



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Verificación del coeficiente de rugosidad de Manning para sistemas de
conducciones abiertas en Laredo – Trujillo

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Cruz Quilcat, Juan Gabriel (ORCID: 0000-0001-8120-4483)

Jaime Velasquez, Jenson Jarbi (ORCID: 0000-0002-7920-7332)

ASESOR:

DR. Alan Yordan Valdivieso Velarde (ORCID: 0000-0002-8179-2809)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

TRUJILLO – PERÚ

2020

DEDICATORIA

Primeramente dedico esta tesis a dios por haberme permitido cumplir mi sueño y el de toda mi familia; a mi madre Marina por haberme apoyado e inculcado buenos valores y principios, por haber estado ahí siempre que la he necesitado; a mi padre Emerson por haberme apoyado en todo el transcurso de la carrera y por todo el esfuerzo que ha hecho para que yo pueda estudiar; a mi abuela Victoria y mis tías Jackelin y Liliana porque sin ellas todo esto no sería posible ya que han sido una pieza fundamental en mi vida y un apoyo excepcional; y finalmente y no menos importante a la persona que siempre me brindó su apoyo y me animo para no rendirme, mi compañera de vida.

Jenson J. Jaime Velasquez

Dedico esta tesis a Dios por guiarme constantemente, permitiéndome cumplir mis sueños y mis objetivos trazados. A mis padres Lucy y Juan, quienes con su esfuerzo y dedicación me apoyaron incondicionalmente a seguir adelante en mi desarrollo personal y profesional. A mis hermanos que siempre me motivaron y me brindaron fortaleza en esta etapa de mi vida. A mi abuelita quien es mi guía y me ilumina en momentos difíciles de la vida.

Juan G. Cruz Quilcat

AGRADECIMIENTO

A nuestro asesor, el Dr. Alan Valdivieso por brindarnos su tiempo y paciencia al orientarnos en el desarrollo de la presente tesis.

A los docentes que nos brindaron sus enseñanzas en la Universidad Cesar Vallejo, de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil, que gracias a ello nos convertiremos en profesionales idóneos y competitivos, con un alto nivel académico y siempre demostrando una ética profesional y por ende aplicar todo lo aprendido para el desarrollo del país.

También a todos nuestros amigos por la solidaridad y apoyo incondicional que nos brindaron, incluso cuando nadie creía en nosotros ellos siempre nos motivaron a no rendirnos y culminar la presente tesis.

PÁGINA DEL JURADO

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

ÍNDICE

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
PÁGINA DEL JURADO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO	10
2.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	10
2.1.1. TIPO DE ESTUDIO	10
2.1.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	10
2.1.3. DISEÑO DE VARIABLES.....	11
2.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	11
2.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.....	12
2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	12
2.5. PROCEDIMIENTO	12
2.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.....	13
2.7. ASPECTOS ÉTICOS	13
IV. RESULTADOS	14
3.1. ESTUDIO TOPOGRÁFICO.....	14
3.1.1. GENERALIDADES	14
3.1.2. RECONOCIMIENTO DE LA ZONA	14
3.1.3. UBICACIÓN REFERENCIAL DE LAS ZONAS DE ESTUDIO	14
3.1.4. CÁLCULO DE PENDIENTES DE LAS ZONAS DE ESTUDIO	17
3.2. CÁLCULO DEL CAUDAL.....	17
3.2.1. GENERALIDADES	17
3.2.2. VELOCIDAD PROMEDIO	17
3.2.3. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS E HIDRÁULICAS.....	18
3.2.4. CAUDALES.....	18
3.3. DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING.	19
3.4. COMPARACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD ENTRE RESULTADOS Y LA TEORÍA	19

V. DISCUSIÓN	21
VI. CONCLUSIONES	23
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
ANEXOS.....	26

ÍNDICE DE TABLAS	
Tabla 1: Variables, definición conceptual y operacional, indicadores y escala de medición.	21
Tabla 2: pendiente de los tres canales	27
Tabla 3: Velocidades de flujo en los tres canales	28
Tabla 4: Caudales de los tres canales en distintas fechas.....	29
Tabla 5: Coeficiente de rugosidad (n') en los tres canales.....	29
Tabla 6: valores del coeficiente de rugosidad de Manning (n)	30

ÍNDICE DE FIGURAS	
Figura 1: Esquema del diseño descriptivo simple.....	10
Figura 2: Distrito de Laredo	15
Figura 3: Ubicación del canal La Incaica	15
Figura 4: Ubicación del canal Vichanzaao	16
Figura 5: Ubicación del canal Mochica	16

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo principal la verificación del coeficiente de rugosidad de Manning en canales abiertos en Laredo – Trujillo. Para su desarrollo se tuvo en cuenta tres canales principales de Laredo los cuales son La Incaica, Vichanza y La Mochica; en los cuales se recopilarán los datos con la ayuda de tres flotadores, un nivel, un GPS, jalones y wincha, para posteriormente en gabinete realizar los cálculos respectivos y poder determinar el coeficiente de rugosidad de Manning en cada canal; todo esto está plasmado en la presente tesis mediante siete capítulos: el primer capítulo está dado por la introducción, el segundo por el método, tercero resultados, cuarto discusiones, quinto conclusiones, sexto referencias y séptimo anexos.

Palabras Clave: Coeficiente de Rugosidad, características geométricas e hidráulicas, canales.

ABSTRACT

The main objective of this research Project is to verify the Manning roughness coefficient in open channels in Laredo – Trujillo. For its development, three main channels of Laredo – Trujillo were taken into account, which are the Incaica, Vichanza and La Mochica; in which the data will be collected with the help of three floats, a level, a GPS, pulls and winches, to later in the cabinet perform the respective calculations and be able to determine the coefficient of roughness of Manning in each channel; all this is embodied in this thesis through seven chapters: the first chapter is given by the introduction the second by the method, third results, fourth results, fifth conclusions, sixth references and seventh annexes.

Keywords: roughness coefficient, geometric and hydraulic characteristics and channels.

I. INTRODUCCIÓN

Desde tiempos remotos se ha utilizado diferentes fórmulas para el diseño de proyectos hidráulicos, ya sea para el cálculo del caudal, velocidad, etc. Sin embargo, desde hace aproximadamente tres décadas se viene realizando el cálculo de caudal o velocidad mediante la fórmula de Robert Manning, la cual es la evolución de la fórmula de Chezy. Dicha fórmula es empleada por la mayor parte de ingenieros civiles, ya sean veteranos o principiantes, ya que esta presenta una gran ayuda en cuanto al cálculo de caudal de obras hidráulicas en sistemas de conducciones abiertas y cerradas, dado que está en relación a datos fáciles de obtener como el área mojada, el radio hidráulico, la pendiente y un coeficiente que depende de la rugosidad de las paredes de la sección del sistema. En el Perú, al darle un valor al coeficiente de Manning “n”, significa darle el valor de la resistencia que va a tener un sistema de conducción frente al flujo. En el caso de ingenieros con gran experiencia en la rama hidráulica esto significa la elección de un valor según criterios profesionales con base a su experiencia laboral, pero para ingenieros con poca y en el peor de los casos ninguna experiencia, esto no pasa de ser la estimación de un valor sin sentido de la realidad. Por otra parte, se sabe que el rango de los coeficientes de rugosidad establecidos por el ingeniero irlandés Robert Manning, están basados según el tipo de material con el cual están diseñados dichos conductos, sin embargo, estos valores no son del todo confiables, ya que se sabe que fueron obtenidos mediante múltiples pruebas en diferentes sistemas de conducciones con diferentes materiales revestidos. Estos ensayos fueron realizados bajo ciertas condiciones que puede que hayan alterado los resultados tales como el clima, la temperatura, el viento, etc. Así mismos se considera que los rangos establecidos son valores muy generalizados y a su vez origina cierta incertidumbre en los diseños y modelamientos hidráulicos; es por ello que nace la necesidad de verificar si dichos valores son aplicables para todos los tipos de conductos y bajo diferentes condiciones.

Existen múltiples estudios indicando que los coeficientes de rugosidad establecidos por el ingeniero Robert Manning tienen una ligera variación, esto es usual considerando que los valores establecidos fueron hallados mediante métodos empíricos. Uno de ellos es León, Isabel (2015) que en su tesis doctoral “Características de los coeficientes de rugosidad empleados en el diseño hidráulico de conducciones mediante técnicas experimentales” en la cual pretende, mediante técnicas experimentales, caracterizar los coeficientes de rugosidad

usados en el diseño hidráulico. Concluyo que, si se asume valores habituales del coeficiente de rugosidad, afecta en gran parte en la pérdida de carga entre el -20 y el 30 % y que la diferencia que existe entre los datos obtenidos experimentalmente entre el “n” de Manning y el “c” de Hazen Willams afecta de igual manera en el cálculo preciso de la pérdida de carga en diseños hidráulicos.

Fernández, Carlos (2018), en su artículo “Influencia del método de estimación en el coeficiente de Manning para cauces naturales” se propone calcular y estimar n de Manning haciendo uso de diversos métodos que se pueden encontrar en los libros, para ello se tuvo que aplicar cada uno en una sección diferente del río Yununcay en Cuenca, Ecuador. Los resultados que obtuvo en su investigación fueron de 0.043 mediante el método de Cowan, mencionando que se refleja una influencia baja de vegetación. Así mismo se obtuvo el resultado de 0.043 haciendo uso del método del ex - servicio de conservación de suelos de Estados Unidos (S.C.S.), método basado de la tabla de Cowan. Con el método de medición de la velocidad se obtuvo un coeficiente de rugosidad promedio, el cual es el mismo resultado de 0.043 y por último el método basado en fotografías que tiene como resultado entre 0.051 – 0.073 y 0.028 – 0.030. Si bien es cierto existe la incertidumbre de hallar el coeficiente de rugosidad n de Manning y se refleja en la aplicación de varios métodos en este trabajo y que mediante el análisis preliminar se concluye que para obtener el coeficiente de rugosidad más exacto y que se aproxime más a un valor real es con el método de medición de velocidades, ya que los otros métodos se basan en fotografías y tablas siendo estas más subjetivas.

Gutiérrez, Juan (2009), en su tesis “Cálculo del coeficiente de rugosidad de Manning utilizando gravilla, arena, piedra pegada y tierra como fondo mediante un canal a escala como modelo físico” para optar el título de ingeniero civil, el cual tuvieron como objetivos diseñar con gravilla, piedra pegada y arena tierra las superficies, establecer la sección transversal del canal, pendientes y caudales, por último identificar los coeficientes de rugosidad con lo establecido teóricamente. En este proyecto de investigación tras conseguir los materiales adecuados se recopilaron una serie de caudales una vez obtenido sus características, teniendo como resultados, 0.036 para grava, 0.019 para arena, 0.017 para tierra y 0.011 para piedra pegada el cual se tuvo como conclusiones la comparación de los valores que se calcularon con los valores de las tablas determinadas en el libro de Ven To Chow, encontrándose estos entre el rango mínimo y máximo. Así mismo nos dice que unos

de los factores que influyen en el cálculo más exacto del coeficiente de rugosidad son la socavación y la sedimentación ya que estas hacen que los valores aumenten y disminuyan respectivamente. Además, se comparó las formulas semi-empíricas teniendo valores más exactos.

Mejia, Diego y Benavides, Holger (2017), en su artículo “Cálculo del coeficiente de rugosidad n de Manning para canales trapezoidales con presencia de sedimento ($\varnothing = 0.05$ mm)” teniendo como objetivo la determinación de la velocidad y caudales en un modelo físico de un canal trapezoidal colocando sedimento de 0.05 mm con 10 cm de altura en una longitud de 2 m, el cual se extrajo del río Malacatos, la medición del caudal se realizó a través de aforos líquidos, las velocidades mediante un correntómetro. Se tuvo como resultado un coeficiente de rugosidad de 0.031 reconociendo que el uso del material como sedimento aportó en gran parte para la obtención de dicho resultado a comparación con la ecuación de Horton – Einstein, sin embargo, se tuvo efectos negativos en lo que respecta la velocidad ya que mientras haya sedimentos en la solera del canal la velocidad disminuye.

En el caso de Perú, se ha realizado algunas tesis para corroborar dichos valores, uno de ellos es el de Burgos, Nelson (2017), con su tema “estimación del coeficiente de rugosidad de Manning mediante mediciones de velocidad y profundidad empleando un molinete hidrométrico en el río Chonta, Cajamarca”. Indicando que los valores que se encuentran en las tablas son muy generalizados, es por ello que genera duda en modelamientos hidráulicos y diseños que se realizan. El objetivo del proyecto fue el de evaluar dicho coeficiente en siete tramos con sus respectivas coordenadas a lo largo del río Chonta, determinando así la profundidad y la velocidad haciendo uso de un molinete hidrométrico, así mismo determinar la relación de estos valores del coeficiente de rugosidad de Manning con la metodología de Ven Te Chow, teniendo como resultado un promedio igual a 0.1182 y 0.0301 respectivamente como coeficientes de rugosidad, sin embargo se tuvo como conclusión que los valores que se encontraron no tienen relación entre sí .

También Achircana, H. y Oswaldo, M. (2017), en su tesis “Análisis de rugosidad en el canal de concreto, para la evaluación de la variabilidad de la velocidad de flujo de diseño del proyecto de Riego Jarroñan Sector Pautina Comunidad Qquerocollana, Distrito de Coporaque – Espinar – Cusco”. El cual tiene como uno de sus objetivos determinar la relación de velocidad media y el coeficiente de rugosidad de Manning a partir de observaciones directas en el campo para el canal de concreto, con ello incrementar evidencia

informativa para el diseño de canales de concreto, y para ello se recopiló información de campo en un cuaderno topográfico. Realizo un levantamiento topográfico, nivelación, medición de velocidad y fallas en el canal de dicho proyecto. Tuvo como resultado que la eficiencia del conducto es debido a la rugosidad del concreto, y que en un periodo de 5 años de vida útil a variado 12.18% con respecto al 100% que indica el expediente técnico, esto quiere decir que el coeficiente de rugosidad puede variar de acuerdo al tiempo más no, deja de estar en el rango y concluyendo que la rugosidad del canal de concreto, al transcurrir el tiempo aumenta de $n=0.014$ a $n=0.0158$ en promedio, influyendo en el cambio de velocidad media con relación al diseño.

Así mismo Chugnas, C. Y Mantari, W. (2015), en su tesis “Determinación experimental del coeficiente de rugosidad de Manning superficies granulares mediante la simulación de un cauce natural de sección rectangular” con la finalidad de obtener el título de ingeniero civil, se estableció como objetivos determinar el coeficiente de rugosidad de Manning, realizar el diseño y construir un equipo experimental, seleccionar y extraer los materiales granulares del río Chicama. Nos dice que se simuló el tramo de un río, considerando criterios de diseño, como la geología y geotecnia del lugar, las características hidráulicas de la sección transversal para finalmente verificar el coeficiente de rugosidad con material granular del propio lecho teniendo como resultado $n = 0.026$ el cual se encuentra en el promedio de $0.023 - 0.033$ para material |gravoso, así mismo se obtuvo resultados para material rocoso siendo este $n = 0.064$ y que de igual manera se encuentra en el rango teórico establecido $0.050 - 0.080$. Esto nos da como conclusión que los rangos ya establecidos son de total confiabilidad tal como especifica diferentes fuentes como Ven Te Chow y Máximo Villón.

Por otra parte, tenemos a Chacaltana, Luis (2017), en su tesis “Mejoramiento del riego de los sectores Vichanzao, La Merced y La Cruz – Distrito de Laredo como consecuencia del revestimiento y mejoramiento de la Infraestructura hidráulica de servicio del canal Vichanzao – Provincia Trujillo – Región La Libertad”, con el propósito de optar al título de Ingeniero Agrícola, teniendo como objetivos levantar los datos de campo, caracterizar la zona de estudios y determinar el diseño hídrico. Se sabe que en estos sectores su principal actividad es la agricultura y que la causa principal de este proyecto es la falta de agua para el riego por lo que la situación del canal originaba pérdidas de recursos hídricos y acumulación de sedimentos. Se obtuvo como resultado que existe el volumen suficiente de

agua para abastecer a 1, 138.00 Hectáreas, se determinó el diseño del canal teniendo como factores las características geométricas $B = 1.00$ m, $B = 3.83$ m, $H = 1.16$ m, $Z = 1$ y $BL = 0.30$ m. Características hidráulicas $V = 0.91$ m/s, $Q = 1.7$ m³/s, $Y = 0.95$ m, $S = 1.00$ ‰ $A = 1.87$ m², $P = 3.70$ m, $R = 0.50$ m, $n = 0.022$, $f = 0.35$ y $T = 2.91$ m. Recalcando que el coeficiente tomado es el mismo que fue utilizado en el diseño de los tramos ya revestidos. Concluyendo que mediante este diseño se tendrá una mejor eficiencia en la conducción hídrica en un 95% mejorando la producción agrícola en las zonas antes mencionadas.

Estos autores demostraron que los valores del coeficiente de rugosidad de Manning, son valores que cambian de acuerdo a la ubicación y características del canal ya que obtuvieron distintos resultados, pero todos dentro del rango establecido por el Manual de Hidrología, hidráulica y Drenaje.

Para la ejecución del presente trabajo de investigación, se desarrolló en tres canales principales del distrito de Laredo (Vichanza, La Incaica y Mochica). Primeramente, debemos saber que un canal es un conducto abierto o cerrado en la cual circula un fluido por gravedad y su superficie se encuentra en contacto con la atmósfera. No obstante, es bueno recalcar que únicamente un canal trata de una enunciación basada en el modo de operar del conducto y no de aspectos constructivos o geométricos. (Cadavid, 2008, p. 9).

Existen dos tipos de canales, de terreno natural y de diseño. El canal de terreno natural son aquellos conductos abiertos producto de depresiones naturales que se encuentran en planicies y/o montañas con profundidades que varían de acuerdo a la zona, sus pendientes no son uniformes en su mayoría; por otra parte, los canales de diseño o revestidos son aquellos que están diseñados con un caudal que circula comúnmente y está revestido ya sea de concreto, mampostería, empedrado o algún material. Así como hay distintos tipos de canales, también tienden a clasificarse por su tipo de función. Existen canales de Primer orden, que son llamados canales madres o también de derivación con pendientes mínimas que distribuyen a los canales de segundo orden; el Segundo orden: conocidos también como canales laterales ya que salen del canal madre con la finalidad de repartir su caudal a otros canales denominados sub-laterales; y por último y no menos importante el Tercer orden: son los sub-laterales que se caracterizan por distribuir el flujo hacia propiedades individuales o abastecer a áreas de cultivo, pueden ser canales naturales o con revestimiento de concreto. (Chacaltana, 2018, p. 9.).

En la recopilación de datos de dichos canales en campo se hizo mediante la medición de Escurrimiento (*Aforos*), el cual es la rama que estudia la medición de Escurrimiento de la hidrometría y para ello es necesario hablar de un término denominado aforo. Aforar una corriente hidráulica es la determinación del caudal que pasa por una sección en un tiempo determinado mediante mediciones. Existen múltiples formas de aforar uno de ellos es a través de un órgano móvil, el cual detecta la velocidad del flujo y es transmitida al interruptor encargado de cerrar un circuito eléctrico cuando esta haya dado un cierto número de vueltas sobre un cronómetro o contador. Otro método es el método con flotadores el cual consiste en determinar la velocidad del flujo por medio de materiales flotantes como botellas plásticas, corchos, madera, poli estireno. (Villón, 2002, p. 143 - 154).

El tramo a considerar deberá ser uniforme con el propósito que el material permanezca flotando el tiempo suficiente. Para poder determinar el caudal mediante la medición de escurrimiento se debe aforar obtenido como resultado la velocidad de canal y así mismo obtener los datos de la sección del canal, en un terreno natural se aplicó el proceso de aforo el cual consiste en dividir la sección transversal del canal en franjas iguales, para determinar de esa forma el área hidráulica. Se mide el ancho del canal (el espejo de agua) en tramos iguales, tomando en cuenta las distancias mínimas entre verticales (Anexo 8). En el caso de los canales estudiados se determinó las características geométricas e hidráulicas de los sistemas de conducciones, el cual está en relación al Tirante (y), donde este es un parámetro hidráulico que está relacionada entre el fondo de un canal y el espejo del flujo (superficie libre), si la sección del canal es de forma rectangular, el tirante va en relación desde la base hasta el espejo, pero si el canal tiene de base talud ya sea trapezoidal o triangular, el tirante es considerado desde la parte más profunda. Por otro lado, también tenemos el espejo del Agua (T), que también es un parámetro hidráulico que comprende la superficie libre del agua y está en contacto con la atmósfera, es empleada para determinar el área hidráulica y comúnmente este paralelo a la base o ancho de solera del canal, con excepción de los canales con terreno natural y de un canal triangular o trapezoidal. Así mismo se tiene el ancho de solera (b), el cual también es un parámetro hidráulico, y está definido por el ancho de la plantilla, planta o base de la sección de un canal. En el tema hidráulico es empleado para hallar el perímetro mojado y el área hidráulica, a su misma vez obtener el radio Hidráulico. El área mojada (A) de una canal, está dada por la sección transversal que está en contacto con el flujo, el cual si en caso este flujo fuera de mayor caudal, este parámetro sería mayor, de no ser el caso, el área tendría un valor menor; también el perímetro mojado (P), Es la longitud

transversal de la suma de las paredes mojadas de un conducto hidráulico, es decir, es la parte que está en contacto el flujo con el contorno de la sección esto se da en el hipotético caso que sean canales geométricos, sin embargo, esta puede variar cuando se tiene canales de terreno natural, ya que por la socavación y sedimentación varia su dimensión con el tiempo. Con el área hidráulica o mojada y el perímetro mojado se puede obtener el Radio Hidráulico (R), el cual es un parámetro que se utiliza para el dimensionamiento de sistemas de conducciones, y se expresa en metros o pulgadas. Si la base del canal es mucho mayor que el tirante, este lleva el nombre de un canal muy ancho, el cual permite un cálculo más rápido para el radio hidráulico. (Villón, 2007, p. 18 – 19).

Un parámetro que también es realmente necesario para la determinación del coeficiente de rugosidad en un canal es la topografía, ya que al identificar la topografía podemos saber si el terreno es plano o con mucha pendiente, sabiendo que la pendiente es la variación de nivel que existe entre un punto a otro y para poder determinarlo se puede realizar mediante diferentes métodos y/o herramientas, la más común está dado por el instrumento de nivel topográfico. (Villón, 2002, p. 142).

Teniendo todo los parámetros hidráulicos y geométricos se puede determinar el coeficiente de rugosidad a través de la fórmula de Manning la cual Consiste en la determinación de la velocidad de un flujo para sistemas de conducciones abiertas y cerradas, la cual es proveniente de la fórmula de Chezy y está en un sistema de unidades inglesas tal y como se muestra a continuación:

$$v = \frac{1.486}{n} * R^{2/3} * S^{1/2} \quad \longrightarrow \quad (1)$$

A agregándole a la ecuación (1) el Área hidráulica se tiene que:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{2/3} * S^{1/2} \quad \longrightarrow \quad (2)$$

Con ello se obtiene el caudal en “metros/seg.” (Rocha, 2007, p. 265).

Mediante la ecuación 2 se puede obtener el caudal teniendo datos todos los parámetros, así mismo mediante formula se puede obtener algún parámetro en caso se tenga los demás valores, de tal manera se puede determinar el Coeficiente de Rugosidad de Manning (n), sabiendo que de este parámetro depende que el flujo tenga mayor o menor caudal, ya que depende de la forma y tamaño del material que presenta el canal de estudio, el valor del

coeficiente de rugosidad n es bajo cuando se trata de canales con composición de material fino, sin embargo, cuando se trata de ríos o afluentes la presencia del material que estas conforman son de tamaño considerable o de material granular y el coeficiente tiende a elevarse (Villón, 2004, p. 72).

Existen múltiples factores que influyen para que este coeficiente pueda ser afectado, si bien es cierto que al asumir de manera directa valores de coeficiente de rugosidad, se torna complejo ya que existen diversos factores que se involucran y que se deben tomar en cuenta como son las características que posee el canal ya sea físicas del propio lecho o externas del mismo, estas podrían ser elementos que impiden el flujo libre, sedimento, vegetación, entre otros. En el caso de los sedimentos, es más notorio en canales revestidos y en el cual se ve afectado el coeficiente de rugosidad, ya que el fondo de dicho canal es en donde suele acumularse el sedimento y ello causa que ya el material revestido en el fondo del canal sea un parámetro neutro; a diferencia de el sedimento, la vegetación se presenta solo en canales de terreno natural y es considerado como un tipo de rugosidad ya que afecta al flujo libre, reduciendo la capacidad del canal, dependiendo del tipo de vegetación que esta posee y su distribución. Como se dijo anteriormente, que, para poder seleccionar un coeficiente de rugosidad, se debe tener en cuenta el tipo de canal y el material de composición de esta, pueden ser naturales o artificiales como se puede observar en el anexo 7 que presenta una amplia variedad de valores según el tipo de canal y sus características (Chow, 2004, p. 99 – 100).

Considerando estas teorías en el presente trabajo de investigación, se planteó la siguiente interrogante: ¿Cómo se verificará el coeficiente de rugosidad de Manning para sistemas de conducciones abiertas en Laredo – Trujillo?

Para tener una adecuada respuesta a ello fue necesario desarrollar este proyecto de investigación, Teniendo como propósito el aporte de conocimiento acerca de la importancia que tiene el calcular el coeficiente de rugosidad en canales, ya sea revestidos o naturales, sirviendo como impulso para diversas investigaciones relacionadas al tema. Este proyecto de investigación es de gran importancia para el distrito de Laredo, ya que existe la necesidad de poder realizar a futuro un mejor diseño en las obras hidráulicas y posteriormente una mejor calidad en ellas viéndose beneficiadas los pobladores, sabiendo que en dicho lugar existe una gran producción agrícola. Así mismo este proyecto servirá para la viabilidad de futuros diseños de sistemas de canales abiertos. A su misma vez en lo que respecta nuestro

desarrollo profesional, es de vital importancia para la obtención del título profesional de ingeniera civil.

Por consiguiente, el tema de investigación titulado verificación del coeficiente de rugosidad de Manning para sistemas de conducciones abiertas en Laredo – Trujillo, tiene como objetivo principal la verificación del coeficiente de rugosidad de Manning en canales abiertos en Laredo – Trujillo, y para ello nace la necesidad de caracterizar la geografía de las zonas a estudiar, también determinar el caudal de dichos canales establecidos, así mismo determinar el coeficiente de Rugosidad de Manning y finalmente comparar los valores de estos coeficientes obtenidos en el campo y los coeficientes establecidos en el manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje.

La hipótesis que se plantea es que mediante la verificación del coeficiente de rugosidad de Manning para sistemas de conducciones abiertas en Laredo – Trujillo, se obtendrá valores dentro de los rangos establecidos y con ello se establecerá la veracidad de las teorías abordadas en clase con respecto a los coeficientes de rugosidad de Manning.

II. MÉTODO

2.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

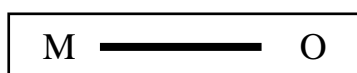
2.1.1. TIPO DE ESTUDIO

- Según su finalidad : Aplicada, porque la finalidad es resolver problemas prácticos, teniendo como propósito aportar al conocimiento (Landeau Rebeca, 2007, p. 55).
- Según su carácter : Descriptiva. Su objetivo principal es describir los fenómenos empleando métodos como la observación. Sin embargo, Hernández, Fernández (2010 p. 103) nos dice la investigación descriptiva tiene como finalidad especificar características, propiedades del fenómeno a analizar.
- Según su naturaleza : Cuantitativa porque mediante medición numérica se recolecta datos para poder probar la hipótesis (Hernández, Fernández, 2006, p. 5).
- Según su temporalidad : Transversal. La investigación se da en un momento y espacio determinado.

2.1.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño del presente proyecto de investigación está ligado a descriptiva, porque tiene como finalidad especificar características y propiedades del fenómeno a analizar (Hernández, Fernández, 2010, p. 103), por ende, se tendrá dos parámetros:

Figura 1: Esquema del diseño descriptivo simple



Fuente: Elaboración Propia

Dónde:

M: Canales a estudiar (Vichanzao, La Incaica y Mochica).

O: Característica Hidráulicas de los canales a estudiar.

2.1.3. DISEÑO DE VARIABLES

VARIABLE DEPENDIENTE:

Coefficiente de rugosidad de Manning

VARIABLE INDEPENDIENTE

Características de los canales.

2.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1: Variables, definición conceptual y operacional, indicadores y escala de medición.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA MEDICIÓN
Características de los canales	Son los aspectos físicos en las cuales se encuentran sistemas de conducciones ya sean abiertos o cerrados. (Chow, 2004, p. 21)	Estudios que se realizaron en el campo para la obtención de datos, mediante diversos métodos.	-Tipo de materiales de los canales -Radio Hidráulico -Perímetro mojado -Dimensiones	Intervalo
Coefficiente de la rugosidad de Manning	Son valores que han sido obtenidos bajo un régimen de pruebas y sirven para el cálculo del caudal en canales, esto varía según el tipo de material que este hecho el canal. (Villon, 2002, p. 160)	Mediante la fórmula de Manning se obtuvo el coeficiente real de los canales teniendo como datos el caudal, el radio hidráulico y la pendiente.	-Características de los canales -Caudal -Pendiente -Estudios hidrológicos.	Intervalo

Fuente: Elaboración propia.

2.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO POBLACIÓN

El presente proyecto de investigación tiene como población un tramo por cada canal a estudiar (Vichanzao, La Incaica y Mochica), para posteriormente realizar la toma de datos.

MUESTRA

Dado que el proyecto de investigación es de carácter descriptivo se tiene en cuenta que la muestra es la misma que la población, en este caso se tendrá un tramo por cada sistema de conducción abierto y tendrán una longitud de 10 m.

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

TÉCNICAS

La Observación, porque se recolectaron datos como las características geométricas e hidráulicas de los canales de estudio.

INSTRUMENTOS

El instrumento a utilizar fue una guía de observación, a través de dos formatos llevados a campo para la post-recopilación de datos (anexo 1 y anexo 2).

2.5. PROCEDIMIENTO

Para el desarrollo de la presente investigación se determinaron las zonas de estudio, un tramo de 10 m de longitud en los canales Vichanzao, La Incaica y Mochica; para verificar el coeficiente de rugosidad que estas poseen, ya que Laredo no cuenta con este tipo de estudio. Es por ello que se realizará los siguientes procedimientos:

Se requirió información a la Municipalidad Distrital de Laredo con respecto los canales (Vichanzao, La Incaica y Mochica). Además, se caracterizó el terreno mediante el levantamiento topográfico obteniendo su pendiente de cada tramo.

Así mismo se recopilamos datos de las características de la sección transversal de cada tramo ya mencionado, como el área, el perímetro, el tirante, espejo de agua, etc. Posteriormente se calculó el caudal mediante los métodos de aforo, a través del método de las velocidades.

Luego se pasó a procesar la información en la fórmula de Manning con los datos obtenidos en el campo, haciendo uso de los diversos softwares.

Finalmente, se realizó la comparación, discusión y conclusión con los coeficientes de rugosidad que se obtuvieron y con respecto a los coeficientes establecidos en el “manual de hidrología, hidráulica y drenaje”.

2.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

Sabiendo que la presente investigación es de carácter descriptivo, se desarrolló teniendo en cuenta el libro de Hidráulica de Canales de Máximo Villón (2004) y el libro de Hidráulica de Tuberías y Canales de Arturo Rocha (2007), para la obtención de datos de las características de los canales. En vista de que la información recopilada en campo será cuantitativa, se utilizará diferentes programas como el AutoCAD 2018 para la representación gráfica del terreno y de los canales (Vichanza, La Incaica y Mochica), así mismo se utilizará Microsoft Office para procesar la información y posteriormente realizar una comparación entre los coeficientes de rugosidad establecidos en el “manual de hidrología, hidráulica y drenaje” dados por el ingeniero Ven Te Chow (2004) y los valores obtenidos.

2.7. ASPECTOS ÉTICOS

De acuerdo con la naturaleza de nuestro proyecto de investigación se regió mediante normas y guías para la adecuada elaboración de está, estipuladas por la Universidad Cesar Vallejo tales como ISO 690. Los instrumentos que se emplearán en el campo serán calibrados y verificados por profesionales especializados en la línea de investigación. Por otro lado, se tomará en cuenta las indicaciones y observaciones dadas por el docente y asesor asignados. Adicionalmente, en el proceso de recopilación de datos se tendrá en cuenta las consideraciones de no alterar el ambiente en el cual se trabajará y sobre todo no modificar los valores obtenidos en campo.

IV. RESULTADOS

3.1. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

3.1.1. GENERALIDADES

Laredo es un distrito que cuenta con más de 339 km² de extensión territorial, siendo en su mayoría zonas rurales. Así mismo los suelos en Laredo se caracteriza por sus consistencias arenosa, pedregosa y rocosa; ya que comprende extensiones planas y accidentadas. El principal recurso económico es el cultivo como también la industria azucarera. En lo que respecta la hidrología, Laredo es irrigado por la cuenca del río Moche el cual abastece estas tierras mediante canales modernos y también de origen pre-hispano. Cuando hablamos de canales modernos nos referimos a aquellos que se encuentran revestidos con el fin de tener una mejor eficiencia en el transporte de flujo y el control adecuado de esta. de los cuales el canal Vichanzao tiene una longitud de 10.795 km, 4.795 km es de terreno natural y 5 km se encuentra revestido; en el caso del canal La Incaica comprende 15.467 km aproximadamente.

3.1.2. RECONOCIMIENTO DE LA ZONA

Primeramente, se realizó el reconocimiento de las zonas de estudio, observando que el tipo de topografía es ligeramente plana en lugares de la parte baja de la localidad y un poco accidentado en zonas lejanas, determinando los canales de estudio aplicando el análisis crítico, ya que se sabe que en el distrito de Laredo existen varios canales de riego, siendo las más importantes los canales La Incaica, Vichanzao y El Mochica. Así mismo se identificó los tramos uniformes de una longitud de 20 metros y con ello se pudo realizar la recopilación de datos en cuanto al desnivel que existen en los canales anteriormente mencionados.

3.1.3. UBICACIÓN REFERENCIAL DE LAS ZONAS DE ESTUDIO

Con el reconocimiento previo de las zonas a estudiar, se procedió a ubicar puntos geo referenciados en cada canal tal como se muestra en los U-01, U-02 y U-03, haciendo uso de un GPS (GARMIN-ETREX10) y teniendo como resultados a continuación.

Figura 2: Distrito de Laredo



Fuente: Google Maps

- **PUNTO REFERENCIAL DEL CANAL LA INCAICA**

Se ubicó el punto referencial el cual se denominó BM identificando la cota con una altura de 173.000 msnm, con coordenadas N 9107558.000 y E 726256.000.

Figura 3: Ubicación del canal La Incaica

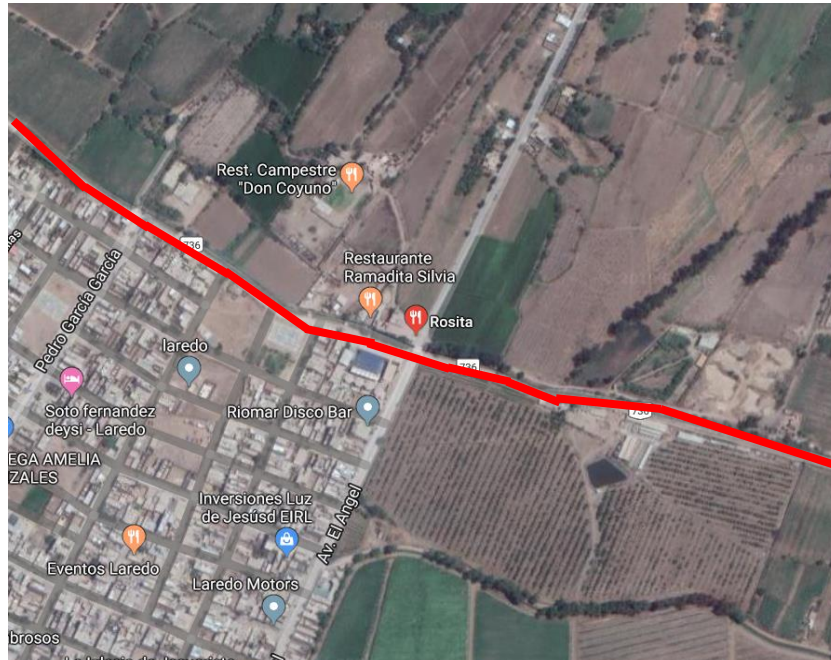


Fuente: Google Maps

- **PUNTO REFERENCIAL DEL CANAL VICHANZAO**

Este punto referencial se ubicó cerca al restaurant Rosita el cual tiene una altura de 137.000 msnm, con coordenadas N 9106290.000 y E 725822.000.

Figura 4: Ubicación del canal Vichanzao

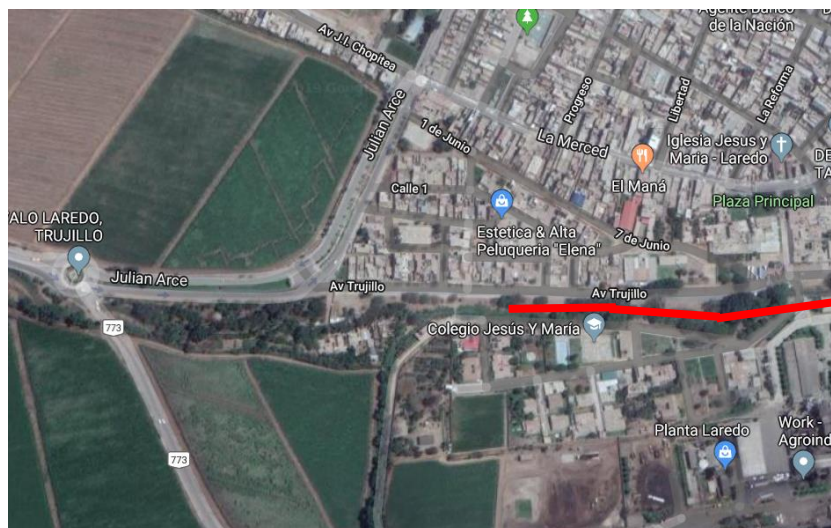


Fuente: Google Maps

- **PUNTO REFERENCIAL DEL CANAL EL MOCHICA**

El punto referencial se ubicó frente a la empresa agroindustrial de Laredo o también llamada fábrica de azúcar teniendo una cota de 93.000 msnm, con coordenadas N 9104880.000 y E 724690.000.

Figura 5: Ubicación del canal Mochica



Fuente: Google Maps

3.1.4. CÁLCULO DE PENDIENTES DE LAS ZONAS DE ESTUDIO

Con los datos de los puntos referenciales obtenidos anteriormente, se procedió a realizar la nivelación de cada uno de los canales en un tramo de 20 m, seccionada a cada 5 m para una mayor precisión, haciendo uso de un nivel topográfico (TOPCON AT - G6), teniendo como resultado una pendiente de - 0.08% para el canal La Incaica, - 0.210% para el canal Vichanzao y - 0.675% para el canal El Mochica, el cual indica que este canal posee una pendiente más pronunciada a comparación de los otros canales, como se observa en la tabla 2 y los cálculos en el anexo 5 en la página 43.

Tabla 2: pendiente de los tres canales

PENDIENTES		
La Incaica	Vichanzao	El Mochica
-0.08%	-0.210%	-0.675%

Fuente: Elaboración propia

3.2. CÁLCULO DEL CAUDAL

3.2.1. GENERALIDADES

Si bien es cierto que para el cálculo del caudal es necesario el conocimiento de la velocidad y el área hidráulica de la sección transversal del canal de estudio. Sin embargo, también es de importancia conocer sus características geométricas del canal y su caudal de diseño. Para ello se recopiló información de la Municipalidad sabiendo que para los canales de Estudio: La Incaica es de 800 litros por segundo, Vichanzao está entre 1500 litros por segundo y el canal Mochica sobrepasa los 2800 litros por segundo.

3.2.2. VELOCIDAD PROMEDIO

Se identificó el tiempo promedio del flujo en cada uno de los canales en un tramo de 10 m, para el cálculo de las velocidades, haciendo uso del método de medición de las velocidades, empleando materiales flotadores como una bola de tecnopor (flotador 1), una botella (flotador 2) y un palo (flotador 3) como se aprecia en la (figura 2), teniendo como resultados en el canal La Incaica 0.581 m/s en el primer día, 0.584 m/s en el segundo día y 0.578 m/s para el tercer día. Así mismo para el canal Vichanzao con valores de 0.882 m/s, 0.899 m/s y 0.912 m/s, y con respecto

al canal el Mochica se obtuvieron resultados de 0.856 m/s, 0.841 m/s y 0.855 m/s. a través de los datos obtenidos en campo tal como se muestra en el anexo 4.

Tabla 3: Velocidades de flujo en los tres canales

VELOCIDAD PROMEDIO (VP)			
Canales	Día 1	Día 2	Día 3
La Incaica	0.581 m/s	0.584 m/s	0.578 m/s
Vichanza	0.882 m/s	0.899 m/s	0.912 m/s
El Mochica	0.856 m/s	0.841 m/s	0.855 m/s

Fuente: Elaboración propia

3.2.3. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS E HIDRÁULICAS

Las características se identificaron mediante la visita técnica que se realizó en tres diferentes fechas, de las cuales se tuvo en consideración los días que existe flujo en los tres canales, para ello se solicitó información a la municipalidad y a la asociación de regantes El Moro y así hacer posible la recopilación de los parámetros que existen en cada uno de los canales, por consiguiente se procedió a seccionar transversalmente identificando el área (A), el perímetro (P), la solera (B), el radio hidráulico (R) que depende del área y el perímetro, el espejo de agua (T), el tirante (Y), el talud (Z), el borde libre (BL) y por último la corona (C). Datos que se puede observar en el anexo 6.

3.2.4. CAUDALES

Se pudo calcular en gabinete el caudal que posee cada canal en tres distintas fechas, teniendo como datos ya recopilados las características hidráulicas y velocidades, y así se obtuvo como resultados en el primer día 0.549 m³/s, en el segundo día 0.437 m³/s y 0.414 m³/s en el tercer día para el canal La Incaica. Además, para el canal Vichanza en el primer, segundo y tercer día 1.084 m³/s, 1.169 m³/s y 1.334 m³/s respectivamente. Así mismo para el canal El Mochica con caudales de 2.684 m³/s, 2.346 m³/s y 3.015 m³/s. como podemos observar en la tabla 4.

Tabla 4: Caudales de los tres canales en distintas fechas

CANALES	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3
La Incaica	0.549 m ³ /s	0.437 m ³ /s	0.414 m ³ /s
Vichanzaos	1.084 m ³ /s	1.169 m ³ /s	1.334 m ³ /s
El Mochica	2.684 m ³ /s	2.346 m ³ /s	3.015 m ³ /s

Fuente: Elaboración propia

3.3. DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING

Los coeficientes de rugosidad se determinaron a través de la fórmula de Manning como se señala en la ecuación 1 en las teorías relacionadas, por lo tanto, se obtuvieron tres resultados en cada canal de estudio de las cuales se pasó a promediar teniendo un coeficiente de rugosidad de $n = 0.0226$ para el canal La Incaica, $n = 0.0282$ para el canal Vichanzaos y $n = 0.0625$ para el canal El Mochica; valores que se observan a continuación en la tabla 5.

Tabla 5: Coeficiente de rugosidad (n') en los tres canales

CANALES	n1	n2	n3	n (promedio)
La Incaica	0.0241	0.0219	0.0217	0.0226
Vichanzaos	0.0282	0.0273	0.0292	0.0282
El Mochica	0.0632	0.0590	0.0654	0.0625

Fuente: Elaboración propia

3.4. COMPARACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD ENTRE RESULTADOS Y LA TEORIA

Los datos teóricos en lo que respecta a los coeficientes de rugosidad expresadas en el manual de hidrología, hidráulica y drenaje mostradas a continuación, se rigen en función al tipo de canal y sus características constructivas, es por tal motivo que se identificaron los canales de estudio con respecto a ello. Por lo que el canal La Incaica es de concreto, el canal Vichanzaos es de piedra con mortero y el canal El Mochica es de terreno natural con maleza tupida tal como expresa la tabla 6 y anexo 7 en la página 45 y 46.

Tabla 6: valores del coeficiente de rugosidad de Manning (n)

TIPO DE CANAL	MÍNIMO	INTERMEDIO	MÁXIMO
Concreto	0.011	0.013	0.015
Piedra con mortero	0.023	0.032	0.035
Natural (maleza tupida)	0.040	0.050	0.080

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2008.

Se pudo verificar que los coeficientes de rugosidad promedios obtenidos anteriormente para cada canal; La Incaica con un coeficiente de rugosidad promedio de 0.0226, el cual no se encuentra en el rango mínimo de 0.0110 y máximo de 0.0150 por motivo de que el canal se encuentra con un desgaste pronunciado como podemos observar en la figura 10. Así mismo el canal Vichanzao con un coeficiente de rugosidad promedio de 0.0282 que se posiciona entre el rango mínimo de 0.0230 y máximo de 0.0350, de igual manera sucede con el canal El Mochica que se obtuvo como coeficiente de rugosidad promedio de 0.0625 encontrándose entre el valor mínimo de 0.0400 y máximo de 0.0800.

V. DISCUSIÓN

Mediante la fórmula general se pudo calcular el coeficiente de rugosidad de Manning, teniendo como datos principales y obtenidos en campo, la velocidad y sección del canal, para ello el cálculo del caudal se hizo mediante flotadores, el cual está indicado por Fernández (2017), quien afirma que este método es uno de los más exacto a comparación de otros métodos como se pueden apreciar en algunos libros tales como Ven Te Chow, Maximo villon entre otros; es por eso que se confirmó dicha información ya que se obtuvo los valores del coeficiente de rugosidad de Manning dentro de los rangos establecidos; por otra parte Nelson Burgos (2017) nos dice que para el cálculo de la velocidad con correntómetro o molinete hidrométrico es tan exacto como el aforar con flotadores, esto se puede confirmar ya que mediante los flotadores se obtienen datos similares, dado que como se observa en los resultados obtenidos, el coeficiente de rugosidad se encuentran entre los parámetros mínimos y máximos mas no están aproximados a los valores intermedios que se indican en la tabla 6 del manual de hidrología, hidráulica y drenaje.

Los coeficientes de rugosidad que se obtuvo en la tabla 5 son valores que dependen del tipo de canal y de sus características geométricas e hidráulicas, siendo el canal La Incaica revestido de concreto y teniendo una rugosidad de 0.0226, este valor no está dentro del rango que establece la norma, sin embargo, en el diseño indica que este canal fue diseñado con un $n = 0.014$, lo cual indica que con la variación de tiempo, el coeficiente de rugosidad de Manning tiende a incrementar tal y como explica Achircana, H. y Oswaldo, M. (2017) en su tesis.

El canal Vichanza que es de mampostería, empedrado en un 80% de piedra grande y 20% de concreto, tuvo como resultado que su coeficiente de rugosidad de Manning es de 0.0282; si bien es cierto que está dentro del rango que indica el manual, este valor está más aproximado al valor máximo, sin embargo Luis Chacaltana (2017) indica que el valor del coeficiente que se utilizó en el diseño de dicho canal fue de 0.022 por ende deducimos que el coeficiente de rugosidad de mampostería ha variado un 28% con respecto al estado actual.

El coeficiente de rugosidad de Manning que se obtuvo en el canal La Mochica es de 0.0625 tal como se aprecia en la tabla 5, estando en el rango que establece el manual de hidrología hidráulica y drenaje, y con ello se puede dar por hecho que los valores de los coeficientes de rugosidad de Manning establecidos son del todo confiables, ya que Diego Mejia (2017), Juan Gutiérrez (2009), Chugnas y Mantari (2015) quienes hicieron estudios en ríos o cauces artificiales con el mismo material extraído de los cauces, también obtuvieron valores similares y dentro de lo establecido.

VI. CONCLUSIONES

Se caracterizó la geografía de las zonas de estudio mediante un nivel topográfico y con información brindada por parte de la municipalidad de Laredo, identificando el terreno como ligeramente plano y sin pendientes pronunciadas.

Se determinó el caudal de los tres canales, siendo para el canal La Incaica $0.467 \text{ m}^3/\text{s}$, Vichanzao $1.196 \text{ m}^3/\text{s}$ y para el canal Mochica $2.682 \text{ m}^3/\text{s}$, con la previa recopilación de datos en campo, sobre a las características hidráulicas tales como el área hidráulica y la velocidad.

Se determinó los coeficientes de rugosidad en cada canal estudiado mediante la fórmula de Manning, teniendo como promedio $n = 0.0226$ para el canal La incaica, $n = 0.0282$ para el canal Vichanzao y $n = 0.0625$ para el canal Mochica, valores que se asemejan entre sí por cada canal; es decir que, en las tres pruebas realizadas por canal, los resultados son muy aproximados entre sí.

Se comparó los coeficientes de rugosidad obtenidos y promediados por cada canal estudiado, en relación a los coeficientes de rugosidad establecidos en el manual de hidrología, hidráulica y drenaje, sabiendo que los valores obtenidos son muy aproximados a los valores máximos de dicho manual, considerando el desgaste que han tenido dichos canales, por lo que se justifica el valor elevado del coeficiente de rugosidad del canal La Incaica, concluyendo que el tiempo de diseño influye mucho.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACHIRCANA, Hancoccallo; OSWALDO, Max. Análisis de la rugosidad en canal de concreto, para la evaluación de la variabilidad de la velocidad de flujo de diseño del Proyecto de Riego Jarroñan Sector Pautina Comunidad Qquerocollana, Distrito de Coporaque–Espinar-Cusco. Trabajo de titulación (ingeniero civil). Cusco: UPU, escuela de ingeniería civil, 2017.
2. BURGOS, Nelson. Estimación del coeficiente de rugosidad de Manning mediante mediciones de velocidades y profundidad empleando un molinete hidrométrico en el río Chota – Cajamarca. Trabajo de titulación (ingeniero hidráulico). Cajamarca: UNC, escuela de ingeniería hidráulica, 2017.
3. CADAVID, Juan. Hidráulica de canales fundamentos. 1a. ed. Colombia: universidad EAFIT, 2008.
4. CHACALTANA VIERA, Luis Alexander. Mejoramiento del riego de los Sectores Vichanzao, La Merced y La Cruz–Distrito de Laredo como consecuencia del revestimiento y mejoramiento de la Infraestructura Hidráulica de servicio del Canal Vichanzao–Provincia Trujillo–Región La Libertad. 2018.
5. CHOW, Ven Te. Hidráulica de canales abiertos. 1a. ed. Colombia: Nomos S. A, 2004. 667 pp. ISBN: 958-600-228-4
6. CHUGNAS, Clara y MANTARI, Wilfredo. Determinación experimental del coeficiente de rugosidad de Manning superficies granulares mediante la simulación de un cauce natural de sección rectangular. Trabajo de titulación (ingeniero civil). Trujillo: UPAO, escuela de ingeniería civil, 2015. 53 p.
7. FERNÁNDEZ DE CÓRDOVA WEBSTER, Carlos Javier, et al. Influencia del método de estimación en el coeficiente de Manning para cauces naturales. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 2018, vol. 39, no 1, p. 17-31.
8. GUTIÉRREZ, Juan. Calculo del coeficiente de rugosidad de Manning utilizando gravilla, arena, piedra pegada y tierra como fondo mediante un canal a escala como

modelo físico. Trabajo de titulación (ingeniero civil). Bogotá: Universidad De La Salle, escuela de ingeniería civil, 2009.

9. HERNÁNDEZ R.; FERNÁNDEZ C. Similitudes y diferencias entre los enfoques cuantitativo y cualitativo. *Metodología de la investigación*, 2006, p. 3-18.
10. LANDEAU, Rebeca. Elaboración de trabajos de investigación: a propósito de la falla tectónica de la Revolución Bolivariana. Editorial Alfa, 2007.
11. LEÓN, Isabel. Caracterización de los coeficientes de rugosidad empleados en el diseño hidráulico de conducciones mediante técnicas experimentales. Trabajo doctoral (ingeniero de camino). España: UCLM, escuela técnica superior de caminos, canales y puertos, 2015.
12. MEJÍA, Diego; MUÑOZ, Holger. Cálculo del coeficiente de rugosidad "n" para canales trapezoidales con presencia de sedimento ($\varnothing = 0.05$ mm). *TECNOCIENCIA Chihuahua*, vol. 11, (2): 69-81, 2017. [fecha de consulta: 29 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://vocero.uach.mx/index.php/tecnociencia/article/view/159/123>
13. Ministerio de transportes y comunicaciones. Manual de hidrología, hidráulica y drenaje. Perú: 2008. 222 pp.
14. RIVEROS, Daniel. Desarrollo de una metodología para la determinación de coeficientes de resistencia hidráulica asociados a tramos de alcantarillados existentes. Trabajo de titulación (ingeniero civil). Florida: PUJ, facultad de ingeniería, 2004. 02 p.
15. ROCHA, Arturo. Hidráulica de tuberías y canales. 1a. ed. Perú: universidad nacional de ingeniería, 2007. 519 pp.
16. VILLÓN, Máximo. Hidráulica de canales. 2a. ed. Perú: Villón, 2007. ISBN: 99778-66-081-6
17. VILLÓN, Máximo. Hidrología. 2a. ed. Perú: Villón, 2002.

ANEXOS

Anexo 1: Formato para recopilar datos sobre las características de los canales.

Formato para la recopilación de datos con respecto a las características geometrías, hidráulicas y velocidades.

1. Fecha: ____/____/____
2. Nombre del Canal: _____
3. Tipo de sección: _____
4. Longitud del tramo (L): _____
5. Solera o Base (B): _____
6. Espejo del Agua (T): _____
7. Ancho del Canal (b): _____
8. Material del canal Revestido:
 Concreto Empedrado Terreno Natural
9. Talud (z): _____
10. Longitud del canal vertical o Inclinado: _____
11. Longitud del Borde: _____
12. Sección del canal no uniforme:

Nota: Espacio entre longitudes verticales según el ancho del canal para la mayor precisión según el criterio de los autores.

ANCHO TOTAL MÍNIMO DEL RÍO (M)	DISTANCIA ENTRE VERTICALES (M)
Menos de 1	0.10
1 – 3	0.15
3 – 5	0.20
5 – 8	0.30

PUNTOS	DISTANCIA ENTRE VERTICALES (M)	LONGITUD VERTICAL (M)
P01		
P02		
P03		
P04		
P05		
P06		
P07		
P08		
P09		
P10		
P11		
P12		
P13		
P14		
P15		
P16		
P17		
P18		
P19		
P20		
P21		
P22		
P23		
P24		
P25		
P26		
P27		

13. Tipo de flotadores:

_____ / _____ / _____

14. Peso de los flotadores:

FLOTADORES		

15. Tiempos por flotador en un tramo de _____, para medir la velocidad:

TIEMPO (seg)	FLOTADORES		
T1			
T2			
T3			
T4			
T5			
TIEMPO PROMEDIO (Tp)			

16. Grafico referente del canal:



Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Formato para recopilación de datos en relación a la pendiente en campo

Formato para la recopilación de datos de los Canales en Campo referentes a la pendiente.

- 1) Fecha: ____/____/____
- 2) Nombre del Canal: _____
- 3) Longitud del tramo: 20 m
- 4) Coordenadas Este y Norte; y cota:

Punto	Este	Norte	Cota
Bm			


- 5) Datos entre jalones, vista en el Bm, altura del instrumento, vistas adelante cada 5 metros:

Punto	Distancia	Vista Atrás	Altura Instrumento	Vista Adelante	Cota
Bm 01					
P01	0				
P02	5				
P03	5				
P04	5				
P05	5				
Σ				Δ cotas	

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3: FICHA DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS

Certificado de calibración del Nivel Topográfico



INGENIERIA & GEONEGOCIOS
INGENIERIA & GEONEGOCIOS S.R.L.

Diseño y Ejecución de Proyectos
Geodesia, Topografía, Fotogrametría
Venta de Instrumentos de Ingeniería

CERTIFICADO DE CALIBRACION

CTF No. 857 Fecha: Noviembre /27 /2019

NOMBRE DE LA EMPRESA

Sr(es) : CORPORACION BIJOU SAC

Dirección : Av. Larco 1707 int 2 Urb. California Trujillo

TIPO DE INSTRUMENTO

Instrumento: NIVEL
Marca : TOPCON Modelo: AT-G6 Serie No. : B06541

Especificaciones técnicas : Nivel automático de 24 aumentos, enfoque mínimo 0.40 mts,
desviación estándar +/- 2.0 mm en 1 Km. de nivelación cerrada

METODOLOGIA Y CONDICIONES AMBIENTALES

Procedimiento : Mediciones de campo aplicando las Normas ISO 17123-2
Fecha y lugar de mediciones: Noviembre /27/2019 Urb. La Floresta, LOS OLIVOS

Temperatura: 22 grados centígrados Tiempo : Nublado
Presión Atmosférica : 756 mmHg Humedad : 85%

TRAZABILIDAD DE MEDICIONES

Patrón : Un Nivel WILD N3, Nro. de serie 18446 de alta precisión, con micrómetro de placa planoparalela y mira invar.

Trazabilidad : El nivel WILD N3 se encuentra debidamente calibrado, y contrastado periódicamente con respecto a un colimador óptico W420-3.


TEST DE NIVELACION

DESNIVEL INSTRUMENTO	DESNIVEL PATRON	DESVIACION ESTÁNDAR	ERROR	INCERTIDUMBRE
(mm)	(mm)	+-(mm)	(mm)	+-(mm)
0.5420	0.5420	+ 2 mm	0.0	+ 2 mm

CONCLUSIONES

El instrumento se encuentra calibrado y operativo dentro de los estándares de fabricación.

Fecha recomendada próxima calibración: Junio /2020



INGENIERIA & GEONEGOCIOS S.R.L.
Rene Paul Choque Diaz
GERENTE

CALLE 54 MZ. TT2 LOTE 24, URB. LA FLORESTA DE PRO - LOS OLIVOS - T. (511) 540-0901,
C. 931 035 975 / 999 752 246 / 994 356 051 E-mail: ingeonegocios@hotmail.com

VENTA: ESTACIONES TOTALES * TEODOLITOS * NIVELES * BRUJULAS * GPS * ACCESORIOS. COMPRA - VENTA: TERRENOS * INMUEBLES

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 4: VELOVIDADES DE LOS CANALES ESTUDIADOS

Calculo de la velocidad en el canal La Incaica en la primera fecha.

TIEMPO	FLOTADORES		
	Flotador 1	Flotador 2	Flotador 3
T1 (seg)	17.54	16.86	17.36
T2 (seg)	17.32	17.19	17.02
T3 (seg)	17.63	17.44	17.13
T4 (seg)	16.89	17.27	16.74
T5 (seg)	17.87	17.91	17.03
Promedio	17.45	17.13	17.06
TIEMPO PROMEDIO (Tp)	17.213		
Velocidad (10/Tp)	0.581 m/s		

Fuente: Elaboración propia

Calculo de la velocidad en el canal La Incaica en la segunda fecha.

TIEMPO	FLOTADORES		
	Flotador 1	Flotador 2	Flotador 3
T1 (seg)	17.11	17.31	16.81
T2 (seg)	17.14	16.05	16.78
T3 (seg)	17.02	16.89	17.24
T4 (seg)	17.92	16.97	17.13
T5 (seg)	17.85	16.86	16.93
Promedio	17.41	17.02	16.98
TIEMPO PROMEDIO (Tp)	17.134		
Velocidad (10/Tp)	0.584 m/s		

Fuente: Elaboración propia

Calculo de la velocidad en el canal La Incaica en la tercera fecha.

TIEMPO	FLOTADORES		
	Flotador 1	Flotador 2	Flotador 3
T1 (seg)	17.15	17.02	17.47
T2 (seg)	17.35	17.21	16.87
T3 (seg)	17.64	17.91	16.94
T4 (seg)	17.95	17.89	16.89
T5 (seg)	17.67	17.74	17.67
Promedio	17.55	17.15	17.17
TIEMPO PROMEDIO (Tp)	17.291		
Velocidad (10/Tp)	0.578 m/s		

Fuente: Elaboración propia

Calculo de la velocidad en el canal Vichanzao en la primera fecha.

TIEMPO	FLOTADORES		
	Flotador 1	Flotador 2	Flotador 3
T1	11.310	11.130	10.430
T2	11.740	11.810	11.140
T3	11.960	11.370	10.910
T4	12.220	11.340	10.800
T5	11.850	11.460	10.640
Promedio	11.816	11.422	10.784
TIEMPO PROMEDIO (Tp)	11.341		
Velocidad (10/Tp)	0.882 m/s		

Fuente: Elaboración propia

Calculo de la velocidad en el canal Vichanzao en la segunda fecha.

TIEMPO	FLOTADORES		
	Flotador 1	Flotador 2	Flotador 3
T1	11.28	10.94	10.97
T2	11.42	11.09	11.04
T3	12.15	10.69	10.85
T4	11.69	11.1	10.52
T5	11.26	10.91	10.94
Promedio	11.56	10.95	10.86
TIEMPO PROMEDIO (Tp)	11.123		
Velocidad (10/Tp)	0.899 m/s		

Fuente: Elaboración propia

Calculo de la velocidad en el canal Vichanzao en la tercera fecha.

TIEMPO	FLOTADORES		
	Flotador 1	Flotador 2	Flotador 3
T1	11.47	10.27	10.46
T2	11.26	10.89	11.06
T3	11.60	10.62	10.73
T4	11.05	11.02	11.10
T5	11.11	10.57	11.30
Promedio	11.30	10.67	10.93
TIEMPO PROMEDIO (Tp)	10.967		
Velocidad (10/Tp)	0.912 m/s		

Fuente: Elaboración propia.

Calculo de la velocidad en el canal El Mochica en la primera fecha.

TIEMPO	FLOTADORES		
	Flotador 1	Flotador 2	Flotador 3
T1	11.89	11.73	11.21
T2	13.24	11.52	10.83
T3	11.26	11.91	12.56
T4	11.90	12.37	10.97
T5	11.40	12.24	10.14
Promedio	11.94	11.95	11.14
TIEMPO PROMEDIO (Tp)	11.68		
Velocidad (10/Tp)	0.86 m/s		

Fuente: Elaboración propia

Calculo de la velocidad en el canal El Mochica en la segunda fecha.

TIEMPO	FLOTADORES		
	Flotador 1	Flotador 2	Flotador 3
T1	12.22	12.37	11.95
T2	12.20	11.24	11.87
T3	12.15	11.22	11.96
T4	12.10	11.38	12.01
T5	12.13	11.46	12.11
Promedio	12.16	11.53	11.98
TIEMPO PROMEDIO (Tp)	11.89		
Velocidad (10/Tp)	0.84 m/s		

Fuente: Elaboración propia

Calculo de la velocidad en el canal El Mochica en la tercera fecha.

TIEMPO	FLOTADORES		
	Flotador 1	Flotador 2	Flotador 3
T1	12.77	11.35	11.92
T2	12.69	11.03	10.86
T3	11.84	11.22	10.49
T4	12.39	11.49	11.5
T5	12.54	11.2	12.06
Promedio	12.45	11.26	11.37
TIEMPO PROMEDIO (Tp)	11.69		
Velocidad (10/Tp)	0.86 m/s		

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 5: PENDIENTE OBTENIDO CON EQUIPO TOPOGRAFICO (NIVEL)

Calculo de la pendiente del canal La Incaica.

PENDIENTE DEL CANAL LA INCAICA						
Punto	Distancia (1)	Vista Atrás (2)	Altura Instrumento (3)	Vista Adelante (4)	Cota (5)	Pendiente (6)=(5)/(1) *100
Bm01		1.232			173.000	
P01	0		174.232	2.907	171.325	
P02	5		174.232	2.878	171.354	
P03	5		174.232	2.900	171.332	
P04	5		174.232	2.914	171.318	
P05	5		174.232	2.923	171.309	
Σ	20			Δ cotas	-0.016	-0.080

Fuente: Elaboración propia

Calculo de la pendiente del canal Vichanzao.

PENDIENTE DEL CANAL VICHANZAO						
Punto	Distancia (1)	Vista Atrás (2)	Altura Instrumento (3)	Vista Adelante (4)	Cota (5)	Pendiente (6)=(5)/(1) *100
Bm02		1.14			137	
P01	0		138.140	3.040	135.100	
P02	5		138.140	3.150	134.990	
P03	5		138.140	3.147	134.993	
P04	5		138.140	3.090	135.050	
P05	5		138.140	3.082	135.058	
Σ	20			Δ cotas	-0.042	-0.210

Fuente: Elaboración propia

Calculo de la pendiente del canal El Mochica.

PENDIENTE DEL CANAL EL MOCHICA						
Punto	Distancia (1)	Vista Atrás (2)	Altura Instrumento (3)	Vista Adelante (4)	Cota (5)	Pendiente (6)=(5)/(1) *100
Bm03		0.400			93.000	
P01	0.000		93.400	3.830	89.570	
P02	5.000		93.400	3.835	89.565	
P03	5.000		93.400	3.940	89.460	
P04	5.000		93.400	4.050	89.350	
P05	5.000		93.400	3.965	89.435	
Σ	20.000			Δ cotas	-0.135	-0.675

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 6: CARACTERÍSTICAS DE LOS CANALES

Características geométricas e hidráulicas, primera recopilación.

CANALES	A (m ²)	P (m)	b (m)	R (m)	T (m)	Y (m)	Z (m/m)	BL (m)	C (m)
La Incaica	0.945	2.709	1.50	0.349	1.654	0.600	0.125	0.200	0.300
Vichanzaio	1.230	3.082	1.60	0.399	2.450	0.607	0.700	0.313	0.300
El Mochica	3.135	5.867	-	0.534	5.350	0.551	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Características geometrías e hidráulicas, segunda recopilación

CANALES	A (m ²)	P (m)	b (m)	R (m)	T (m)	Y (m)	Z (m/m)	BL (m)	C (m)
Incaica	0.749	2.468	1.500	0.304	1.620	0.480	0.125	0.320	0.30
Vichanzaio	1.300	3.309	1.600	0.393	2.490	0.636	0.700	0.364	0.30
Mochica	2.790	5.942	-	0.470	5.600	0.530	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Características geometrías e hidráulicas, tercera recopilación

CANALES	A (m ²)	P (m)	b (m)	R (m)	T (m)	Y (m)	Z (m/m)	BL (m)	C (m)
La Incaica	0.717	2.427	1.500	0.295	1.615	0.460	0.125	0.340	0.300
Vichanzaio	1.463	3.309	1.600	0.442	2.580	0.700	0.700	0.300	0.300
El Mochica	3.525	6.273	-	0.561	5.490	0.587	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

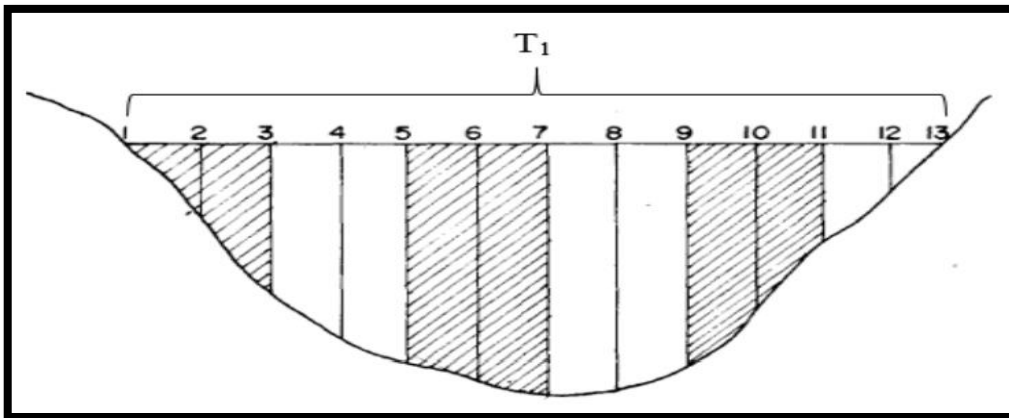
ANEXO 7: Valores del coeficiente de rugosidad de Manning establecidos.

TABLA N° 09: Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning (n)					
TIPO DE CANAL			MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO
A. CONDUCTO CERRADO CON ESCURRIMIENTO PARCIALMENTE LLENO	A.1. METÁLICOS	a. Bronce Polido b. Acero soldado con remaches c. Metal corrugado sub - dren dren para aguas lluvias	0.009 0.010 0.013 0.017 0.021	0.010 0.012 0.016 0.019 0.024	0.013 0.014 0.017 0.021 0.030
	A.2 NO METÁLICOS	a. Concreto tubo recto y libre de basuras tubo con curvas, conexiones afinado tubo de alcantarillado con cámaras, entradas. Tubo con moldaje de acero. Tubo de moldaje madera cepillada Tubo con moldaje madera en bruto b. Madera duelas laminada y tratada c. Albañilería de piedra.	0.010 0.011 0.011 0.013 0.012 0.012 0.015 0.010 0.015 0.018	0.011 0.013 0.012 0.015 0.013 0.014 0.017 0.012 0.017 0.025	0.013 0.014 0.014 0.017 0.014 0.016 0.020 0.014 0.020 0.030
B. CANALES REVESTIDOS	B.1 METAL	a. Acero liso sin pintar pintado b. Corrugado	0.011 0.012 0.021	0.012 0.013 0.025	0.014 0.017 0.030
	B.2 NO METÁLICO	a. Madera Sin tratamiento Tratada Planchas b. Concreto afinado con plana afinado con fondo de grava sin afinar excavado en roca de buena calidad excavado en roca descompuesta c. Albañilería piedra con mortero piedra sola	0.010 0.011 0.012 0.011 0.015 0.014 0.017 0.022 0.017 0.023	0.012 0.012 0.015 0.013 0.017 0.017 0.020 0.027 0.025 0.032	0.014 0.015 0.018 0.015 0.020 0.020 0.020 0.030 0.035
C. EXCAVADO		a. Tierra, recto y uniforme nuevo grava con algo de vegetación b. Tierra, sinuoso sin vegetación con malezas y pasto maleza tupida, plantas fondo pedregoso - malezas. c. Roca suave y uniforme irregular d. Canales sin mantención maleza tupida Fondo limpio, bordes con vegetación	0.016 0.022 0.022 0.023 0.025 0.030 0.025 0.025 0.035 0.050 0.040	0.018 0.025 0.027 0.025 0.030 0.035 0.035 0.040 0.080 0.050	0.020 0.030 0.033 0.030 0.033 0.040 0.040 0.050 0.120 0.080

D. CORRIENTES NATURALES	D.1. CORRIENTES MENORES (ANCHO SUPERF. < 30 m)	a. Ríos en planicies rectos, sin zonas muertas	0.025	0.030	0.033
		rectos sin zonas muertas con piedras y malezas	0.030	0.036	0.040
		Sinuoso, vegetación y piedras	0.035	0.045	0.050
		Sinuoso, vegetación y bastante pedregoso	0.045	0.050	0.060
		Abundante vegetación, sinuoso.	0.075	0.100	0.150
		b. Torrentes de montaña, sin vegetación, bordes abruptos.	0.030	0.040	0.050
	Árboles y arbustos sumergidos	0.040	0.050	0.070	
	Parcialmente en crecidas con piedras y Pocas rocas grandes rocas y piedras en el fondo.				
	D.2 PLANICIES DE INUNDACION	a. con pasto sin arbusto	0.025	0.030	0.035
		pastizales bajos	0.030	0.035	0.050
pastizales altos					
b. áreas cultivadas sin cultivo		0.020	0.030	0.040	
con cultivos		0.030	0.040	0.050	
c. Arbustos y Malezas escasos		0.040	0.060	0.080	
densos	0.070	0.100	0.160		
d. Arboles sauces	0.110	0.150	0.200		
tierra despejada con troncos	0.030	0.040	0.050		
D3 Ríos Principales (ancho superior a 30 m)	Secciones Regulares	0.025	-	0.060	
	Secciones Irregulares	0.035	-	0.100	

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje .

ANEXO 8: PANEL FOTOGRÁFICO



División de la sección transversal del canal en franjas.

Fuente: Elaboración propia



Calculando la Velocidad en el canal La Mochica con los flotadores

Fuente: Elaboración propia



Canal Vichanzao – sección trapezoidal y revestido con concreto y piedra.

Fuente: Elaboración propia.



Canal Vichanzao – sección trapezoidal y revestimiento compuesto.

Fuente: Elaboración propia.



Canal Mochica

Fuente: Elaboración propia.



Canal la Incaica

Fuente: Elaboración propia.



Topografía en Canales

Fuente: Elaboración propia.



Medición de velocidad con flotadores en el canal Vichanzao

Fuente: Elaboración propia.



Identificación del tramo a estudiar en el canal Vichanzao

Fuente: Elaboración propia.



Situación del canal La Incaica

Fuente: Elaboración propia.



Comisión de usuarios de agua “El Moro”

Fuente: Elaboración propia.