

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



**DETERMINACION EXPERIMENTAL DEL COEFICIENTE DE  
RUGOSIDAD DE MANNING SUPERFICIES GRANULARES  
MEDIANTE LA SIMULACIÓN DE UN CAUCE NATURAL DE  
SECCION RECTANGULAR**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Línea de Investigación: Hidráulica

**AUTORES : Br. CHUGNAS AVALOS CLARA ISABEL**

**Br. MANTARI CRUZ WILFREDO FRANCISCO**

**ASESOR: Ms. RICARDO ANDRES NARVAEZ ARANDA**

Nº de Registro: \_\_\_\_\_

**TRUJILLO – PERU**

**2015**



## PRESENTACION

### Señores Miembros Del Jurado:

Dando cumplimiento al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada “Antenor Orrego”, es grato poner a vuestra consideración, el presente trabajo de investigación titulado: DETERMINACION EXPERIMENTAL DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING SUPERFICIES GRANULARES MEDIANTE LA SIMULACIÓN DE UN CAUCE NATURAL DE SECCION RECTANGULAR, para ser evaluado por el jurado.

Atentamente,

---

Br. CHUGNAS AVALOS CLARA ISABEL

---

Br. MANTARI CRUZ WILFREDO



**JURADO EVALUADOR**

---

Ing. Carlos Manuel Vargas Cárdenas  
PRESIDENTE

---

Ing. Félix Gilberto Pérrigo Sarmiento  
SECRETARIO

---

Ing. José Luís Serrano Hernández  
VOCAL

---

Ing. Ricardo Narváez Aranda  
ASESOR

Fecha: 26 de octubre del 2015



## DEDICATORIA

A DIOS, mis padres y mi hermana, quienes con su apoyo y dura exigencia me hicieron formarme el profesional que soy. A Ellos doy gracias porque me enseñaron que la vida no termina en los tropiezos, en los errores, termina cuando uno a llegado a ser integro, ético y exitoso.

A mi mama quien siempre ha sido el motor de progreso de la familia, alguien a quien le debo mucho, por su amor, exigencia y mucha paciencia en la comprensión de mi personalidad.

A papa quien desde un comienzo me genero ese amor y ternura que debemos tener todos, alguien que lucho y se esforzó por demostrar que la vida tiene una segunda oportunidad para darnos a aquellos quienes cometemos duros errores en el pasado, alguien que fue cimiento en mis concepciones morales y religiosas.

A mi buen amigo Ing. Albert Vidal quien demostró esa desinteresada ayuda por mi formación profesional, alguien que con su buena paciencia siempre tuvo una palabra adecuada en el momento justo para ayudar y llenar vacíos producto de la vida cotidiana.

A mi hermana Ana Claudia quien género en mi fraternidad y continuo afán por alcanzar mis metas para ayudarles en un futuro.

A Ana Claudia quien es la persona que quiero en este mundo, quien por su gran personalidad, buenos sentimientos y continuo progreso influyen en mi desarrollo como persona, alguien que con su dedicación y apoyo ha cambiado en mí la forma de mirar las cosas.

A todas aquellas personas que depositaron en mí su confianza, credibilidad, interés por la vida, compañerismo, fortaleza, y todos demás valores que llenan en estos momentos mi alma de felicidad y satisfacción.

**WILFREDO FRANCISCO MANTARI CRUZ**



Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy.

Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar. A mis hijas quien ha sido y es una mi motivación, inspiración y felicidad.

“La dicha de la vida consiste en tener siempre algo que hacer, alguien a quien amar y alguna cosa que esperar”.

**CLARA ISABEL CHUGNAS AVALOS**



## AGRADECIMIENTO

A la Universidad Privada Antenor Orrego por brindarnos a través de sus docentes todos los conocimientos y valores que nos ayuden en la vida profesional.

A nuestro asesor el Ms. RICARDO NARVAEZ ARANDA, quien con su entusiasmo investigador nos propuso este trabajo de investigación, el cual desarrollamos de acuerdo a sus indicaciones y sugerencias, por lo que estamos muy agradecidos y lo felicitamos por esta tarea de fomentar la investigación en nuestra universidad.



CARATULA  
PRESENTACIÓN  
JURADO EVALUADOR  
DEDICATORIA  
AGRADECIMIENTO

## INDICE DEL CONTENIDO

### CAPITULO I: INTRODUCCION

1.1 ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACION.....	2
1.2 ASPECTOS DEL VALOR DE LA RUGOSIDAD DE MANNING .....	4
1.3 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.....	7
1.4 DELIMITACIÓN .....	7
1.5 APORTE DEL TRABAJO .....	8
1.6 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	8
1.7 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	9
1.8 ALCANCE .....	9
1.9 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
1.10 HIPOTESIS .....	10
1.11 OBJETIVOS .....	10

### CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1 GENERALIDADES .....	12
2.2 CRITERIOS DE DISEÑO .....	12
2.3 DEFINICIÓN DE RUGOSIDAD .....	13
2.4 FLUJO UNIFORME .....	17
2.5 VERTEDEERS .....	18

### CAPITULO III: MATERIAL Y METODOS

3.1 MATERIAL .....	22
3.2 METODOS .....	22
3.3 CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO EXPERIMENTAL .....	23
3.4 CONSTRUCCION DEL MODELO FISICO .....	24



**CAPITULO IV: DESARROLLO EXPERIMENTAL**

4.1 COLOCACION DEL MATERIAL GRANULAR EN EL CANAL ..	31
4.2 CANASTILLA METALICA .....	33
4.3 INSTALACION DE CINSTA METRICA .....	34
4.4 PROCESO EXPERIMENTAL .....	35
4.5 DATOS DE LOS ENSAYOS EN CANAL .....	41
4.6 PRESUPUESTO DEL PROYECTO .....	43

**CAPITULO V: RESULTADOS**

5.1 DETERMINACION CAUDAL EN EL VERTEDERO .....	45
--	----

**CAPITULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

6.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	49
--	----

CAPITULO IV: CONCLUSIONES .....	51
---------------------------------	----

CAPITULO V: RECOMENDACIONES .....	54
-----------------------------------	----

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	56
----------------------------------	----

**ANEXOS**

ANEXO 1: FOTOS DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

ANEXO 2. PLANO SOBRE EL DISEÑO DEL CANAL



## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación determinación experimental del Coeficiente de rugosidad de Manning para superficies granulares mediante la simulación de un cauce natural de sección rectangular, tiene por finalidad determinar experimentalmente el coeficiente de Manning, mediante el diseño y construcción de un modelo físico de un canal denominado “canal de procesos morfológicos”, porque simula un tramo de un cauce de un río y además se puede realizar otros trabajos experimentales con material granular como la socavación y erosión en pilares, espigones, barrajes, etc. Visualizando así el fenómeno hidráulico. Como material de trabajo se utilizó muestras tomadas del río Chicama del sector aguas abajo del Puente Punta Moreno, seleccionado el material granular mediante un tamizado y lavado de las muestras. Este canal se ubicó en el laboratorio de mecánica de Fluidos e Hidráulica de la Universidad Antenor Orrego, con la finalidad que los alumnos de pregrado también puedan realizar los ensayos realizados y mejorarlos. Se analizó teóricamente los coeficientes de la rugosidad para canales con base de grava y canales rocosos considerando condiciones normales y otro en condiciones extremas debido al paso del agua y al observar el arrastre del material.

Se ha realizado varios ensayos experimentales considerando los materiales para calibrar el equipo y reducir los errores en los ensayos. Finalmente se consideró tres ensayos, de los cuales se ha considerado tres espesores de material de 5, 7 y 9 cm, observando que al pasar el agua por la grava este reducía el tirante lográndose medir diferentes alturas de agua como se muestra en los cuadros del resultado.

Aplicando la fórmula de Manning, y con las características hidráulicas obtenidas se calculó el valor de la rugosidad obteniendo como valor promedio  $n=0.02634$ , observándose que está dentro del rango teórico para cauces de paredes



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

---

encachadas y con fondo de grava  $n= 0.023-0.033$ . Mientras que para una corriente en terreno rocoso el valor teórico es de  $n=0.05-0.08$ , obteniendo para el trabajo experimental  $0.06380$ . Ambos resultados son confiables lográndose así determinar en forma experimental la rugosidad de Manning.

Palabras claves: coeficiente de rugosidad, Manning, modelo físico, material granular, características hidráulicas.



## ABSTRACT

In the present research Experimental Determination of Manning roughness coefficient for granular surfaces by simulating a natural channel of rectangular section is intended to experimentally determine the coefficient of Manning, through the design and construction of a physical model of a channel called "channel morphological processes", because it simulates a section of a river bed and you can also perform other experimental work with granular material as scour and erosion pillars, piers, barrages, etc. Viewing and hydraulic phenomena. Material as samples taken from work Chicama downstream sector River Bridge Punta Moreno, selected granular material by sieving and washing of the samples was used. This channel was located in the laboratory of Fluid Mechanics and Hydraulics of the University Antenor Orrego, in order to undergraduate students can also perform the tests performed and improved. He analyzed theoretically roughness coefficients for channels with gravel base and rocky channels considering normal and another in extreme conditions due to the passage of water and observe the washing material.

It has made several experimental tests considering the materials to calibrate equipment and reduce errors in the tests. Finally three trials were considered, of which has been considered three thicknesses of material 5, 7 and 9 cm, noting that as the water passes through the gravel this reduced the tight achieving measure different water heights as shown in the tables result.

Applying the formula of Manning, and the hydraulic characteristics obtained roughness value was calculated to obtain an average value  $n = 0.02634$ , which is observed within the theoretical range for channels encachadas walls and bottom gravel  $n = 0.023-0.033$ . While for a stream on rocky ground is the theoretical value of



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

---

$n = 0.05$  to  $0.08$ , obtaining  $0.06380$  for experimental work. Both results are reliable thus achieving experimentally determined roughness Manning.

Calves words: roughness coefficient Manning, physical model, granular material, hydraulic characteristics.

# **CAPITULO I: INTRODUCCION**

## 1.1 ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACION

Para el diseño de canales una de las variables que se debe considerar dependiendo la superficie del canal es la rugosidad, el cual varios autores han determinado experimentalmente y describiendo las características de estas superficies, como de terreno natural, roca, grava, arena, material granular con vegetación, sin vegetación; etc.

En este trabajo de investigación experimental se pretende verificar en forma aproximada los coeficientes de rugosidad presentada por MANNING para superficies granulares mediante el diseño y construcción de un equipo experimental de un tramo del canal recto en sección rectangular de 3 metros de longitud en el cual se colocó material granular extraído del cauce del Rio Chicama. Este material se tamizo para obtener diferentes diámetros de material para simular las características del cauce natural del Rio Chicama. Con este equipo se determinó el caudal mediante un vertedero triangular y con ayuda de un visor para determinar la altura del nivel del agua.

Las variantes estarán definidas por el perímetro y área de la sección mojada que será el promedio de 3 secciones que se medirán al colocar el material granular.

Con el trabajo experimental se ha determinado las características hidráulicas como el tirante la velocidad, la pendiente, área, perímetro para luego aplicando Manning determinar el coeficiente de rugosidad se debe indicar que en causas naturales este coeficiente es muy variable de viendo ser considerado por el proyectista según su experiencia y formación académica.

Del trabajo de investigación según el ingeniero irlandés Robert Manning y otros investigadores en el año 1889, presentó por primera vez la ecuación

durante la lectura de un artículo en una reunión del Institute of Civil Engineers de Irlanda. El artículo fue publicado más adelante en Transactions, del Instituto. La ecuación en principio fue dada en una forma complicada y luego simplificada a  $V = C \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$ , donde “V” es la velocidad media, “C” el factor de resistencia al flujo, “R” el radio hidráulico y “S” la pendiente. Esta fue modificada posteriormente por otros y expresada en unidades métricas como:

$$Q = (1/n) \cdot A R^{2/3} \cdot S^{1/2} \dots\dots\dots \text{ecuación (1)}$$

Donde:

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

n = Coeficiente de Rugosidad Manning

A = Área (m<sup>2</sup>)

R = Radio hidráulico = Área de la sección húmeda / Perímetro húmedo

Más tarde, fue convertida otra vez en unidades inglesas, resultando en

$$V = (1.486/n) \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \dots\dots\dots \text{ecuación (2)}$$

La ecuación de Manning es el resultado del proceso de un ajuste de curvas, y por tanto es completamente empírica en su naturaleza. Debido a su simplicidad de forma y a los resultados satisfactorios que arroja para aplicaciones prácticas, la fórmula Manning se ha hecho la más usada de todas las fórmulas de flujo uniforme para cálculos de escurrimiento en canal abierto.

La fórmula Manning fue sugerida para uso internacional por Lindquist en el Scandinavia Sectional Meeting del Worl Power Conference en 1933, en Stockolmo

## **1.2 ASPECTOS DEL VALOR DE LA RUGOSIDAD DE MANNING**

El valor de  $n$  es muy variable y depende de una cantidad de factores. Al seleccionar un valor adecuado de  $n$  para diferentes condiciones de diseño, un conocimiento básico de estos factores debe ser considerado de gran utilidad.

### **Rugosidad de la superficie**

Se representa por el tamaño y la forma de los granos del material que forma el perímetro mojado y que producen un efecto retardante sobre el flujo. En general, los granos finos resultan en un valor relativamente bajo de  $n$  y los granos gruesos dan lugar a un valor alto de  $n$ .

### **Vegetación**

Puede ser vista como una clase de rugosidad superficial. Este efecto depende principalmente de la altura, densidad, distribución y tipo de vegetación, y es muy importante en el diseño de canales pequeños de drenaje, ya que por lo común éstos no reciben mantenimiento regular.

### **Irregularidad del canal**

Se refiere a las variaciones en las secciones transversales de los canales, su forma y su perímetro mojado a lo largo de su eje longitudinal. En general, un cambio gradual y uniforme en la sección transversal o en su tamaño y forma no produce efectos apreciables en el valor de  $n$ , pero cambios abruptos o alteraciones de secciones pequeñas y grandes requieren el uso de un valor grande de  $n$ .

### **Alineamiento del canal**

Curvas suaves con radios grandes producirán valores de  $n$  relativamente bajos, en tanto que curvas bruscas con meandros severos incrementarán el valor de la rugosidad.

### **Sedimentación y erosión**

En general la sedimentación y erosión activa, dan variaciones al canal que ocasionan un incremento en el valor de  $n$ . Urquhart (1975) señaló que es importante considerar si estos dos procesos están activos y si es probable que permanezcan activos en el futuro.

### **Obstrucción**

La presencia de obstrucciones tales como troncos de árbol, desechos de flujos, atascamientos, pueden tener un impacto significativo sobre el valor de  $n$ . El grado de los efectos de tales obstrucciones dependen del número y tamaño de ellas.

**Título:** Estudio Exploratorio de la Sensibilidad del Coeficiente de Rugosidad en un Río de Llanura

**Autor:** Ruberto, Alejandro R. - Carreras, Juan M. - Depettris, Carlos A.

País: Argentina

**Resumen:** La determinación del coeficiente de rugosidad de un canal significa estimar la resistencia al escurrimiento que posee el mismo. Diversos investigadores han tratado de ponderar el coeficiente de Chézy para flujo uniforme, el cual es un factor de resistencia al escurrimiento. Se analiza en este trabajo la variación, en la determinación del coeficiente de rugosidad  $[n]$  de Manning (en adelante  $n$  de Manning) para el cauce de un río de llanura, con baja energía de relieve o Sistema Hidrológico No Típico [SHNT] (Fertonani, Prendes, 1983).

Se realizó el análisis de la determinación del coeficiente  $n$  de Manning para flujo encauzado tomando como tal a las diferentes cotas y sus respectivos caudales de escurrimiento. El curso seleccionado para la determinación fue el del río Salado, cuenca autóctona del Chaco Oriental, tomando como sección de control el puente de la Ruta Nacional.

Se ha explorado la variación de la sensibilidad de la  $n$  de Manning para flujo encauzado, en régimen permanente, en el cauce del río Salado. El valor del  $n$  de Manning ha sido calculado por el método indirecto, teniendo como dato cierto a los caudales, lo que nos indica que el cálculo del  $n$  de Manning es un coeficiente de ajuste en el cálculo del caudal. Como no existen mediciones, en la cuenca del Salado, de pendiente del pelo de agua en ningún tramo es que se propuso este análisis que revela la sensibilidad del coeficiente a la variación de la pendiente dentro del cauce.

A pesar de que no se contaba con mediciones de pendiente, se puede observar la importancia de adoptar equívocamente pendientes erróneas, por lo que se recomienda la colocación de una escala hidrométrica aguas arriba de ésta sección cuyo sector más apropiado es el puente de la ex - Ruta Nacional.

Se recomienda medir la velocidad en un número de verticales suficientes, tanto en cauce como en la planicie de desborde y discriminando la variación de velocidades en el tirante, aplicando el método de los cinco puntos e intentando el trazado de curvas isotáqueas que muestren la distribución de la velocidad en la sección.

Con dicha distribución y desagregación será posible separar el flujo encauzado del no encauzado, pudiendo calcular los valores de  $n$  correspondientes a cada uno para poder precisar y ajustar el parámetro de rugosidad.

### **1.3 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION**

**Título:** Cálculo del Coeficiente de Rugosidad "N" de Manning en los Grandes Ríos de Venezuela

**Autor:** Mónica G. Osío Yépez, Federico F. Valencia Ventura Edilberto Guevara y Humberto Cartaya Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.

País: Venezuela

**Resumen:** La mayor dificultad en la aplicación de la Ecuación de Manning para estimar el caudal de una corriente está en la determinación del coeficiente de rugosidad "n", ya que no existe ningún método exacto para la selección de éste término. Seleccionar un valor de "n" significa estimar la resistencia al flujo en un canal determinado, lo cual, demanda una experiencia del Ingeniero para evitar que el problema se limite a un proceso de aproximaciones. En tal sentido, en este trabajo se estima el coeficiente de rugosidad "n" de Manning utilizando las funciones de distribución de velocidades obtenidas mediante los aforos realizados por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR) en los Grandes Ríos del sur de Venezuela. Como resultado de la investigación se ha encontrado que el valor de "n" se puede calcular en función del diámetro medio de las partículas de fondo.

### **1.4 DELIMITACIÓN**

El trabajo de investigación experimental esta se trabajara con diferentes materiales granulares que puedan colocarse dentro del canal simulando un cauce natural considerando solo en un tramo recto cuya sección rectangular podrá variar la simulación hidráulica en régimen permanente del río Chicama

para cauce natural y cauce modificado, y diseños de estructuras de ingeniería.

### **1.5 APORTE DEL TRABAJO**

Este trabajo de investigación proporcionara a los alumnos de ingeniería civil que cursan los curso de Mecánica de Fluidos, Irrigaciones e Hidráulica poder experimentar y comprender el valor que asume el Coeficiente de Rugosidad de Manning cuando el agua es conducido por un canal de diferentes rugosidades y comparar con las los valores que encontramos en las diferentes bibliografías de diseño de canales. Además el equipo que será construido para realizar dicho trabajo experimental se obsequiara a la universidad para ubicarlo en el Laboratorio de Hidráulica e la UPAO para ser usado por los alumnos. También con este equipo se puede experimentar y observar los procesos de transporte de materiales y sedimentación de materiales.

### **1.6 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

En ingeniería civil, al realizar diseños de canales revestidos y no revestidos, no se encuentran Coeficientes de rugosidad de materiales utilizados en los diferentes terrenos de ubicación de los proyectos y dependen también del material de revestimientos de los canales. Estos coeficientes están en textos cuyos autores han elaborado pruebas del laboratorio para determinarlos con materiales, que por lo general hacen parte del revestimiento (concreto, piedra pegada; etc.), y los que no son revestidos (naturales o excavados) cuyos materiales propios del canal hacen parte las gravas, arenas, y arcillas.

Otro aspecto importante de conocer el valor del coeficiente es no sobrestimarlo o subestimarlos en los diseños de canales revestidos y no

revestidos puesto que generara una disminución o aumento en los caudales transportados produciendo un costo mayor en la solución de estos problemas.

Además se debe considerar los diferentes aspectos que determinan el valor de la rugosidad de Manning, como los indicados en el ítem 1.2. Finalmente cada proyectista asume un valor de rugosidad según su experiencia o simplemente por lo general asume el valor especificado en los textos.

### **1.7 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo determinar en forma experimental el Coeficiente de Rugosidad de Manning diferentes materiales granulares mediante la simulación de un cauce natural en tramo recto?

### **1.8 ALCANCE**

El alcance del proyecto de investigación es a nivel académico que contribuye a la formación profesional del estudiante de Ingeniería Civil de la UPAO proporcionando experiencias y criterios hidráulicos para el diseño de canales.

### **1.9 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:**

Justificación académica: El proyecto de investigación se justifica académicamente porque permitirá a los alumnos de ingeniería civil realizar prácticas en el Laboratorio de Hidráulica de la UPAO, para calcular en forma experimental el Coeficiente de Rugosidad de Manning, coeficiente utilizado para diseño de canales naturales y artificiales. Logrando que el alumno pueda experimentar y comprender el planteamiento teóricos encontrados en las bibliografías para diseño de canales.

## **1.10 HIPÓTESIS**

Mediante la simulación hidráulica del cauce natural con diferentes materiales granulares se podrá determinar en forma experimental el Coeficiente de Rugosidad de Manning.

## **1.11 OBJETIVOS**

### **1.11.1 Objetivos General**

Determinación experimental del Coeficiente de Rugosidad de Manning superficies granulares mediante la simulación de un cauce natural

### **1.11.2 Objetivos Específicos**

- Determinar el Coeficiente de Rugosidad de Manning establecidos por otros investigadores.
- Diseñar y construir el equipo experimental
- Extracción y clasificación de las muestras granulares del río Chicama.
- Determinar el coeficiente de rugosidad con material granular

## **CAPITULO II: MARCO TEORICO**

## **2.1 GENERALIDADES**

En un proyecto de riego, la parte correspondiente a su concepción, definido por su planteamiento hidráulico, tiene principal importancia, debido a que es allí donde se determinan las estrategias de funcionamiento del sistema de riego (captación, conducción – canal abierto o a presión -, regulación), por lo tanto, para desarrollar el planteamiento hidráulico del proyecto se tiene que implementar los diseños de la infraestructura identificada en la etapa de campo; canales, obras de arte (acueductos, canoas, alcantarillas, tomas laterales etc.), obras especiales (bocatomas, desarenadores, túneles, sifones, etc).

Para el desarrollo de los diseños de las obras proyectadas, el caudal es un parámetro clave en el dimensionamiento de las mismas y que está asociado a la disponibilidad del recurso hídrico (hidrología), tipo de suelo, tipo de cultivo, condiciones climáticas, métodos de riego, etc., es decir mediante la conjunción de la relación agua – suelo – planta. De manera que cuando se trata de la planificación de un proyecto de riego, la formación y experiencia del diseñador tiene mucha importancia, destacándose en esta especialidad la ingeniería agrícola.

## **2.2 CRITERIOS DE DISEÑO**

Se tienen diferentes factores que se consideran en el diseño de canales, los cuales tendrán en cuenta: el caudal a conducir, factores geométricos e hidráulicos de la sección, materiales de revestimiento, la topografía existente, la geología y geotecnia de la zona, los materiales disponibles en la zona o en el mercado más cercano, costos de materiales, disponibilidad de mano de obra calificada, tecnología actual, optimización económica, socio economía de los beneficiarios, climatología, altitud, etc. Si se tiene en cuenta todos estos factores, se llegará a una solución técnica y económica más conveniente.

### 2.3 DEFINICIÓN DE RUGOSIDAD

La rugosidad de las paredes de los canales está en función del material con que están contruidos, el acabado de la construcción y el tiempo de uso. Los valores son determinados en mediciones tanto de laboratorio como en el campo.

La rugosidad se debe considerar el cauce y el talud, dado a las paredes laterales del mismo, vegetación, irregularidad y trazado del canal, radio hidráulico y obstrucciones en el canal, generalmente cuando se diseña canales en tierra se supone que el canal está recientemente abierto, limpio y con un trazado uniforme, sin embargo el valor de rugosidad inicialmente asumido difícilmente se conservará con el tiempo, lo que quiere decir que en la práctica constantemente se hará frente a un continuo cambio de la rugosidad.

En canales proyectados con revestimiento, la rugosidad es función del material usado, que puede ser de concreto, geomanta, tubería PVC ó HDP ó metálica, o si van a trabajar a presión atmosférica o presurizados.

La siguiente tabla nos da valores de “n” estimados, estos valores pueden ser refutados con investigaciones y manuales, sin embargo no dejan de ser una referencia para el diseño:

Cuadro 2.1 Coeficientes de Rugosidad de Manning

<b>Coeficiente de Manning</b>	
<b>Cunetas y canales sin revestir</b>	
En tierra ordinaria, superficie uniforme y lisa	0,020-0,025
En tierra ordinaria, superficie irregular	0,025-0,035

En tierra con ligera vegetación	0,035-0,045
En tierra con vegetación espesa	0,040-0,050
En tierra excavada mecánicamente	0,028-0,033
En roca, superficie uniforme y lisa	0,030-0,035
En roca, superficie con aristas e irregularidades	0,035-0,045
<b>Cunetas y Canales revestidos</b>	
Hormigón	0,013-0,017
Hormigón revestido con gunita	0,016-0,022
Encachado	0,020-0,030
Paredes de hormigón, fondo de grava	0,017-0,020
Paredes encachadas, fondo de grava	0,023-0,033
Revestimiento bituminoso	0,013-0,016
<b>Corrientes Naturales</b>	
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lámina de agua suficiente	0,027-0,033
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lámina de agua suficiente, algo de vegetación	0,033-0,040
Limpias, meandros, embalses y remolinos de poca importancia	0,035-0,050
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados	0,060-0,080
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados, vegetación densa	0,100-0,2001
Rugosas, corrientes en terreno rocoso de montaña	0,050-0,080
Áreas de inundación adyacentes al canal ordinario	0,030-0,2001

Fuente: Hidráulica de Canales. Máximo Villón / Hidráulica de Canales Abiertos. Ven te Chow.

Cuadro 2.2: Coeficientes de rugosidad de Manning

<b>Valores del coeficiente n de rugosidad de Mannig</b>	
<b>a) Canales sin vegetación</b>	
Sección transversal uniforme, alineación regular sin guijarros ni vegetación, en suelos sedimentarios finos	0,016
Sección transversal uniforme, alineación regular, sin guijarros no vegetación con suelos de arcilla dura u horizonte endurecido	0,018
Sección transversal uniforme, alineación regular, con pocos guijarros, escasa vegetación en tierra franco arcillosa	0,20
Pequeñas variaciones en la sección transversal, alineación bastante regular, pocas piedras, hierbas vinas en las orillas, en suelos arenosos y arcillosos, y también en canales recién limpiados y rastrillados	0,0225
Alineación irregular, con ondulaciones en el fondo, en suelos grava o esquistos arcillosos, con orillas irregulares o vegetación	0,025
Sección transversal y alineación irregulares, rocas dispersas y grava suelta en el fondo, o con considerable vegetación de las márgenes inclinados, o en un material de grava de hasta 150 mm de diámetro	0,030
Canales irregulares erosionado, o canales abiertos en roca	0,03
<b>b) Canales irregulares erosionados, o canales abiertos en roca</b>	
Gramíneas cortas (50-150 mm)	0,030-0,060
Gramíneas medias (152-250 mm)	0,030-0,085
Gramíneas largas (250-600 mm)	0,040-0,150
<b>c) Canales de corriente naturales</b>	
Limpios y rectos	0,025-0,030
Sinuosos, con embalses y bajos	0,033-0,040
Con muchas hierbas altas, sinuosos	0,075-0,150

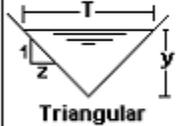
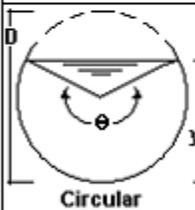
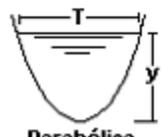
Fuente: Hidráulica de Canales. Máximo Villón / Hidráulica de Canales Abiertos. Ven te Chow.

Cuadro 2.3.: Valores de rugosidad “n” de Manning según material de revestimiento

n	Superficie
0.010	Muy lisa, vidrio, plástico, cobre.
0.011	Concreto muy liso.
0.013	Madera suave, metal, concreto frotado.
0.017	Canales de tierra en buenas condiciones.
0.020	Canales naturales de tierra, libres de vegetación.
0.025	Canales naturales con alguna vegetación y piedras esparcidas en el fondo
0.035	Canales naturales con abundante vegetación.
0.040	Arroyos de montaña con muchas piedras.

Fuente: Hidráulica de Canales. Máximo Villón / Hidráulica de Canales Abiertos. Ven te Chow.

Cuadro 2.4: Relaciones geométricas de las secciones transversales más frecuentes

Sección	Area hidráulica A	Perímetro mojado P	Radio hidráulico R	Espejo de agua T
 Rectangular	$by$	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	$b$
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$
 Triangular	$zy^2$	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta-\text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1-\frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(\text{sen}\frac{\theta}{2})D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$\frac{2}{3}Ty$	$T+\frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Fuente: Hidráulica de Canales. Máximo Villón / Hidráulica de Canales Abiertos. Ven te Chow.

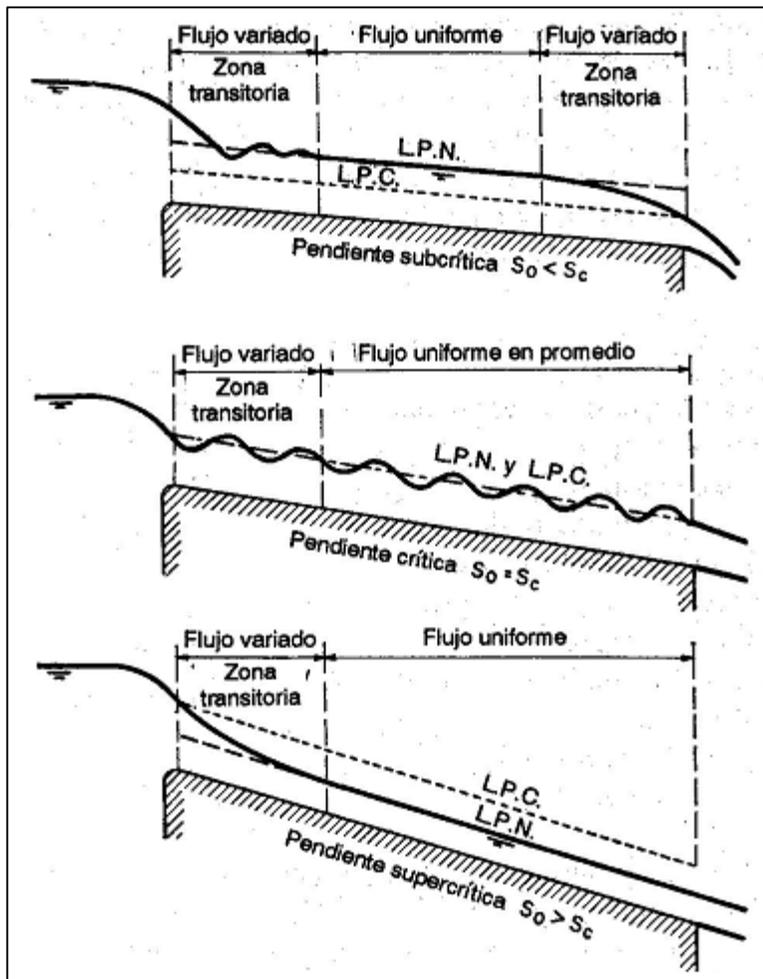
## **2.4 FLUJO UNIFORME**

Cuando el flujo se presenta en un canal abierto, el agua encuentra resistencia a medida que fluyen aguas abajo. Esta resistencia por lo general es contrarrestada por las componentes de fuerzas gravitacionales que actúan sobre el cuerpo de agua en la dirección del movimiento, a esta zona se le conoce como zona transitoria. Un flujo uniforme se desarrollará si la resistencia es balanceada por las fuerzas gravitacionales.

El flujo uniforme se presenta cuando todas las secciones del canal tienen exactamente las mismas características hidráulicas. Para que este tipo de flujo se presente es necesario que la sección transversal sea constante, que su trazo sea recto y de una longitud suficiente para vencer la zona transitoria. En este tipo de flujo, el gradiente de energía, la superficie libre del agua y la pendiente del fondo del canal presentan líneas paralelas.

En el flujo permanente, el tirante normal, la velocidad y el área hidráulica en cada sección transversal del canal, deben permanecer constantes en el tiempo y el espacio

El contacto entre el agua y los márgenes del canal causa una resistencia (fricción) que depende de la suavidad o aspereza del canal. En las corrientes naturales la cantidad de vegetación influye en la rugosidad al igual que cualquier otra irregularidad que genere turbulencia.



Fuente: Hidráulica de Canales. Máximo Villón / Hidráulica de Canales Abiertos. Ven te Chow.

Figura 2.1: Zona transitoria y flujo uniforme en un canal a superficie libre.

## 2.5 VERTEDEROS

Un vertedero es un dique o pared que presenta una escotadura de forma regular, a través de la cual fluye una corriente líquida. El vertedero intercepta la corriente, causando una elevación del nivel aguas arriba, y se emplea para controlar niveles (vertederos de rebose) y/o para medir caudales (vertederos de medida).

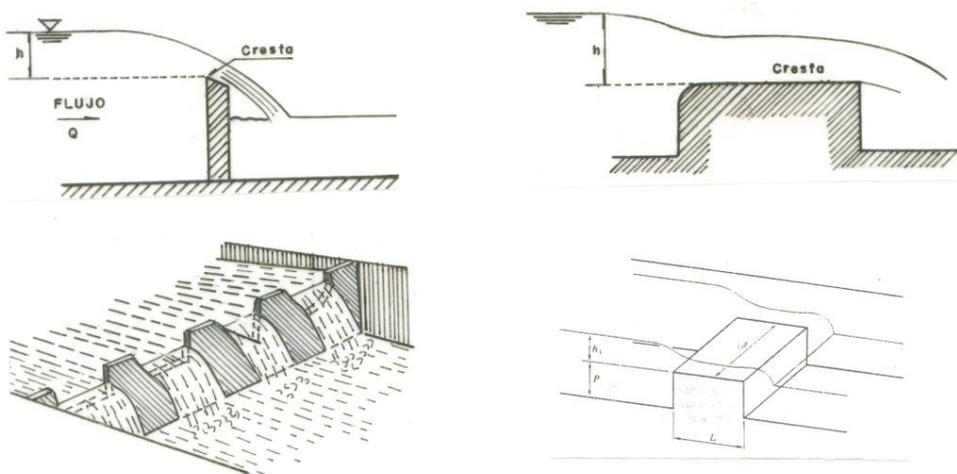
Los vertederos de paredes delgadas son vertederos hidráulicos, generalmente usados para medir caudales. Para obtener resultados fiables en la medición con el vertedero de pared delgada es importante que:

Tenga la pared de aguas arriba vertical

Esté colocado perpendicularmente a la dirección de la corriente

La cresta del vertedero sea horizontal o, en el caso de que esta sea triangular, la bisectriz del ángulo esté vertical.

Además, debe cuidarse de mantener la presión atmosférica debajo de la lámina vertida; el canal aguas arriba debe ser recto y estar desobstruido. La carga  $h$ , sobre la cresta del vertedero debe ser medida a una distancia suficiente, aguas arriba, para no tener influencia de la curvatura de la superficie líquida en la proximidad del vertedero. Para mantener la presión del aire, y evitar que este se vea succionado, acercando la lámina de agua al aliviadero, se instalan sistemas de aireación (generalmente tubos a los lados por donde entra el aire).



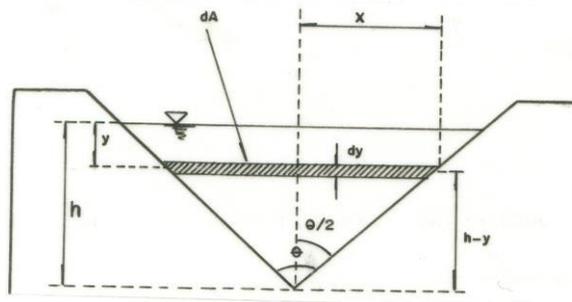
Fuente: Hidráulica de Canales. Máximo Villón / Hidráulica de Canales Abiertos. Ven te Chow.

Figura2.2: flujo a través de vertederos

### Vertedero triangular

Expresión para el caudal en vertederos triangulares. Para medir pequeños gastos, el vertedero triangular es más preciso que el rectangular, puesto que, para un mismo caudal, los valores de  $h$  son mayores.

Considérese la figura siguiente, en donde se esquematiza el flujo a través de un vertedero triangular, simétrico y de pared delgada, con un ángulo en el vértice de la escotadura.



Fuente: Hidráulica de Canales. Máximo Villón / Hidráulica de Canales Abiertos. Ven te Chow.

Figura 2.3: Vertedero Triangular

Para medir caudales muy pequeños (menos de 6 litros por segundo), se obtiene mejor precisión utilizando aliviaderos de pared delgada de sección triangular, pues la presión varía con la altura, dándose un gran gradiente de velocidad entre la parte inferior del triángulo y la superior.1 El caudal sobre un aliviadero triangular es dado por la fórmula:

$$Q = C_w^1 \cdot \frac{8}{15} \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{5/2} \tan(\beta/2) \dots\dots\dots \text{ecuación (1)}$$

Donde:

$\beta$  = ángulo del vértice del triángulo

$C_w^1$  = aproximadamente a 0.58 variando ligeramente con la carga y el ángulo de la abertura.

## **CAPITULO III: MATERIAL Y METODOS**

### 3.1 MATERIAL

Para el trabajo de investigación se ha utilizado material granular tamizado obtenido del río Chicama de la zona del Puente Punta Moreno aguas abajo para considerar de fondo del canal en el modelo físico construido.

### 3.2 METODOS

El proyecto de investigación se realizara teniendo en cuenta los parámetros de la investigación experimental. “La investigación experimental consiste en la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento en particular. Se trata de un experimento porque precisamente el investigador provoca una situación para introducir determinadas variables de estudio manipuladas por él, para controlar el aumento o disminución de esa variable, y su efecto en las conductas observadas. El investigador maneja deliberadamente la variable experimental y luego observa lo que sucede en situaciones controladas”. Considerando la fórmula de Manning.

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

La metodología para establecer los coeficientes de rugosidad está dada básicamente por el tipo de material, y una leve variación en el caudal y la Pendiente longitudinal del canal.

Nuestro esquema del canal experimental estará formado por una cámara de carga de estructura rectangular, un canal metálico con lunas de 5” por 3 metros de largo, luego descargara en un pozo disipador metálico para seguir al vertedero, luego al sistema de circulación mediante una bomba y así se

irán realizando las muestras como ya lo explicado y si se presentase algún error se ira corrigiendo en el proceso de experimentación.

### **3.3 CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO EXPERIMENTAL**

Nuestro equipo experimental de sección rectangular se elaborara con los materiales tendrán los espesores y medidas de:

- Angulo de 1" x 2,5 de fierro
- T de  $\frac{3}{4}$  x 1/8
- Plancha negra 1/27
- Angulo de  $\frac{3}{4}$  x2,5
- Tubo cuadrado 1  $\frac{1}{4}$  x 2,18
- Tubo rectangular de 1.2
- Planchas
- Tubos redondos de 5/8 de 1,2
- Soldadura autógena para el fierro (bronce)
- Soldadura eléctrica para la lata (punto azul E-6011)
- Broca  $\frac{1}{2}$  y 1"
- Disco de corte (NORTON 4)
- Soldadura de plancha
- Pintura esmaltada acrílico (azul eléctrico)
- Tiner
  
- Está conformada por : cámara de carga de estructura rectangular
- Canal
- Pozo disipador
- Vertedero
- Sistema de circulación

### 3.4 CONSTRUCCION DEL MODELO FISICO

La construcción de canal hidráulico está conformada por una meza con fierro de 3 pulg., vertederos y poza de agua con planchas metálicas de 1 pulg., en cada poza de agua se le hicieron agujeros de 1 pulg. para disipar el flujo durante el llenado al canal.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 3.1: Estructura del canal

Instalación de los vidrios en el canal:



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 3.2: Colocación de las lunas en el canal hidráulico, con un espesor de 9mm

Colocación de las tuberías de abastecimiento de agua y reciclaje





Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 3.3: Instalación de las tuberías de 4"1", codos de 1" y de 4", tapones, tuberías en forma de uniones y instalación de motor de agua de (1000caballos de fuerza)

Selección del material granular para la prueba hidráulica



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 3.4 zarandeo y limpieza de la gravilla de 1/2



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 3.5: zarandeo y limpieza de la piedra confitillo

## **CAPITULO IV: DESARROLLO ESPERIMENTAL**

El proyecto de investigación se realizó teniendo en cuenta los parámetros de la investigación experimental. “La investigación experimental consiste en la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento en particular. Se trata de un experimento porque precisamente el investigador provoca una situación para introducir determinadas variables de estudio manipuladas por él, para controlar el aumento o disminución de esa variable, y su efecto en las conductas observadas. El investigador maneja deliberadamente la variable experimental y luego observa lo que sucede en situaciones controladas”.

La metodología para establecer los coeficientes de rugosidad está dada básicamente por el tipo de material, y una leve variación en el caudal y la pendiente longitudinal del canal. Por esta razón a continuación se presentan las fases que se siguieron para la realización del proyecto

#### 4.1 COLOCACION DEL MATERIAL GRANULAR EN EL CANAL

En un tramo de canal se coloca el material granular en diferentes espesores como se muestra en las fotografías.



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 4.1 colocación del material granular en el canal hidráulico

## 4.2 CANASTILLA METALICA

Se diseñó una canastilla metálica para retener el material granular de arrastre que pueda malograr el motor, el cual se colocó en una de las pozas al final del canal.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 4.2. Colocación de la canastilla metálica

#### 4.3 INSTALACION DE CINTA METRICA

Para medir los tirantes hidráulico se colocó una cinta métrica transparente de 30 cm.



Fuente: Elaboración propia.

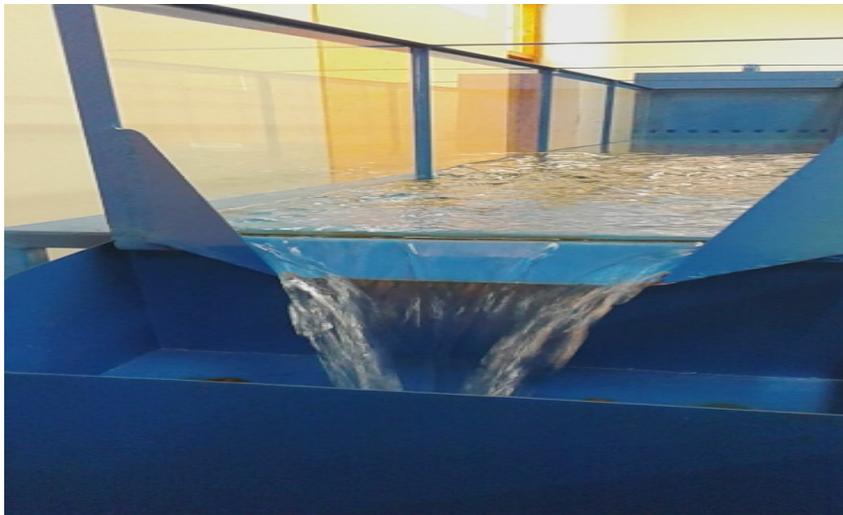
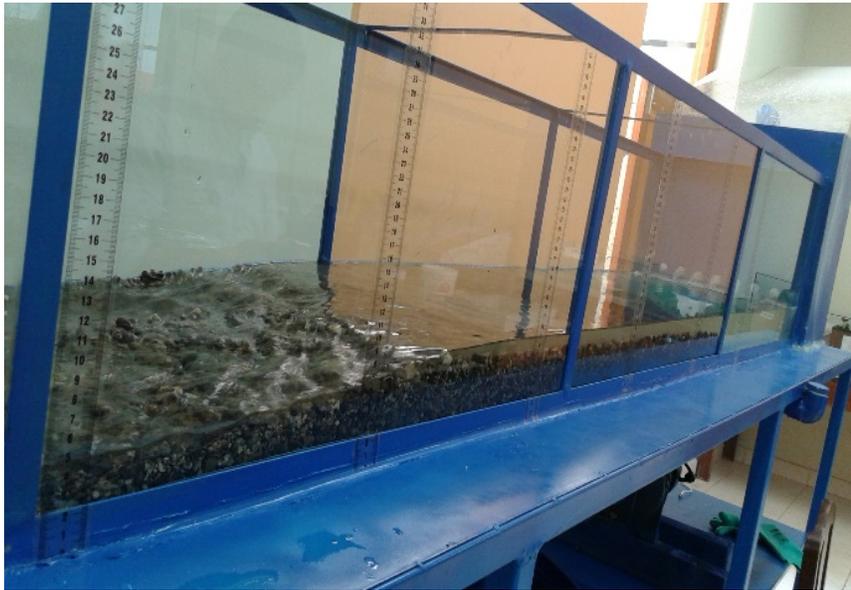
Fotografía 4.3 Instalación de la cinta métrica transparente

#### 4.4 PROCESO EXPERIMENTAL

Con el material granular en el canal se bombea agua al sistema manteniendo un caudal constante para iniciar el trabajo experimental como se muestra en las fotografías:



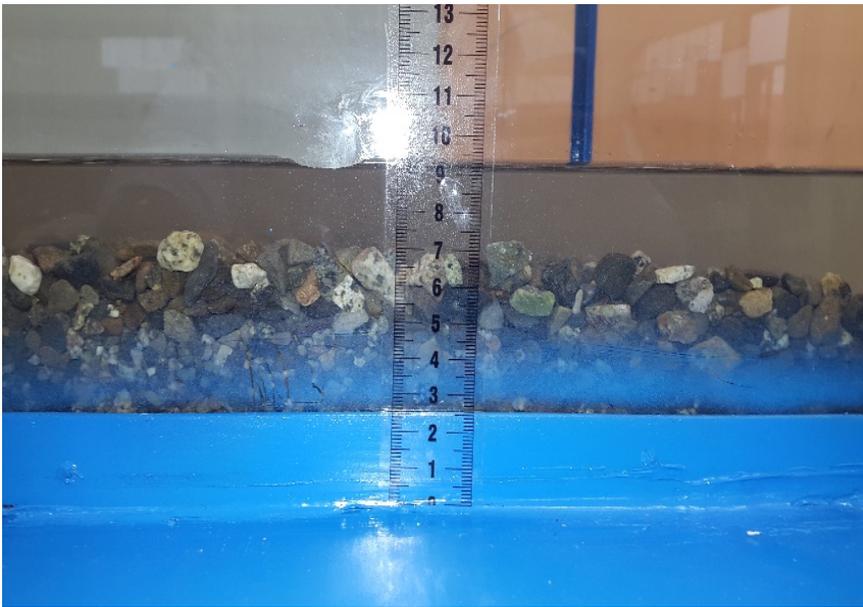
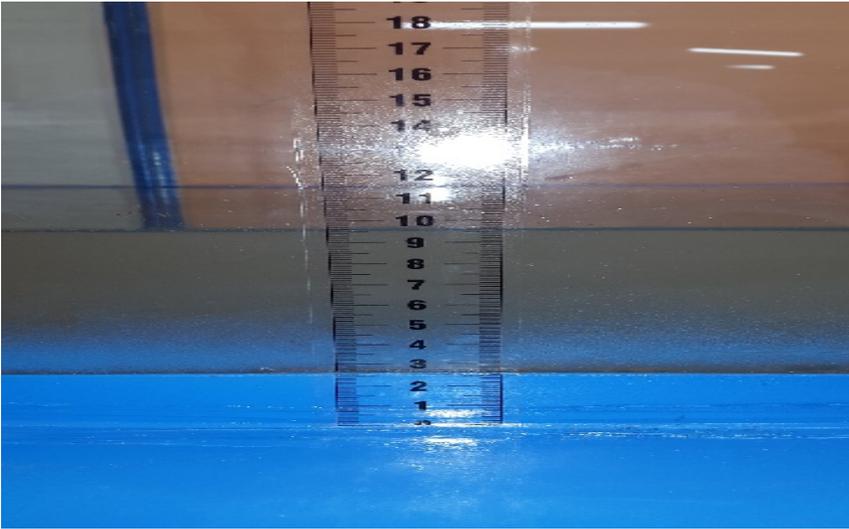
Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 4.4: Flujo del caudal en el canal

Luego se realizan las mediciones del tirante hidráulico en los tres primeros tramos del canal con gravilla de ½ pulgada y confitillo, como se muestra en las fotografías:



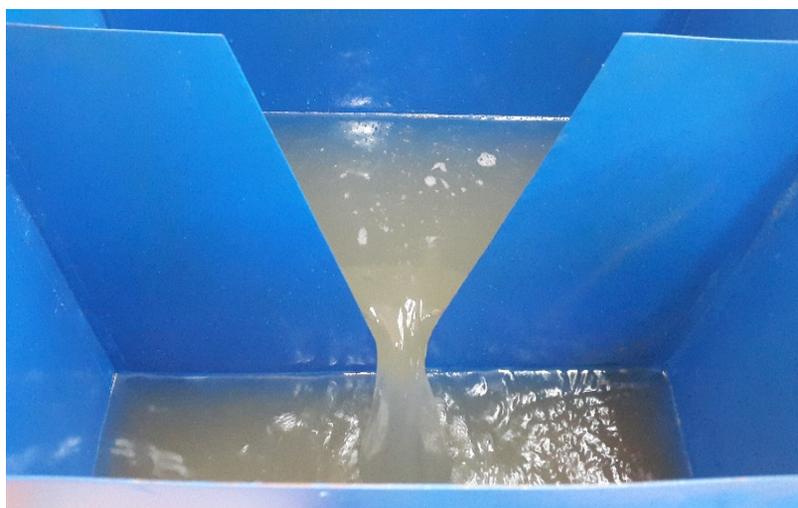
Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 4.5: Medición del tirante hidráulico considerando con gravilla de  $\frac{1}{2}$  y confitillo.

Para determinar el caudal circulante se diseñó y construyó un vertedero triangular de 46° con un visor para determinar la altura del agua, previamente calibrado.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 4.6: medición del nivel de elevación del caudal del agua en el vertedero para todos los ensayos realizados

#### 4.5 DATOS DE LOS ENSAYOS EN CANAL

Los ensayos se realizaron con grava de diferente diámetro: con confitillo y grava de ½”.

Resultados con confitillo:

MATERIAL DE ENSAYO CONFITILLO

5 cm del material /confitillo

1er Ensayo

CAUDAL H2O -7.5cm		Tirantes de agua=Y
CAUDAL DE AGUA C/MATERIAL =	7.20 cm	2.20cm subió el nivel del agua
"	7.10cm	2.10cm "
"	6.30cm	1.30 cm "
"	4.80cm	
"	3.00cm	
10cm vertedero		

Fuente: Elaboración propia.

7cm material/confitillo

2do Ensayo

CAUDAL H2O 9.5cm		Tirantes de agua=Y
CAUDAL DE AGUA C/MATERIAL	9.40cm	2.40cm subió el nivel del agua
"	9.30cm	2.30cm subió el nivel del agua
"	8.30cm	1.30cm subió el nivel del agua
"	6.50cm	0.50cm bajo el nivel del agua
"	4.00cm	3cm bajo el nivel del agua
10cm vertedero		

Fuente: Elaboración propia.

9cm material/confitillo

3er Ensayo

CAUDAL H2O 12.00cm		
CAUDAL DE AGUA C/MATERIAL =	11.80cm	2.70cm subió el nivel del agua
"	= 11.70cm	2.80cm subió el nivel del agua
"	= 11.30cm	2.30cm subió el nivel del agua
"	= 10.10cm	1.10cm subió el nivel del agua
"	= 5.00cm	bajo material por la fuerza del agua
10cm vertedero		

Fuente: Elaboración propia.

**Resultados con grava de 1/2”:**

MATERIAL DE ENSAYO: PIEDRA DE 1/2"

5cm material/piedra de 1/2

1er Ensayo

CAUDAL H2O 8.50cm		
CAUDAL DE AGUA C/MATERIAL =	8.30cm	bajo material por la fuerza del agua
"	= 8.20cm	bajo material por la fuerza del agua
"	= 7.80cm	bajo material por la fuerza del agua
"	= 7.00cm	bajo material por la fuerza del agua
"	= 4.00cm	bajo material por la fuerza del agua
10cm vertedero		

Fuente: Elaboración propia.

7cm material/piedra de 1/2

2do Ensayo

CAUDAL H2O 10.50cm		
CAUDAL DE AGUA C/MATERIAL =	7.20cm	bajo material por la fuerza del agua
"	= 7.10cm	bajo material por la fuerza del agua
"	= 6.80cm	bajo material por la fuerza del agua
"	= 6.00cm	bajo material por la fuerza del agua
"	= 3.70cm	bajo material por la fuerza del agua
10cm vertedero		

Fuente: Elaboración propia.

9cm material/piedra de 1/2

3er Ensayo

CAUDAL H2O 12.50cm

CAUDAL DE AGUA C/MATERIAL = 6.20cm	bajo material por la fuerza del agua
" = 6.10cm	bajo material por la fuerza del agua
" = 5.80cm	bajo material por la fuerza del agua
" = 5.00cm	bajo material por la fuerza del agua
" = 2.70cm	bajo material por la fuerza del agua
10cm vertedero	

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.6 PRESUPUESTO DEL PROYECTO

El costo de la construcción del modelo físico del canal fue realizado por los tesisistas, siendo un total de S/. 2891.20 nuevos soles

EQUIPO EXPERIMENTAL	DESCRIPCION	COSTO ( S/)
<b>BOMBA DE AGUA</b>	<b>BOMBA 2HP</b>	200.00
SISTEMA DE INSTALACION CIRCUITO CERRADO	CINTA ELECTRICA, CODOS,NIPLE 1X1 1/2, ADAPTADOR,NIPLE 1X1, TEE, VALVULA CHECK, OATEY ,ABRAZADERA INTERRUPTOR,3mt. DE ALAMBRE , UNION UNIVERSAL,BROCA, T CON ROSCA ,SOLDIMIX,PINTURA ESMALTADA TUBOS PVC, SCHET 1"S/PUERTA , GASFITERO	196.20 50.00
<b>CANAL</b>	<b>ESTRUCTURA METALICA</b>	400.00
	SE COLOCO LUNAS DE VIDRIO	250.00
	MESA DE ESTRUCTURA METALICA PARA SU SOPORTE	700.00
<b>POSO DISIPADOR</b>	ESTRUCTURA METALICA	300.00
	COMPUERTA DE ACRILICO	25.00
<b>VERTEDERO</b>	ESTRUCTURA METALICA	650.00
	MESA DE SOPORTE (ESTRUCTURA METALICA) ,SOLDADURA TAMIZADOR (SEPARADOR DE PARTICULAS)	25.00
<b>TANQUE PLASTICO</b>	RECOLECTOR DE AGUA	50.00
	PLACA, CINTAS METRICAS	45.00
	<b>TOTAL</b>	<b>2891.20</b>

Fuente: Elaboración propia.

## **CAPITULOV: RESULTADOS**

## 5.1 DETERMINACION CAUDAL EN EL VERTEDERO

### Calculo del caudal por el vertedero

Para caudales pequeños según King caudal en vertedero triangular  $Q = C \tan \alpha h^{2.47}$

Coeficiente C	C=	1.34
Angulo del vertedero (grados)	$2\alpha=$	46
altura del visor (m)	h=	0.1
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Q=	0.0019

Fuente: Hidráulica de canales Máximo Villón. pág. 401

### Calculo de las características hidráulicas y la rugosidad

MATERIAL: CONFITILLO

#### 1er Ensayo

Altura de material **5** cm

CAUDAL H2O 7.5cm	Nivel del agua (cm)	Tirante de agua(m)	Pendiente(S)
	7.2	0.022	
	7.1	0.021	0.0033
	6.3	0.013	0.0267
Altura de vertedero 10cm			

#### Sección 1

Geometría del canal		Rugosidad por Manning	
Base (m)	0.45	$n = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{Q}$	
Área (m <sup>2</sup> )	0.0099		
Perímetro	0.494		
radio hidráulico	0.020040486		n=

Sección 2			
Base (m)	0.45		
Área (m <sup>2</sup> )	0.00945		
Perímetro	0.492		
radio hidráulico	0.019207317	n=	0.057426365

Caudal ( m<sup>3</sup>/s) Q= 0.0019273 m<sup>3</sup>/s

Fuente: Elaboración propia

**2er Ensayo**

**Altura de material**

7 cm

CAUDAL H2O 7.5cm	Nivel del agua (cm)	Tirante de agua(m)	Pendiente(S)
	9.4	0.024	
	9.3	0.023	0.0033
	8.3	0.013	0.0333
Altura de vertedero 10cm			

**Sección 1**

Geometría del canal		Rugosidad por Manning	
Base (m)	0.45		$n = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{Q}$
Área (m <sup>2</sup> )	0.0108		
Perímetro	0.498		
radio hidráulico	0.021686747	n=	

<b>Sección 2</b>			
Base (m)	0.45		
Área (m <sup>2</sup> )	0.01035		
Perímetro	0.496		
radio hidráulico	0.020866935	n=	0.0743

Caudal Q= 0.0019273 L<sup>3</sup>/T



## **CAPITULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

## 6.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El trabajo de investigación para determinar el coeficiente de rugosidad de Manning se ha utilizado material granular en el fondo de canal de 45cm de ancho, realizándose varios ensayos obteniendo las características geométricas del canal al variar el tirante de agua, y mediante la fórmula de Manning se ha obtenido la rugosidad con la finalidad de compararlos con los establecidos en tablas que se encuentran en las diferentes bibliografías

**Cuadro 6.1:** Comparación de coeficientes de rugosidad experimentales con los de los textos.

ENSAYOS	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EXPERIMENTALES(n)	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD TEORICOS n
CONDICIONES NORMALES		
	0.02188	Paredes encachadas, fondo de grava: 0.023-0.033
	0.02515	
	0.03200	
PROMEDIO	<b>0.02634</b>	
CONDICIONES EXTREMAS		
	0.5742	Corriente en terreno rocoso n=0.05-0.08
	0.074	
	0.06	
PROMEDIO	<b>0.06380</b>	

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados se observa que los valores obtenidos están dentro del rango establecido por otros investigadores por lo tanto los resultados son confiables para realizar diseño obras civiles en el cauce del río Chicama considerando las variantes según la vegetación de la zona, considerando que el trabajo de investigación se ha realizado con fondo de grava.

Además este trabajo proporciona un equipo hidráulico como un canal de procesos morfológicos para poder realizar diferentes trabajos experimentales como son pilares de puentes observando el proceso de erosión del material y de barrajes de bocatomas, sedimentación y transporte de material, que con una buena orientación los alumnos podrán realizar los ensayos experimentales.

## **CAPITULO VI: CONCLUSIONES**

Las conclusiones a las que se ha llegado con el trabajo de investigación son las siguientes.

- Diferentes autores como Máximo Villón, Ven te Chow presentan para cauces de río con grava, como se muestra en la página 87 – 125 considerándose un rango de la rugosidad de 0.023 – 0.033.
- Se ha diseñado un modelo físico para realizar el trabajo experimental mediante un canal de fierro de 0.45m de ancho y con laterales de vidrio de 6mm de espesor. De longitud de tres metros. Considerándose un sistema de bombeo de 2HP que llega a un tanque de recolección que se ha perforado para disipar la energía. Para la medición del caudal se ha diseñado un vertedero triangular de 46 grados de abertura. Para controlar el paso de la grava al sistema y pueda malograr se ha colocado una canastilla metálica para retener los sólidos. Este modelo físico es llamado canal de procesos morfológicos porque simulan un tramo del cauce del río.
- Se ha extraído material granular del cauce del río Chicama, aguas bajo del puente punta moreno, para luego ser tamizado y clasificarlo en material como confitillo y grava de ½". Esta fue lavada previamente para ser utilizada en los ensayos.
- Se ha realizado varios ensayos experimentales considerando los materiales para calibrar el equipo y reducir los errores en los ensayos. Finalmente se consideró tres ensayos, de los cuales se ha considerado tres espesores de material de 5, 7 y 9 cm, observando que al pasar el agua por la grava este reducía el tirante lográndose medir diferentes alturas de agua como se muestra en los cuadros del resultado.

- Debido a la turbulencia ocasionada por el agua se ha considerado dos tramos de estudio uno en condiciones normales y otro en condiciones extremas debido al paso del agua y al observar el arrastre del material.
- Aplicando la fórmula de Manning, y con las características hidráulicas obtenidas se calculó el valor de la rugosidad obteniendo como valor promedio  $n=0.026$ , observándose que está dentro del rango teórico para cauces de paredes encachadas y con fondo de grava  $n= 0.023 - 0.033$ . Mientras que para una corriente en terreno rocoso el valor teórico es de  $n=0.050 - 0.080$ , obteniendo para el trabajo experimental  $0.064$ . Ambos resultados son confiables lográndose así determinar en forma experimental la rugosidad de Manning.

## **CAPITULO VII: RECOMENDACIONES**

Las recomendaciones que se indican a continuación son para continuar el trabajo experimental considerando otros materiales y ensayos:

- Se recomienda que el equipo se complemente con un tanque de recolección más grande para tener un ensayo más prolongado con material granular.
- realizar ensayos con arena y tierra pero con espesores menores de 5cm, considerándose de 3 cm.
- También se recomienda pegar la grava con algún pegamento adecuado en una plataforma de plástico o madera y colocar en el canal y para luego colocar material suelto de uno a dos centímetros y así se podrá retener los sólidos y mantener una pendiente del fondo del cauce.
- También considerar un ensayo con arena y colocar un pilar de un puente para observar el procesos de transporte de material, erosión y socavación de estructuras que van dentro de un cauce de un río.

## **CAPITULO VIII. REFERENCIAS BIBLIGRAFICAS**

- OCHOA RUBIO, Tomas. Resistencia Hidráulica de ríos Colombianos. En: Hidrología e Hidráulica aplicadas. Revista de Ingeniería Gran colombiana. Bogotá: (9 de agosto de 2007). P.35-52.
- RUIZ SARAY, Rosa Amparo. Estructura para la presentación escrita de los Informes del proyecto integrador. En: ASESORÍA METODOLOGICA (1º: 2003: Bogotá) memorias de la primera asesoría metodológica para la presentación de informes del Proyecto Integrador. Bogotá: U.S.B, 2003. 15P.
- VERGARA S. Miguel A. Técnicas de modelación en hidráulica. S.I. Alfaomega.1993. s.n.
- VEN TE CHOW. Hidráulica De Canales Abiertos. Editorial Mc Graw Hill. 1994. p.87-125
- ELMER GACIA RICO. Manual de Diseño en canales y obras de arte. Chiclayo-Perú 1987.

## **ANEXOS**



Elaboracion del canal hidráulico .

Fuente: Elaboración propia.



Colocación de las lunas en el canal hidráulico.  
Fuente: Elaboración propia.



Instalación de las tuberías de 1 pulg. y de 4 pulg.

Fuente: Elaboración propia.



Instalación del motor bomba de 1,000 Hp.

Fuente: Elaboración propia.



Instalación de los conectores eléctricos para el motor.  
Fuente: Elaboración propia.



Sarandeo y limpieza de la gravilla de media.

Fuente: Elaboración propia.



Colocación de material en el canal hidráulico.

Fuente: Elaboración propia.



Colocación de la rejilla en el vertedero para no permitir el paso del material.  
Fuente: Elaboración propia.



Medición del cauda con la gravilla de media.

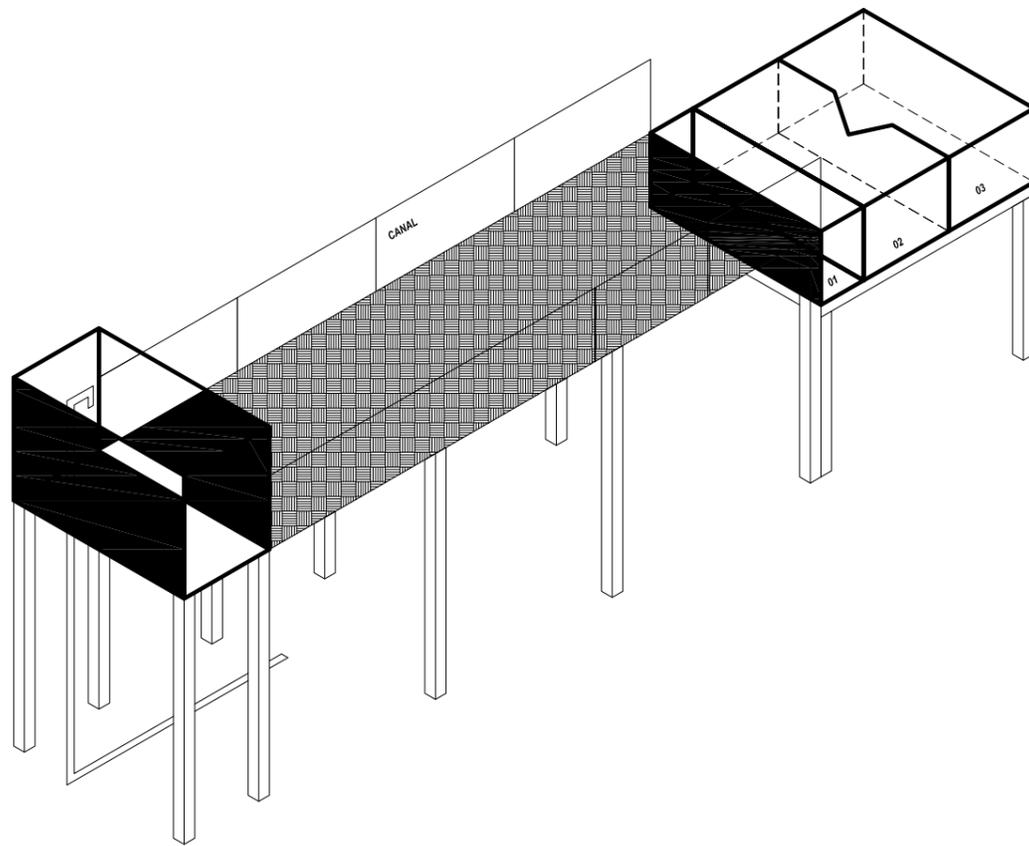
Fuente: Elaboración propia.



Elaboración de los ensayos con la gravilla de media y cofitillo.  
Fuente: Elaboración propia.

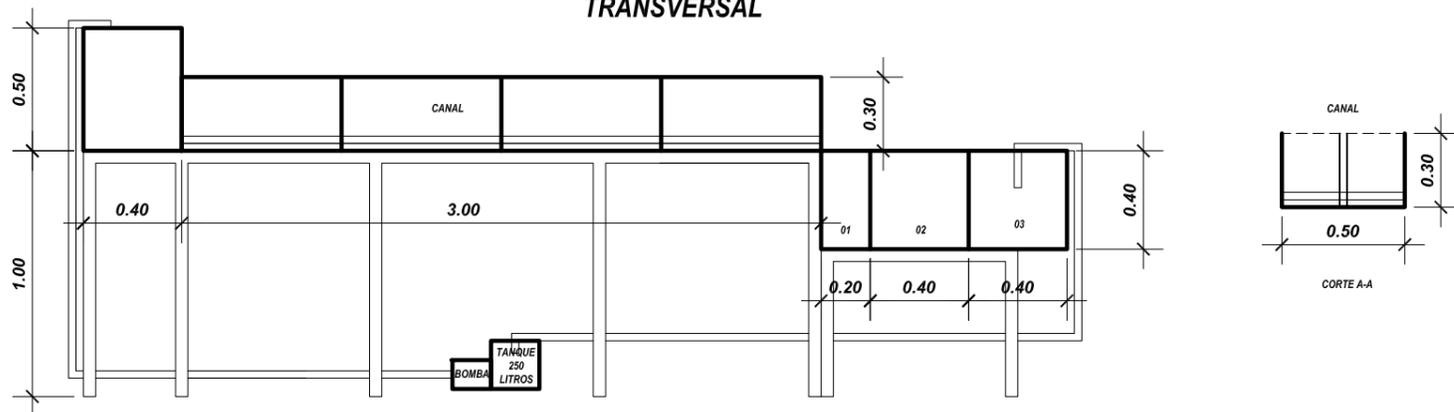


Elaboración de los ensayos con la gravilla de media y cofitillo.  
Fuente: Elaboración propia.



ESQUEMA EN 3D

SECCIÓN  
TRANSVERSAL



	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEÑOR ORREGO</b>	
	TÍTULO: DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING PARA SUPERFICIES GRANULARES MEDIANTE LA SIMULACIÓN DE UN CAUCE NATURAL.	ASESORES: MSc. RICARDO ANDRÉS NARVAEZ ARANDA
FECHA: OCT. 2015	ESCALA: 1/50	<b>A-01</b>