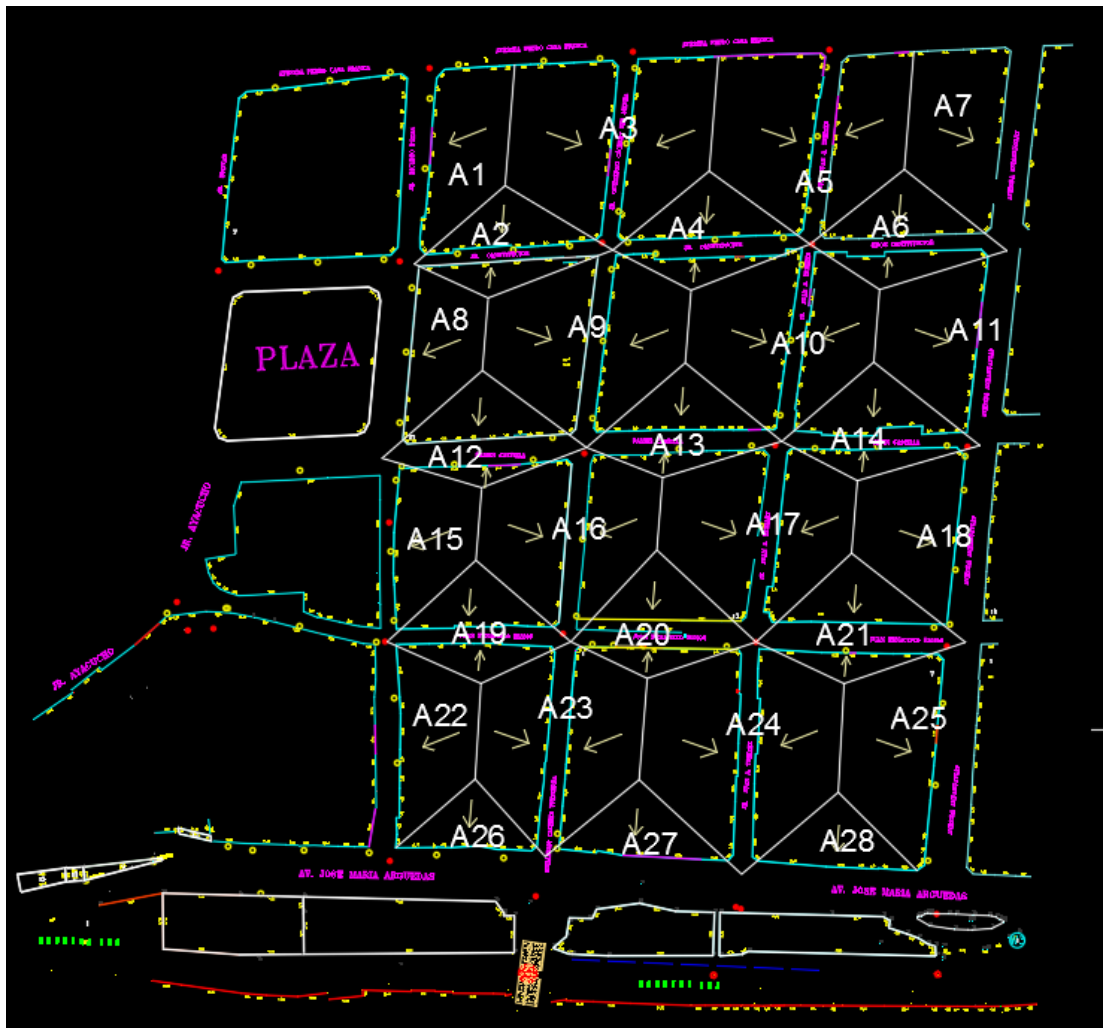
I máx: 222.34 mm/hr
Q máx: 1.019 m <sup>3</sup> /s

#### 4.9. DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL EN EL CENTRO DE LA CIUDAD DE ANDAHUAYLAS.

En los anexos se muestra el diseño del flujo y demás componentes que irán en el sistema de drenaje pluvial de la zona en estudio, a continuación, se mostrara los resultados de los elementos pertinentes a este sistema de drenaje.

**Diseño de cuneta rectangular para un periodo de retorno de 10 años.  
Zona de estudio (parte urbana para diseño de elementos de drenaje pluvial)**

*Figura 3. Áreas para el cálculo de caudales producidos a partir de los techos.*



*Fuente: propia*

Este mapa se utilizara tanto para el diseño de retorno 10 años, como para diseño de retorno de 25 años.

La data que influyen en el diseño de cunetas rectangulares con como se muestra en el cuadro siguiente:

*Tabla 19: Cuadro de tramos y caudales de acuerdo a su respectivo tramo*

<b>Tramos</b>	<b>LONG</b>	<b>S</b>	<b>Áreas</b>	<b>Área (m2)</b>	<b>c</b>	<b>i</b>	<b>Q</b>
Bz1 a Bz2	81.19	0.0236	a2	1834.08	0.88	17.89	0.00802705
Bz3 a Bz2	80.52	0.0086	a4	1945.45	0.88	17.89	0.00851448
Bz4 a Bz3	80.15	0.0177	a6	1981.33	0.88	17.89	0.00867151
Bz7 a Bz6	80.98	0.0163	a13	1848.13	0.88	17.89	0.00808854
Bz8 a Bz7	83.72	0.0044	a14	1958.38	0.88	17.89	0.00857106
Bz8 a Bz12	83.81	0.0699	a18	2693.37	0.88	17.89	0.01178783
Bz11 a Bz10	77.15	0.0181	a20	1397.31	0.88	17.89	0.00611548
Bz14 a Bz13	76.49	0.0012	a26	912.11	0.88	17.89	0.00399195
Bz15 a Bz14	79.4	0.0139	a27	1393.57	0.88	17.89	0.00609911
Bz16 a Bz15	80.12	0.0097	a28	1163.89	0.88	17.89	0.00509389

*Fuente: Propia*

Nótese que se utiliza un coeficiente de escorrentía  $c=0.88$ , esto porque se sacó de la tabla de la norma CE 040, también esta información ira para el diseño para un periodo de retorno de 25 años.

Tabla 20: Coeficiente de escorrentía, método racional.

CARACTERÍSTICA DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>ÁREAS DESARROLLADAS</b>							
Asfáltico	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Concreto/Techo	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
<b>Zonas verdes (jardines, parques, etc.)</b>							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0 - 2%	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
Promedio, 2 - 7%	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
Pendiente superior a 7%	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
Condición promedio (cubierta de pasto menor del 50 al 75% del área)							
Plano, 0 - 2%	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Promedio, 2 - 7%	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente superior a 7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60

Fuente: Norma CE 040

### Parámetros de diseño

1) Caudal máximo

Q máx: 0.825 m<sup>3</sup>/s

2) Además, se le incorporaran las áreas depende del flujo y que se muestran en la **Figura 3.**, y también de cada zona urbana que genere caudal como se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 21: Caudales originados por las áreas de la zona urbana en estudio. Sin tomar en cuenta el caudal máximo

Tramos	Q (m <sup>3</sup> /s)
Bz1 a Bz2	0.008027052
Bz3 a Bz2	0.008514475
Bz4 a Bz3	0.008671508
Bz7 a Bz6	0.008088544
Bz8 a Bz7	0.008571065
Bz8 a Bz12	0.011787829
Bz11 a Bz10	0.00611548
Bz14 a Bz13	0.003991949
Bz15 a Bz14	0.006099112
Bz16 a Bz15	0.005093892

### Diseño de cuneta rectangulares.

Para diseñar las cunetas rectangulares se realizó en el programa HCANALES.

Tabla 22: Calculo de altura de cuneta rectangular a partir del caudal, ancho de solera “b”, pendiente “s” y coeficiente de rugosidad “n”.

TRAMO SEGÚN FLUJO	Long.(m)	TIPO(1)(2)(3)	Q(m3/s)	b(m)	S(m/m)	H'(m) Altura
Bz1 a Bz2	81.19	RECTANG.	0.833	0.50	0.0236	0.840
Bz3 a Bz2	80.52	RECTANG.	0.834	0.50	0.0086	0.560
Bz4 a Bz3	80.15	RECTANG.	0.834	0.50	0.0177	0.750
Bz7 a Bz6	80.98	RECTANG.	0.833	0.50	0.0163	0.730
Bz8 a Bz7	83.72	RECTANG.	0.834	0.50	0.0044	0.390
Bz8 a Bz12	83.81	RECTANG.	0.837	0.50	0.0699	1.180
Bz11 a Bz10	77.15	RECTANG.	0.831	0.50	0.0181	0.760
Bz14 a Bz13	76.49	RECTANG.	0.829	0.50	0.0012	0.230
Bz15 a Bz14	79.40	RECTANG.	0.831	0.50	0.0139	0.690
Bz16 a Bz15	80.12	RECTANG.	0.830	0.50	0.0097	0.590
	803.53					

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior se hizo los cálculos en el programa HCanales. Se tomó en cuenta que es de concreto por ese motivo se tomó un coeficiente de rugosidad  $n=0.014$  según norma CE - 040, para superficies de concreto. Además, el caudal que genera cada tramo es añadido al caudal máximo que se obtuvo de la sub cuenca  $Q=0.83$  m<sup>3</sup>/s.

Tabla 23: Calculo de altura asumida para no generar diferentes dimensiones en las cunetas

TRAMO SEGÚN FLUJO	H Asumido(m)	Flujo	ESPESOR	Tipo de canal	CUNETA TIPO
Bz1 a Bz2	1.20	Supercrítico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	Tipo3
Bz3 a Bz2	0.60	Subcritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	Tipo1
Bz4 a Bz3	0.80	Supercrítico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	Tipo2
Bz7 a Bz6	0.80	Supercrítico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	Tipo2
Bz8 a Bz7	0.60	Subcritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	Tipo1
Bz8 a Bz12	1.20	Supercrítico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	Tipo3
Bz11 a Bz10	0.80	Supercrítico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	Tipo2
Bz14 a Bz13	0.60	Subcritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	Tipo1
Bz15 a Bz14	0.80	Supercrítico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	Tipo2
Bz16 a Bz15	0.80	Subcritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	Tipo2

Fuente: elaboración propia

Del cuadro anterior, los tipos de cuneta rectangulares se tipifican de acuerdo al orden de su altura siendo el tipo 1 con altura de 0.60 m., el tipo 2 con una altura de 0.80 m., y el tipo 3 con una altura de 1.20 m. respectivamente.

En el **Anexo 10** se puede ver la tabla de cálculos de los elementos de cada cuneta rectangular.

**Diseño de cuneta rectangular para un periodo de retorno de 25 años.  
Zona de estudio (parte urbana para diseño de elementos de drenaje pluvial).**

**Parámetros de diseño**

3) Caudal máximo

Q máx: 1.02 m<sup>3</sup>/s

4) Además, se le incorporaran las áreas depende del flujo y que se muestran en la **Figura 3.** y también de cada zona urbana que genere caudal como se muestra en el siguiente cuadro.

*Tabla 24: Caudales originados por cada tramo incluido el caudal máximo de la zona urbana en estudio*

Tramos	Q (m <sup>3</sup> /s)
Bz1 a Bz2	1.0280
Bz3 a Bz2	1.0285
Bz4 a Bz3	1.0287
Bz7 a Bz6	1.0281
Bz8 a Bz7	1.0286
Bz8 a Bz12	1.0318
Bz11 a Bz10	1.0261
Bz14 a Bz13	1.0240
Bz15 a Bz14	1.0261
Bz16 a Bz15	1.0251

**Diseño de cuneta rectangulares.**

Para diseñar las cunetas rectangulares se realizó en el programa HCANALES.

Tabla 25: Calculo de altura de cuneta rectangular a partir del caudal, ancho de solera "b", pendiente "s" y coeficiente de rugosidad "n".

TRAMO SEGÚN FLUJO	Long.(m)	TIPO(1)(2)(3)	Q(m3/s)	b(m)	S(m/m)	H'(m) Altura
Bz1 a Bz2	81.19	RECTANG.	1.0280	0.50	0.0236	0.941
Bz3 a Bz2	80.52	RECTANG.	1.0285	0.50	0.0086	0.613
Bz4 a Bz3	80.15	RECTANG.	1.0287	0.50	0.0177	0.804
Bz7 a Bz6	80.98	RECTANG.	1.0281	0.50	0.0163	0.816
Bz8 a Bz7	83.72	RECTANG.	1.0286	0.50	0.0044	0.420
Bz8 a Bz12	83.81	RECTANG.	1.0318	0.50	0.0699	1.320
Bz11 a Bz10	77.15	RECTANG.	1.0261	0.50	0.0181	1.026
Bz14 a Bz13	76.49	RECTANG.	1.0240	0.50	0.0012	0.159
Bz15 a Bz14	79.40	RECTANG.	1.0261	0.50	0.0139	0.760
Bz16 a Bz15	80.12	RECTANG.	1.0251	0.50	0.0097	0.649
	803.53					

Fuente: elaboración propia

En el cuadro anterior se hizo los cálculos en el programa Hcanales. Se tomó en cuenta que es de concreto por ese motivo se tomó un coeficiente de rugosidad  $n=0.014$  según norma CE - 040, para superficies de concreto.

Tabla 26: Calculo de altura asumida para no generar diferentes dimensiones en las cunetas

TRAMO SEGÚN FLUJO	H Asumido(m)	Flujo	ESPESOR	Tipo de canal	CUNETA TIPO
Bz1 a Bz2	1.000	Supercritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	Tipo2
Bz3 a Bz2	0.800	Subcritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	Tipo1
Bz4 a Bz3	0.800	Supercritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	Tipo2
Bz7 a Bz6	0.800	Supercritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	Tipo2
Bz8 a Bz7	0.800	Subcritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	Tipo1
Bz8 a Bz12	1.500	Supercritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	Tipo3
Bz11 a Bz10	1.000	Supercritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	Tipo2
Bz14 a Bz13	0.800	Subcritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	Tipo1
Bz15 a Bz14	0.800	Supercritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	Tipo1
Bz16 a Bz15	0.800	Subcritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	Tipo1

Fuente: elaboración propia

Del cuadro anterior, los tipos de cuneta rectangulares se tipifican de acuerdo al orden de su altura siendo el tipo 1 con altura de 0.80 m., el tipo 2 con una altura de 1.00 m., y el tipo 3 con una altura de 1.50 m. respectivamente.

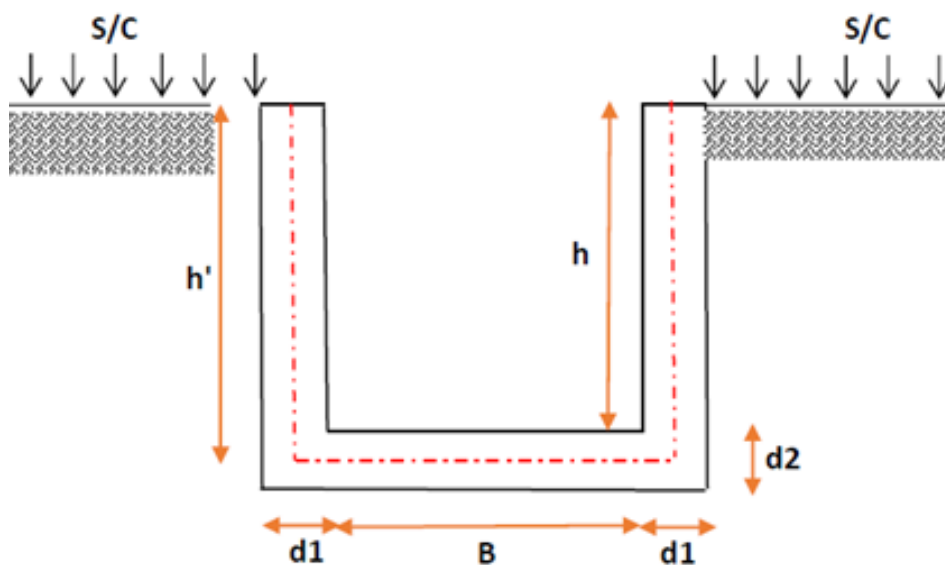


En el **Anexo 12**, se puede ver la tabla de cálculos de los elementos de cada cuneta rectangular.

## **DISEÑO ESTRUCTURAL DEL SUMIDERO RECTANGULAR PARA UN TIEMPO DE RETORNO DE 10 AÑOS**

### **1. Datos geométricos**

$h$	$= 0.80\text{m}$	: altura de muro
$H$	$= 0.64\text{m}$	: altura de agua
$d1$	$= 0.20\text{m}$	: espesor de muro
$d2$	$= 0.25\text{m}$	: espesor de losa
$b$	$= 0.50\text{m}$	: ancho interior del canal
$h'$	$= 0.93\text{m}$	: altura del eje
$B'$	$= 0.70\text{m}$	: base del eje



### **2. Datos del material**

$\delta_s$	$= 1850.00 \text{ kg/m}^3$	: peso específico del suelo seco
$\phi$	$= 21.10 \text{ grados}$	: Angulo de fricción interna del material
$\sigma_{ts}$	$= 1.40 \text{ kg/cm}^2$	: capacidad portante del terreno seco
$\delta_a$	$= 1000.00 \text{ kg/m}^3$	: peso específico del agua

S/C = 1000.00 kg/m<sup>2</sup> : sobrecarga

f'c = 210kg/cm<sup>2</sup> : resistencia a la compresión del concreto

fy = 4200 kg/cm<sup>2</sup> : resistencia a la fluencia del acero

### 3. calculo del coeficiente de empuje activo

$$k_a = Tg^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right) = 0.4706$$

### 4. Momento en el punto A

N°	Elementos	Altura(m)	Peso Esp. (kg/m <sup>3</sup> )	Peso W(kg/m)	Xi (m)	Ma=W*Xi (kg m/m)
P1	Presión del suelo	0.93	1850.00	807.749	0.39	316.164
Pa	Presión del agua	0.54	1000.00	145.800	0.18	26.244
Σ				661.949		-316.164

Cortante y momento ultimo:

$$P_u = 1125.313$$

$$M_{A-U} = -537.479$$

### 5. Momento en el punto B

$$Q = \delta_a * H * B = 270.00 \text{ kg/m}$$

$$q = \delta_a * H = 540.00 \text{ kg/m}^2$$

$$M_B = -M_A + q * \frac{B^2}{8} = 333.04$$

$$M_{B-U} = 566.167$$

### 6. Presión de la estructura sobre el terreno

Peso de la estructura vacía = 1308.00 kg/m

Peso del agua = 270 kg/m

$$\sigma_t \text{ calculado} = \frac{\text{peso estructura+agua}}{(B+2*d1)}$$

$$\sigma_t \text{ calculado} = 0.18 \text{ kg/cm}^2$$

Factor de seguridad- verificación por deslizamiento

$$F = \frac{\sigma_{ts}}{\sigma_t \text{ calculado}} = 7.98 > 2.00 \text{ -----> OK}$$

Máxima tensión del suelo

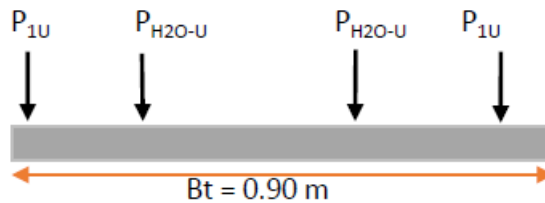
Ubicación de la resultante

$$a = 0.478$$

$$e = 0.028$$

$$f_{max} = \frac{W}{B} * \left(1 + \frac{6*e}{B}\right) = 1.48 \text{ Tn/m}^2 < 14 \text{ Tn/m}^2 \text{ -----> OK}$$

## 7. Momento máximo en el piso



Peso propio de la pared = 384 kg/m

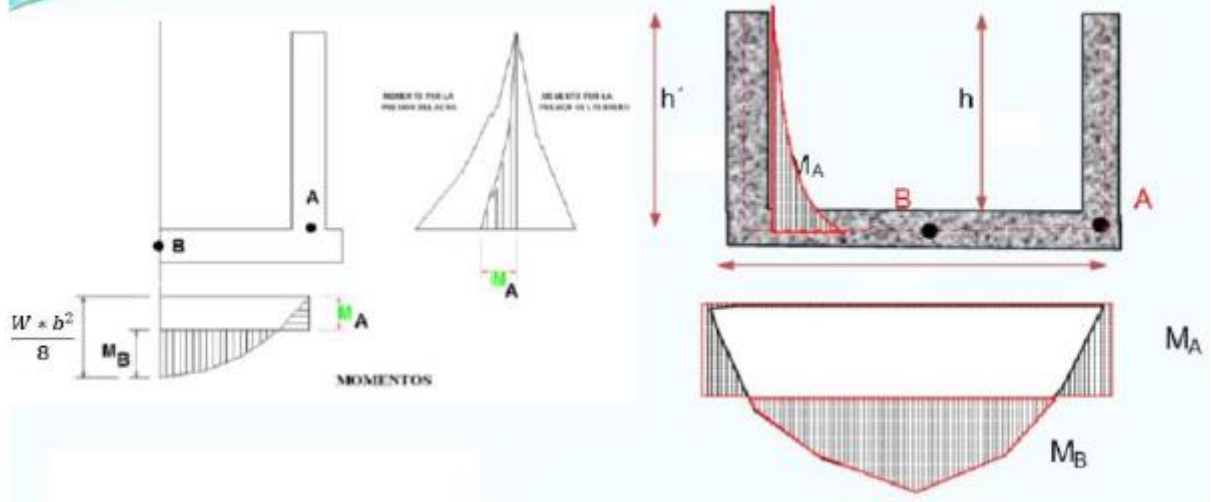
Peso pared ultimo = 537.60 kg/m  $P_{1U}$

Peso del agua para un lado = 229.50 kg/m  $P_{H2O-U}$

Relación neta por unidad

$$W_U = 2 * \frac{(P_{1U} + P_{H2O-U})}{Bt} = 1704.67 \text{ kg/m}$$

## Diagrama de Momentos Flectores



$$\Sigma V = 0$$

$$V_x = -P_{1U} - P_{H2O-U} + W_U * X_O = 0 \text{ -----} \rightarrow X_O = 0.45m$$

**momento máximo en el centro punto B**

$$\Sigma M = 0$$

$$M_{max}B = 104.410833 \text{ kg m/m}$$

$$M_{A-u} = -537.479$$

$$M_{B-u} = 566.167$$

$$M_{B-u} = 104.411$$

### 8. Chequeo cortante en la pantalla

$$V_u < \phi * V_c \quad \phi = 0.85$$

$$L = B - (d_2 - r)$$

$$L = 0.325 \text{ m}$$

$$b = 1.00 \text{ m}$$

$$d_{necesario} = \frac{W_U * L}{\phi * 0.53 * \sqrt{f'c} * b}$$

$$d_{necesario} = 0.85 \text{ cm}$$

$$d_{asumido} = 16.07 \text{ cm}$$

Esfuerzo cortante requerido

$$V_U < 0.70 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo cortante admisible de concreto

$$\phi V_C = 6.53 \text{ kg/cm}^2 \text{ -----} > \text{OK}$$

## DISTRIBUCION DE ACERO EN EL CANAL

### 9. Diseño del muro cara exterior (CE muro)

$$M_{A-U} = 537.479 \text{ kg/m} \quad : \text{máximo momento}$$

$$r = 5.00 \text{ cm} \quad : \text{recubrimiento}$$

$$B1 = 0.85$$

$$\rho_{max} = 0.0128 \quad : \text{cuantía máxima}$$

$$\rho_{min} = 0.0015 \quad : \text{cuantía mínima vertical}$$

$$\rho_{Tempe.} = 0.0020 \quad : \text{cuantía de temperatura horizontal}$$

$$\rho_b = 0.0213$$

$$A_s = \frac{0.85 * f'c * b * d}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_U}{\phi * 0.85 * f'c * b * d^2}} \right]$$

Diámetro asumido

$$\phi 3/8" \text{ ---} > 0.95 \text{ cm} \quad \text{acero principal}$$

$$\phi 3/8" \text{ ---} > 0.95 \text{ cm} \quad \text{acero de temperatura}$$

Espesor asumido  $d_1 = 20.00$  cm

Peralte necesario  $d = 14.52$  cm

Cuantía calculada  $\rho = 0.00072$  DISEÑAR CON LA CUANTIA MINIMA

Refuerzos en muro cara exterior

**Vertical principal**  $\emptyset 3/8"$  @ **20cm**

**Horizontal, temperatura**  $\emptyset 3/8"$  @ **30cm**

### 10. Diseño de la losa cara exterior (CE losa)

$M_{A-U} = 537.479$  kg m/m : momento maximo

$r = 7.50$  cm : recubrimiento

$B_1 = 0.85$

$\rho_{max} = 0.0128$  : cuantía máxima

$\rho_{min} = 0.0015$  : cuantía mínima vertical

$\rho_{Tempe.} = 0.0020$  : cuantía de temperatura horizontal

$\rho_b = 0.0213$

Diámetro asumido

$\emptyset 3/8" \text{ --- } \rightarrow 0.95$  cm acero principal

$\emptyset 3/8" \text{ --- } \rightarrow 0.95$  cm acero de temperatura

Espesor asumido  $d_2 = 25.00$  cm

Peralte necesario  $d = 17.02$  cm

Cuantía calculada  $\rho = 0.00052$  DISEÑAR CON LA CUANTIA MINIMA

Refuerzos en muro cara exterior

<b>Vertical principal</b>	$\emptyset 3/8''$	@	<b>25cm</b>
<b>Horizontal, temperatura</b>	$\emptyset 3/8''$	@	<b>25cm</b>

### 11. Diseño de muro cara interior (CI muro)

$M_{A-U} = 537.479 \text{ kg m/m}$  : Momento máximo

$r = 5.00 \text{ cm}$  : recubrimiento

$B1 = 0.85$

$\rho_{max} = 0.0128$  : cuantía máxima

$\rho_{min} = 0.0015$  : cuantía mínima vertical

$\rho_{Tempe.} = 0.0020$  : cuantía de temperatura horizontal

$\rho_b = 0.0213$

Diámetro asumido

$\emptyset 3/8'' \text{ ---} \rightarrow 0.95 \text{ cm}$  Acero principal

$\emptyset 3/8'' \text{ ---} \rightarrow 0.95 \text{ cm}$  Acero de temperatura

Espesor asumido  $d2 = 20.00 \text{ cm}$

Peralte necesario  $d = 14.52 \text{ cm}$

Cuantía calculada  $\rho = 0.00072$  DISEÑAR CON LA CUANTIA MINIMA

$$A_{min} = 0.7 * \left( \frac{\sqrt{f'c}}{fy} \right) * b * d$$

Refuerzos en muro cara exterior

**Vertical principal**  $\emptyset 3/8''$  @ **20cm**

**Horizontal, temperatura**  $\emptyset 3/8''$  @ **30cm**

### 12. Diseño de losa cara interior (CI losa)

$M_{A-U} = 566.167.479 \text{ kg m/m}$  : Momento máximo

$r = 7.500 \text{ cm}$  : recubrimiento

$B1 = 0.85$

$\rho_{max} = 0.0128$  : cuantía máxima

$\rho_{min} = 0.0015$  : cuantía mínima vertical

$\rho_{Tempe.} = 0.0020$  : cuantía de temperatura horizontal

$\rho_b = 0.0213$

Diámetro asumido

$\emptyset 3/8'' \text{ ---} \rightarrow 0.95 \text{ cm}$  acero principal

$\emptyset 3/8'' \text{ ---} \rightarrow 0.95 \text{ cm}$  acero de temperatura

Espesor asumido  $d2 = 25.00 \text{ cm}$

Peralte necesario  $d = 17.02 \text{ cm}$

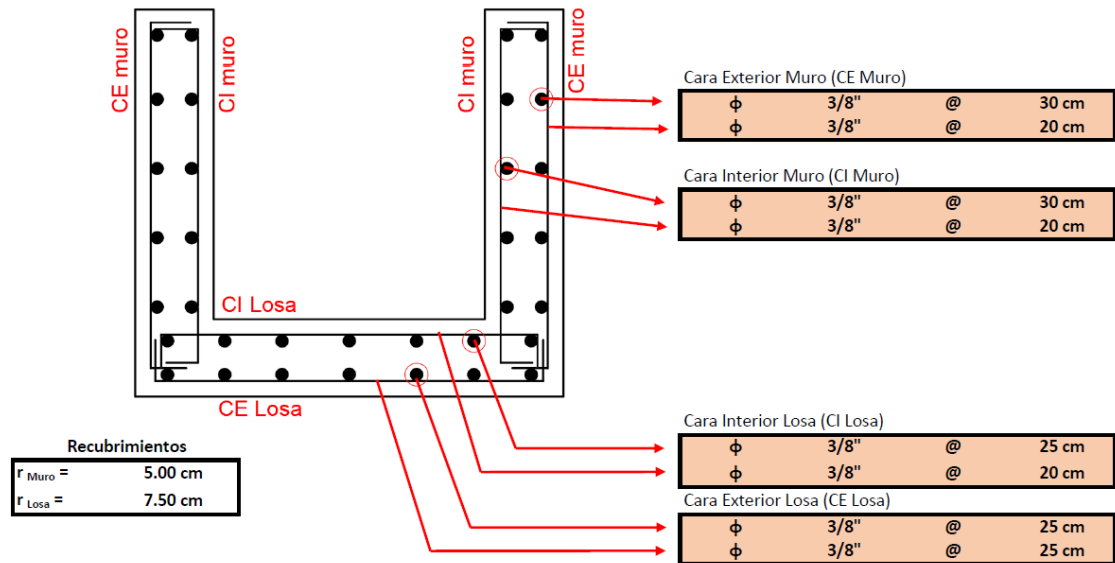
Cuantía calculada  $\rho = 0.00055$  DISEÑAR CON LA CUANTIA  
MINIMA

Refuerzos en losa cara exterior

**Vertical principal**  $\emptyset 3/8''$  @ **20cm**

**Horizontal, temperatura**  $\emptyset 3/8''$  @ **25cm**





## DISEÑO ESTRUCTURAL DEL SUMIDERO RECTANGULAR PARA UN TIEMPO DE RETORNO DE 25 AÑOS

### 13. Datos geométricos

$h$	=	1.00m	: altura de muro
$H$	=	0.80m	: altura de agua
$d_1$	=	0.20m	: espesor de muro
$d_2$	=	0.25m	: espesor de losa
$b$	=	0.50m	: ancho interior del canal
$h'$	=	1.13m	: altura del eje
$B'$	=	0.70m	: base del eje

### 14. Datos del material

$\delta_s$	=	1850.00 kg/m <sup>3</sup>	: peso específico del suelo seco
$\phi$	=	21.10 grados	: Angulo de fricción interna del material
$\sigma_{ts}$	=	1.40 kg/cm <sup>2</sup>	: capacidad portante del terreno seco
$\delta_a$	=	1000.00 kg/m <sup>3</sup>	: peso específico del agua

S/C = 1000.00 kg/m<sup>2</sup> : sobrecarga

f'c = 210kg/cm<sup>2</sup> : resistencia a la compresión del concreto

fy = 4200 kg/cm<sup>2</sup> : resistencia a la fluencia del acero

### 15. calculo del coeficiente de empuje activo

$$k_a = Tg^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right) = 0.4706$$

### 16. Momento en el punto A

N°	Elementos	Altura(m)	Peso Esp. (kg/m <sup>3</sup> )	Peso W(kg/m)	Xi (m)	Ma=W*Xi (kg m/m)
P1	Presión del suelo	1.13	1850.00	1080.339	0.47	504.392
Pa	Presión del agua	0.76	1000.00	288.800	0.25	73.163
Σ				791.539		-504.392

Cortante y momento último:

$$P_u = 1345.616$$

$$M_{A-U} = -857.467$$

### 17. Momento en el punto B

$$Q = \delta_a * H * B = 532.00 \text{ kg/m}$$

$$q = \delta_a * H = 760.00 \text{ kg/m}^2$$

$$M_B = -M_A + q * \frac{B^2}{8} = 550.94$$

$$M_{B-U} = 936.602$$

### 18. Presión de la estructura sobre el terreno

Peso de la estructura vacía = 1620.00 kg/m

Peso del agua = 532 kg/m

$$\sigma_t \text{ calculado} = \frac{\text{peso estructura+agua}}{(B+2*d1)}$$

$$\sigma_t \text{ calculado} = 0.20 \text{ kg/cm}^2$$

Factor de seguridad- verificación por deslizamiento

$$F = \frac{\sigma_{ts}}{\sigma_t \text{ calculado}} = 7.16 > 2.00 \text{ -----> OK}$$

Máxima tensión del suelo

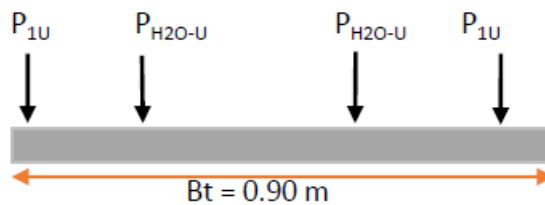
Ubicación de la resultante

$$a = 0.637$$

$$e = 0.087$$

$$f_{max} = \frac{W}{B} * \left(1 + \frac{6*e}{B}\right) = 1.81 \text{ Tn/m}^2 < 14 \text{ Tn/m}^2 \text{ -----> OK}$$

### 19. Momento máximo en el piso



Peso propio de la pared = 480 kg/m

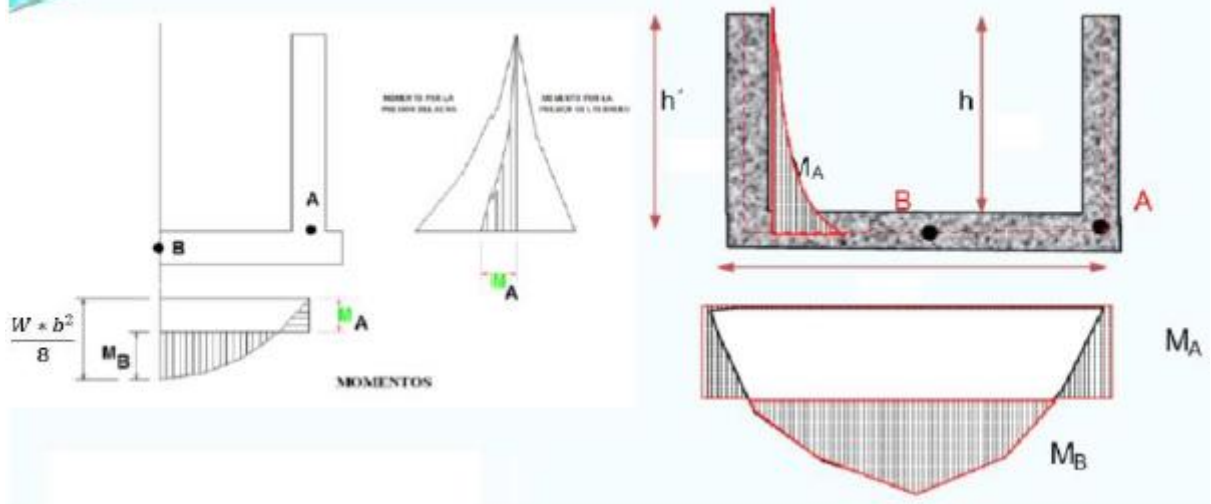
Peso pared ultimo = 672.00 kg/m  $P_{1U}$

Peso del agua para un lado = 452.20 kg/m  $P_{H2O-U}$

Relación neta por unidad

$$W_U = 2 * \frac{(P_{1U} + P_{H2O-U})}{Bt} = 2044.00 \text{ kg/m}$$

## Diagrama de Momentos Flectores



$$\Sigma V = 0$$

$$V_x = -P_{1U} - P_{H20-U} + W_U * X_O = 0 \text{ -----} > X_O = 0.55m$$

**Momento máximo en el centro punto B**

$$\Sigma M = 0$$

$$M_{max}B = 206.955 \text{ kg m/m}$$

$$M_{A-u} = -857.467$$

$$M_{B-u} = 936.602$$

$$M_{B-u} = 206.955$$

**20. Chequeo cortante en la pantalla**

$$V_u < \phi * V_c \quad \phi = 0.85$$

$$L = B - (d_2 - r)$$

$$L = 0.525 \text{ m}$$

$$b = 1.00 \text{ m}$$

$$d_{necesario} = \frac{W_U * L}{\phi * 0.53 * \sqrt{f'c} * b}$$

$$d_{necesario} = 1.64 \text{ cm}$$

$$d_{asumido} = 16.07 \text{ cm}$$

Esfuerzo cortante requerido

$$V_U = 0.84 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo cortante admisible de concreto

$$\phi V_C = 6.53 \text{ kg/cm}^2 \text{ -----} > \text{OK}$$

## DISTRIBUCION DE ACERO EN EL CANAL

### 21. Diseño del muro cara exterior (CE muro)

$$M_{A-U} = 857.467 \text{ kg/m} \quad : \text{Máximo momento}$$

$$r = 5.00 \text{ cm} \quad : \text{recubrimiento}$$

$$B1 = 0.85$$

$$\rho_{max} = 0.0128 \quad : \text{cuantía máxima}$$

$$\rho_{min} = 0.0015 \quad : \text{cuantía mínima vertical}$$

$$\rho_{Tempe.} = 0.0020 \quad : \text{cuantía de temperatura horizontal}$$

$$\rho_b = 0.0213$$

$$A_s = \frac{0.85 * f'c * b * d}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_U}{\phi * 0.85 * f'c * b * d^2}} \right]$$

Diámetro asumido

$$\phi 3/8" \text{ ---} > 0.95 \text{ cm} \quad \text{Acero principal}$$

$$\phi 3/8" \text{ ---} > 0.95 \text{ cm} \quad \text{Acero de temperatura}$$

Espesor asumido  $d_1 = 20.00$  cm

Peralte necesario  $d = 14.52$  cm

Cuantía calculada  $\rho = 0.00115$  DISEÑAR CON LA CUANTIA MINIMA

Refuerzos en muro cara exterior

**Vertical principal**  $\varnothing 3/8"$  @ **20cm**

**Horizontal, temperatura**  $\varnothing 3/8"$  @ **30cm**

## 22. Diseño de la losa cara exterior (CE losa)

$M_{A-U} = 857.467$  kg m/m : Momento maximo

$r = 7.50$  cm : recubrimiento

$B_1 = 0.85$

$\rho_{max} = 0.0128$  : cuantía máxima

$\rho_{min} = 0.0015$  : cuantía mínima vertical

$\rho_{Tempe.} = 0.0020$  : cuantía de temperatura horizontal

$\rho_b = 0.0213$

Diámetro asumido

$\varnothing 3/8"$  — — — —>  $0.95$  cm Acero principal

$\varnothing 3/8"$  — — — —>  $0.95$  cm Acero de temperatura

Espesor asumido  $d_2 = 25.00$  cm

Peralte necesario  $d = 17.02$  cm

Cuantía calculada  $\rho = 0.00084$  DISEÑAR CON LA CUANTIA MINIMA

Refuerzos en muro cara exterior

<b>Vertical principal</b>	$\emptyset 3/8''$	@	<b>25cm</b>
<b>Horizontal, temperatura</b>	$\emptyset 3/8''$	@	<b>25cm</b>

### 23. Diseño de muro cara interior (CI muro)

$M_{A-U} = 857.467 \text{ kg m/m}$  : Momento máximo

$r = 5.00 \text{ cm}$  : recubrimiento

$B1 = 0.85$

$\rho_{max} = 0.0128$  : cuantía máxima

$\rho_{min} = 0.0015$  : cuantía mínima vertical

$\rho_{Tempe.} = 0.0020$  : cuantía de temperatura horizontal

$\rho_b = 0.0213$

Diámetro asumido

$\emptyset 3/8'' \text{ ---} \rightarrow 0.95 \text{ cm}$  acero principal

$\emptyset 3/8'' \text{ ---} \rightarrow 0.95 \text{ cm}$  acero de temperatura

Espesor asumido  $d2 = 20.00 \text{ cm}$

Peralte necesario  $d = 14.52 \text{ cm}$

Cuantía calculada  $\rho = 0.00115$  DISEÑAR CON LA CUANTIA MINIMA

$$A_{min} = 0.7 * \left( \frac{\sqrt{f'c}}{fy} \right) * b * d$$

Refuerzos en muro cara exterior

**Vertical principal**  $\emptyset 3/8''$  @ **20cm**

**Horizontal, temperatura**  $\emptyset 3/8''$  @ **30cm**

### 24. Diseño de losa cara interior (CI losa)

$M_{A-U} = 936.602 \text{ kg m/m}$  : momento máximo

$r = 7.500 \text{ cm}$  : recubrimiento

$B1 = 0.85$

$\rho_{max} = 0.0128$  : cuantía máxima

$\rho_{min} = 0.0015$  : cuantía mínima vertical

$\rho_{Tempe.} = 0.0020$  : cuantía de temperatura horizontal

$\rho_b = 0.0213$

Diámetro asumido

$\emptyset 3/8'' \text{ ---} \rightarrow 0.95 \text{ cm}$  acero principal

$\emptyset 3/8'' \text{ ---} \rightarrow 0.95 \text{ cm}$  acero de temperatura

Espesor asumido  $d2 = 25.00 \text{ cm}$

Peralte necesario  $d = 17.02 \text{ cm}$

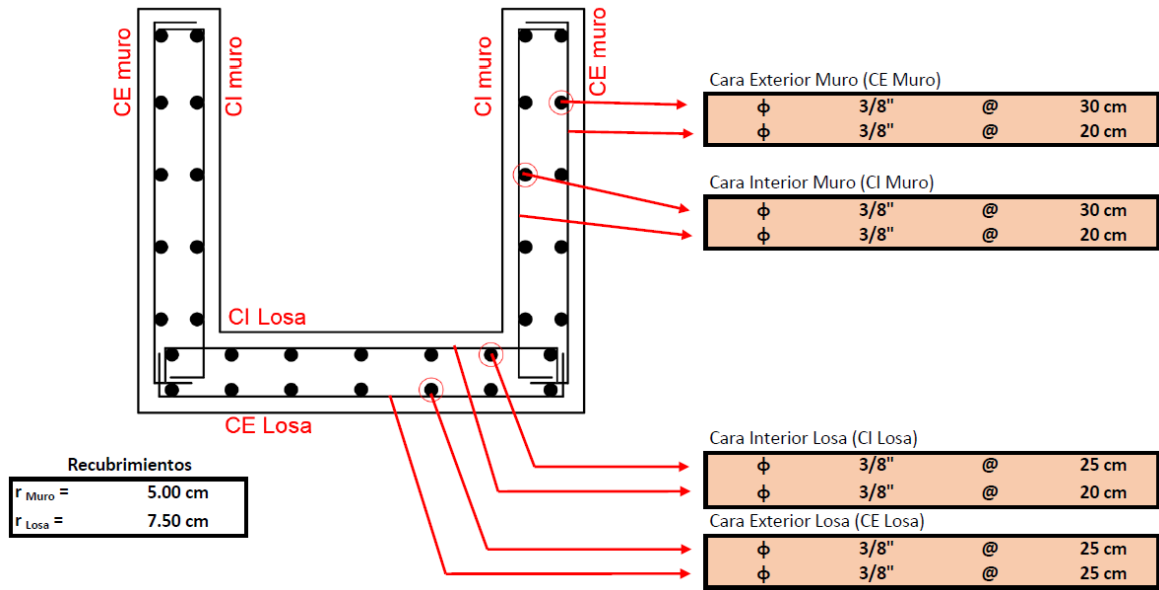
Cuantía calculada  $\rho = 0.00055$  DISEÑAR CON LA CUANTIA  
MINIMA

Refuerzos en losa cara exterior

**Vertical principal  $\emptyset 3/8''$  @ 20cm**



Horizontal, temperatura  $\varnothing 3/8''$  @ 25cm



## DISEÑO DE LA TAPA DE CONCRETO PARA LA CUNETETA

### Materiales

Resistencia del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

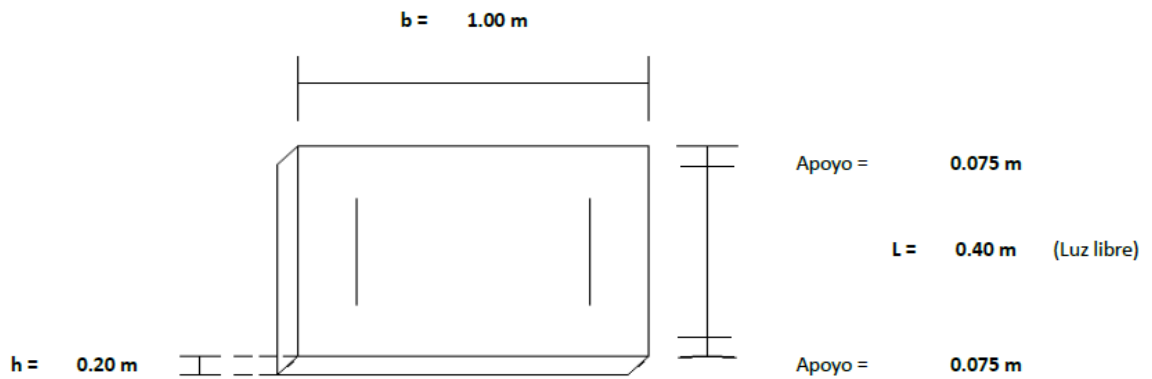
Fluencia del acero  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Densidad del concreto  $2400 \text{ kg/cm}^3$

Recubrimiento 4cm

Peralte efectivo  $d = 15.10 \text{ cm}$

## 1. Dimensionamiento



### a) Espesor de la tapa

- Espesor de losa

Para controlar las deflexiones y otras deformaciones que podrían afectar adversamente la funcionalidad de la estructura, AASHTO recomienda un espesor mínimo sin descartar la posibilidad de reducirlo si lo demuestran cálculos y/o ensayos

Tabla de peraltes mínimos para losas de sección constante

Tipo de losas	Profundidad mínima	
	Tramos simples	Tramos continuos
concreto reforzado	$1.2(S+3000)/30$	$(S+3000)/30 > 165\text{mm}$
concreto pretensado	$0.030S > 165\text{mm}$	$0.027S > 165\text{mm}$

Adaptado del manual de diseño de puentes, MTC-DGCF, dirección general de caminos y ferrocarriles del ministerio de transportes y comunicaciones

$$h_{min} = 1.2 \left( \frac{s+3000}{30} \right) \geq 165\text{mm}$$

S= luz libre

$$h_{min} = 13.60 \text{ cm}$$

$$h_{asumido} = 20 \text{ cm}$$

## 2. Metrado de cargas

Metrado por cargas permanentes:

	h(m)	Ltotal(m)	b(m)	$\gamma\left(\frac{tn}{m^3}\right)$
P.P. tapa	0.2	0.4	1	2.4

Carga de diseño = 0.192 tn

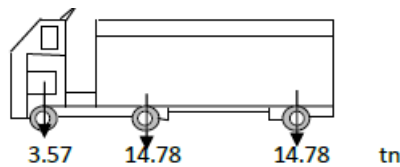
L = 0.40 m

$$W_D = \frac{\text{carga de diseño}}{L}$$

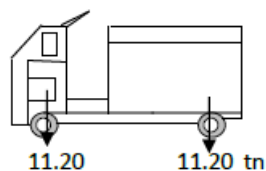
$$W_D = 0.48 \text{ tn/m}$$

Metrado por sobrecarga

Sobre carga vehicular HL-93 (según norma AASHTO)



Tandem de diseño



Debido a que nuestra tapa de concreto en cunetas es muy pequeño, solo se tomara el valor mas alto entre los 3 ejes del vehiculo

S/C camión = 14.78 tn

Tándem (por Barrett) = 11.20 tn

S/C de diseño = 25.98 tn

L (total) = 0.40 m

$$W_D = \frac{\text{carga de diseño}}{L}$$

Sobre carga (WL) = 64.95 tn/m

### 3. Diseño de la tapa de concreto

Resumen de datos

$$W_D = 0.48 \text{ tn/m}$$

$$W_L = 64.95 \text{ tn/m}$$

$$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

#### 3.1. Hallando la carga ultima (según norma E-060)

$$W = 1.4 * W_D + 1.7 * W_L$$

Donde

W= carga ultima

$W_D$  =carga muerta

$W_L$  =carga viva o sobrecarga

$$W = 111.09 \text{ tn/m}$$

#### 3.2. Hallando el momento ultimo

$$M_U = \frac{W * L^2}{8}$$

$$M_U = 2.22 \text{ tn} - \text{m}$$

$$M_U = 222174.0 \text{ kg} - \text{cm}$$

#### 3.3. Nota

Para hallar el área de acero se tomará un ancho (b=1.0m=100cm)

#### 3.4. El área del acero es( $A_s$ )

$$A_s = \frac{0.85 f'c * b * d}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 M_U}{\phi * 0.85 f'c * b * d^2}} \right]$$

El factor de reducción ( $\phi$ ).- al respecto las normas tanto peruanas como americanas dan los mismos valores y son los siguientes

Para flexión sin carga axial

$$\phi = 0.90$$

Para flexión con carga axial de tracción

$$\phi = 0.90$$

Para flexión con carga axial de compresión y para compresión

$$\phi = 0.90$$

$$\phi = 0.90$$

$$A_s = 4.01968 \text{ cm}^2$$

Verificación

3.5. Calculo la cuantía mínima ( $\rho_{min}$  y cuantía  $\rho$ )

$$\rho_{min} = 0.7 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y}$$

$$\rho_{min} = 0.0024$$

$$\rho = \frac{A_s}{L * d}$$

$$\rho = 0.00666$$

3.6. Calculo la cuantía balanceada  $\rho_b$  y cuantía máxima  $\rho_{max}$

$$\rho_b = 0.85 \frac{f'_c}{f_y} * B_1 \left( \frac{6000}{6000 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = 0.0213$$

$$\rho_{max} = 0.75 * \rho_b$$

$$B_1 = 0.85$$

$$\rho_{max} = 0.0159$$

3.7. Verificación si el acero fluye

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0.0024 < 0.00666 < 0.0159 \text{ -----} > \text{OK}$$

$$A_s = 4.01968 \text{ cm}^2$$

Calculo del espaciamiento del acero longitudinal

Barra Nro	Φ pulg	Φ mm	Peso (kg/m)	Area (cm <sup>2</sup> )	Perímetro (cm)
2	1/4	6.4	0.248	0.32	1.99
3	3/8	9.5	0.559	0.71	2.98
4	1/2	12.7	0.993	1.27	3.99
5	5/8	15.9	1.552	1.98	5.00
6	3/4	19.0	2.235	2.85	6.00
8	1	25.4	3.973	5.07	7.98
10	1 1/4	31.8	6.207	7.92	9.99
11	1 3/8	34.9	7.511	9.58	10.96
12	1 1/2	38.1	8.938	11.40	11.97

Distribución del acero

Para acero de Ø 1/2"

$$@ = \frac{Area_{barra}}{A_s}$$

$$@ = \frac{1.27}{4.01968} * 100 = 31.52 \text{ cm}$$

Transversal principal Ø 1/2" @ 30 cm

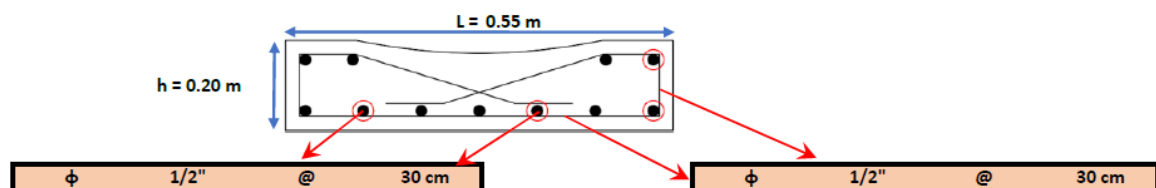
3.8. Calculo del acero de temperatura

$$\Delta_{ST} = 0.0018bh$$

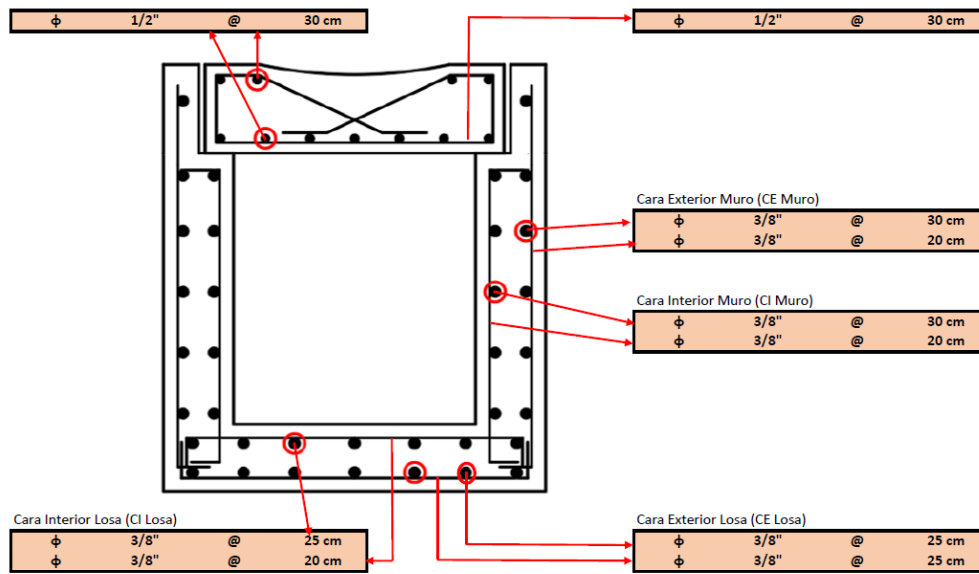
$$\Delta_{ST} = 3.6 \text{ cm}^2$$

$$@ = \frac{1.27}{4.60} * 100 = 35.19 \text{ cm}$$

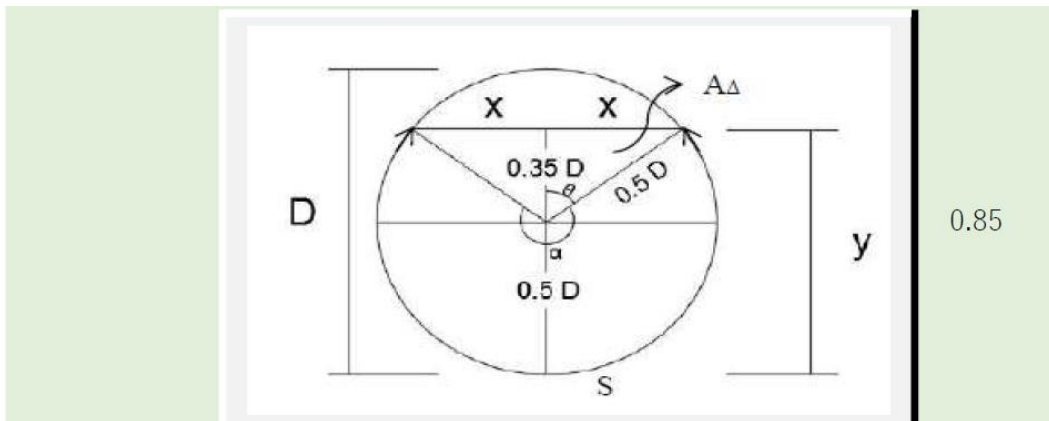
Transversal principal Ø 1/2" @ 30 cm



## Armado final



## CALCULO DEL DIÁMETRO NANNING PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS



$$\cos\theta = \frac{0.35D}{0.5D} \quad \theta = 59.62 \rightarrow 1.04 \text{ rad}$$

$$\alpha = 360 - 2\theta \quad \alpha = 240.76 \rightarrow 4.2$$

$$\sin\theta = \frac{X}{0.5D} \quad X = 0.431 * D$$

$$A_t = A_{\text{sector circular}} + A_{\text{triangular}}$$

$$A_t = 0.5(0.5D)^2 * 4.2 + 2(0.43D) * (0.35D)$$

$$A_t = 0.676D^2$$

### 1. RADIO HIDRAULICO

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

$$R_H = 0.322D$$

### 2. ECUACION DE MANNING

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

Donde

V : velocidad (m/s)

N : coeficiente de rugosidad 0.007

S : pendiente longitudinal

Conocido el caudal – metodo racional

$$Q = \frac{1}{n} R_H^{2/3} * S^{1/2} * A$$

PARA TRAMO 1

$$1.00425 = \frac{1}{0.007} 0.322D^{2/3} * 0.07856^{1/2} * 0.676D^2$$

D=649.14 mm

PARA TRAMO 2

$$1.01759 = \frac{1}{0.007} 0.322D^{2/3} * 0.068703^{1/2} * 0.676D^2$$

D=659.59mm

DESFOGE

$$2.02184 = \frac{1}{0.007} 0.322D^{2/3} * 0.05^{1/2} * 0.676D^2$$

D=781.11 mm

## CALCULO DEL DIÁMETRO NANNING PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS

$$\cos\theta = \frac{0.35D}{0.5D} \quad \theta = 59.62 \rightarrow 1.04 \text{ rad}$$

$$\alpha = 360 - 2\theta \quad \alpha = 240.76 \rightarrow 4.2$$

$$\sin\theta = \frac{X}{0.5D} \quad X = 0.431 * D$$



$$A_t = A_{\text{sector circular}} + A_{\text{triangular}}$$

$$A_t = 0.5(0.5D)^2 * 4.2 + 2(0.43D) * (0.35D)$$

$$A_t = 0.676D^2$$

### 3. RADIO HIDRAULICO

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

$$R_H = 0.322D$$

### 4. ECUACION DE MANNING

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

Donde

V : velocidad (m/s)

N : coeficiente de rugosidad 0.007

S : pendiente longitudinal

Conocido el caudal – metodo racional

$$Q = \frac{1}{n} R_H^{2/3} * S^{1/2} * A$$

PARA TRAMO 1

$$1.19425 = \frac{1}{0.007} 0.322D^{2/3} * 0.07856^{1/2} * 0.676D^2$$

$$D=672.03 \text{ mm}$$

PARA TRAMO 2

$$1.20759 = \frac{1}{0.007} 0.322D^{2/3} * 0.068703^{1/2} * 0.676D^2$$

$$D=682.56 \text{ mm}$$

DESFOGE

$$2.40184 = \frac{1}{0.007} 0.322D^{2/3} * 0.05^{1/2} * 0.676D^2$$

$$D=808.48 \text{ mm}$$

## Mínimos de Tuberías en Colectores de agua de lluvia

Tipo de Colector	Diámetro Mínimo (m)
Colector Troncal	0,50
Lateral Troncal	0,40*
Conductor Lateral	0,40*

Material	Prandtl-Colebrook		Hazen-Williams		Manning	
	k (mm)		c		n	
	Nueva	En servicio	Nueva	En servicio	Nueva	En servicio
Fundición	0,03	0,2	130	100	0,012	0,017
Hormigón	0,3	3,0	140	110	0,013	0,017
Acero	0,03	0,1	120	90	0,008	0,011
Polietileno	0,005	0,03	150	140	0,007	0,009
PRFV	0,03	0,06	110	100	0,009	0,010
PVC	0,002	0,003	150	140	0,007	0,009
PVC-O	0,003	0,007	150	140	0,007	0,009

## **V. DISCUSIÓN**

### **Discusión del Objetivo general**

Se analizó la hidrología que comprende la zona en estudio, en base a la data obtenida a partir de la estación de control San Jerónimo – Andahuaylas (SENAMHI), el análisis se realizó según la norma técnica peruana OS. 060 (2001) y la nueva norma CE. 040 (2001), en la cual se determinó el caudal máximo que generaría la sub cuenca y la cual posteriormente sería influyente en el drenaje pluvial en estudio del presente.

Luego se propuso un sistema de alcantarillado con cunetas rectangulares de concreto tanto para un diseño con tiempos de retorno de 10 años y de 25 años respectivamente, y para colectores, se hizo el cálculo en general para ambos tiempos de retorno, ya que no se vio mucha variante con respecto al caudal de diseño. El diseño se realizó con el software Hcanales (V 3.0), con la cual se obtuvieron 3 tipos de dichas cunetas., nuestro estudio es similar al que realizó (Augusto, 2020) , en su tesis “Evaluación y propuesta de un diseño para el sistema de alcantarilla pluvial del barrio El Dorado, Callería, Ucayali, 2022”; quien hizo un análisis y un diseño de alcantarillado diferente al nuestro en ya que la zona en estudio se encuentran geográficamente en diferentes regiones (en la selva la del tesista Augusto Revilla, y en la sierra la nuestra), sin embargo cabe señalar que en la zona de estudio de nuestro trabajo las precipitaciones fluctúan casi como en la selva sobre todo en la temporada de lluvias, esto entre los meses de Diciembre a Marzo.

### **Discusión del objetivo específico 1**

El análisis que se realizó sobre la hidrología del sector en estudio, se hizo acorde con lo que se indica en la norma técnica peruana (CE040, 2021) en su anexo 1. En la norma nos indica que primero tenemos que tener las precipitaciones, luego las intensidades de las precipitaciones, y finalmente las curvas IDF, tal cual se realizó esta tesis.

Cabe señalar que este análisis es solamente para un diseño de alcantarillado superficial de aguas pluviales y no para un sistema combinado en la cual intervendrían las aguas negras que generan las viviendas. Finalmente, las aguas captadas de las lluvias y escorrentías, serán vertidas en el río Chumbao.

## **Discusión del objetivo específico 2**

En cuanto a los parámetros hidrológicos para poder diseñar el sistema de drenaje pluvial del centro de la ciudad de Andahuaylas, se tomó en cuenta como primer punto los tiempos de retorno, si bien es cierto que normalmente se hace un análisis para tiempos de retorno de 2 años y de 10 años, nosotros optamos por hacerlo para 10 años y 25 años, esto para darnos una mejor proyección y perspectiva, ya también para saber cuál sería la variante entre un análisis de 10 años y un análisis de 25 años de tiempo de retorno. Como segundo punto se tienen los parámetros de caudal máximo esto de la sub cuenca que afecta directamente a la zona en estudio, si bien es cierto que los valles de Andahuaylas existen muchas sub cuencas solamente se tomó una de las complejidades de la zona. Y como tercer parámetro a tomar en cuenta fue la zona de embocadura de toda la escorrentía generada a partir de las lluvias, dado que la ciudad de Andahuaylas cruza el río Chumbao en sentido transversal a la misma, se tomó en cuenta esto para tomarla como punto de desfogue de las aguas pluviales.

## **Discusión del objetivo específico 3**

Una de las dudas antes de realizar el estudio fueron si es que se obtendrán muchas disparidades en cuanto a los cálculos tanto para un diseño de drenaje pluvia con tiempo de retorno de 10 años y como para un diseño de drenaje pluvial para un tiempo de retorno de 25 años, en cuanto al caudal máximo producido la diferencia es de 0.19 m<sup>3</sup>/s, es ligeramente notorio pero que al final en los cálculos de diseño no varían más que un tipo de cuneta.

En cuanto al deterioro: El deterioro de las vías y el sistema de drenaje pluvial, podría generarse en si por las pendientes nótese que el área de estudio está dentro de un valle con pendientes con respecto al rio notablemente moderadas de entre 5% al 15% en sus zonas altas, las cuales generan escorrentías y vellosidades del agua causantes de dicho deterioro. Pero también es importante señalar que aquí si puede ser influyente el diseño según el tiempo de retorno, no es lo mismo diseñar un sistema de alcantarillado para un caudal máximo de 1 m<sup>3</sup>/s que diseñar para un caudal máximo de 0.5 m<sup>3</sup>/s.

En el estudio de (Del Aguila, 2014) “Diseño un sistema de drenaje pluvial para mejorar la transitabilidad en la localidad de San Antonio de Paujilzapa”, en la cual

busca el mejoramiento del drenaje de San Antonio de Paujilzapa, sin embargo, nosotros buscamos la instauración de un sistema de drenaje pluvial independiente sobre todo en centro de la ciudad de Andahuaylas. Esto mejorará también al igual que planteo el autor la transpirabilidad en la localidad. Todo esto tomando en cuenta la viabilidad del proyecto del mismo y la comparativa de entre tiempo de retorno de 10 y 25 años.

## VI. CONCLUSIONES

- En el análisis hidrológico, el método más consistente para la obtención de la intensidad máxima y caudal máximo, es el método Racional con Dyck y Peschke dado que requiere datos como precipitación máxima diaria y características físicas-edaforológicas del área de drenaje.
- La intensidad máxima de lluvia se calculó para diferentes períodos de retorno y duraciones, cuyos datos fueron de la estación Meteorológica de San Jerónimo-Provincia de Andahuaylas. Pero para la presente se tomó en cuenta los tiempos de retorno de 10 y de 25 años.
- Para el sistema de alcantarillado pluvial del área en estudio, se ha identificado el colector (sumidero), cuyas coordenadas se muestran a continuación.

Colector	X	Y
Colector	674197.5	8489828

- El área de drenaje ofertante al colector, se determinó tomando en cuenta la red de alcantarillado existente. Y se ha realizado el cálculo de caudal máximo para periodos de retorno de 10 y 25 años.
- El coeficiente de escorrentía ponderado para el sistema de alcantarillado del colector es: 0.44, a si mismo el coeficiente de rugosidad puesto que las cunetas serán diseñadas con concreto es de 0.014, según norma CE 040.
- El caudal máximo en el colector es igual a 0.83 m<sup>3</sup>/s para un periodo de retorno de 10 años, y para 25 años es 1.02 m<sup>3</sup>/s. En ese sentido la diferencia entre los diseños de estos periodos de retorno es de 0.19 m<sup>3</sup>/s. y también la diferenciación en cuanto al diseño de cunetas rectangulares es tal como se muestra en el siguiente cuadro:

*Cuadro: Cuadro de diferencia de alturas calculadas para tiempos de diseño de 10 y 25 años.*

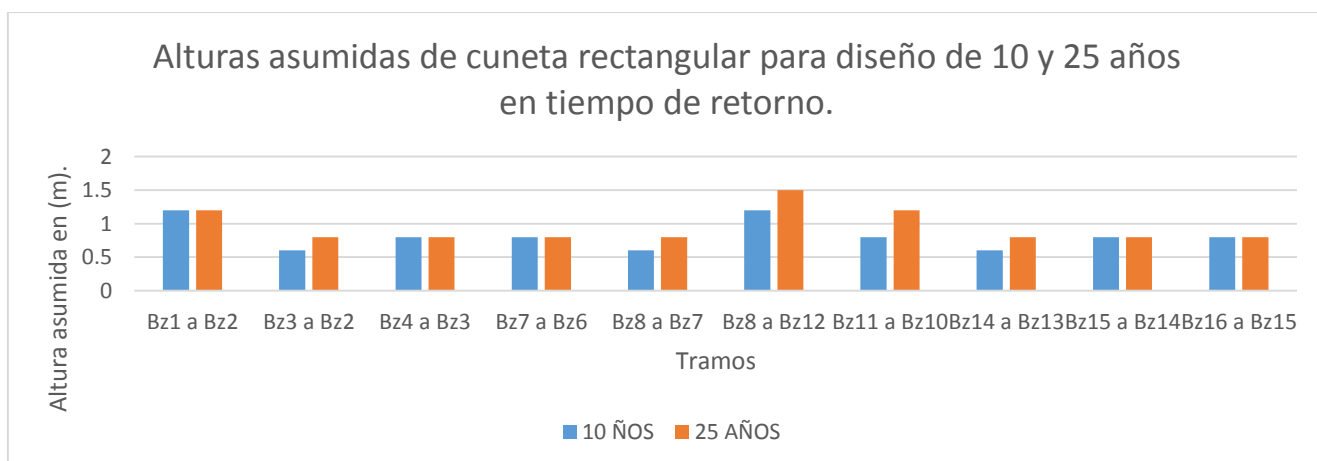
TRAMO	H	H	Diferencia
SEGÚN FLUJO	Asumido (m)	Asumido (m)	de
	10 años	25 años	alturas
Bz1 a Bz2	1.2	1.2	0
Bz3 a Bz2	0.6	0.8	0.2
Bz4 a Bz3	0.8	0.8	0

<b>Bz7 a Bz6</b>	0.8	0.8	0
<b>Bz8 a Bz7</b>	0.6	0.8	0.2
<b>Bz8 a Bz12</b>	1.2	1.5	0.3
<b>Bz11 a Bz10</b>	0.8	1.2	0.4
<b>Bz14 a Bz13</b>	0.6	0.8	0.2
<b>Bz15 a Bz14</b>	0.8	0.8	0
<b>Bz16 a Bz15</b>	0.8	0.8	0

*Fuente: propia*

- Del cuadro anterior se aprecia que existe una diferencia entre el diseño de la cuneta esto en cuanto a la altura según cada tiempo de retorno, en algunos tramos no se aprecia diferencia alguna sin embargo en el tramo Bz11 a Bz10 es la mayor diferencia de altura con 0.40 m, esto hará que varíe incluso en el presupuesto si es que se ejecutara obra. En promedio la diferencia de altura es de 0.13 m.

*Gráfico: Diagrama de barras para la comparación de alturas calculadas para las cunetas.*



*Fuente: Propia*

- Del gráfico anterior, el diseño de las cunetas tanto para un periodo de retorno de 10 y 25 años varía, esto porque se tiene un caudal más grande para periodos más extensos y lo demuestran nuestros resultados.
- El diámetro de tuberías por método de Manning para periodos de retorno de 10 años nos da como resultado:
  - Tramo 1: 649.14 mm

- Tramo 2: 659.59 mm
  - Desfogue:781.11
- Y para un periodo de retorno de 25 años
  - Tramo 1: 672.03 mm
  - Tramo 2: 682.56 mm
  - Desfogue:808.48



## VII. RECOMENDACIONES

- Mantenimiento periódico del sistema de drenaje pluvial que garantice su funcionalidad a su capacidad hidráulica y evita daños por precipitaciones en las infraestructuras viales. Este debe hacerse, periódicamente ya que las aguas pluviales traen consigo materiales que colmatan frecuentemente las estructuras de drenaje
- Es necesario implementar al sistema de drenaje pluvial, el manejo de uso de suelos, cobertura vegetal en las partes más altas donde el suelo es directamente erosionado por las lluvias a falta de vegetación y que permite disminuir el coeficiente de escorrentía. Facilitando la infiltración del agua de lluvia en el sub suelo.
- Las edificaciones nuevas deben contar con un sistema de evacuación de aguas pluviales con el fin de garantizar un buen desempeño de las estructuras y reutilizar el agua para riego de jardines, y las edificaciones ya existentes deben de implementar este sistema ya que en la mayoría de ellas estas evacuan directamente a las alcantarillas de las aguas negras o directamente a las calles
- Todas las zonas de intersección entre calles llevarán zanjas con rejillas, dichas rejillas serán puestas en forma paralelas al flujo en la que discurre el agua y teniendo en cuenta la norma CE .040. La zona con rejillas se observa en el Anexo 08.
- Se pondrán buzones en cada intersección de las calles para aminorar la carga de volumen de agua, de palizada, de arena y demás, es decir los buzones se colocarán tramos cortos, pese a que las calles son relativamente pequeñas en tiempos de lluvia estas colapsan no solamente por causa del agua de lluvia, sino que también por la arena y demás cuerpos desechados que esta arrastra.
- Las zonas en las que no se calcularon cunetas rectangulares, son zonas en la cuales las calles pueden soportar el caudal máximo y las velocidades del flujo son buenas para que no se generen inundaciones así que se recomienda que solamente se coloquen cunetas triangulares en ambos lados de las pistas y que las calles tengan un bombeo de por lo menos 2.5 %.

## REFERENCIAS

- Augusto, A. (2020). Facultad De Ingeniería Y Arquitectura. In *Google Academico*.  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50737/Cusma\\_GM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50737/Cusma_GM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Bateman, A. (2007). Hidrologia Basica Y Aplicada. *Brazilian Journal of Biology*, 71(1 SUPPL.), 40.
- Br. Geldres Rios, M. O. (2020). *Propuesta Del Sistema De Drenaje Pluvial Urbano Del Distrito De Iquitos*. 184.
- Breña P., A. F., & Jacobo V., M. A. (2006). Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial. *Universidad Autónoma Metropolitana*, 288 págs.
- Carlos, D., & Llano, O. (2020). *Drenaje pluvial sostenible. Una alternativa de gestion del agua de lluvia en la universidad de Sonora*. XIV, 53–69.
- David Cristopher, V. R. (2019). *Diseño del sistema de alcantarillado en el centro poblado casaraná, del distrito de la Arena provincia de Piura, departamento de Piura, octubre 2019*.
- Del Aguila, J. (2014). Facultad de Ingeniería Facultad de Ingeniería. *Ucv*, 0–116.
- Gilberth Moises, Z. A. (2020). *Diseño hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario para el sector El Arrastradero de la ciudad de Calceta del cantón Bolívar*.
- Jhon Williams, R. V. (2021). *Diseño del sistema de drenaje pluvial urbano en la avenida 28 de agosto del distrito de Amarilis, Huanuco-2019*.
- John Wilson, H. R. (2020). *propuesta de implantacion de sistemas alternativos de drenaje pluvial urbano en el proyecto vial avenida Tintal de Bogota D.C*.
- MTC. (2008). Manual de hidrologia, hidraulica y drenaje. *Manual De Hidrología, Hidráulica Y Drenaje*, 0(0), 222.  
[http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_2950.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf)
- Noemi, M. de los santos, & Carlos, R. jimenez. (2018). *La innovación alternativa inminente en los sistemas de drenaje pluvial para minimizar las inundaciones*.

NTP. (2021). *CE.040 Drenaje Pluvial*.

<https://www.gob.pe/institucion/vivienda/informes-publicaciones/2309793-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>

Parada-Molina, P. C., Suárez Guerrero, A. I., Jiménez Huerta, J., Cervantes Pérez, J., & Silva Blanco, L. A. (2020). Drenaje urbano sostenible: una alternativa para Xalapa, Veracruz, México. *Sociedad y Ambiente*, 23, 1–23. <https://doi.org/10.31840/sya.vi23.2201>

Pedro Diego, V. N. (2021). *Diseño de un sistema de drenaje pluvial urbano en la ciudad de Otuzco, la Libertad mediante el uso del modelo matematico SWMM*.

Sánchez, J. (2008). Hidrología e Hidrogeología. *San Ramon - Dpto. Geología - Universidad Salamanca - España*, 1, 120–134. <http://hidrologia.usal.es/temas/Precipitaciones.pdf>

Velez, M. V. (1977). Hidrologia Para Ingenieros. *Hidrologia Para Ingenieros*, 2(0), 1–398.

Wilmer Moises, Z. Z. (2021). *Análisis y diseño del sistema de drenaje pluvial urbano del distrito de pátapo, provincia de chiclayo, región lambayeque*.

## **ANEXOS**

**ANEXO 01: Matriz de Consistencia**

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSIONES</b>
<p><b>El problema general</b></p> <p>¿De qué manera el análisis hidrológico influye en el diseño del sistema de drenaje pluvial urbano, en el sector del Jr. Ramón Castilla y alrededores en la ciudad de Andahuaylas, en el departamento de Apurímac?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿De qué manera el análisis hidrológico influye en el diseño de las obras superficiales de captación del sistema de drenaje pluvial urbano?</li> </ul>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Analizar la hidrología para el diseño del sistema de drenaje pluvial urbano, en el sector del Jr. Ramón Castilla y alrededores en la ciudad de Andahuaylas, en el departamento de Apurímac.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Analizar la hidrología del sector para el diseño de las obras superficiales de captación del sistema de drenaje pluvial urbano.</li> </ul>	<p><b>La hipótesis general</b></p> <p>El análisis hidrológico influye en el diseño del sistema de drenaje pluvial, en el sector del Jr. Ramón Castilla y alrededores en la ciudad de Andahuaylas, en el departamento de Apurímac.</p> <p><b>Hipótesis específicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El análisis hidrológico influye en el diseño de las obras superficiales de captación del sistema de drenaje pluvial urbano.</li> <li>Al obtener los parámetros hidrológicos</li> </ul>	<p><b>Variable independiente</b></p> <p>Análisis hidrológico</p> <p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Diseño del sistema de drenaje pluvial urbano</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cantidad de precipitación por día.</li> <li>Tiempo de retorno.</li> <li>Caudal de diseño.</li> <li>Intensidad de precipitación.</li> <li>Topografía del terreno.</li> <li>Suelos.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo determinar mediante un estudio hidrológico el caudal de diseño de los sistemas de drenaje pluvial?</li> <li>• ¿Cuál es la variabilidad en cálculos que se genera para un diseño pluvial urbano con diseño de tiempos de retorno de 10 y 25 años en la zona de estudio?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar los parámetros hidrológicos para el diseño del sistema de drenaje pluvial en la ciudad de Andahuaylas</li> <li>• Determinar la diferenciación en los cálculos que se generará a partir de entre un diseño para un periodo de retorno de 10 y otro de 25 años.</li> </ul>	<p>se podrá determinar los factores que afectan al sistema de drenaje pluvial en la ciudad de Andahuaylas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El diseño según al tiempo de retorno de entre 10 años y de 25 años es muy diferenciable.</li> </ul>		
--	--	--	--	--

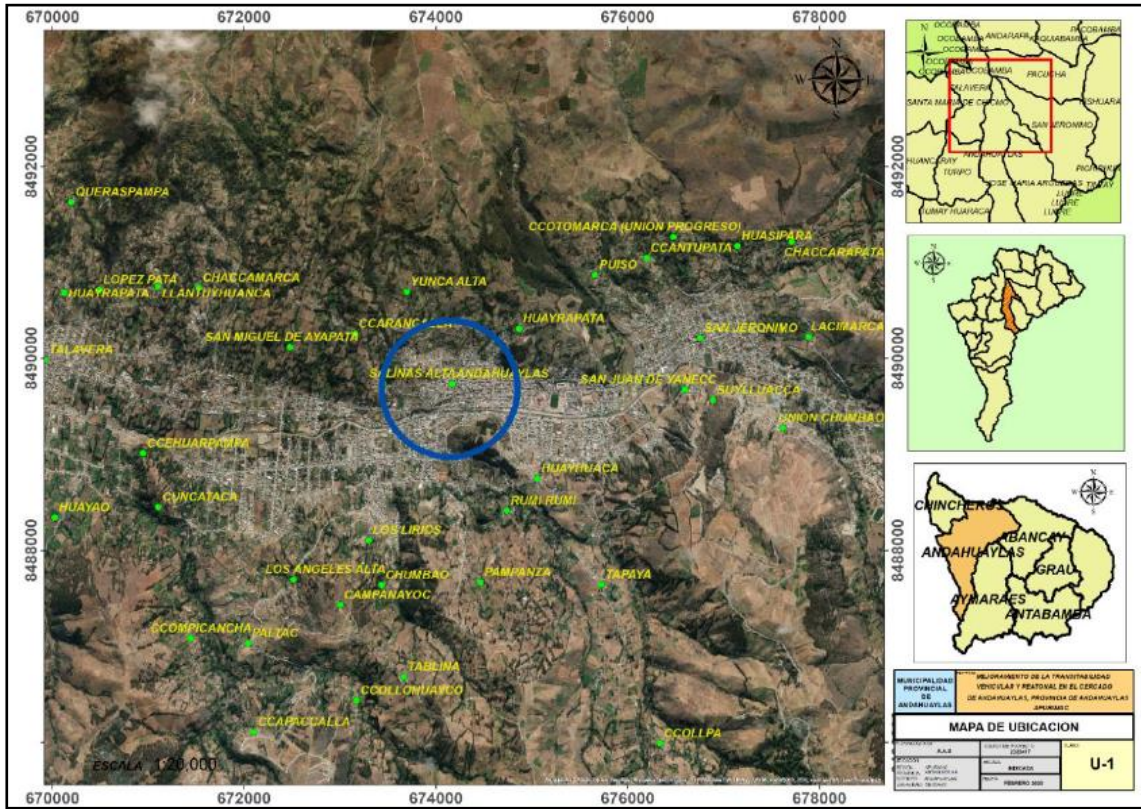
**ANEXO 02:** Operacionalización de variables

<b>Variable Independiente</b>	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
Análisis hidrológico	Este análisis es esencial para poder determinar los caudales máximos para ciertos periodos de retorno, la información pluviométrica es fundamental para el análisis, se debe conocer las características de la superficie, la longitud y pendiente, en este procedimiento se determina su coeficiente de escorrentía y también el tiempo de concentración.	Cantidad de precipitación por día	Ubicación geográfica de cuenca
	Definición Operacional	Tiempo de retorno	Ubicación del pluviómetro
	Poder procesar la información hidrológica de los cambios que experimenta el agua en su estado sólido, líquido o gaseoso para obtener resultados necesarios.		Norma: OS. 060 y CE. 040
<b>Variable Dependiente</b>	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
	"Tiene por objetivo el manejo racional del agua de lluvia en las ciudades, para evitar daños en las edificaciones y obras públicas (pistas, redes de agua, redes eléctricas, etc.), así como la acumulación del agua que pueda constituir focos de	Caudal de diseño  Intensidad de precipitaciones	Condición de filtración del suelo

Diseño de sistema de drenaje pluvial urbano	contaminación y/o transmisión de enfermedades." Norma OS.060, 8 de junio(2006)	Topografía del terreno, suelos.	Data de la estación de estudio
	Definición Operacional		Ubicación
	"Comprenden la recolección, transporte y evacuación a un cuerpo receptor de las aguas pluviales que se precipitan sobre un área urbana." Norma OS.060, 8 de junio (2006).		Geofísica



### ANEXO 03: Mapa N° 1 Mapa de ubicacion del proyecto

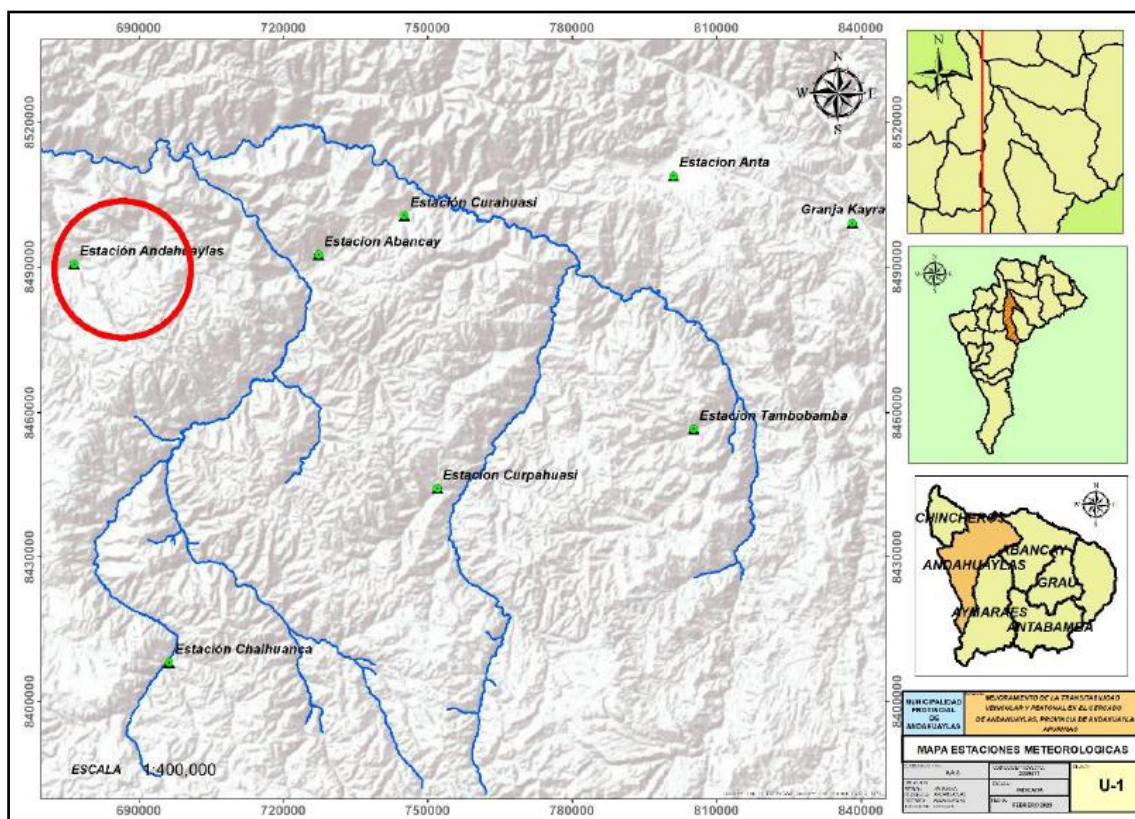


Fuente: Google Eart-ArcGIS.





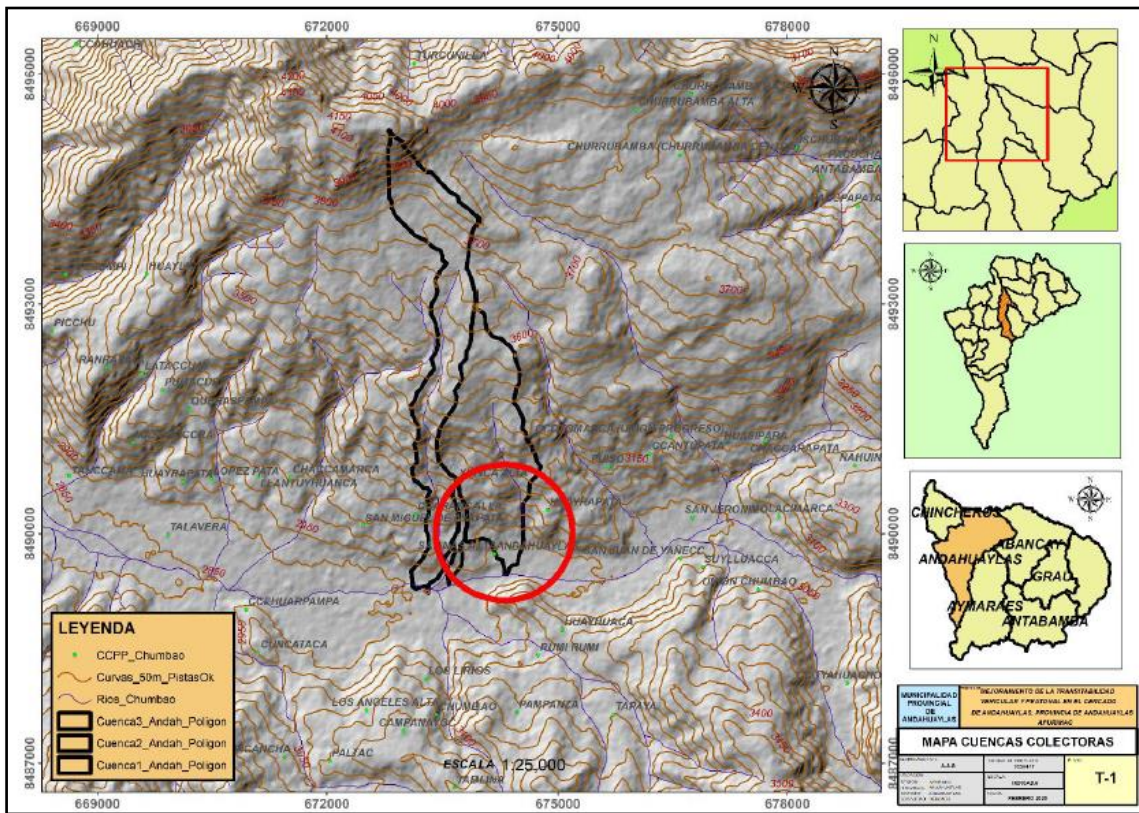
**ANEXO 05:** Mapa N° 3: Estaciones Meteorológicas con influencia en el área de estudio.



Fuente: Google Eart-ArcGIS.

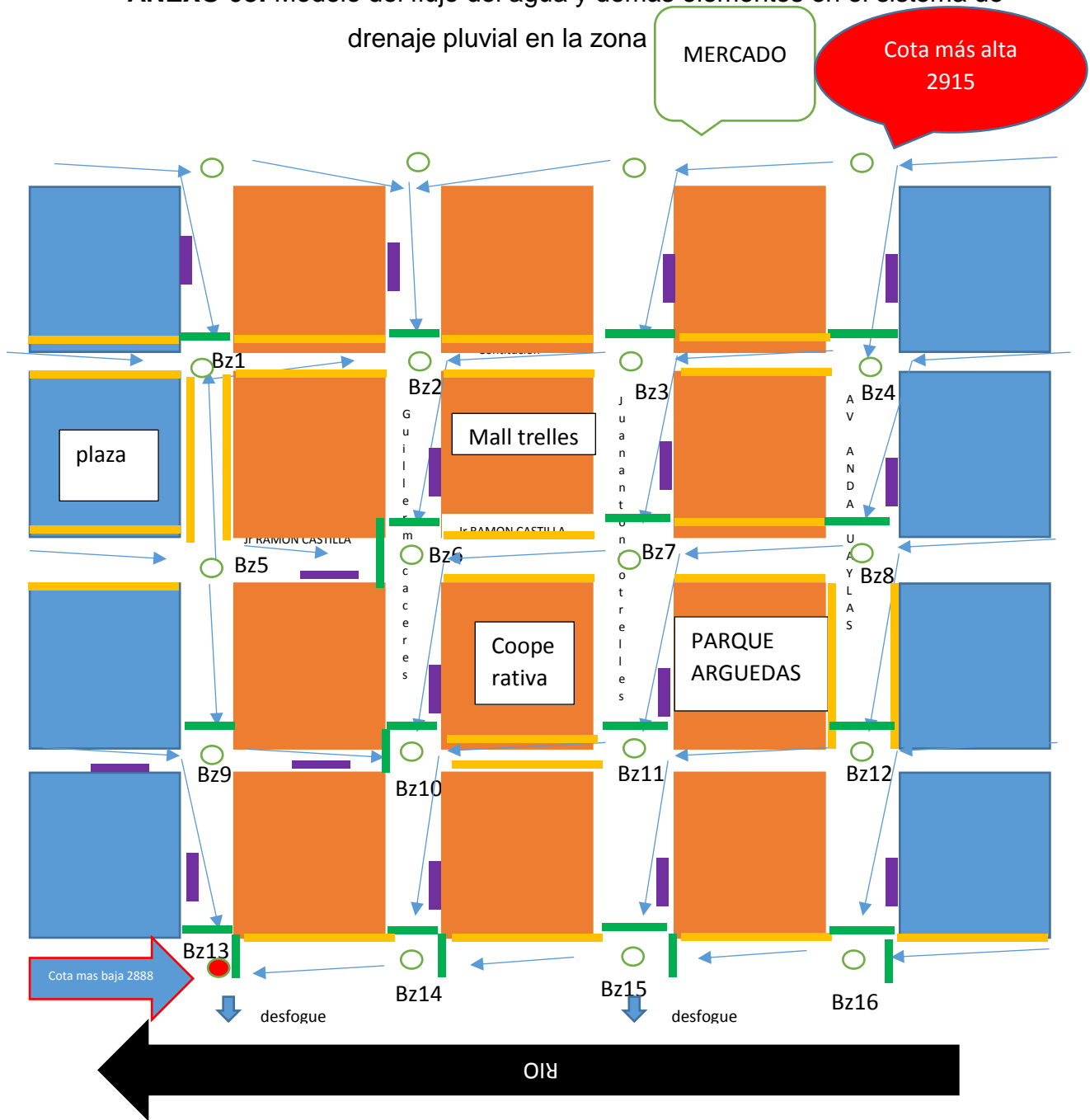


ANEXO 07: Mapa N° 5: Cuencas aledañas en el área de estudio











**ANEXO 08: Modelo del flujo del agua y demás elementos en el sistema de drenaje pluvial en la zona**



**Legenda**

-  Sentido del flujo de agua
-  Buzones pozos de inspeccion
-  Cuneta rectangular con regillas
-  Zanjas con rieles
-  Pozos o buzones de coleccion mas grandes
-  Regillas para apoyo de evacuacion en cunetas superficiales

**ANEXO 09: Diseño y Calculo de altura y resalto de cunetas rectangulares en Hcanales según tramos. Para periodo de retorno 10 años.**

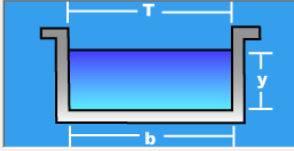
Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

<b>Lugar:</b> Andahuaylas	<b>Proyecto:</b> Tesis
<b>Tramo:</b> c11-cl2	<b>Revestimiento:</b> concreto

**Datos:**

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.833"/>	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.50"/>	m
Talud (Z):	<input type="text"/>	
Plugosidad (n):	<input type="text" value="0.014"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0236"/>	m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.5011"/>	m	Perímetro (p):	<input type="text" value="1.5022"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.2505"/>	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.1668"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.5000"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="3.3240"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.4996"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="1.0645"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>				

Ejecuta las operaciones 11:19 a.m. 22/07/2022

---

Cálculo del Resalto Hidráulico Sección Rectangular

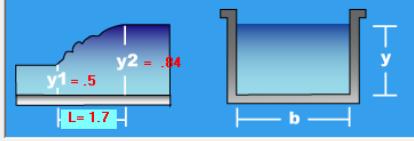
<b>Lugar:</b> Andahuaylas	<b>Proyecto:</b> Tesis
<b>Tramo:</b> c11-cl2	

**Datos:**

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.833"/>	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.50"/>	m
Tirante (y):	<input type="text" value="0.5011"/>	m

**tirante supercrítico**



**Resultados:**

Tirante conjugado (y):	<input type="text" value="0.8412"/>	m	Número de Froude conjugado (F):	<input type="text" value="0.6894"/>
Altura del resalto:	<input type="text" value="0.3401"/>	m	Longitud del resalto (L):	<input type="text" value="1.70"/>
Pérdida de energía en el resalto:	<input type="text" value="0.0233"/>	m		

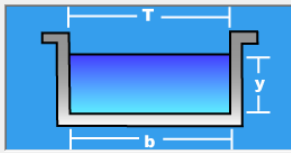
Ingresar el nombre del Proyecto 11:24 a.m. 22/07/2022

### Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:  Revestimiento:

**Datos:**

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.834"/>	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value=".50"/>	m
Talud (Z):	<input type="text"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.014"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0086"/>	m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.7660"/>	m	Perímetro (p):	<input type="text" value="2.0320"/>	m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.3830"/>	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.1885"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.5000"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="2.1776"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.7944"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="1.0077"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>				

Ingresar el valor del caudal Q 11:29 a.m. 22/07/2022

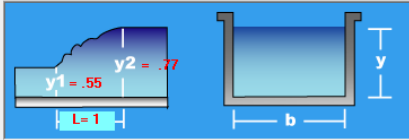
### Cálculo del Resalto Hidráulico Sección Rectangular

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:

**Datos:**

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.834"/>	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.50"/>	m
Tirante (y):	<input type="text" value="0.7660"/>	m

**tirante subcrítico**



**Resultados:**

Tirante conjugado (y):	<input type="text" value="0.5589"/>	m	Número de Froude conjugado (F):	<input type="text" value="1.2745"/>	
Altura del resalto:	<input type="text" value="0.2071"/>	m	Longitud del resalto (L):	<input type="text" value="1.04"/>	m
Pérdida de energía en el resalto:	<input type="text" value="0.0052"/>	m			

Activa la calculadora 11:31 a.m. 22/07/2022



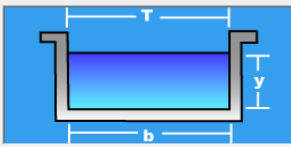
**Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular**

---

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:  Revestimiento:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b):  m  
 Talud (Z):   
 Rugosidad (n):   
 Pendiente (S):  m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y): <input type="text" value="0.5647"/> m	Perímetro (p): <input type="text" value="1.6294"/> m
Área hidráulica (A): <input type="text" value="0.2824"/> m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.1733"/> m
Espejo de agua (T): <input type="text" value="0.5000"/> m	Velocidad (v): <input type="text" value="2.9537"/> m/s
Número de Froude (F): <input type="text" value="1.2549"/>	Energía específica (E): <input type="text" value="1.0094"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo: <input type="text" value="Supercrítico"/>	

Ingresar el tipo de material del canal 11:35 a.m. 22/07/2022

**Cálculo del Resalto Hidráulico Sección Rectangular**

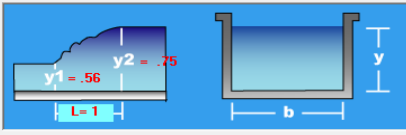
---

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b):  m  
 Tirante (y):  m

**tirante supercrítico**



**Resultados:**

Tirante conjugado (y): <input type="text" value="0.7589"/> m	Número de Froude conjugado (F): <input type="text" value="0.8055"/>
Altura del resalto: <input type="text" value="0.1942"/> m	Longitud del resalto (L): <input type="text" value="0.97"/> m
Pérdida de energía en el resalto: <input type="text" value="0.0043"/> m	

Limpia la pantalla para realizar nuevos cálculos 11:36 a.m. 22/07/2022

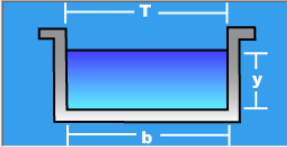
### Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: <input type="text" value="Andahuaylas"/>	Proyecto: <input type="text" value="Tesis"/>
Tramo: <input type="text" value="cl7-cl6"/>	Revestimiento: <input type="text" value="concreto"/>


**Datos:**

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.833"/>	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.50"/>	m
Talud (Z):	<input type="text"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.014"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0163"/>	m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.5838"/>	m	Perímetro (p):	<input type="text" value="1.6676"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.2919"/>	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.1750"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.5000"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="2.8536"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.1924"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="0.9989"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>				



Ejecuta las operaciones 11:37 a.m. 22/07/2022

### Cálculo del Resalto Hidráulico Sección Rectangular

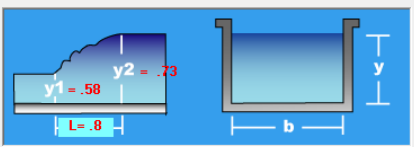
Lugar: <input type="text"/>	Proyecto: <input type="text"/>
Tramo: <input type="text"/>	

**Datos:**

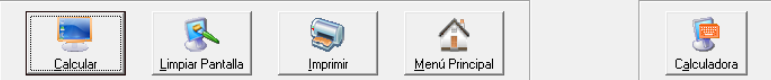
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.833"/>	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.50"/>	m
Tirante (y):	<input type="text" value="0.5838"/>	m

**tirante supercrítico**



**Resultados:**

Tirante conjugado (y):	<input type="text" value="0.7350"/>	m	Número de Froude conjugado (F):	<input type="text" value="0.8442"/>
Altura del resalto:	<input type="text" value="0.1512"/>	m	Longitud del resalto (L):	<input type="text" value="0.76"/>
Pérdida de energía en el resalto:	<input type="text" value="0.0020"/>	m		



Retorna al Menú principal 11:39 a.m. 22/07/2022

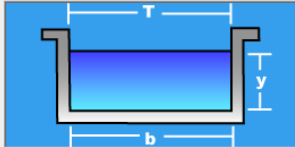
**Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular**

Lugar: <input type="text" value="Andahuaylas"/>	Proyecto: <input type="text" value="tesis"/>
Tramo: <input type="text" value="cl8-cl7"/>	Revestimiento: <input type="text" value="concreto"/>






**Datos:**

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.834"/>	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.50"/>	m
Talud (Z):	<input type="text"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.014"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0044"/>	m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):	<input type="text" value="1.0259"/>	m	Perímetro (p):	<input type="text" value="2.5518"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.5130"/>	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.2010"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.5000"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="1.6259"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.5125"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="1.1606"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>				

 Calcular	 Limpiar Pantalla	 Imprimir	 Menú Principal	 Calculadora
--	--	--	--	---

Activa la calculadora 11:55 a.m. 22/07/2022

**Cálculo del Resalto Hidráulico Sección Rectangular**

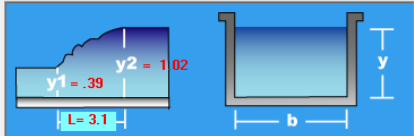
Lugar: <input type="text"/>	Proyecto: <input type="text"/>
Tramo: <input type="text"/>	

**Datos:**






Caudal (Q):	<input type="text" value="0.834"/>	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.50"/>	m
Tirante (y):	<input type="text" value="1.02"/>	m

**tirante subcrítico**



**Resultados:**

Tirante conjugado (y):	<input type="text" value="0.3934"/>	m	Número de Froude conjugado (F):	<input type="text" value="2.1580"/>	
Altura del resalto:	<input type="text" value="0.6266"/>	m	Longitud del resalto (L):	<input type="text" value="3.13"/>	m
Pérdida de energía en el resalto:	<input type="text" value="0.1532"/>	m			

 Calcular	 Limpiar Pantalla	 Imprimir	 Menú Principal	 Calculadora
--	--	--	--	---

Ejecuta las operaciones 11:56 a.m. 22/07/2022

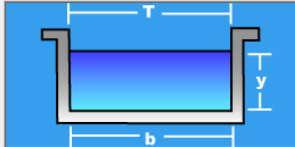
**Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular**

---

Lugar:  Proyecto:   
Tramo:  Revestimiento:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
Ancho de solera (b):  m  
Talud (Z):   
Rugosidad (n):   
Pendiente (S):  m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):  m Perímetro (p):  m  
Área hidráulica (A):  m<sup>2</sup> Radio hidráulico (R):  m  
Espejo de agua (T):  m Velocidad (v):  m/s  
Número de Froude (F):  Energía específica (E):  m-Kg/Kg  
Tipo de flujo:

Ejecuta las operaciones 12:00 p.m. 22/07/2022

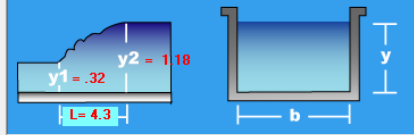
**Cálculo del Resalto Hidráulico Sección Rectangular**

---

Lugar:  Proyecto:   
Tramo:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
Ancho de solera (b):  m  
Tirante (y):  m  
**tirante supercrítico**



**Resultados:**

Tirante conjugado (y):  m Número de Froude conjugado (F):   
Altura del resalto:  m Longitud del resalto (L):  m  
Pérdida de energía en el resalto:  m

Ejecuta las operaciones 12:01 p.m. 22/07/2022

### Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:

Tramo:

Proyecto:

Revestimiento:

**Datos:**

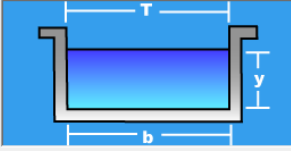
Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s

Ancho de solera (b):  m

Talud (Z):

Rugosidad (n):

Pendiente (S):  m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y): <input type="text" value="0.5578"/> m	Perímetro (p): <input type="text" value="1.6157"/> m
Área hidráulica (A): <input type="text" value="0.2789"/> m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.1726"/> m
Espejo de agua (T): <input type="text" value="0.5000"/> m	Velocidad (v): <input type="text" value="2.9794"/> m/s
Número de Froude (F): <input type="text" value="1.2736"/>	Energía específica (E): <input type="text" value="1.0103"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo: <input type="text" value="Supercrítico"/>	

Calcular

Limpiar Pantalla

Imprimir

Menú Principal

Calculadora

Ejecuta las operaciones 12:03 p.m. 22/07/2022

---

### Cálculo del Resalto Hidráulico Sección Rectangular

Lugar:

Tramo:

Proyecto:

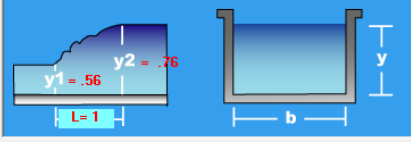
**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s

Ancho de solera (b):  m

Tirante (y):  m

**tirante supercrítico**



**Resultados:**

Tirante conjugado (y): <input type="text" value="0.7649"/> m	Número de Froude conjugado (F): <input type="text" value="0.7933"/>
Altura del resalto: <input type="text" value="0.2079"/> m	Longitud del resalto (L): <input type="text" value="1.04"/> m
Pérdida de energía en el resalto: <input type="text" value="0.0053"/> m	

Calcular

Limpiar Pantalla

Imprimir

Menú Principal

Calculadora

Activa la calculadora 12:04 p.m. 22/07/2022

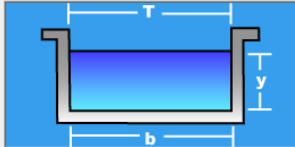
**Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular**

Lugar: <input type="text" value="Andahuaylas"/>	Proyecto: <input type="text" value="Tesis"/>
Tramo: <input type="text" value="CL14-CL13"/>	Revestimiento: <input type="text" value="concreto"/>

**Datos:**


Caudal (Q):	<input type="text" value="0.829"/>	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.50"/>	m
Talud (Z):	<input type="text"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.014"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0012"/>	m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):	<input type="text" value="1.8383"/>	m	Perímetro (p):	<input type="text" value="4.1766"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.9191"/>	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.2201"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.5000"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="0.9019"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.2124"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="1.8797"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>				



Ejecuta las operaciones 12:07 p.m. 22/07/2022

**Cálculo del Resalto Hidráulico Sección Rectangular**

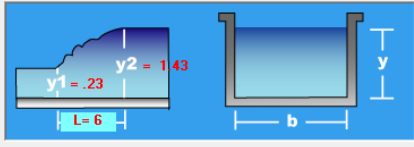
Lugar: <input type="text"/>	Proyecto: <input type="text"/>
Tramo: <input type="text"/>	

**Datos:**

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.829"/>	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.50"/>	m
Tirante (y):	<input type="text" value="1.43"/>	m


**tirante subcrítico**



**Resultados:**

Tirante conjugado (y):	<input type="text" value="0.2353"/>	m	Número de Froude conjugado (F):	<input type="text" value="4.6367"/>	
Altura del resalto:	<input type="text" value="1.1947"/>	m	Longitud del resalto (L):	<input type="text" value="5.97"/>	m
Pérdida de energía en el resalto:	<input type="text" value="1.2666"/>	m			



Activa la calculadora 12:09 p.m. 22/07/2022

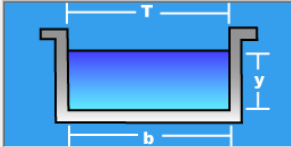
**Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular**

---

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:  Revestimiento:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b):  m  
 Talud (Z):   
 Rugosidad (n):   
 Pendiente (S):  m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):  m Perímetro (p):  m  
 Área hidráulica (A):  m<sup>2</sup> Radio hidráulico (R):  m  
 Espejo de agua (T):  m Velocidad (v):  m/s  
 Número de Froude (F):  Energía específica (E):  m-Kg/Kg  
 Tipo de flujo:

Limpia la pantalla para realizar nuevos cálculos 12:09 p.m. 22/07/2022

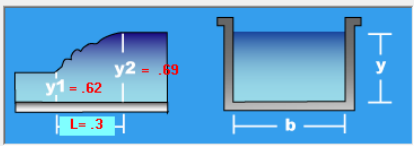
**Cálculo del Resalto Hidráulico Sección Rectangular**

---

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b):  m  
 Tirante (y):  m  
**tirante supercrítico**



**Resultados:**

Tirante conjugado (y):  m Número de Froude conjugado (F):   
 Altura del resalto:  m Longitud del resalto (L):  m  
 Pérdida de energía en el resalto:  m

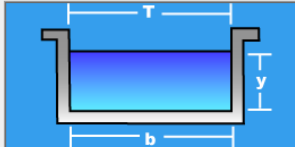
Ejecuta las operaciones 12:11 p.m. 22/07/2022

**Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular**

---

Lugar:  Proyecto:   
Tramo:  Revestimiento:

**Datos:**  
Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
Ancho de solera (b):  m  
Talud (Z):   
Rugosidad (n):   
Pendiente (S):  m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y): <input type="text" value="0.7245"/> m	Perímetro (p): <input type="text" value="1.9490"/> m
Área hidráulica (A): <input type="text" value="0.3623"/> m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.1859"/> m
Espejo de agua (T): <input type="text" value="0.5000"/> m	Velocidad (v): <input type="text" value="2.2912"/> m/s
Número de Froude (F): <input type="text" value="0.8594"/>	Energía específica (E): <input type="text" value="0.9921"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo: <input type="text" value="Subcrítico"/>	

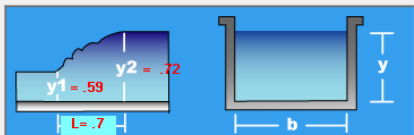
Ejecuta las operaciones 12:12 p.m. 22/07/2022

**Cálculo del Resalto Hidráulico Sección Rectangular**

---

Lugar:  Proyecto:   
Tramo:

**Datos:**  
Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
Ancho de solera (b):  m  
Tirante (y):  m  
**tirante subcrítico**



**Resultados:**

Tirante conjugado (y): <input type="text" value="0.5904"/> m	Número de Froude conjugado (F): <input type="text" value="1.1684"/>
Altura del resalto: <input type="text" value="0.1336"/> m	Longitud del resalto (L): <input type="text" value="0.67"/> m
Pérdida de energía en el resalto: <input type="text" value="0.0014"/> m	

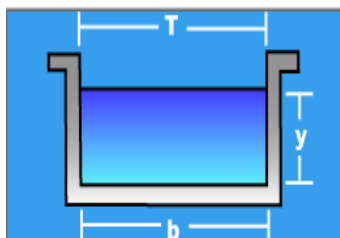
Ejecuta las operaciones 12:13 p.m. 22/07/2022



## ANEXO 10: Calculo de elementos de la cuneta rectangular para un periodo de retorno de 10 años

### CARACTERÍSTICAS HIDRAULICAS Y GEOMETRICAS DE CUNETAS RECTANGULARES

"Análisis Hidrológico Y Diseño De Un Sistema De Drenaje Pluvial Para El Área Urbana En La Ciudad De Andahuaylas"			
<b>Proyecto:</b>	Ciudad De Andahuaylas"		
<b>Ubicación</b>	Calles del Centro de la ciudad de		
<b>Departame</b>	<b>nto:</b> Apurimac	<b>Provincia:</b> Andahuaylas	<b>Distrito:</b> Andahuaylas <b>Lugar:</b> Andahuaylas



<b>Q:</b>	Caudal en m <sup>3</sup> /s.	<b>A:</b>	Area hidraulica en m <sup>2</sup> .
<b>b:</b>	Ancho de solera en m.	<b>T:</b>	Espejo de agua en m.
<b>Z:</b>	Talud	<b>F:</b>	Numero de Froud.
<b>n:</b>	Rugosidad.	<b>P:</b>	Perimetro en m.
<b>S:</b>	Pendiente en m/m.	<b>R:</b>	Radio hidraulico en m.
<b>Y:</b>	Tirante normal en m.	<b>V:</b>	Velosidad en m/s.
<b>H:</b>	Altura de canal en m.	<b>E:</b>	Energia especifica en m-kg/kg.

TIPO	CARACTERISTICAS GEOMETRICAS						TIPO DE REVESTIMIENTO				
	b (m)	B (m)	H (m)	z	e (m)	n	L(m)				
2	0.5		0.65	0.014	0.20	0.014		Teirra	1	0.035	
								Concr eto	2	0.014	
								Embo q.	3	0.025	
<b>Longitud Total:</b>											

RESAL TIRANTE  
TO CONJUGADO

TRAMO SEGÚN FLUJO	Long. (m)	TIPO (1)(2)(3)	Q (m3/s)	b (m)	S (m/m)	Y (m)	A (m2)	T (m)	F	P (m)	R (m)	V (m/s)	E (m-kg/kg)	f (m)	H' (m)	H asumido (m)	Flujo	ESPEJOR	Tipo de canal	CUNETAJE TIPO
CL1 a CL2	81.19	RECTANG.	0.833	0.50	0.0236	0.501	0.256	0.500	1.499	1.502	0.166	3.320	1.060	0.340	0.840	1.000	Supercritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	
CL3 a CL2	80.52	RECTANG.	0.834	0.50	0.0086	0.766	0.383	0.500	0.794	2.030	0.188	2.170	1.010	0.707	0.560	0.600	Subcritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	
CL4 a CL3	80.15	RECTANG.	0.834	0.50	0.0177	0.565	0.282	0.500	1.255	1.629	0.173	2.950	1.001	0.194	0.750	0.800	Supercritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	
CL7 a CL6	80.98	RECTANG.	0.833	0.50	0.0163	0.584	0.292	0.500	1.190	1.660	0.170	2.850	0.990	0.150	0.730	0.800	Supercritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	
CL8 a CL7	83.72	RECTANG.	0.834	0.50	0.0044	1.020	0.510	0.500	0.510	2.550	0.200	1.620	1.160	0.620	0.390	0.500	Subcritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	
CL8 a CL12	83.81	RECTANG.	0.837	0.50	0.0699	0.320	0.160	0.500	2.866	1.150	0.140	5.120	1.660	0.860	1.180	1.200	Supercritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	
CL11 a CL10	77.15	RECTANG.	0.831	0.50	0.0181	0.557	0.278	0.500	1.273	1.615	0.172	2.979	1.010	0.200	0.760	0.800	Supercritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	
CL14 a CL13	76.49	RECTANG.	0.829	0.50	0.0012	1.430	0.910	0.500	0.212	4.170	0.220	0.900	1.870	1.190	0.230	0.500	Subcritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	
CL15 a CL14	79.40	RECTANG.	0.831	0.50	0.0139	0.622	0.311	0.500	1.079	1.740	0.178	2.660	0.980	0.068	0.690	0.800	Supercritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	
CL16 a CL15	80.12	RECTANG.	0.830	0.50	0.0097	0.724	0.362	0.500	0.859	1.940	0.185	2.290	0.990	0.133	0.590	0.800	Subcritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	
	803.53																	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	

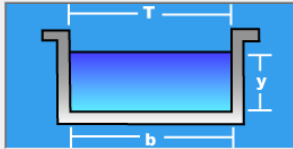
**ANEXO 11: Diseño y Calculo de altura y resalto de cunetas rectangulares en Hcanales según tramos. Para periodo de retorno 25 años.**

**Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular**

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:  Revestimiento:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b):  m  
 Talud (Z):   
 Rugosidad (n):   
 Pendiente (S):  m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):  m Perímetro (p):  m  
 Area hidráulica (A):  m<sup>2</sup> Radio hidráulico (R):  m  
 Espejo de agua (T):  m Velocidad (v):  m/s  
 Número de Froude (F):  Energía específica (E):  m-Kg/Kg  
 Tipo de flujo:

Calculador, Limpiar Pantalla, Imprimir, Menú Principal, Calculadora

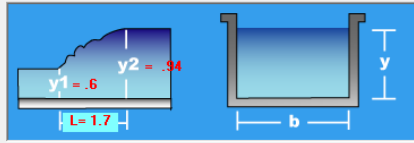
Ejecuta las operaciones 04:00 p.m. 22/07/2022

**Cálculo del Resalto Hidráulico Sección Rectangular**

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b):  m  
 Tirante (y):  m  
**tirante supercrítico**



**Resultados:**

Tirante conjugado (y):  m Número de Froude conjugado (F):   
 Altura del resalto:  m Longitud del resalto (L):  m  
 Pérdida de energía en el resalto:  m

Calculador, Limpiar Pantalla, Imprimir, Menú Principal, Calculadora

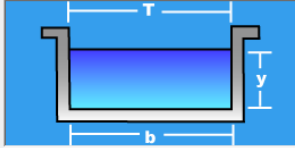
Retorna al Menú principal 05:06 p.m. 22/07/2022

**Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular**

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:  Revestimiento:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b):  m  
 Talud (Z):   
 Rugosidad (n):   
 Pendiente (S):  m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):  m Perímetro (p):  m  
 Área hidráulica (A):  m<sup>2</sup> Radio hidráulico (R):  m  
 Espejo de agua (T):  m Velocidad (v):  m/s  
 Número de Froude (F):  Energía específica (E):  m·Kg/Kg  
 Tipo de flujo:

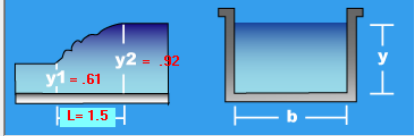
Limpia la pantalla para realizar nuevos cálculos 04:02 p.m. 22/07/2022

**Cálculo del Resalto Hidráulico Sección Rectangular**

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b):  m  
 Tirante (y):  m  
 tirante subcrítico



**Resultados:**

Tirante conjugado (y):  m Número de Froude conjugado (F):   
 Altura del resalto:  m Longitud del resalto (L):  m  
 Pérdida de energía en el resalto:  m

Limpia la pantalla para realizar nuevos cálculos 04:03 p.m. 22/07/2022

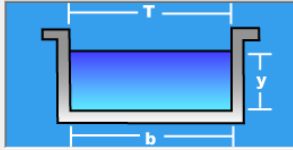
**Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular**

---

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:  Revestimiento:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b):  m  
 Talud (Z):   
 Rugosidad (n):   
 Pendiente (S):  m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):  m Perímetro (p):  m  
 Área hidráulica (A):  m<sup>2</sup> Radio hidráulico (R):  m  
 Espejo de agua (T):  m Velocidad (v):  m/s  
 Número de Froude (F):  Energía específica (E):  m-Kg/Kg  
 Tipo de flujo:

Ejecuta las operaciones 04:04 p.m. 22/07/2022

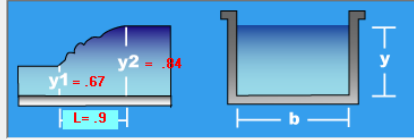
**Cálculo del Resalto Hidráulico Sección Rectangular**

---

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b):  m  
 Tirante (y):  m  
 tirante supercrítico



**Resultados:**

Tirante conjugado (y):  m Número de Froude conjugado (F):   
 Altura del resalto:  m Longitud del resalto (L):  m  
 Pérdida de energía en el resalto:  m

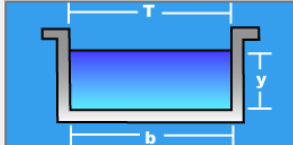
Retorna al Menú principal 04:04 p.m. 22/07/2022

**Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular**

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:  Revestimiento:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b):  m  
 Talud (Z):   
 Rugosidad (n):   
 Pendiente (S):  m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):  m Perímetro (p):  m  
 Área hidráulica (A):  m<sup>2</sup> Radio hidráulico (R):  m  
 Espejo de agua (T):  m Velocidad (v):  m/s  
 Número de Froude (F):  Energía específica (E):  m-Kg/Kg  
 Tipo de flujo:

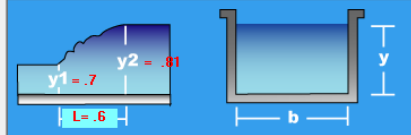
Ejecuta las operaciones 04:05 p.m. 22/07/2022

**Cálculo del Resalto Hidráulico Sección Rectangular**

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b):  m  
 Tirante (y):  m  
 tirante supercrítico



**Resultados:**

Tirante conjugado (y):  m Número de Froude conjugado (F):   
 Altura del resalto:  m Longitud del resalto (L):  m  
 Pérdida de energía en el resalto:  m

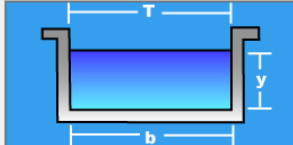
Ejecuta las operaciones 04:05 p.m. 22/07/2022

**Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular**

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:  Revestimiento:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b):  m  
 Talud (Z):   
 Rugosidad (n):   
 Pendiente (S):  m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):  m Perímetro (p):  m  
 Area hidráulica (A):  m<sup>2</sup> Radio hidráulico (R):  m  
 Espejo de agua (T):  m Velocidad (v):  m/s  
 Número de Froude (F):  Energía específica (E):  m-Kg/Kg  
 Tipo de flujo:

Calculadora Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal

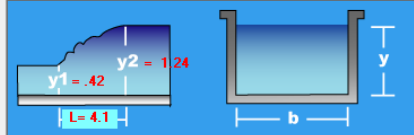
Ejecuta las operaciones 04:06 p.m. 22/07/2022

**Cálculo del Resalto Hidráulico Sección Rectangular**

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b):  m  
 Tirante (y):  m  
 tirante subcrítico



**Resultados:**

Tirante conjugado (y):  m Número de Froude conjugado (F):   
 Altura del resalto:  m Longitud del resalto (L):  m  
 Pérdida de energía en el resalto:  m

Calculadora Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal

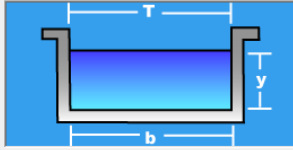
Realiza la impresión de la pantalla 04:06 p.m. 22/07/2022

**Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular**

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:  Revestimiento:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b):  m  
 Talud (Z):   
 Rugosidad (n):   
 Pendiente (S):  m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):  m Perímetro (p):  m  
 Área hidráulica (A):  m<sup>2</sup> Radio hidráulico (R):  m  
 Espejo de agua (T):  m Velocidad (v):  m/s  
 Número de Froude (F):  Energía específica (E):  m-Kg/Kg  
 Tipo de flujo:

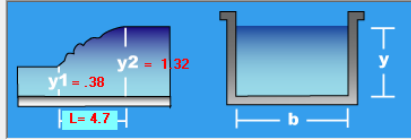
Ingresar el nombre del tramo del canal 04:09 p.m. 22/07/2022

**Cálculo del Resalto Hidráulico Sección Rectangular**

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b):  m  
 Tirante (y):  m  
**tirante supercrítico**



**Resultados:**

Tirante conjugado (y):  m Número de Froude conjugado (F):   
 Altura del resalto:  m Longitud del resalto (L):  m  
 Pérdida de energía en el resalto:  m

Limpia la pantalla para realizar nuevos cálculos 04:07 p.m. 22/07/2022

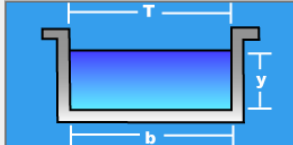


**Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular**

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:  Revestimiento:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b):  m  
 Talud (Z):   
 Rugosidad (n):   
 Pendiente (S):  m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):  m Perímetro (p):  m  
 Área hidráulica (A):  m<sup>2</sup> Radio hidráulico (R):  m  
 Espejo de agua (T):  m Velocidad (v):  m/s  
 Número de Froude (F):  Energía específica (E):  m-Kg/Kg  
 Tipo de flujo:

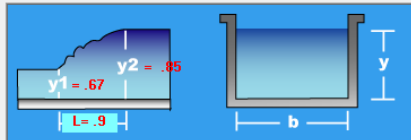
Retorna al Menú principal 04:12 p.m. 22/07/2022

**Cálculo del Resalto Hidráulico Sección Rectangular**

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b):  m  
 Tirante (y):  m  
 tirante supercrítico



**Resultados:**

Tirante conjugado (y):  m Número de Froude conjugado (F):   
 Altura del resalto:  m Longitud del resalto (L):  m  
 Pérdida de energía en el resalto:  m

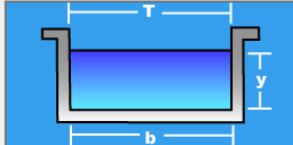
Ejecuta las operaciones 04:13 p.m. 22/07/2022

**Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular**

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:  Revestimiento:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b):  m  
 Talud (Z):   
 Rugosidad (n):   
 Pendiente (S):  m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):  m Perímetro (p):  m  
 Área hidráulica (A):  m<sup>2</sup> Radio hidráulico (R):  m  
 Espejo de agua (T):  m Velocidad (v):  m/s  
 Número de Froude (F):  Energía específica (E):  m-Kg/Kg  
 Tipo de flujo:

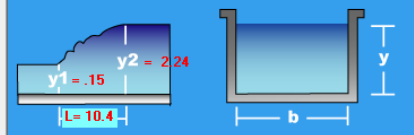
Ejecuta las operaciones 04:20 p.m. 22/07/2022

**Cálculo del Resalto Hidráulico Sección Rectangular**

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b):  m  
 Tirante (y):  m  
 tirante subcrítico



**Resultados:**

Tirante conjugado (y):  m Número de Froude conjugado (F):   
 Altura del resalto:  m Longitud del resalto (L):  m  
 Pérdida de energía en el resalto:  m

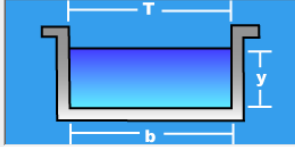
Ejecuta las operaciones 04:21 p.m. 22/07/2022

**Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular**

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:  Revestimiento:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b):  m  
 Talud (Z):   
 Rugosidad (n):   
 Pendiente (S):  m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):  m Perímetro (p):  m  
 Área hidráulica (A):  m<sup>2</sup> Radio hidráulico (R):  m  
 Espejo de agua (T):  m Velocidad (v):  m/s  
 Número de Froude (F):  Energía específica (E):  m·Kg/Kg  
 Tipo de flujo:

Calculador Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

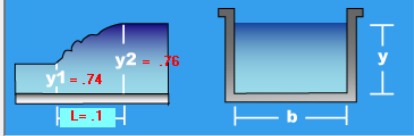
Ejecuta las operaciones 04:21 p.m. 22/07/2022

**Cálculo del Resalto Hidráulico Sección Rectangular**

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b):  m  
 Tirante (y):  m  
 tirante supercrítico



**Resultados:**

Tirante conjugado (y):  m Número de Froude conjugado (F):   
 Altura del resalto:  m Longitud del resalto (L):  m  
 Pérdida de energía en el resalto:  m

Calculador Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

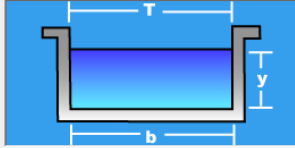
Ejecuta las operaciones 04:22 p.m. 22/07/2022

**Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular**

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:  Revestimiento:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b):  m  
 Talud (Z):   
 Rugosidad (n):   
 Pendiente (S):  m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):  m Perímetro (p):  m  
 Área hidráulica (A):  m<sup>2</sup> Radio hidráulico (R):  m  
 Espejo de agua (T):  m Velocidad (v):  m/s  
 Número de Froude (F):  Energía específica (E):  m·Kg/Kg  
 Tipo de flujo:

Calculador, Limpiar Pantalla, Imprimir, Menú Principal, Calculadora

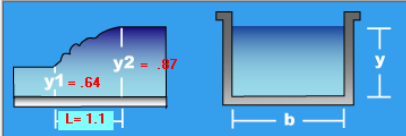
Ejecuta las operaciones 04:22 p.m. 22/07/2022

**Cálculo del Resalto Hidráulico Sección Rectangular**

Lugar:  Proyecto:   
 Tramo:

**Datos:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s  
 Ancho de solera (b):  m  
 Tirante (y):  m  
 tirante subcrítico



**Resultados:**

Tirante conjugado (y):  m Número de Froude conjugado (F):   
 Altura del resalto:  m Longitud del resalto (L):  m  
 Pérdida de energía en el resalto:  m

Calculador, Limpiar Pantalla, Imprimir, Menú Principal, Calculadora

Limpia la pantalla para realizar nuevos cálculos 04:22 p.m. 22/07/2022

## Anexo 12. Calculo de elementos de la cuneta rectangular para un periodo de retorno de 10 años

### CARACTERÍSTICAS HIDRAULICAS Y GEOMETRICAS DE CUNETAS RECTANGULARES

"Análisis Hidrológico Y Diseño De Un Sistema De Drenaje Pluvial Para El Área Urbana En La

**Proyecto:** Ciudad De Andahuaylas"

**Ubicación**

**Departame**

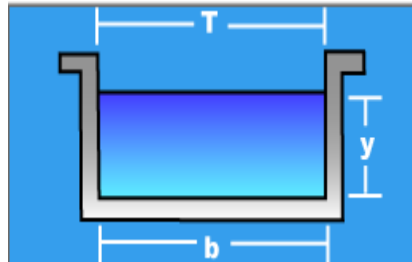
**nto:** Apurimac

**Provincia:** Andahuaylas

**Distrito:** Andahuaylas

**Lugar:** Andahuaylas

Calles del Centro de la ciudad de



<b>Q:</b>	Caudal en m <sup>3</sup> /s.
<b>b:</b>	Ancho de solera en m.
<b>z</b>	Talud
<b>n:</b>	Rugosidad.
<b>S:</b>	Pendiente en m/m.
<b>Y:</b>	Tirante normal en m.
<b>H:</b>	Altura de canal en m.

<b>A:</b>	Area hidraulica en m <sup>2</sup> .
<b>T:</b>	Espejo de agua en m.
<b>F:</b>	Numero de Froud.
<b>P:</b>	Perimetro en m.
<b>R:</b>	Radio hidraulico en m.
<b>V:</b>	Velocidad en m/s.
<b>E:</b>	Energia especifica en m-kg/kg.

TIPO	CARACTERISTICAS GEOMETRICAS						TIPO DE REVESTIMIENTO			
	b (m)	B (m)	H (m)	z	e (m)	n	L(m)			
2	0.5		0.65	0.014	0.20	0.014		Teirra	1	0.035
								Concr eto	2	0.014
								Embo q.	3	0.025
<b>Longitud Total:</b>										

TRAMO SEGÚN FLUJO	Long. (m)	TIPO (1)(2)(3)	Q (m3/s)	b (m)	S (m/m)	Y (m)	A (m2)	T (m)	F	P (m)	R (m)	V (m/s)	E (m-kg/kg)	f (m)	H' (m)	H asumi do (m)	Flujo	ESPEOR	Tipo de canal	CUNETA TIPO
CL1 a CL2	81.19	RECTANG.	1.028	0.50	0.0236	0.596	0.298	0.500	1.420	1.690	0.176	3.448	1.202	0.340	0.941	1.000	Supercritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	
CL3 a CL2	80.52	RECTANG.	1.029	0.50	0.0086	0.919	0.460	0.500	0.746	2.330	0.190	2.239	1.170	0.306	0.613	0.800	Subcritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	
CL4 a CL3	80.15	RECTANG.	1.029	0.50	0.0177	0.674	0.337	0.500	1.188	1.847	0.182	3.055	1.149	0.171	0.844	1.000	Supercritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	
CL7 a CL6	80.98	RECTANG.	1.028	0.50	0.0163	0.697	0.349	0.500	1.128	1.890	0.184	2.950	1.140	0.120	0.816	1.000	Supercritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	
CL8 a CL7	83.72	RECTANG.	1.029	0.50	0.0044	1.237	0.618	0.500	0.477	2.970	0.208	1.663	1.378	0.810	0.420	0.800	Subcritico	0.2	C°S° f'c=210 kg/cm2	
CL8 a CL12	83.81	RECTANG.	1.032	0.50	0.0699	0.385	0.192	0.500	2.760	1.269	0.152	5.360	1.852	0.930	1.320	1.500	Supercritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	
CL11 a CL10	77.15	RECTANG.	1.026	0.50	0.0181	0.666	0.333	0.500	1.206	1.831	0.182	3.083	1.150	0.500	1.026	1.200	Supercritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	
CL14 a CL13	76.49	RECTANG.	1.024	0.50	0.0012	2.238	1.119	0.500	0.195	4.976	0.224	0.915	2.280	2.070	0.159	0.800	Subcritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	
CL15 a CL14	79.40	RECTANG.	1.026	0.50	0.0139	0.745	0.372	0.500	1.010	1.980	0.180	2.755	1.132	0.019	0.760	0.800	Supercritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	
CL16 a CL15	80.12	RECTANG.	1.025	0.50	0.0097	0.869	0.435	0.500	0.808	2.230	0.194	2.350	1.152	0.218	0.649	0.800	Subcritico	0.20	C°S° f'c=210 kg/cm2	
	803.53																		C°S° f'c=210 kg/cm2	