



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Determinación del coeficiente de rugosidad para disminuir la  
velocidad del flujo en cunetas de máxima pendiente, Yurimaguas,  
Loreto, 2015

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Rodríguez Córdova, Joel Eloy ([orcid.org/0000-0002-0474-394X](https://orcid.org/0000-0002-0474-394X))

**ASESORA:**

Mg. Garrido Campaña, Zadith Nancy ([orcid.org/0000-0002-6492-5876](https://orcid.org/0000-0002-6492-5876))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TARAPOTO – PERÚ

2016

## **Dedicatoria**

A ti Dios, porque eres mi único y fiel Amigo que nunca me falla, te doy infinitas Gracias por estar siempre a mi lado en los momentos más difíciles, por tu aliento para seguir adelante y haberme permitido el camino emprendido a alcanzar mi profesión.

Con inmenso cariño y gratitud a mí querida mamá Ángela y a los que me han brindado amor, cariño, consejos, dedicación y apoyo permanente en los momentos difíciles de mi vida y mi formación profesional, por ser una continua fuente de inspiración para mi superación.

**Joel Eloy**

## **Agradecimiento**

**A Dios**, por ser mi guía, a Jesús por ser mi inspiración, modelo y por ser ejemplo más grande de amor en este mundo.

**A mi mamá**, por su apoyo incondicional, por toda la confianza que depositaste en mí y por estar siempre a mi lado.

**A mi Alma Mater**, la Universidad “Cesar Vallejo” por haber abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar mi carrera profesional, así como también a la plana docente que me brindaron sus conocimientos y su amplia experiencia en mi formación integral.

**A mi directora de la Escuela**, Ing. Zarith Nancy Garrido Campaña, por su participación en mi formación profesional y haberme plasmado conocimientos, por su amistad y apoyo incondicional.

**A mí jurado calificador** por su apoyo con sus valiosas recomendaciones y asesoría para poder culminar satisfactoriamente el presente proyecto.

**Joel Eloy**

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Índice de contenidos .....	iv
Índice de Tablas.....	v
Índice de Gráficos y figuras.....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	15
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	15
3.2. Variables y operacionalización.....	15
3.3. Población y muestra.....	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
3.5. Métodos de análisis de datos.....	16
3.6. Aspectos éticos .....	16
IV. RESULTADOS .....	16
V. DISCUSIÓN .....	47
VI. CONCLUSIONES.....	48
VII. RECOMENDACIONES .....	50
REFERENCIAS.....	51
ANEXOS .....	53

## Índice de Tablas

Tabla 1.	Ecuaciones Semiempíricas .....	12
Tabla 2.	Peso del material con cuarteo, antes de pasar al horno.....	17
Tabla 3.	Peso del Insumo al salir del horno .....	18
Tabla 4.	Calculo granulométrico, piedra mojada primer grupo .....	18
Tabla 5.	Calculo granulométrico, piedra mojada segundo grupo.....	19
Tabla 6.	Análisis granulométrico por tamizado gravas lavadas 3ra sección .....	20
Tabla 7.	Granulometría arena de rio después de lavada.....	25
Tabla 8.	Cálculo de los límites líquidos de la arcilla.....	28
Tabla 9.	Cálculo del límite plástico e índice de plasticidad .....	29
Tabla 10.	Toma de datos fondo en gravas sección 1 y 2 .....	32
Tabla 11.	Elección de datos en superficie interior de arena .....	33
Tabla 12.	Elección de datos en superficie interior de tierra .....	34
Tabla 13.	Elección de datos en superficie interior de piedra pegada .....	36
Tabla 14.	Cuadro de cálculo Excel con interior de piedra parte uno y dos	38
Tabla 15.	Cuadro de cálculo Excel con interior de tierra parte uno y dos .	40
Tabla 16.	Cuadro de cálculo Excel con interior de piedra pegada parte uno y dos .....	42
Tabla 17.	Paridad de coeficientes de rugosidad. ....	44
Tabla 18.	Determinación de coeficientes de rugosidad métodos semiempíricas.....	45

## Índice de Gráficos y figuras

Gráfico 1.	Insumo después de cuartear antes del procesar.....	17
Gráfico 2.	Granulometría grava lavada 1ra sección .....	21
Gráfico 3.	Granulometría grava lavada 2da sección .....	22
Gráfico 4.	Granulometría grava lavada 3da sección .....	24
Gráfico 5.	Arena mojada por el T N°200.....	25
Gráfico 6.	Granulometría arena rio lavado.....	27
Gráfico 7.	Arcilla pulverizada apto para trabajar.....	28
Gráfico 8.	Cantidad en kg seco para determinar los límites .....	30
Gráfico 9.	Colocación fomi sobre el modelo .....	30
Gráfico 10.	Colocación del material sobre fomi .....	31
Gráfico 11.	Toma de datos.....	31
Gráfico 12.	Superficie interior de gravas funcionando.....	33
Gráfico 13.	Superficie interior de arena funcionando .....	34
Gráfico 14.	Superficie interior de tierra funcionando .....	35
Gráfico 15.	Superficie interior de piedra pegada funcionando .....	37
Figura 1.	Esquema de barras, contrastación de resultados .....	44
Figura 2.	Contrastación de resultados (coeficientes) .....	46

## Resumen

Este trabajo de investigación tuvo como objetivos realizar estudios de ingeniería básica, identificar las características del coeficiente de rugosidad y su influencia en la disminución de la velocidad, diseñar un software especializado para incrementar el coeficiente de rugosidad y evaluar los resultados del laboratorio para determinar su influencia en la disminución de la velocidad, usando como instrumento el rugosímetro y el coeficiente de Mannig.

Para calcular entonces el coeficiente de rugosidad  $n$  se dispone de tablas (como la publicada por el U.S Department of Agriculture en 1955; Chow, 1959) y una serie de fotografías que muestran valores típicos del coeficiente  $n$  para un determinado tipo de canal (Ramser, 1929 y Scobey, 1939). Aparte de estas ayudas, se encuentra en la literatura numerosas fórmulas para expresar el coeficiente de rugosidad de Manning en función del diámetro de las partículas, las cuales tienen la forma  $n = m D^{1/6}$ , donde  $m$  es un factor de escala y  $D$  es un diámetro característico del material del lecho ( $D_{50}$ ,  $D_{75}$ ,  $D_{84}$ ,  $D_{90}$ ) que son, respectivamente, los diámetros correspondientes al 50, 75, 84 y 90% de la curva granulométrica del material.

Palabras Clave: Coeficiente de rugosidad, flujo de cunetas, velocidad de flujo.

## Abstract

This research was conducted, with the objectives of studies basic engineering, identify the characteristics of roughness coefficient and its influence on the reduction of speed, a specialized design to increase the roughness coefficient and evaluate the results of the laboratory to determine their influence on the decrease in software speed, using as an instrument Roughness and the coefficient Mannig.

Then calculate the coefficient of roughness  $n$  tables available (as published by the US Department of Agriculture in 1955; Chow, 1959) and a series of photographs showing typical values of the coefficient  $n$  for a given type of channel (Ramser, Scobey 1929 and 1939).

Other than these supports, is in the literature numerous formulas for expressing the roughness coefficient Manning depending on the diameter of the particles, which have the form  $n = m D^{1/6}$ , where  $m$  is a scaling factor and  $D$  is a characteristic diameter of the bed material ( $D_{50}$ ,  $D_{75}$ ,  $D_{84}$ ,  $D_{90}$ ) which are respectively corresponding to diameters 50, 75, 84 and 90% of the granulometric curve of the material.

Keywords: Roughness coefficient, ditch flow, flow velocity



## I. INTRODUCCIÓN

Desde hace muchos años, el ser humano ha tratado de solucionar problemas que la sociedad a demandando, como el traslado del agua, abrir nuevas vías de carretera, construcción de puentes para cruzar ríos, entre otros. La ingeniería civil es una de las ramas que ayuda a la solución de los problemas mencionados y ayuda a aliviar en gran medida de lo mencionado.

A nivel internacional, en Colombia el Ministerio de Transportes a través del Instituto Nacional de Vías, es quien regula el diseño de cuencas, establecieron un manual para el drenaje y diseño geométrico; ello exige la revisión de las capacidades de la cuenca, pero lo deja las dimensiones a criterio del diseñador (Bolaños y Jiménez, 2016). Existen diversos métodos para establecer cunetas a nivel internacional, como el Alexeiev, el Burkli-Ziegel y el método racional, casi todas son aplicadas. La problemática de las cunetas, vinculada al sector urbano de poblaciones que han venido creciendo, por lo cual las edificaciones van creciendo muy rápido eso no permite una adecuada planificación y por ello existe la dificultad con las cunetas, muchas no cumplen con los criterios según la normativa vigente (Rodríguez, 2017).

A nivel nacional, en el Perú específicamente en el departamento de Loreto, se considera como una región en el trópico húmedo, porque tiene precipitaciones pluviales intensas en los meses de diciembre a mayo, trayendo consigo un gran problema en el sistema de alcantarillado público, pues existen diversos modelos de cuentas, son antiguas para el crecimiento de la población, muchos fueron construidos sin planificación sobre todo en la provincia de Maynas, lo que genera que las calles se inunden. Otro problema resaltante son el inadecuado recojo de residuos sólidos domiciliarios, así como la falta de cultura, lo que hace que los vecinos arrojen la basura a las cunetas las cuales causan obstrucción del alcantarillado público e impiden las descargas de aguas pluviales y servidas (Díaz y Fonseca, 2017).

A nivel local en la ciudad de Yurimaguas, las avenidas y calles tienen cunetas diseñadas de acuerdo a la pendiente de la vía que sobrepasan las condiciones de diseño respecto a la pendiente máxima del 12%, al superar este porcentaje máximo y teniendo como principal causante la topografía del terreno el cual es un impase principal para cumplir con la pendiente máxima junto a ello se tiene como uno de los principales recolectores de aguas pluviales a las cunetas que son las que normal mente fallan por erosión o socavación por causa del volumen de agua recolectada y velocidad máxima, como muestra se tomó la calle Comercio cuadra 02 y 03 para ello se plantea en el presente proyecto incrementar el Coeficiente de Rugosidad en las cunetas como una alternativa de diseño para disminuir la velocidad de las aguas pluviales.

Por todo lo mencionado se formuló el problema general de investigación: ¿Cómo influye el coeficiente de rugosidad en la disminución de la velocidad del flujo de agua en las cunetas de máxima pendiente, Yurimaguas, Loreto, 2015?

El informe de investigación permitirá conocer y desarrollar criterios generales de diseño para proyectos de drenaje de aguas pluviales urbanas, incluida la recolección, el transporte y la evacuación de aguas pluviales en áreas urbanas, siendo un problema característico las elevadas velocidades del flujo del agua las cuales sobrepasan los límites normados o indicados en el reglamento (NORMA OS.060 – Drenaje Pluvial Urbano), práctico, ya que servirá de ejemplo para que otros desarrollen proyectos de tesis similares, y social, ya que contribuirá a la sociedad. como guía de puntos referentes para proyectos de inversión ya se públicas o privadas; motivo por el cual se busca incrementar el coeficiente de rugosidad en la superficie de las cunetas para así disminuir la velocidad del agua a los límites aceptables o permisibles.

Es importante considerar este estudio porque estos valores afectan el flujo de suministro, la deposición, las pérdidas de energía; en el caso de conductos no revestidos. Para canales cubiertos, el coeficiente depende de

su acabado. Por lo tanto, su investigación es importante para mejorar la calidad de las obras, lo que significa una mayor vida útil.

Se planteó como objetivo general: Determinar el coeficiente de rugosidad para la disminución de velocidad del flujo en cunetas de máxima pendiente, Yurimaguas, Loreto, 2015. Entre los específicos: Identificar las características del coeficiente de rugosidad y su influencia en la disminución de la velocidad, Yurimaguas, Loreto, 2015; Diseñar un software especializado para incrementar el coeficiente de rugosidad, Yurimaguas, Loreto, 2015 y Evaluar los resultados del laboratorio para determinar su influencia en la disminución de la velocidad, Yurimaguas, Loreto, 2015.

Como hipótesis general: Si incrementamos el coeficiente de rugosidad entonces se disminuirá la velocidad del flujo en cunetas de máxima pendiente, Yurimaguas, Loreto, 2015.

## II. MARCO TEÓRICO

Después de revisar las diversas fuentes de información se considera con antecedentes internacionales:

Están Carrillo, et al. (2015), que investigó sobre el coeficiente de fricción de Manning en diferentes condiciones y superficies rugosas en el canal Armfield C4MKII, en México. Dentro del diseño y revisión se utilizan ecuaciones básicas como la conservación de la masa, ecuación, energía y de cantidad de movimiento, siguiendo la ecuación de Manning, que emplea un coeficiente conocido como coeficiente de rugosidad de Manning". Cuyas medidas se realizaron en un laboratorio hidráulico de México utilizando el canal abierto de Armfield C4MKII. El canal ARMFIELD tiene 5m de largo con una sección transversal regular. Las capacidades de caudal utilizadas fueron de 0.00044 a 0.00135 m<sup>3</sup>/s y ancho fondo de  $b=0.076$  m a 0.0664 m, para superficies de rugosidad desde paredes acrílicas con fondo de acero inoxidable hasta papel de lija grado 1200 y 80 y césped artificial. Todos los casos fueron medidos para tres pendientes diferentes desde 0.258 hasta 2.198 midiendo profundidades cada distancia en incrementos de 0.1 m a lo largo.

También, Araya et al. (2018). Analizó el coeficiente de fricción de Manning en diferentes condiciones y superficies rugosas en el canal Armfield C4MKII, en Ecuador. El objetivo principal fue diseñar y construir un banco de pruebas para probar grifos de tuberías y accesorios, lo cual se logró. Mediante el estudio experimental de las pérdidas por fricción, se puede concluir que las pérdidas por fricción de la tubería  $h_f$  dependen del material del que está hecha la tubería, el estado de la tubería (nueva, usada o de uso intensivo), la longitud de la tubería, el diámetro y el caudal. tubo. Un inconveniente observado en el banco de pruebas es que lleva tiempo expulsar todo el aire de la manguera del manómetro antes de que se lea la presión diferencial, lo que hace que la medición sea más confiable. Hay varias formas de obtener el coeficiente de fricción  $f$  para diferentes materiales. Es el caso de los diagramas de Moody o fórmulas propuestas por diversos científicos como: Colebrooke o Prandtl. En nuestro caso, se

utilizó la fórmula porque necesitábamos cálculos muy precisos porque tratábamos con presiones muy bajas. El coeficiente de resistencia K de la unidad no es constante, depende en gran medida del flujo a procesar y de la geometría utilizada por el fabricante.

Por otro lado, Rodríguez (2017). Investigó sobre el drenaje fluvial en una carretea de Cuba. Pretendió analizar el sistema de drenaje pluvial en una carretera desde un punto de vista técnico. Se usó el diseño hidráulico para las cunetas mediante el método de Manning-Kutter y el método racional comparativo del Burkli-Ziegler y el Itai-Consult. El diseño es para un cierto corte triangular en la zanja, Verifique las tuberías en la entrada y la estructura de la entrada al considerar NC48-26:84, se usa como un enfoque reflexivo para el análisis hidrológico de cuencas hidrográficas que ofrece resultados baratos y seguros, perfecto para la naturaleza tropical de Cuba.

A nivel nacional tenemos a esta el estudio de Chugnas y Narvaez (2016). Que investigó sobre el coeficiente de rugosidad de Manning superficies granulares mediante la simulación de un cauce natural de sección rectangular en Trujillo. Visualizando así el fenómeno hidráulico. Como materiales se seleccionó material particulado mediante el tamizado y lavado de muestras a partir de muestras recolectadas del río Chicama en la zona aguas abajo del Puente Punta Moreno. Los coeficientes de rugosidad para canales con cimientos de grava y canales de roca se analizan teóricamente considerando condiciones normales y otras condiciones extremas debido a la permeabilidad al agua y la resistencia de los materiales observados. Finalmente, se realizaron tres experimentos considerando tres espesores de material de 5, 7 y 9 cm, y se observó que cuando el agua pasa a través de la grava, esta disminuye en profundidad, pudiendo medir el agua a diferentes alturas como se muestra en la Fig. en la tabla de resultados. Mediante la fórmula de Manning se calcularon los valores de rugosidad en base a las propiedades hidráulicas obtenidas y se obtuvo un valor promedio de  $n = 0,02634$ , observándose que se encuentra en el rango teórico de  $n = 0,023-0,033$  para muros de piedra y canales con fondo de grava. Mientras que el valor teórico para ríos en terreno rocoso

es  $n=0,05-0,08$ , el trabajo experimental obtuvo 0,06380. Ambos resultados son fiables y permiten la determinación experimental de la irregularidad de Manning.

Casado y Gómez (2022). Realizaron un análisis del drenaje pluvial de una avenida en Iquitos. Evaluó el escurrimiento superficial causada por las lluvias. Se realizó el levantamiento topográfico de las calles antes mencionadas en dos lados: derecho e izquierdo, incluyendo cortes longitudinales y planos. Posteriormente se midieron los estribos en cada etapa progresiva de 4 metros, se calcularon las corrientes y sus respectivas pendientes, dando como resultado un cambio de pendiente. Finalmente, la evaluación del cumplimiento de la esorrentía superficial con los requisitos legales, caudales y esfuerzos de tracción para evitar la acumulación de sedimentos resultó en varios tramos de carretera con pendientes opuestas que no cumplían con los requisitos definidos anteriormente. Se recomiendan pendientes correctas y uniformes.

Díaz y Fonseca (2017). Hizo un estudio comparativo para analizar los diseños de drenaje pluvial de calles en Punchana Iquitos. Buscaron evaluar el escurrimiento pluvial debido a las lluvias. Se mide la lluvia simulada. Debido a las lluvias reales, es imposible captar el momento exacto, porque cuando llueve, cuando los tesisistas se acercan a este lugar, las lluvias ya han pasado. Se realizó el levantamiento topográfico de las calles antes mencionadas en dos lados: derecho e izquierdo, incluyendo cortes longitudinales y planos. A continuación, se vierten en el canalón 5, 10, 15 y 20 litros de agua para simular los mm de lluvia correspondientes. Posteriormente, en cada etapa progresiva de 4 metros, se midieron los estribos, se calcularon las corrientes y sus respectivas pendientes, dando como resultado un cambio de pendiente. Finalmente, la evaluación del cumplimiento de la esorrentía superficial con los requisitos legales, caudales y esfuerzos de tracción para evitar la acumulación de sedimentos resultó en varios tramos de carretera con pendientes opuestas que no cumplían con los requisitos especificados anteriormente. Se recomiendan pendientes correctas y uniformes.

Para este estudio fue necesario utilizar el modelo físico en el laboratorio de hidráulica, colocar cada dos superficies en el fondo de este canal graduado y utilizarlo para determinar el coeficiente de rugosidad. El uso de un modelo físico a escala reducida implica una similitud o un conjunto de similitudes en las leyes de la geometría, la cinemática y la dinámica que vinculan las cantidades físicas relacionadas definidas entre los dos sistemas (prototipo y modelo). La categoría de canales abiertos incluye "canales naturales" o canales artificiales. Hecho por el hombre es hecho por el hombre, por ejemplo: riego, navegación, vertederos, zanjas y los construidos en laboratorios, que pueden ser considerados como modelos físicos. En el caso de los "cauces naturales" es muy importante considerar las irregularidades en las que existen.

Estas anomalías incluyen geología, morfología, hidrología, transporte de sedimentos, erosión, socavación, etc., y una característica que puede influir en gran medida en su análisis matemático son las suposiciones empíricas que se hacen sobre ellas en base a la observación y la experiencia. Cabe señalar que algunas de estas violaciones también ocurrieron en canales humanos. Es importante señalar que algunos ríos también se conocen como cauces naturales y dependiendo de su morfología, algunos ríos pueden ser navegables sin dragado porque tienen buena profundidad.

La acción erosiva del río, producto de la velocidad, la forma del oleaje y la pendiente longitudinal, produce una serie de procesos mecánicos en los que el material se granula en las primeras etapas del transporte y las gravas de mayor tamaño son fragmentadas por otras gravas. En la segunda y tercera etapa, el material fragmentado se deposita en el río y solo contribuye al proceso de sedimentación. La energía del agua martilla parcialmente el lecho del río, provocando que se rompa más grava y convirtiendo el material en arena. En tales casos, los efectos de la rugosidad del canal pueden dañar las estructuras del fondo y provocar rozaduras.

Por otro lado, el proceso también tiene en cuenta la pendiente del río con cambios bruscos que forman saltos, caídas o cascadas que alcanzan una altura de alrededor de 1 km. Cuando hay un obstáculo en el río, las aguas buscan los lugares más vulnerables, los desgastan y crean un tobogán o cañón. La sedimentación es la acumulación de materia suspendida transportada por agua en el fondo de ríos o canales artificiales. Los sedimentos están controlados por la ley de existencias. La ley declaró que las partículas con un diámetro máximo de viscosidad del fluido inferior suelen ser más rápidas.

Se cita a las estructuras hidráulicas que producen sedimentación:

Desarenador: diseñado para sedimentar y retener únicamente partículas mayores a un cierto diámetro nominal y generalmente de alta densidad (arena)

Sedimentar o decantador, de uso común en plantas de tratamiento de agua potable y residuales.

Presas filtrantes: se utiliza para retener sólidos en la parte superior de una cuenca hidrológica.

Dependiendo de la estructura y su uso, la sedimentación puede ser beneficiosa en el caso de la purificación de agua en un sistema de acueducto, o perjudicial si se desea reducir el volumen de un embalse o reducir la capacidad de un canal de riego.

La ingeniería fluvial profundiza en el estudio del comportamiento hidráulico de los ríos y combina todo lo anterior y otras definiciones adicionales como la hidráulica en general, en particular la atmósfera del cauce asociada al transporte de fluidos (generalmente agua) y el sistema hidráulico basado en canales en el estudio de comportamiento, vale aclarar que no - el canal prismático provoca una gran cantidad de efectos, principalmente su valor de diseño profundidad de flujo normal ( $Y_n$ ) y profundidad crítica ( $Y_c$ ), su



cálculo requiere la velocidad del flujo ( $Q$ ), rugosidad ( $n$ ), de la sección transversal del cauce, pendiente longitudinal ( $S$ ) y gravedad ( $g$ ), y ya que debido a la falta de uniformidad prismática del cauce no podremos obtener valores constantes.

En esta acción hidráulica tenemos el coeficiente de rugosidad de Manning: en 1889, Robert Manning ideó una ecuación leyendo un artículo de la Institución de Ingenieros Civiles de Irlanda, esta ecuación se formuló de manera compleja y luego se redujo a  $V=C * R^{2/3} * S^{1/2}$  donde  $V$  es la velocidad promedio del flujo,  $C=148.6/n$  es el coeficiente de resistencia al flujo,  $R$  es el radio hidráulico y  $S$  es la pendiente longitudinal del canal. Según los datos experimentales de Bazin, esta ecuación se compara con siete ecuaciones diferentes y se verifica mediante observaciones. El uso de estas ecuaciones hace que sea más difícil calcular los factores de rugosidad porque se requiere poco conocimiento que involucre predicción o estimación.

Vente Chow, habla de enfoques que determinan el coeficiente:

Para determinar los factores que afectan el coeficiente de rugosidad, existe un cierto grado de certeza o incertidumbre, al ver los datos totales del canal abierto común, al verificar el canal común, se conoce su coeficiente y se requiere la distribución de velocidad de la parte para determinar el coeficiente.

Existen factores que afectan el coeficiente de rugosidad de Manning:

Rugosidad superficial: Formada por la presencia de partículas que provocan retardo de flujo. Dependiendo de si el material es fino o grueso, el efecto de frenado será menor o mayor.

Vegetación: Considerada un tipo de rugosidad superficial que debe ser considerada para reducir e impedir el flujo en cauces dependiendo de factores como altura, densidad, distribución y tipo de vegetación.

Irregularidad del canal: irregularidades de tamaño y forma en todo el perímetro húmedo y la sección transversal del conducto.

Alineamiento del canal: En este caso, el valor de "n" (factor de rugosidad) depende directamente de si el canal tiene curvas con radios suaves (valores de n bajos) o radios fuertes (los valores de n aumentarán).

Sedimentación y Socavación: La sedimentación dependerá del tipo de material depositado y puede variar desde canales muy irregulares hasta canales relativamente uniformes donde n disminuirá, mientras que la socavación tendrá el efecto contrario.

Obstrucción: Pueden aparecer diferentes tipos de obstáculos, como troncos, pilares, cuyo tamaño, forma, número y distribución aumentan el valor de "n".

Nivel y caudal: en la mayoría de los caudales, el valor de n disminuye al aumentar el nivel y el caudal.

Cambio Estacional: Dependiendo de la temporada en la que estén presentes las plantas acuáticas, ya sea la temporada de crecimiento o la temporada de latencia, el valor de n puede aumentar o disminuir en consecuencia.

Material de Suspensión y carga de lecho: Se encuentren en movimiento o no, disipan energía y pueden reducir la altura y aumentar la rugosidad aparente del cauce.

Basado en su conocimiento de varios factores clave que afectan la relación de rugosidad, Cowan desarrolló una expresión para calcular n de la siguiente manera:  $n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m^5$

Entre ellos, el valor  $n_0$  caracteriza un canal recto, uniforme y suave en materiales de uso común,  $n_1$  es el valor agregado a la corrección de rugosidad de  $n_0$ ,  $n_2$  es el valor que caracteriza el cambio de sección transversal en esta dirección, así como  $n_3$  es se calcula el valor de drenaje  $I$  de los obstáculos del flujo de agua,  $n_4$  es el valor característico de la vegetación y la descripción del flujo de agua, y  $m_5$  es el valor de corrección del meandro que puede existir en el arroyo.

Al establecer el valor de  $n_1$  se tienen cierto tipo de consideraciones como:

- a) Suavizar las irregularidades.
- b) Inferior para cauces artificiales bien asentados con pendientes erosivas pronunciadas.
- c) Canales con moderada a profundización, taludes con características de colapso moderadas.
- d) Elementos de taludes fuertemente erosionados.

Por otro lado, el valor de  $n_2$  tiene algunas consideraciones, tales como: gradiente, cuando el tamaño y la forma de la sección cambian gradualmente, alternancia intermitente, donde la corriente a veces o alternativamente cambia de un lado a otro, y alternancia frecuente, donde hay un fuerte cambio de lado a lado.

Así mismo, al compilar el valor  $n_3$ , se tienen en cuenta las señales de obstáculos, escombros, ramas, raíces, cantos rodados y productos de troncos caídos o atascados. Al establecer el valor de  $n_4$  se tienen en cuenta ciertas características de la vegetación como son:

La hierba baja y densa o los arbustos sinuosos y las plantas dobladas no alcanzan la mitad de la profundidad del arroyo por razones comparables. Medio, permite una cobertura moderada de césped, malas hierbas y plántulas, con un crecimiento de arbustos que alcanza la mitad de la altura de la corriente de agua. La altura, cuando se habla de hierba y césped, es su altura sobre el agua. Alto, teniendo en cuenta las malas hierbas y los árboles por encima de la superficie del agua.

Finalmente, el valor de  $m_5$  tiene en cuenta la relación entre la longitud de la corriente sinuosa y la longitud recta de la corriente. Existe un método para calcular el factor de rugosidad  $n$ , como ya se mencionó, desarrollado a partir de una serie de curvas clasificadas y ordenadas en estas tablas (p. ej., publicadas por USDA, 1955; Chow, 1959) y una serie de curvas que muestran tipos particulares de fragmentos. Fotografías de valores típicos del coeficiente  $n$  (Ramser, 1929 y Scobey, 1939).

Además de estas ayudas, se pueden encontrar varias fórmulas que expresan el factor de rugosidad de Manning en función del diámetro de las partículas en la forma  $n = m D^{1/6}$ , donde  $m$  es el factor de escala y  $D$  es el diámetro. Los diámetros del material de cojinete (D50, D75, D84, D90) corresponden al 50 %, 75 %, 84 % y 90 % de la curva de tamaño de partícula del material de cojinete, respectivamente.

**Tabla 1.** *Ecuaciones Semiempíricas*

Autores	Año	Fórmula
Meyer – Peter & Müller	1948	$n=0.038 \cdot D^{901/6}$
Raudkivi	1976	$n=0.0411 \cdot D^{651/6}$
Simons y Senturk	1976	$n=0.0389 \cdot D^{501/6}$
Garde & Raju, Subramanya	1978; 1982	$n=0.047 \cdot D^{501/6}$
Bray	1979	$n=0.0593 \cdot D^{500.179}$

**Interpretación:** Se muestran los valores de “ $n$ ” según autores de las ecuaciones.

Según normas legales - Norma OS.060. El propósito es dar criterios de diseño uniformes para el desarrollo de proyectos de drenaje de aguas pluviales urbanas, incluyendo la recolección, transporte y evacuación de captaciones de aguas pluviales que caen en áreas urbanas.

Ámbito de acción. Se aplica dentro del programa nacional de agua potable y saneamiento PRONAP (Programa de Apoyo al Sector Saneamiento

Primario - PASSB), delegando la facultad para el ejercicio de sus funciones, en caso de ser necesario, a las unidades técnicas correspondientes.

Base legal. Norma Técnica Peruana NTP, Norma OS.100 Infraestructura de Saneamiento Urbano, Norma IS.010 Saneamiento Perú Edificación Saneamiento Especificaciones. – D. L. 17505 y leyes y reglamentos generales de aguas - D.L. 17752 del 24.07.90.

Los estudios de evaluación de impacto ambiental, EIA realizados en la fase de pre-inversión de los proyectos de recuperación urbana deben cumplir con las leyes y reglamentos peruanos y, en caso de no existir, seguir las recomendaciones desarrolladas por el Banco Internacional de Desarrollo. BID.

El BID. Los proyectos de agua potable y alcantarillado se clasifican en la categoría III de acuerdo con la clasificación establecida en el Manual de Procedimientos para la Clasificación y Evaluación del Impacto Ambiental de las Operaciones Bancarias.

Chamorro (2017) describe algunos principios de Hidrodinámica:

Hidrodinámica: Fluido en movimiento, es decir, flujo de fluido. Este estudio describe cómo las propiedades de los fluidos (densidad, velocidad) cambian con el tiempo en cada punto del espacio.

Viscosidad: Los fluidos actúan contra las fuerzas tangenciales causadas por la fricción entre las capas de fluido (fluido) o el movimiento de partículas dentro de un gas.

Líneas de corriente

Los caminos tomados por las partículas que fluyen en un flujo constante se llaman flujos. La velocidad de la partícula es tangente a la línea de flujo. Dos líneas de corriente nunca se cruzan en un flujo constante. Cuando esto sucede, se crea un flujo turbulento inestable.

### Licuaación de continuidad

Consideramos el flujo ideal a través de la tubería de ecualización, el flujo que ingresa a A1 por unidad de tiempo es igual al flujo que sale de A2 por unidad de tiempo. Este es el principio de conservación de la masa. Para corrientes poco claras:  $A_1 v_1 = A_2 v_2$ ; donde A y V son área y velocidad respectivamente.

### Caudal volumétrico (Q)

Es el flujo a través del área en un tiempo dado (t). Esto se puede expresar como una función del volumen (V) ( $Q=V/T$ ). Si v es la velocidad del fluido a través de la sección de área (A), el caudal será: ( $Q=A.v$ ).

### La Ley de Stokes

Se refiere a la fricción experimentada por un objeto esférico que se mueve a través de un fluido viscoso en condiciones de bajo flujo laminar. Fue deducida por George Gabriel Stokes en 1851 al resolver un caso especial de las ecuaciones de Navier-Stokes. En general, la ley de Stokes se aplica a pequeñas partículas esféricas que se mueven a bajas velocidades.

La ley de Stokes puede escribirse como:  $F_r = 6 \pi R \eta v$

Donde R es el radio de la esfera, v es la velocidad de la esfera y  $\eta$  es la viscosidad del fluido. La condición de bajo número de Reynolds significa que el flujo laminar se puede cambiar con la velocidad relativa entre la esfera y el medio por debajo de un cierto valor crítico. En estas condiciones, la resistencia proporcionada por el medio se debe casi en su totalidad a la fricción, lo que evita que algunas capas de fluido se deslicen sobre otras capas de fluido desde la capa límite unida al objeto. La ley de Stokes se ha probado experimentalmente para varios fluidos y condiciones.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

Es un tipo de investigación aplicada, pues se generan cambios en las variables de estudio.

El diseño de investigación es: Longitudinal – Experimental

	T1	T2	T3
M			
	O1	O2	O3

**M:** muestra

**T1 a T3:** Momentos en que se hacen las observaciones

**O1 a O3:** Observaciones o mediciones de las variables

#### 3.2. Variables y operacionalización Variables

V1: Coeficiente rugosidad.

V2: Velocidad de flujo en cunetas.

Nota: La matriz de operacionalización de variables se encuentra en los anexos

#### 3.3. Población y muestra

**Población:** La población estuvo determinada por el material agregado a utilizar en la presente investigación.

**Muestra:** Las muestras serán 3 calculados mediante el muestreo simple al azar.

**Muestreo.** Simple al azar.

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

La técnica usada fue la revisión documental y la observación. Cuyos instrumentos fueron una guía de revisión documental y guía de observación de elaboración propia, que permitieron recoger los datos de manera concreta.

### **3.5. Métodos de análisis de datos**

Se utilizó métodos estadísticos para organizar y presentar los datos, tales como: tablas de frecuencia, gráficos de barras, porcentajes, etc.

Dado que se analizó la influencia de la variable independiente sobre la variable dependiente para resumir cada una de las hipótesis operativas de la investigación y formar la hipótesis central de la investigación, se utilizarán varios métodos de comparación de medias.

### **3.6. Aspectos éticos**

La información se mantendrá confidencial ya que ninguno de los instrumentos será nombrado, codificado para un registro discreto y administrado únicamente por los investigadores, manteniéndose la información en el anonimato. Además, respete la autoría de los trabajos anteriores y envíe el trabajo al comité de ética de la universidad.

## **IV. RESULTADOS**

Primero se realizó el levantamiento topográfico, luego se ubica el sitio de investigación, se toman muestras de suelo, luego se realiza el registro, extracción y recolección a través del tajo abierto (pozo de prueba) y finalmente se transporta de regreso al laboratorio. Calcular el aumento del factor de rugosidad para reducir la velocidad del flujo en la zanja de máxima pendiente. Agregué el resultado:

**Ubicación de las fuentes de material.** La grava de río proviene del río Huallaga en la provincia de San Martín-Pelejo. Se extrajeron tres muestras y se caracterizaron mediante pruebas de tamaño de partículas. Los materiales de tierra o arcilla, así como la arena de río y otros materiales se compran en tiendas de equipos de construcción.



## Ensayos de caracterización para fondos.

**Gravas. Granulometría para agregados gruesos (NTPSC).** Recogieron las muestras trasladadas del río Huallaga, desarrollando los pasos que corresponden, realizando la repartición por igual en cuatro partes. Posteriormente pasamos a tamizar 3", 2½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", ¼", #4, #8, #16, #40, #60, #200. Por consiguiente, se observa las muestras:

**Gráfico 1.** Insumo después de cuartear antes del procesar.



**Tabla 2.** *Peso del material con cuarteo, antes de pasar al horno*

MUESTRAS	N° RECIPIENTE	PESO RECIPIENTE (gr)	MATERIAL (gr)	PESO TOTAL (gr)
Primera	TN°-9	330	11202	11532
Segunda	TN°-38	344	9155	9499
Tercera	TN°-5	324	11134	11458

**Interpretación:** Se tienen los pesos del material y recipientes según muestras, antes de pasar al horno.

**Tabla 3.** *Peso del Insumo al salir del horno*

<b>MUESTRAS</b>	<b>N<sup>a</sup></b>	<b>PESO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>PESO TOTAL</b>
	<b>RECIPIENTE</b>	<b>RECIPIENTE</b>	<b>(gr)</b>	<b>(RECIPI. +MAT) (gr)</b>
		<b>(gr)</b>		
Primera	TN°-9	330	11124.5	11210.5
Segunda	TN°-38	344	8150.5	9420.5
Tercera	TN°-5	324	10565.5	10972.5

**Interpretación:** Se tienen los pesos del material y recipientes según muestras, después de salir del horno.

**Tabla 4.** *Calculo granulométrico, piedra mojada primer grupo*

	<b>Nº DE DATOS</b>	<b>TAMIZ Nº (PULG)</b>	<b>PESO RETENIDO (gr)</b>	<b>% RETENIDO</b>	<b>% PASA</b>	<b>% RETENIDO ACUMULADO</b>
	1	3	0	0	100	0
	2	2 1/2	0	0	100	0
	3	2	179	2	98	2
	4	1 1/2	734	7	91	9
	5	1	1072	10	81	19
	6	3/4.	779	8	73	27
1RA SECCION	7	1/2.	1006	10	63	37
	8	3/8.	740	7	56	44
	9	1/4.	921	9	47	53
	10	4	692	7	40	60
	11	8	1462	14	26	74
	12	16	1252	12	14	86
	13	40	922	9	5	95

14	60	116	1	4	96
15	200	114	1	2	98
	FINAL	6	1	3	92
	SUMA				
	(gr)	9857			

**Interpretación:** Granulometría de la piedra mojada de la primera muestra con un peso total retenido de 9857 gr.

**Tabla 5.** *Calculo granulométrico, piedra mojada segundo grupo*

	Nº DE DATOS	TAMIZ Nº (PULG)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% PASA	% RETENIDO ACUMULADO
	1	3	0	0	100	0
	2	2 1/2	0	0	100	0
	3	2	244	3.1	96.9	3
	4	1 1/2	891	11.2	85.8	14
	5	1	1546	19.4	66.4	34
	6	3/4.	707	8.9	57.5	42
2RA SECCION	7	1/2.	803	10.1	47.4	53
	8	3/8.	524	6.6	40.9	59
	9	1/4.	666	8.4	32.5	68
	10	4	479	6	26.5	74
	11	8	1232	15.5	11	89
	12	16	418	5.2	5.8	94
	13	40	283	3.5	2.2	98

14	60	53	0.7	1.6	98
15	200	87	1.1	0.5	100
	FONDO	9	0.1	0.4	100
	TOTAL				
	(gr)	7942			

**Interpretación:** Granulometría de la piedra mojada de la segunda muestra, con un peso total retenido de 7942 gr.

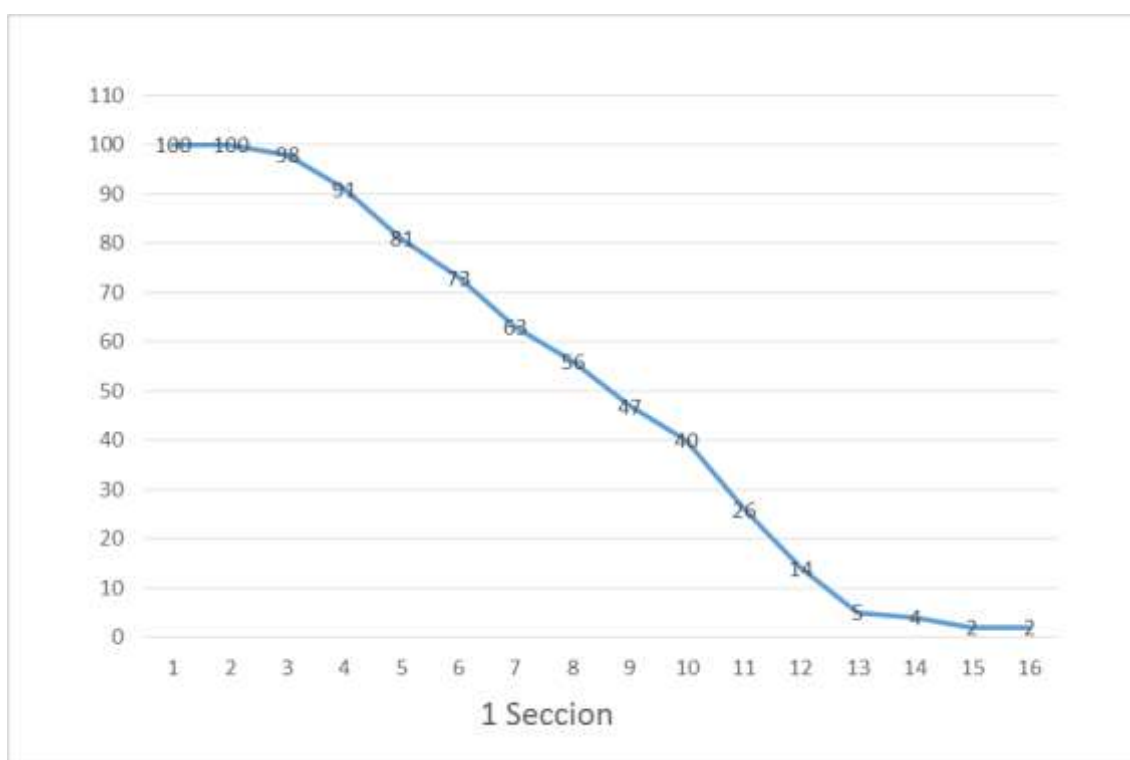
**Tabla 6.** *Análisis granulométrico por tamizado gravas lavadas 3ra sección*

	Nº DE DATOS	TAMIZ Nº (PULG)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% PASA	% RETENIDO ACUMULADO
	1	3	0	0	100	0
	2	2 1/2	295	3.1	100	0
	3	2	2246	23.6	96.9	3
	4	1 1/2	1198	12.6	85.8	14
	5	1	1005	10.5	66.4	34
	6	3/4.	506	5.3	57.5	42
3RA SECCION	7	1/2.	1139	11.9	47.4	53
	8	3/8.	292	3.1	40.9	59
	9	1/4.	305	3.2	32.5	68
	10	4	264	2.8	26.5	74
	11	8	604	6.3	11	89
	12	16	565	5.9	5.8	94
	13	40	664	7	2.2	98

14	60	201	2.1	1.6	98
15	200	232	1.1	0.5	100
	FONDO	20	0.1	0.4	100
TOTAL					
	(gr)	9536			

**Interpretación:** Granulometría de la grava lavada de la tercera muestra, con un peso total retenido de 9536 gr.

**Gráfico 2.** Granulometría grava lavada 1ra sección



**Interpretación:** Según el gráfico de la 1ra sección, se tiene una grava relativamente graduada y con porcentajes que suavizan la curva.

## CÁLCULOS

- Coeficiente de uniformidad (Cu)

$$CU = \frac{D_{60}}{D_{30}}; \frac{11}{4}; 2.75$$

Se determina que el insumo se encuentra en deficiencia de graduación, porque  $Cu < 5$

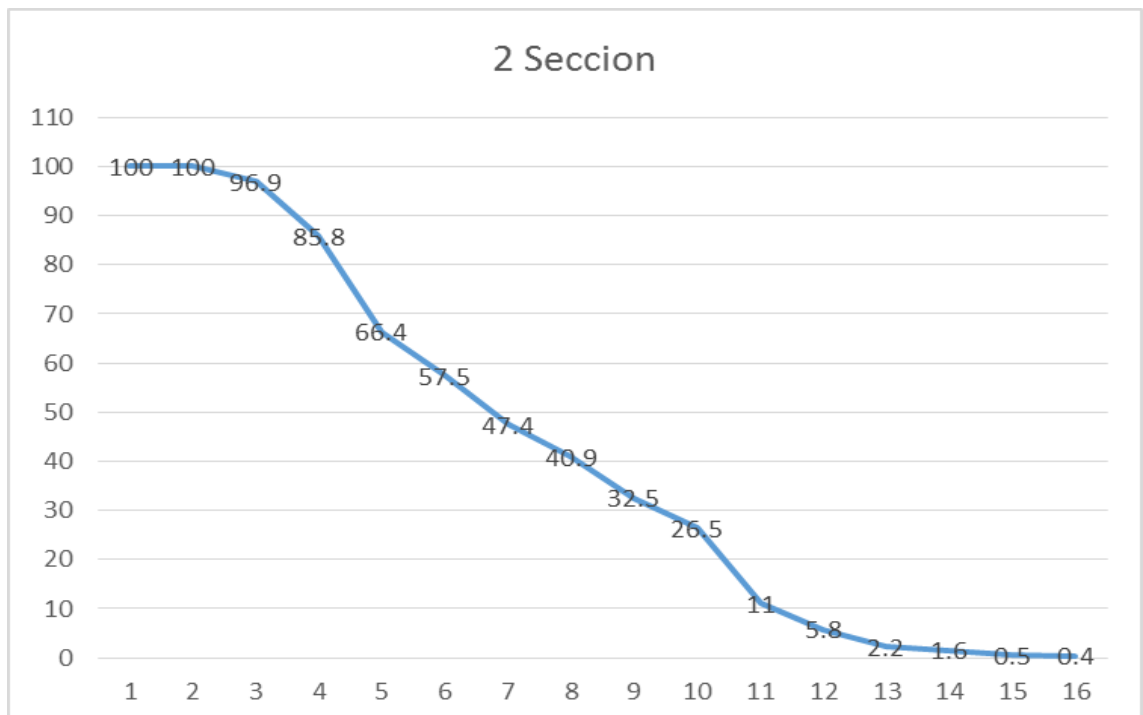
- Coeficiente de concavidad (Cc)

$$Cc = \frac{(D_{60})^2}{D_{10} * D_{60}}; \frac{(7)^2}{(4 * 11)}; 1$$

Conforme al límite del  $Cc = 1$ , se define que existen en la muestra un equilibrio de material grueso y fino; para después definir que  $Cc = 1$ .

- Máximo tamaño= 3”  
Da a entender que, por el tamiz, siendo con la abertura más pequeña llega a pasar el 9.95% de material
- Tamaño máximo nominal= 1”  
Da a entender que es el tamiz siguiente, con un mayor agujero, con una retención acumulada pasa el 15%.

**Gráfico 3.** Granulometría grava lavada 2da sección



**Interpretación:** Según el grafico de la 2da sección, se tiene una grava con porcentajes que realizan quiebres en la curva.

## CÁLCULOS

- Coeficiente de uniformidad (Cu)

$$CU = \frac{D_{60}}{D_{30}}; \frac{13}{5}; 2.60$$

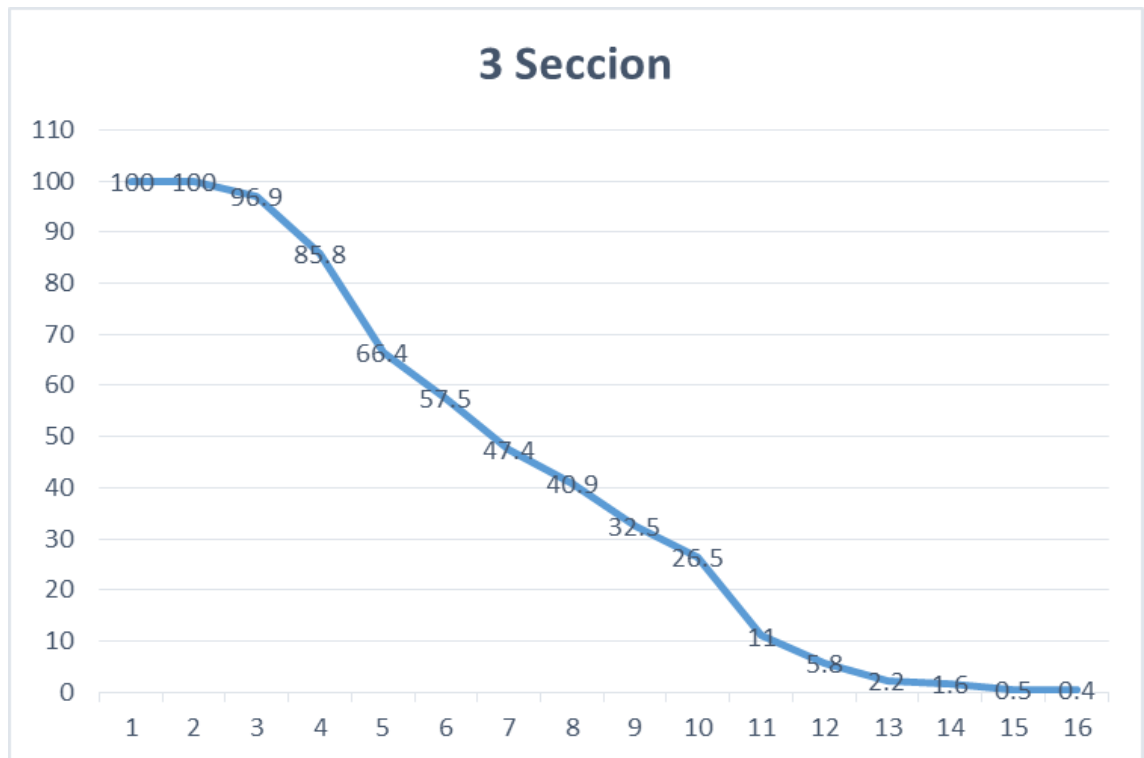
Se determina que el insumo se encuentra en deficiencia de graduación, porque  $Cu < 5$

- Coeficiente de concavidad (Cc)

$$Cc = \frac{(D_{60})^2}{D_{10} * D_{60}}; \frac{(8)^2}{(5 * 13)}; 1$$

- Conforme al límite del  $Cc = 1$ , se define que existen en la muestra un equilibrio de material grueso y fino; para después definir que  $Cc = 1$ .
- Máximo tamaño= 3"
- Da a entender que, por el tamiz, siendo con la abertura más pequeña llega a pasar el 9.95% de material
- Tamaño máximo nominal= 1"
- Da a entender que es el tamiz siguiente, con un mayor agujero, con una retención acumulada pasa el 15%.

**Gráfico 4.** Granulometría grava lavada 3da sección



**Interpretación:** Según el gráfico de la 3ra sección, se tiene una grava con porcentajes que realizan quiebres en la curva, con un tamaño máximo de 3" haciendo entender que paso el 100% por este tamiz.

### CÁLCULOS

- Coeficiente de uniformidad (Cu)

$$CU = \frac{D_{60}}{D_{10}}; \frac{14}{4}; 3.50$$

Esto significa que el material es mal gradado ya que  $Cu < 5$

- Coeficiente de concavidad (Cc)

$$Cc = \frac{(D_{60})^2}{D_{10} * D_{60}}; \frac{(10)^2}{(4 * 14)}; 2$$

Según el rango  $Cc=1$ , significa que el espesor debe estar equilibrado, entonces el cálculo  $Cc=2$  quiere decir que falta un rango de diámetro entre los tamaños  $D_{10}$  y  $D_{60}$ .



- Tamaño máximo = 3 pulgadas

Esto significa que el 100% de la muestra pasó por este tamiz, que es el tamiz con las aberturas más pequeñas.

- Tamaño máximo nominal = 2½ pulgadas

Este parámetro especifica la malla con la apertura más grande detrás de la malla con una tasa de retención acumulada superior al 15 %.

**3.1.2.2 Arenas. Granulometría para agregados finos (NTPC).** Tomamos 950.5 gr de arena mojada por medio de la malla # 200, trasportada de un centro comercial ferretero y calcular sus propiedades específicas. El insumo se tamizó por los siguientes números de mallas. #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200. Por consiguiente, se observa las muestras:

**Gráfico 5.** Arena mojada por el T N°200



**Tabla 7.** Granulometría arena de rio después de lavada.

TAMIZ Nº (PULG)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% PASA	% RETENIDO ACUMULADO
#4	46	16.8	79.2	16.8
#8	187.5	19.2	62.8	32.2
#16	125	10	49.7	50.3

#30	148	15.2	34.5	65.5
#50	125.5	12.9	21.7	78.3
#100	131	13.4	8.2	91.8
#200	52.5	5.4	2.9	97.1
FONDO	7.5	0.8	2.1	97.9
TOTAL	840			
(gr)				

---

**Interpretación:** Se muestra los resultados granulométricos de la arena lavada, con un peso total retenido de 840 gr.

Peso muestra seca = 860,5 gr

#### **HUMEDAD**

PMH= 840 gr

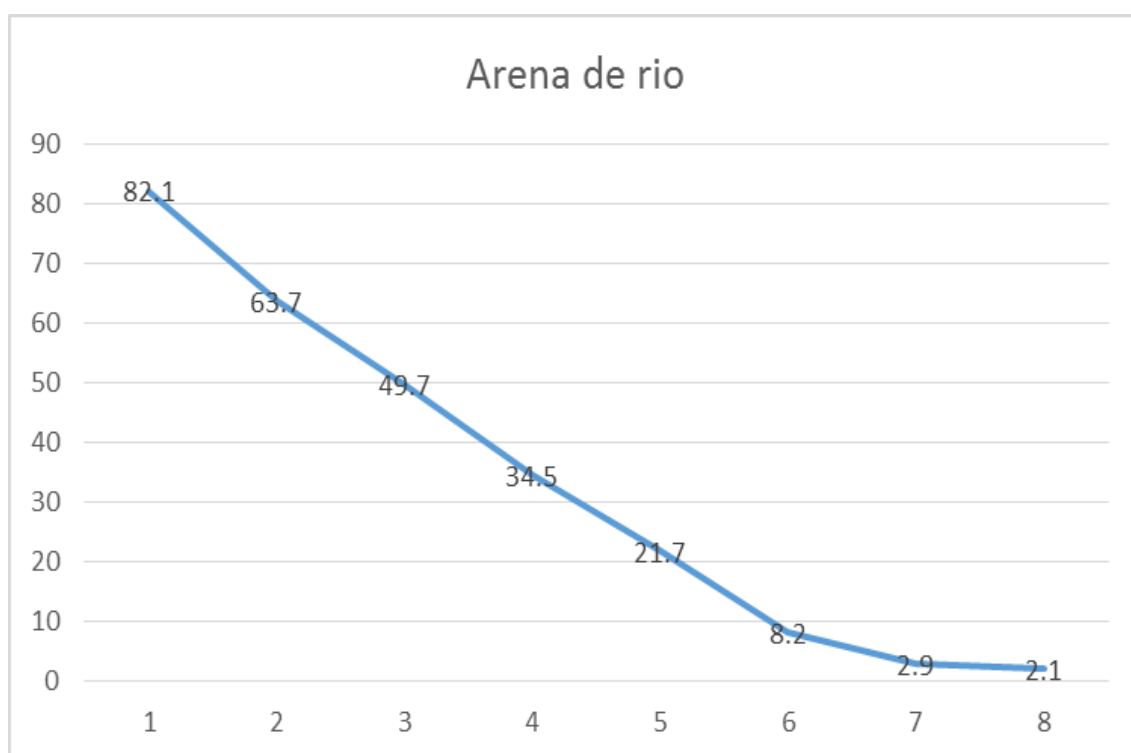
PMS= 820,5 gr

$$W^{0/0} = \left( \frac{PMH - PMS}{PMS} \right) * 100$$

$$W^{0/0} = \left( \frac{840 - 820.5}{820.5} \right) * 100$$

$$W^{0/0} = 2.376$$

**Gráfico 6.** Granulometría arena rio lavado



**Interpretación:** El grafico muestra que la cantidad de arena elegida como muestra es de grano grueso, no debe ser mayor que 3 MF>3.

### CÁLCULOS

$$\% \text{ FINOS}(\text{arenas}) = \left( \frac{W_{\text{retenid}} - \text{vasija}}{W_{\text{muestra}}} \right) \times 100$$

$$\% \text{ FINOS} = \left( \frac{7.5g}{860g} \right) \times 100$$

$$\% \text{ FINOS} = 0.8718 \%$$

Según la norma, este porcentaje se toma entre 3-5%, si se supera este parámetro, la muestra se lava después de la prueba, entonces el resultado que se determinó es suficiente, ya que es inferior al límite, es decir, la porción de la muestra no necesita ser lavada.

$$MF = \frac{\sum \% \text{ RETENIDO} - \text{ACUMULADO}(3/8") \text{ HASTA} \#100}{100}$$

$$MF = \frac{17.9 + 36.5 + 50.3 + 65.5 + 78.3 + 91.8 + 97.1 + 97.9}{100}$$

$$MF = 4.262$$

Se comprende que cantidad de arena elegida como muestra es de grano grueso, no debe ser mayor que 3 MF>3.

**3.1.2.3 Calculo del límite líquido de la arcilla.** El insumo obtenido para el trabajo es de la cantera de independencia (valle del shanusi), el objetivo era usar esta arcilla del valle del shanusi y observar su acomodo y reacción con el agua. Se eligio 480.3 g de arcilla, se humedecieron y se colocaron en una cubeta Casagrande, cada muestra con contenido de humedad variable marcada con ranuras de cierto tamaño y líneas especiales.

**Gráfico 7.** Arcilla pulverizada apto para trabajar



**Tabla 8.** Cálculo de los límites líquidos de la arcilla

# Datos	Recipiente #	Peso recipiente (gr)	# Golpes	Peso muestra humeda + Recipiente (gr)	Peso muestra seca + Recipiente (gr)	Humedad %
A	24	5.87	40	21.84	17.52	37%
B	94	5.57	34	21.20	16.83	38%
C	2	5.48	27	25.89	20.10	40%

D	92	5.52	18	23.33	17.90	42%
---	----	------	----	-------	-------	-----

**Interpretación:** Se comprende que el suelo tiene un alto porcentaje de absorción de humedad.

L.L= 37%

Este tipo de suelo tiene la particularidad asimilar un porcentaje alto de humedad, siendo este de 37%; este sucede momentos previos al cambio de estado, del plástico al líquido.

**3.1.2.4 Calculo del límite plástico e índice de plasticidad de la arcilla.** Se toma una cantidad mínima del insumo (arcilla) para el cálculo que se realizará, se calcula su límite líquido. Tomar 7 gramos de material, rodarlo sobre la palma de la mano provocó varias roturas debido a el agua antes añadida al insumo.

**Tabla 9.** *Cálculo del límite plástico e índice de plasticidad*

# Datos	Recipiente #	Peso recipiente (gr)	Peso muestra húmeda + Recipiente (gr)	Peso muestra seca + Recipiente (gr)	Humedad %
A	39	5.5	8.32	7.35	17%
B	20	5.31	10.2	9.50	18%

**Interpretación:** Se determina que la arcilla tiene un alto porcentaje de absorción y permite realizar trabajos con humedad antes de romperse.

L.P = 18%

La arcilla permite desarrollar trabajos con humedad del 18% antes de convertirse frágil o vidrioso.

Índice plasticidad =  $37 - 22 = 15 \%$

Con base en este índice de plasticidad, los suelos de prueba se clasificaron como arcillosos de baja plasticidad o francos de baja plasticidad de acuerdo con el diagrama de plasticidad.

**Gráfico 8.** Cantidad en kg seco para determinar los límites



**3.1.3 Se realizaron pruebas para determinar las variables.** Para el material de suelo se realizaron los mismos experimentos de laboratorio, en los que se varió la pendiente tres veces, la altura del nivel freático y el caudal una vez.

**Gráfico 9.** Colocación fomi sobre el modelo



**Gráfico 10.** Colocación del material sobre fomi



**Gráfico 11.** Toma de datos



#### **4.1.4 Proceso Matemático de las variables por medio de Microsoft Excel**

Se utilizó la hoja de cálculo de Microsoft para calcular cada uno de los coeficientes de rugosidad de Manning de cada uno de los fondos.

**Tabla 10.** Toma de datos fondo en gravas sección 1 y 2

<b>CAUDALES FONDO EN GRAVAS SECCION 1 Y 2</b>							
	Tiempo (seg)	Peso conjunto (gr)	Peso fluido (gr)	Peso fluido (KN)	Volumen (m3)	caudal (m3/seg)	Caudal (lts/seg)
Q1	1.22	5297	4775.9	468516	0.0048	0.0039	3.91
	1.53	58842.5	5321.4	522029	0.0053	0.0035	3.48
	1.43	7177.8	6656.7	653022	0.0067	0.0047	4.66
	Tiempo (seg)	Peso conjunto (gr)	Peso fluido (gr)	Peso fluido (KN)	Volumen (m3)	caudal (m3/seg)	Caudal (lts/seg)
Q2	1.1	6573.8	6053.7	604571	0.0062	0.0051	5.14
	1.18	6583.2	6062.1	594692	0.0061	0.0051	5.14
	1.12	6293.6	5772.5	566282	0.0058	0.0049	5.14
	Tiempo (seg)	Peso conjunto (gr)	Peso fluido (gr)	Peso fluido (KN)	Volumen (m3)	caudal (m3/seg)	Caudal (lts/seg)
Q3	1.29	7104.7	6383.6	637130	0.0065	0.005	4.96
	1.32	5905.6	5384.5	528219	0.0054	0.0041	4.08
	1.23	6566.1	6045	593015	0.006	0.0049	4.91

**Interpretación:** Se tienen los resultados de los caudales "Q" de fondo de grava, en la sección 1 y 2



**Gráfico 12.** Superficie interior de gravas funcionando



**Tabla 11.** Elección de datos en superficie interior de arena

<b>“Q” SUPERFICIE INTERIOR DE ARENA</b>							
	Tiempo (seg)	Peso (gr)	Peso fluido (gr)	Peso fluido (KN)	Volumen (m3)	caudal (m3/seg)	Caudal (lts/seg)
Q1	1.56	6678.9	6157.8	481838	0.0049	0.003	2.96
	1.44	6678.9	6157.8	604080	0.0062	0.0062	4.28
	1.46	6065.2	5544.1	543876	0.0055	0.0038	3.8
	Tiempo (seg)	Peso (gr)	Peso fluido (gr)	Peso fluido (KN)	Volumen (m3)	caudal (m3/seg)	Caudal (lts/seg)
Q2	1.56	8491.1	7970	764935	0.0078	0.0034	3.39
	1.75	8491.1	7970	781857	0.008	0.0046	4.28
	1.78	8102.1	7581	743696	0.0076	0.0043	3.8

	Tiempo (seg)	Peso (gr)	Peso fluido (gr)	Peso fluido (KN)	Volumen (m3)	caudal (m3/seg)	Caudal (lts/seg)
Q3	2.06	8452.3	7931.2	826257	0.0084	0.0033	3.34
	2.06	8452.3	7931.2	778051	0.0079	0.0039	3.85
	2.2	8533.4	8012.3	786007	0.008	0.0036	3.64

**Interpretación:** Se tienen los resultados de los caudales “Q” de fondo de arena

**Gráfico 13.** Superficie interior de arena funcionando



**Tabla 12.** Elección de datos en superficie interior de tierra

<b>“Q” SUPERFICIE INTERIOR DE TIERRA</b>							
	Tiempo (seg)	Peso conjunto (gr)	Peso fluido (gr)	Peso fluido (KN)	Volumen (m3)	caudal (m3/seg)	Caudal (lts/seg)
Q1	1.46	6550.4	6029.3	472852	0.0048	0.0036	3.6
	1.46	6550.4	6029.3	591474	0.006	0.0041	4.13
	1.7	6650.8	6129.7	601324	0.0061	0.0061	3.61

	Tiempo (seg)	Peso conjunto (gr)	Peso fluido (gr)	Peso fluido (KN)	Volumen (m3)	caudal (m3/seg)	Caudal (lts/seg)
Q2	1.2	5577.7	5056.6	401612	0.0041	0.0031	3.13
	1.2	5577.7	5056.6	496052	0.0051	0.0042	4.21
	1.34	5473.5	4952.4	485830	0.005	0.0037	3.7
	Tiempo (seg)	Peso conjunto (gr)	Peso fluido (gr)	Peso fluido (KN)	Volumen (m3)	caudal (m3/seg)	Caudal (lts/seg)
Q3	1.44	5435.3	4914.2	481269	0.0049	0.0039	3.92
	1.44	5435.3	4914.2	482083	0.0049	0.0034	3.41
	1.59	5564.5	5043.4	494758	0.005	0.0032	3.17

**Interpretación:** Se tienen los resultados de los caudales “Q” de fondo de tierra

**Gráfico 14.** Superficie interior de tierra funcionando



**Tabla 13.** Elección de datos en superficie interior de piedra pegada

<b>“Q” SUPERFICIE INTERIOR DE PIEDRA PEGADA</b>							
	Tiempo (seg)	Peso conjunto (gr)	Peso fluido (gr)	Peso fluido (KN)	Volumen (m3)	caudal (m3/seg)	Caudal (Its/seg)
Q1	1.28	5842.5	5321.4	468516	0.0048	0.0035	3.54
	1.28	5842.5	5321.4	522029	0.0053	0.0042	4.16
	1.1	7177.8	6656.7	653022	0.0067	0.0061	6.05
	Tiempo (seg)	Peso conjunto (gr)	Peso fluido (gr)	Peso fluido (KN)	Volumen (m3)	caudal (m3/seg)	Caudal (Its/seg)
Q2	1.32	7177.8	6656.7	653022	0.0067	0.0051	5.08
	1.32	7177.8	6656.7	653022	0.0067	0.005	5.04
	1.24	7177.8	6656.7	653022	0.0067	0.0054	5.37
	Tiempo (seg)	Peso conjunto (gr)	Peso fluido (gr)	Peso fluido (KN)	Volumen (m3)	caudal (m3/seg)	Caudal (Its/seg)
Q3	1.2	7177.8	6656.7	653022	0.0067	0.0054	5.41
	1.2	7177.8	6656.7	653022	0.0067	0.0055	5.55
	1.1	7177.8	6656.7	653022	0.0067	0.0051	6.05

**Interpretación:** Se tienen los resultados de los caudales “Q” de fondo de piedra pegada

**Gráfico 15.** Superficie interior de piedra pegada funcionando



**Tabla 14.** Cuadro de cálculo Excel con interior de piedra parte uno y dos

FONDO EN GRAVAS SECCION 1 Y 2					
Q=3.91 Lts/Seg		Q=3.48 Lts/Seg		Q=4.66 Lts/Seg	
VARIABLES	RESULTADO	VARIABLES	RESULTADO	VARIABLES	RESULTADO
Altura Lamina (mm)	55	Altura Lamina (mm)	52	Altura Lamina (mm)	49
Pendiente %	0	Pendiente %	0.5	Pendiente %	1
Tiempo (seg)	1.22	Tiempo (seg)	1.53	Tiempo (seg)	1.43
peso conjunto (gr)	52.97	peso conjunto (gr)	5843	peso conjunto (gr)	71.78
peso fluido (gr)	4776	peso fluido (gr)	5321	peso fluido (gr)	6657
peso fluido (KN)	46.85	peso fluido (KN)	52.23	peso fluido (KN)	65.30
Volumen (m3)	0.0048	Volumen (m3)	0.0053	Volumen (m3)	0.0067
b (m)	0.50	b (m)	0.5000	b (m)	0.5000
Area(m2)	0.0275	Area(m2)	0.0260	Area(m2)	0.0245
Velocidad (m/seg)	0.1424	Velocidad (m/seg)	0.1338	Velocidad (m/seg)	0.1900
P(m)	0.6100	P(m)	0.6040	P(m)	0.5980
R(m)	0.0451	R(m)	0.0430	R(m)	0.0410
K(S.I)	1.0000	K(S.I)	1.0000	K(S.I)	1.0000
Coefficiente rugosidad manning	0.0000	Coefficiente rugosidad manning	0.0649	Coefficiente rugosidad manning	0.0625
Q=3.91 Lts/Seg		Q=3.48 Lts/Seg		Q=4.66 Lts/Seg	
VARIABLES	RESULTADO	VARIABLES	RESULTADO	VARIABLES	RESULTADO
Altura Lamina (mm)	53	Altura Lamina (mm)	49	Altura Lamina (mm)	46
Pendiente %	0	Pendiente %	0.5	Pendiente %	1
Tiempo (seg)	1.2	Tiempo (seg)	1.18	Tiempo (seg)	1.12
peso conjunto (gr)	6684	peso conjunto (gr)	6583	peso conjunto (gr)	6294
peso fluido (gr)	6163	peso fluido (gr)	6062	peso fluido (gr)	5773
peso fluido (KN)	60.46	peso fluido (KN)	59.47	peso fluido (KN)	56.63
Volumen (m3)	0.0062	Volumen (m3)	0.0061	Volumen (m3)	0.0058
b (m)	0.5	b (m)	0.50	b (m)	0.50
Area(m2)	0.0265	Area(m2)	0.0245	Area(m2)	0.0230
Velocidad (m/seg)	0.1938	Velocidad (m/seg)	0.2097	Velocidad (m/seg)	0.2241
P(m)	0.606	P(m)	0.5980	P(m)	0.5920
R(m)	0.0437	R(m)	0.0410	R(m)	0.0389
K(S.I)	1	K(S.I)	1.0000	K(S.I)	0.0000
Coefficiente rugosidad manning	0	Coefficiente rugosidad manning	0.0401	Coefficiente rugosidad manning	0.0512
Q=3.91 Lts/Seg		Q=3.48 Lts/Seg		Q=4.66 Lts/Seg	
VARIABLES	RESULTADO	VARIABLES	RESULTADO	VARIABLES	RESULTADO
Altura Lamina (mm)	32	Altura Lamina (mm)	30	Altura Lamina (mm)	28
Pendiente %	0	Pendiente %	0.5	Pendiente %	1
Tiempo (seg)	2.52	Tiempo (seg)	2.06	Tiempo (seg)	2.2
peso conjunto (gr)	8944	peso conjunto (gr)	8845	peso conjunto (gr)	8533
peso fluido (gr)	8423	peso fluido (gr)	7931	peso fluido (gr)	8012
peso fluido (KN)	82.63	peso fluido (KN)	77.81	peso fluido (KN)	78.76
Volumen (m3)	0.0084	Volumen (m3)	0.0079	Volumen (m3)	0.008
b (m)	0.5	b (m)	0.50	b (m)	0.50
Area(m2)	0.016	Area(m2)	0.0150	Area(m2)	0.0140
Velocidad (m/seg)	0.2089	Velocidad (m/seg)	0.2567	Velocidad (m/seg)	0.2601
P(m)	0.564	P(m)	0.5600	P(m)	0.5560
R(m)	0.0284	R(m)	0.5600	R(m)	0.0252
K(S.I)	1	K(S.I)	0.0268	K(S.I)	1.0000
Coefficiente rugosidad manning	0	Coefficiente rugosidad manning	0.0247	Coefficiente rugosidad manning	0.0330

**Interpretación:** Calculo en Excel de los caudales con interior de superficie de grava en la sección 1 y 2

## DETERMINACIÓN DEL CAUDAL (Q1)

Peso Fluido

$$5321.9 - 5211 = 110.9gr$$

Volumen Fluido

$$V = \frac{48.18}{9810} = 0.0049m^3$$

Caudal

$$Q = \frac{0.0049}{1.66} = 0.0030m^3/seg$$

$$ArenaMojada = 0.5 * 0.036 = 0.018m^2$$

Velocidad

$$v = \frac{0.0037}{0.018} = 0.2055m/seg$$

$$PER.MOJ. = 0.5 + (2 * 0.050) = 0.60m$$

Radio Hidráulico

$$RadioHidraulico = \frac{0.018}{0.60} = 0.030m$$

Coficiente Manning

$$n = \frac{1}{0.1643} \times 0.030^{\frac{2}{3}} \times 0^{\frac{1}{2}} = 0$$

**Tabla 15.** Cuadro de cálculo Excel con interior de tierra parte uno y dos

FONDO DE TIERRA					
Q=3.91 Lts/Seg		Q=3.48 Lts/Seg		Q=4.66 Lts/Seg	
VARIABLES	RESULTADO	VARIABLES	RESULTADO	VARIABLES	RESULTADO
Altura Lamina (mm)	31	Altura Lamina (mm)	29	Altura Lamina (mm)	26
Pendiente %	0	Pendiente %	0.5	Pendiente %	1
Tiempo (seg)	1.34	Tiempo (seg)	1.46	Tiempo (seg)	1.7
peso conjunto (gr)	5341	peso conjunto (gr)	6550	peso conjunto (gr)	6651
peso fluido (gr)	4820	peso fluido (gr)	6029	peso fluido (gr)	6130
peso fluido (KN)	47.29	peso fluido (KN)	59.15	peso fluido (KN)	60.13
Volumen (m3)	0.0048	Volumen (m3)	0.006	Volumen (m3)	0.0061
b (m)	0.50	b (m)	0.5000	b (m)	0.5000
Area(m2)	0.0155	Area(m2)	0.0145	Area(m2)	0.013
Velocidad (m/seg)	0.2321	Velocidad (m/seg)	0.2848	Velocidad (m/seg)	0.2774
P(m)	0.5620	P(m)	0.5580	P(m)	0.5520
R(m)	0.0276	R(m)	0.0260	R(m)	0.0236
K(S.I)	1.0000	K(S.I)	1.0000	K(S.I)	1.0000
Coefficiente rugosidad manning	0.0000	Coefficiente rugosidad manning	0.0218	Coefficiente rugosidad manning	0.0296
Q=3.91 Lts/Seg		Q=3.48 Lts/Seg		Q=4.66 Lts/Seg	
VARIABLES	RESULTADO	VARIABLES	RESULTADO	VARIABLES	RESULTADO
Altura Lamina (mm)	30	Altura Lamina (mm)	27	Altura Lamina (mm)	25
Pendiente %	0	Pendiente %	0.5	Pendiente %	1
Tiempo (seg)	1.31	Tiempo (seg)	1.2	Tiempo (seg)	1.34
peso conjunto (gr)	4615	peso conjunto (gr)	5578	peso conjunto (gr)	5474
peso fluido (gr)	4094	peso fluido (gr)	5057	peso fluido (gr)	4952
peso fluido (KN)	40.16	peso fluido (KN)	49.61	peso fluido (KN)	48.58
Volumen (m3)	0.0041	Volumen (m3)	0.0051	Volumen (m3)	0.005
b (m)	0.5	b (m)	0.50	b (m)	0.50
Area(m2)	0.0150	Area(m2)	0.0135	Area(m2)	0.0125
Velocidad (m/seg)	0.2083	Velocidad (m/seg)	0.3121	Velocidad (m/seg)	0.2957
P(m)	0.5600	P(m)	0.5540	P(m)	0.5500
R(m)	0.0268	R(m)	0.0244	R(m)	0.0227
K(S.I)	1.0000	K(S.I)	1.0000	K(S.I)	0.0000
Coefficiente rugosidad manning	0.0000	Coefficiente rugosidad manning	0.019	Coefficiente rugosidad manning	0.0271
Q=3.91 Lts/Seg		Q=3.48 Lts/Seg		Q=4.66 Lts/Seg	
VARIABLES	RESULTADO	VARIABLES	RESULTADO	VARIABLES	RESULTADO
Altura Lamina (mm)	29	Altura Lamina (mm)	26	Altura Lamina (mm)	24
Pendiente %	0	Pendiente %	0.5	Pendiente %	1
Tiempo (seg)	1.25	Tiempo (seg)	1.44	Tiempo (seg)	1.59
peso conjunto (gr)	5427	peso conjunto (gr)	5435	peso conjunto (gr)	5565
peso fluido (gr)	4906	peso fluido (gr)	4914	peso fluido (gr)	5043
peso fluido (KN)	48.13	peso fluido (KN)	48.21	peso fluido (KN)	49.48
Volumen (m3)	0.0049	Volumen (m3)	0.0049	Volumen (m3)	0.005
b (m)	0.5	b (m)	0.50	b (m)	0.50
Area(m2)	0.0145	Area(m2)	0.0130	Area(m2)	0.0120
Velocidad (m/seg)	0.2707	Velocidad (m/seg)	0.2625	Velocidad (m/seg)	0.2643
P(m)	0.5580	P(m)	0.5520	P(m)	0.5480
R(m)	0.0260	R(m)	0.0264	R(m)	0.0219
K(S.I)	1.0000	K(S.I)	1.0000	K(S.I)	1.0000
Coefficiente rugosidad manning	0.0000	Coefficiente rugosidad manning	0.0221	Coefficiente rugosidad manning	0.0296

**Interpretación:** Calculo en Excel de los caudales con interior de superficie de tierra en la sección 1 y 2



## DETERMINACION DE CAUDAL (Q1)

Peso Fluido

$$54412 - 5211 = 4820gr$$

Volumen Fluido

$$V = \frac{47.28}{9810} = 0.0048m^3$$

Caudal

$$Q = \frac{0.0048}{1.34} = 0.0036m^3/seg$$

$$ArenaMojada = 0.5 * 0.031 = 0.0155m^2$$

Velocidad

$$v = \frac{0.0037}{0.0155} = 0.238m/seg$$

$$Per. Moj. = 0.5 + (2 * 0.238) = 0.476m$$

Radio Hidráulico

$$RadioHidraulico = \frac{0.0155}{0.476} = 0.0326m$$

Coeficiente Manning

$$n = \frac{1}{0.2320} \times 0.0326^{\frac{2}{3}} \times 0^{\frac{1}{2}} = 0$$

**Tabla 16.** Cuadro de cálculo Excel con interior de piedra pegada parte uno y dos

FONDO EN PIEDRA PEGADA					
Q=3.91 Lts/Seg		Q=3.48 Lts/Seg		Q=4.66 Lts/Seg	
VARIABLES	RESULTADO	VARIABLES	RESULTADO	VARIABLES	RESULTADO
Altura Lamina (mm)	28	Altura Lamina (mm)	27	Altura Lamina (mm)	26
Pendiente %	0	Pendiente %	0.5	Pendiente %	1
Tiempo (seg)	1.35	Tiempo (seg)	1.28	Tiempo (seg)	1.1
peso conjunto (gr)	5297	peso conjunto (gr)	5843	peso conjunto (gr)	7178
peso fluido (gr)	4776	peso fluido (gr)	5321	peso fluido (gr)	6657
peso fluido (KN)	46.85	peso fluido (KN)	52.2	peso fluido (KN)	65.3000
Volumen (m3)	0.0048	Volumen (m3)	0.0053	Volumen (m3)	0.0067
b (m)	0.50	b (m)	0.5000	b (m)	0.5000
Area (m2)	0.014	Area (m2)	0.0135	Area (m2)	0.013
Velocidad (m/seg)	0.2527	Velocidad (m/seg)	0.308	Velocidad (m/seg)	0.4655
P(m)	0.5560	P(m)	0.5540	P(m)	0.5520
R(m)	0.0252	R(m)	0.0244	R(m)	0.0236
K(S.I)	1.0000	K(S.I)	1.0000	K(S.I)	1.0000
Coefficiente rugosidad manning	0.0000	Coefficiente rugosidad manning	0.0193	Coefficiente rugosidad manning	0.0177
Q=3.91 Lts/Seg		Q=3.48 Lts/Seg		Q=4.66 Lts/Seg	
VARIABLES	RESULTADO	VARIABLES	RESULTADO	VARIABLES	RESULTADO
Altura Lamina (mm)	27	Altura Lamina (mm)	26	Altura Lamina (mm)	25
Pendiente %	0	Pendiente %	0.5	Pendiente %	1
Tiempo (seg)	1.31	Tiempo (seg)	1.32	Tiempo (seg)	1.24
peso conjunto (gr)	7178	peso conjunto (gr)	7178	peso conjunto (gr)	7178
peso fluido (gr)	6657	peso fluido (gr)	6657	peso fluido (gr)	6657
peso fluido (KN)	65.3	peso fluido (KN)	65.3	peso fluido (KN)	65.3
Volumen (m3)	0.0067	Volumen (m3)	0.0067	Volumen (m3)	0.0067
b (m)	0.5	b (m)	0.50	b (m)	0.50
Area (m2)	0.0135	Area (m2)	0.013	Area (m2)	0.0125
Velocidad (m/seg)	0.3764	Velocidad (m/seg)	0.3879	Velocidad (m/seg)	0.4294
P(m)	0.5540	P(m)	0.5520	P(m)	0.5500
R(m)	0.0244	R(m)	0.0236	R(m)	0.0227
K(S.I)	1.0000	K(S.I)	1.0000	K(S.I)	0.0000
Coefficiente rugosidad manning	0.0000	Coefficiente rugosidad manning	0.015	Coefficiente rugosidad manning	0.0187
Q=3.91 Lts/Seg		Q=3.48 Lts/Seg		Q=4.66 Lts/Seg	
VARIABLES	RESULTADO	VARIABLES	RESULTADO	VARIABLES	RESULTADO
Altura Lamina (mm)	26	Altura Lamina (mm)	26	Altura Lamina (mm)	24
Pendiente %	0	Pendiente %	0.5	Pendiente %	1
Tiempo (seg)	1.23	Tiempo (seg)	1.2	Tiempo (seg)	1.1
peso conjunto (gr)	7178	peso conjunto (gr)	7178	peso conjunto (gr)	7178
peso fluido (gr)	6657	peso fluido (gr)	6657	peso fluido (gr)	6657
peso fluido (KN)	65.3	peso fluido (KN)	65.3	peso fluido (KN)	65.3
Volumen (m3)	0.0067	Volumen (m3)	0.0067	Volumen (m3)	0.0067
b (m)	0.5	b (m)	0.50	b (m)	0.50
Area (m2)	0.0130	Area (m2)	0.0125	Area (m2)	0.0120
Velocidad (m/seg)	0.4163	Velocidad (m/seg)	0.4438	Velocidad (m/seg)	0.5043
P(m)	0.5520	P(m)	0.5500	P(m)	0.5480
R(m)	0.0236	R(m)	0.0227	R(m)	0.0219
K(S.I)	1.0000	K(S.I)	1.0000	K(S.I)	1.0000
Coefficiente rugosidad manning	0.0000	Coefficiente rugosidad manning	0.0128	Coefficiente rugosidad manning	0.0155

**Interpretación:** Calculo en Excel de los caudales con interior de superficie de piedra pegada en la sección 1 y 2

## DETERMINACION DEL CAUDAL (Q1)

Peso Fluido

$$5456 - 5211 = 245gr$$

Volumen Fluido

$$V = \frac{46.85}{9810} = 0.0048m^3$$

Caudal

$$Q = \frac{0.0048}{1.35} = 0.0035m^3/seg$$

$$ArenaMojada = 0.5 * 0.028 = 0.014m^2$$

Velocidad

$$v = \frac{0.0035}{0.014} = 0.2526m/seg$$

$$Per.Moj. = 0.5 + (2 * 0.0256) = 0.551m$$

Radio Hidráulico

$$RadioHidraulico = \frac{0.014}{0.551} = 0.0254m$$

Coefficiente Manning

$$n = \frac{1}{0.2526} \times 0.02518^{\frac{2}{3}} \times 0^{\frac{1}{2}} = 0$$

### 4.1.5 Contrastación de coeficientes.

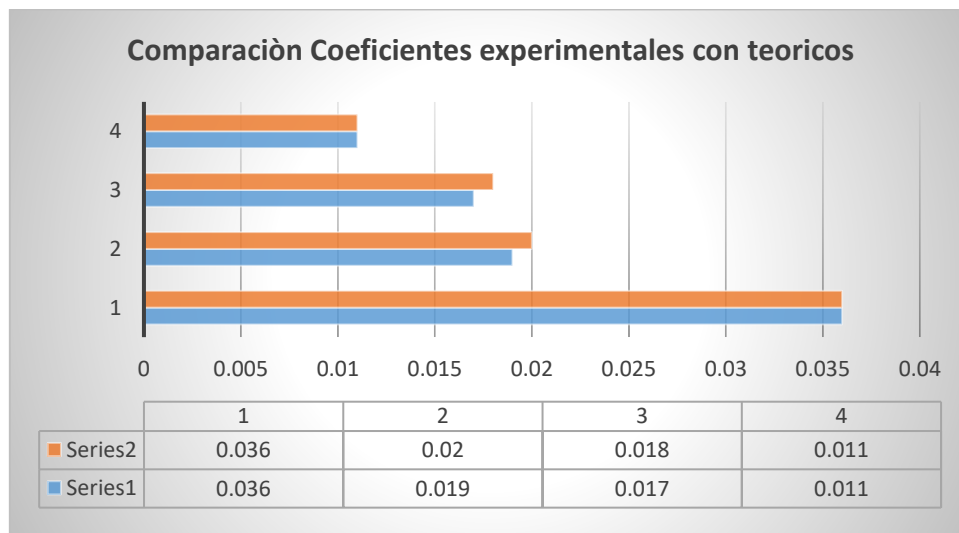
Se comparó los coeficientes computados de forma experimental con la teoría. Además, por otra parte, se realizaron paridades separadas con normas semi-empíricas, permitiendo el cálculo de coeficientes de rugosidad para capas de piedra en ríos montañosos.

**Tabla 17.** Paridad de coeficientes de rugosidad.

INTERIOR	COEFICIENTE EXPERIMENTAL	COEFICIENTE TEORICO
GRAVA	0.036	Grava puesta Max. N=0.036
ARENA	0.019	Arena Max. N=0.020
TIERRA	0.017	Tierra Min. N=0.018
PIEDRA PEGADA	0.011	Piedra pegada Min. N=0.011

**Interpretación:** Se observa los resultados experimentales y teóricos, encontrando similitud en ellos según el tipo de material usado como revestimiento en la parte interior.

**Figura 1.** Esquema de barras, contrastación de resultados

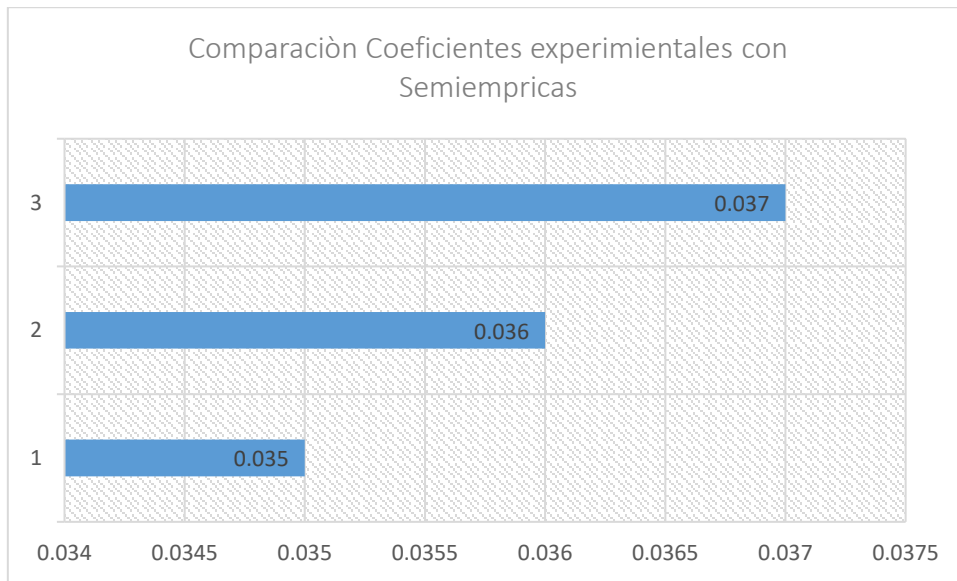


**Tabla 18.** *Determinación de coeficientes de rugosidad métodos semiempíricos*

<b>SECCION 1</b>						
Deciles	Valor Deciles	n de Meyer-Peter	n de Raudkivi	nde Simons y Senfurk	n de Garde & Raju; Subramanya	Bray
D90	1.448953078	0.04				
D65	0.546788022		0.037			
D50	0.292650651			0.032	0.038	0.048
<b>SECCION 2</b>						
Deciles	Valor Deciles	n de Meyer-Peter	n de Raudkivi	nde Simons y Senfurk	n de Garde & Subramanya	Bray
D90	1.689664896	0.041				
D65	0.961308594		0.041			
D50	0.563749478			0.035	0.043	0.054

**Interpretación:** Los resultados calculados según los deciles en la sección 1 y 2; todos con métodos semiempíricos, teniendo en cuenta que los datos encontrados por separado para ambas partes tienen factores de rugosidad cercanos a las expresiones de Raudkivi, Simons y Senturk.

**Figura 2. Contrastación de resultados (coeficientes)**



**Interpretación:** En la tabla 18; tenga en cuenta que los datos encontrados por separado para ambas partes tienen factores de rugosidad cercanos a las expresiones de Raudkivi, Simons y Senturk.

## **V. DISCUSIÓN**

En primer lugar, se realizó una revisión bibliográfica buscando experiencias similares en diferentes medios como bases de datos y bibliotecas universitarias a nivel mundial, que incluyó la medición de índices de rugosidad para observar los resultados obtenidos y los métodos utilizados para presentar la experiencia.

Luego se desarrollaron programas que permiten a los usuarios derivar coeficientes de Manning y sus respectivas incertidumbres a partir de datos medidos directamente in situ (p. ej., altura, pendiente, diámetro y velocidad). Finalmente, se llevó a cabo una fase de pruebas de laboratorio, en la que se probaron en el laboratorio hidráulico con los componentes el rendimiento del rugosímetro y el programa desarrollado.

## VI. CONCLUSIONES

Las pruebas del modelo de canal mostraron que los pavimentos de estos cuatro materiales se comportan en condiciones similares a la realidad y que sus coeficientes de rugosidad son un componente significativo de su desempeño de diseño. Teniendo en cuenta lo anterior, puedo concluir que:

- La rugosidad de la superficie (material del sustrato) tiene un valor de coeficiente de rugosidad alto para grava y un valor de coeficiente de rugosidad bastante bajo para arena, arcilla y piedra de cemento. Estos elevados valores de rugosidad provocan un descenso del nivel del agua, que también se ve afectado por la pendiente longitudinal del cauce.
- Debido a que el material granular es pobre (tamaño de agregado no uniforme) y la relación de partículas finas a gruesas es igual a 1, los valores resultantes son similares a los que se encuentran en los libros de hidráulica de canales. Además, le da más rugosidad y aumenta su circunferencia mojada.
- Materiales arenosos con un factor de grava relativamente bajo afectados por un módulo de finura superior a tres, es decir arena gruesa, hay un ligero aumento en el perímetro mojado y una disminución significativa en la profundidad del agua.
- Las arcillas tienen ciertas propiedades en términos de fluidez última, plasticidad e índice de plasticidad que dan coeficientes ligeramente más bajos en comparación con la arena. Colocarlos en el canal sin compactar resultó en un asentamiento excesivo, el aumento del perímetro mojado no fue significativo, la caída del nivel de lámina fue muy insignificante en comparación con el nivel de arena.
- Una mezcla de 1:3 de mortero y grava al azar con una proporción más pequeña de uno a la tierra, esta piedra adherida está hecha a mano para que tenga una textura menos áspera. La piedra no se



distribuye uniformemente en la mezcla. El aumento del perímetro mojado no se nota y la caída del nivel del agua en la parte superior es la misma que en los 2 fondos anteriores.

- Velocidad: Algunas irregularidades se pueden ver en algunos fondos ya que el movimiento del canal durante el cambio de grado hace que el flujo sea inestable y al intentar medir la profundidad del agua cae a un flujo constante que no es el esperado.
- Al correlacionar los resultados experimentales con los valores obtenidos con expresiones semi-empíricas, se nota cierta aproximación de los valores de grava obtenidos en laboratorio, tomando ambos como parámetros de referencia, y es necesario asegurarse de que los valores calculados partido no viene de esto.

## **VII. RECOMENDACIONES**

En el sistema de drenaje urbano implementado en nuestro país, el mantenimiento de las estructuras es un problema al que las ciudades prestan especial atención, debido a que las estructuras no se mantienen, sino que se reparan. Las razones para incluir tales sistemas requieren que los diseñadores, desarrolladores, operadores y comunidades locales sean conscientes de la importancia de implementar tales estructuras de captación para mitigar los impactos del desarrollo urbano en el ciclo del agua. Como resultado de los cambios en la orientación de las zanjas y las estructuras de dispersión, el área de la sección transversal del flujo aumenta y este detalle debe tenerse en cuenta en el diseño.

## REFERENCIAS

- Araya, A., González, V. y Jiménez, M. (2018). Análisis de la variación del coeficiente de rugosidad de Manning con respecto a la pendiente del canal en tubería de PVC de 315 mm de diámetro. *Revista INGENIERÍA UC*, vol. 25(1): 43-49. <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/v25n1/art05.pdf>
- Bolaños, C. y Jiménez, C. (2016). *Comparación de la eficiencia en cunetas de sección triangular usando las ecuaciones de Manning y Darcy-Colebrook en un modelo físico*. (Tesis para obtener el título de ingeniería civil. Universidad de La Salle Ciencia Unisalle, Bogotá). [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1265&context=ing\\_civil](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1265&context=ing_civil)
- Casado, D. y Gómez, Y. (2022). Análisis del drenaje pluvial de la avenida Yavarí entre los jirones Cabo Pantoja y Manco Cápac en Iquitos 2021. (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Universidad Científica del Perú. Perú). <http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1879/CASADO%20DO NAYRE%20DELZY%20DIOLEE%20Y%20G%C3%93MEZ%20D%C3%8 DAZ%20YNO%20-%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carrillo, M., Guerrero, I., Prado, J. y Arteaga, R. (2015). Roughness Manning Coefficient Variation in Irrigation Open Channels by Changing Width and Roughness Surface in the Armfield C4MKII Equipment. *Revest An ASABE Meeting Presentation* vol. 26 (29). [https://www.researchgate.net/publication/287217735\\_Roughness\\_Manning\\_Coefficient\\_Variation\\_in\\_Irrigation\\_Open\\_Channels\\_by\\_Changing\\_Width\\_and\\_Roughness\\_Surface\\_in\\_the\\_Armfield\\_C4MKII\\_Equipment\\_Written\\_for\\_presentation\\_at\\_the\\_2015\\_ASABE\\_Annual\\_Internati](https://www.researchgate.net/publication/287217735_Roughness_Manning_Coefficient_Variation_in_Irrigation_Open_Channels_by_Changing_Width_and_Roughness_Surface_in_the_Armfield_C4MKII_Equipment_Written_for_presentation_at_the_2015_ASABE_Annual_Internati)
- Conde, J. (Ecografía en atención primaria [en línea]. Perú: Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias, 1998 [fecha de consulta: 29 mayo 2015]. Disponible en:

<http://www.uca.es/dept/ingenieria/bvsss/csalud/memoria/pdf/tecnologia/ingenieria.enap.pdf>.

Coronado, F. (1992). *Diseño y Construcción de Canales*. 1° ed. Lima: Editorial Facultad de Ingeniería Civil UNI.

Chow Ven T. *Hidráulica de Canales Abiertos.*, 1ra. .Ed., Santa Fé de Bogotá – Colombia: Editorial Diana. 2000.

Chungas, C. y Narvaez, R. (2015). *Determinación experimental del coeficiente de rugosidad de Manning superficies granulares mediante la simulación de un cauce natural de sección rectangular*. (Tesis para optar el título de ingeniero civil. Universidad Privada Antenor Orrego. Perú). [https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/1985/1/REP\\_ING\\_CIVIL\\_CLARA.CHUGNAS\\_WILFREDO.MANTARI\\_DETERMINACION\\_EXPERIMENTAL.COEFICIENTE.RUGOSIDAD.MANNING.SUPERFICIES.GRANULARES.MEDIANTE.SIMULACION.CAUCE.NATURAL.SECCION.RECTANGULAR.pdf](https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/1985/1/REP_ING_CIVIL_CLARA.CHUGNAS_WILFREDO.MANTARI_DETERMINACION_EXPERIMENTAL.COEFICIENTE.RUGOSIDAD.MANNING.SUPERFICIES.GRANULARES.MEDIANTE.SIMULACION.CAUCE.NATURAL.SECCION.RECTANGULAR.pdf)

Díaz, J. y Fonseca, M. (2017). *Análisis comparativo de los diseños de drenaje pluvial en las calles nauta y los periodistas con el escurrimiento superficial - Punchana 2017*. (Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Universidad Científica del Perú. Perú). <http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/436/Tesis%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rodríguez, D. (2017). *Evaluación del drenaje pluvial existente en la carretera Santa Clara Entronque Vueltas comprendido entre el kilómetro 3 y 4*. (Trabajo de tesis para el diploma de ingeniero civil. Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Cuba). <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/9275/Final%20Daniel%20rodriguez%20original.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Villon, M. (2007). *Diseño de estructuras hidráulicas*. 2° ed. Perú: Editorial Tecnológica de Costa Rica. [https://books.google.com.pe/books?id=\\_JjGDwAAQBAJ&pg=PA10&dq=Dise%C3%B1o+de+estructuras+hidr%C3%A1ulicas.+Villon&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjRm6L9pPL8AhVUAdQKHcM2CJcQ6AF6BAgGEAl#v=onepage&q=Dise%C3%B1o%20de%20estructuras%20hidr%C3%A1ulicas.%20Villon&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=_JjGDwAAQBAJ&pg=PA10&dq=Dise%C3%B1o+de+estructuras+hidr%C3%A1ulicas.+Villon&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjRm6L9pPL8AhVUAdQKHcM2CJcQ6AF6BAgGEAl#v=onepage&q=Dise%C3%B1o%20de%20estructuras%20hidr%C3%A1ulicas.%20Villon&f=false)

# **ANEXOS**

### Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
<p><b>Independiente</b></p> <p>Coeficiente de rugosidad</p>	<p>Parámetro que mide la resistencia al flujo en las canalizaciones. <b>(Villon, M. 2007)</b></p>	<p>Factor de seguridad determinado experimentalmente solo para el agua.</p>	<p>Rugosidad</p> <p>Irregularidad</p> <p>Alineamiento</p>	<p>Nominal</p>
<p><b>Dependiente</b></p> <p>Velocidad de flujo en cunetas</p>	<p>Propiedades de los fluidos en cada punto del espacio en función del tiempo. <b>(Villon, M. 2007).</b></p>	<p>Velocidad Mínima de 0.90 m/s, evita la sedimentación. Máximas según su material no deben superar los rangos permitido para evitar erosión en las paredes.</p>	<p>Mínima</p> <p>Regular</p> <p>Máxima</p>	<p>Nominal</p>

## Anexo N° 2: Matriz de consistencia

**TÍTULO:** “DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD PARA DISMINUIR LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN CUNETAS DE MAXIMA PENDIENTE, YURIMAGUAS, LORETO, 2015”.

**AUTOR:** Est. Ing. Civil Joel Eloy Rodriguez Córdova

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES								
<p><b>Problema General:</b> ¿Cómo influye el coeficiente de rugosidad en la disminución de la velocidad del flujo de agua en las cunetas de máxima pendiente?</p>	<p><b>Objetivo General:</b> Determinar el coeficiente de rugosidad para la disminución de velocidad del flujo en cunetas de máxima pendiente, Yurimaguas, Loreto</p> <p><b>Objetivos específicos:</b> Identificar las características del coeficiente de rugosidad y su influencia en la disminución de la velocidad. Diseñar un software especializado para incrementar el coeficiente de rugosidad. Evaluar los resultados del laboratorio para determinar su influencia en la disminución de la velocidad.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b> Si Incrementamos el Coeficiente de Rugosidad entonces se disminuirá la velocidad del flujo en cunetas de máxima pendiente en la Ciudad de Yurimaguas, Región Loreto.</p>	<p><b>Variable: Dependiente</b></p> <table border="1" data-bbox="1413 614 2040 1177"> <thead> <tr> <th data-bbox="1413 614 1771 683">Operacional</th> <th data-bbox="1771 614 2040 683">Indicadores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1413 683 1771 815">Velocidad Mínima de 0.90 m/s, evita la sedimentación. Máximas según su material</td> <td data-bbox="1771 683 2040 815">Mínima</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1413 815 1771 959">no deben superar los rangos permitido para evitar erosión en las paredes.</td> <td data-bbox="1771 815 2040 959">Regular</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1413 959 1771 1177"></td> <td data-bbox="1771 959 2040 1177">Máxima</td> </tr> </tbody> </table>	Operacional	Indicadores	Velocidad Mínima de 0.90 m/s, evita la sedimentación. Máximas según su material	Mínima	no deben superar los rangos permitido para evitar erosión en las paredes.	Regular		Máxima
Operacional	Indicadores										
Velocidad Mínima de 0.90 m/s, evita la sedimentación. Máximas según su material	Mínima										
no deben superar los rangos permitido para evitar erosión en las paredes.	Regular										
	Máxima										

--	--	--	--

MÉTODO Y DISEÑO	POBLACIÓN	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS
<p><b>Enfoque: cuantitativo</b></p> <p><b>Tipo: experimental</b></p> <p><b>Tipo de estudio.</b> BASICA EXPERIMENTAL</p> <p><b>Diseño de investigación.</b> <b>Pre Experimental</b></p> <p>M: <math>V_1</math> r <math>V_2</math></p> <p>Dónde:</p> <p><b>M: Corresponde al grupo muestral</b></p> <p><b>V1: es la Variable 1</b></p> <p><b>V2: es la Variable 2</b></p> <p><b>r: es el coeficiente de Correlación.</b></p> <p><b>Método de estudio</b> Cuantitativo</p>	<p><b>Población:</b> La población estará determinada por el material agregado a utilizar en la presente investigación.</p> <p><b>Muestra:</b> La muestras serán 3 calculados mediante el muestreo simple al azar.</p>	<p>Las técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizados en la investigación son las siguientes:</p> <p><b>Técnica:</b> OBSERVACIÓN</p> <p><b>Instrumento:</b> FICHA DE OBSERVACIONES</p>	<p>Se empleará técnicas estadísticas de organización y presentación de datos como: tabla de frecuencias, gráfica de barras, porcentajes, etc.</p> <p>Dado que se analizará el efecto de una variable independiente sobre una dependiente para la contratación de cada una de las hipótesis operacionales de investigación y por consiguiente de la hipótesis central de investigación se empleará la técnica de comparación múltiple de promedios.</p>



## Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, Mg. ZADITH NANCY GARRIDO CAMPAÑA, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional Ingeniería Civil, de la Universidad César Vallejo sede Tarapoto, asesor del Trabajo de Investigación / Tesis titulada:

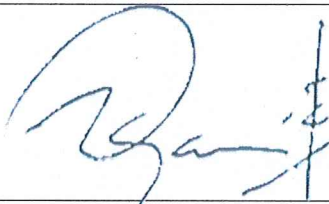
**“DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD PARA DISMINUIR LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN CUNETAS DE MAXIMA PENDIENTE, YURIMAGUAS, LORETO, 2015”.**

Del autor JOEL ELOY RODRIGUEZ CORDOVA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el trabajo de investigación / tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Tarapoto, 22 de diciembre 2016

Apellidos y Nombres del Asesor: ZADITH NANCY GARRIDO CAMPAÑA	
DNI 43235341	Firma 
ORCID 0000-0003-4550-2656	