

Hidráulica

Capítulo 7: Diseño de canaleta Parshall

ISBN: 978-9942-42-101-2

Edición: Primera

Editorial: AutanaBooks SAS

Fecha de Publicación: Abril 2022

Autores: Sleyther Arturo De La Cruz Vega, Cristian Milton Mendoza Flores, Fernando Ricardo Arteaga Valdez, Cristina Johanna Toledo Toledo, Fernando Demetrio Llatas Villanueva, José Luis Zumarán Iribarren.

ISBN: 978-9942-42-101-2



INFORMACIÓN DE LOS AUTORES

Sleyther Arturo De La Cruz Vega



Ingeniero civil con maestría en ecología y gestión ambiental. Cuenta con estudios de doctorado en ingeniería civil. Tiene experiencia en el área de proyectos. Es docente de la universidad nacional de Barranca, asesor de tesis y proyectos de investigación.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0254-301X>

Correo: sdelacruz@unab.edu.pe

Afiliación institucional: Universidad Nacional de Barranca

Cristian Milton Mendoza Flores



Licenciado en física de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo desde el año 2006 en la ciudad de Lambayeque, Perú, también cuenta con el grado de maestro en ecología y gestión ambiental de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión desde el año 2018. En la actualidad es docente de la Universidad José Faustino Sánchez Carrión y desempeña el cargo de director (e) del departamento académico de física

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2298-6224>

Correo: cmendozaf@unjfsc.edu.pe

Afiliación institucional: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Fernando Ricardo Arteaga Valdez

Ingeniero pesquero, con estudios de posgrado en proyectos y desarrollo empresarial, con alta experiencia en administración pública. Actualmente en el cargo de asistente administrativo en la oficina central de admisión de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6453-1925>

Correo: farteaga@unjfsc.edu.pe

Afiliación Institucional: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Cristina Johanna Toledo Toledo

Comunicadora social, magíster en gestión pública, con estudios de doctorado en Ciencias de la Educación, con especialidad en marketing, docente en la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5591-2539>

Correo: ctoledo@unjfsc.edu.pe

Afiliación Institucional: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión



Fernando Demetrio Llatas Villanueva

Ingeniero civil, con estudios de posgrado gerencia de obras y construcción moderna y además con gestión universitaria, con experiencia en gerencia y docente de la Universidad Cesar Vallejo y Universidad Nacional de Jaén en el área de gerencia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5718-948X>

Correo: fernando.llatas@unj.edu.pe

Afiliación Institucional: Universidad Nacional de Jaén

José Luis Zumarán Iribarren:



Ingeniero civil con maestría en gestión pública, cuenta con estudios de doctorado en ciencias ambientales de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, tiene experiencia en el área de proyectos y ejecución de obras públicas y privadas, Es docente nombrado en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, asesor y jurado de tesis y proyectos de investigación.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3688-5851>

Correo: jzumarani@jfsc.edu.pe

Afiliación institucional: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

I. INTRODUCCIÓN

La Canaleta Parshall que fue inventada en el año 1920 por R. Parshall, esta es mayormente usada en aguas residuales y de abastecimiento para los cultivos. Mediante ecuaciones, Parshall estableció dimensiones que se ajustan al diseño, una de las ventajas es la conversión de energía de posición a energía de velocidad, ya que en otras estructuras de medición se da las pérdidas mínimas de energía en esta no permite la sedimentación [1].

El estructuramiento del proyecto esta adherido por distintos modelos que definen su comportamiento y limitan su uso. Este es el caso de una longitud de aproximación de la entrada del canal, que no es más que una distancia primaria para la acción del flujo dentro del canal. Durante la historia se realizaron una serie de estudios en un intento de establecer un valor aproximado y realista de la longitud a la hora de realizar las mediciones, pero las teorías planteadas se perdieron. Hay personas que enlazan esta longitud con el estrecho de la garganta, y otros sugieren condiciones de caudal antes de ingresar a la canaleta.

Para el desarrollo del proyecto establecido con sus respectivos objetivos en mención se realizó la respectiva estructuración: Para la medición se tomará los puntos ya establecidos en campo con ayuda de una estación total, GPS, así poder verificar las medidas respectivas de tal canaleta Parshall. Para los cálculos y el diseño, se introducirá los puntos en el civil 3D para poder verificar si los puntos tomados son los correctos y que distancias tienen entre sí, a través de ello podemos aplicar distintos métodos para poder verificar el diseño que tiene esta canaleta Parshall. Para la evaluación y replanteo de la canaleta, de ser el caso se realizará un replanteo en planta con los datos ya calculados en gabinete y evaluaremos la situación en la cual se encuentra, así poder aplicar una solución posible, para que no ocurra un desperfecto.

En el presente informe nos enfocamos en realizar y rediseñar un canal hidráulico de regadío donde encontramos una sección Parshall, la cual tiene como función medir el caudal que se encuentre en dicha sección. Las medidas que se encuentren en campo podrán ser verificadas en gabinete mediante fórmulas y software para poder verificar si los datos son los correctos, de ser así podremos decir que está bien diseñada, de no ser el caso se buscara una posible solución haciendo un estudio de campo.

II. ASPECTOS TEÓRICOS

A. Propiedades de los fluidos

El fluido se define como una sustancia que pierde continuamente su forma cuando esta se somete a una tensión de corte, por muy minúscula que esta sea [2].

Se puede caracterizar en dos maneras, una que está en rose constante con la atmosfera ya sea en estructuras como canales, ríos o alcantarillas, mientras que el otro flujo es la que se da en tuberías la cual se ejerce una presión sobre el líquido [3].

A continuación, se muestra algunas propiedades que se dan en los fluidos asimismo con su respectiva formula:

Densidad específica:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1)$$

Donde:

m: masa (kg)

V: volumen (m³)

Peso específico:

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{m \cdot g}{V} = \rho \cdot g \quad (2)$$

Donde:

W: peso (N)

V: volumen (m³)

Volumen específico:

$$v = \frac{1}{\rho} \quad (3)$$

Donde:

v: volumen específico

La viscosidad tiene relación con el roce interno que se da en un fluido, además esta depende en el estado en que se encuentra ya que existen algunos líquidos con mayor viscosidad que otros característicos por su temperatura y presión, se representa mediante la letra griega “ η ” [3].

Tensión superficial:

Esta propiedad produce una pequeña tensión en la superficie del líquido, lo que origina esta fuerza viene a ser la cohesión entre moléculas y la adherencia que se da del fluido al sólido [3].

B. Flujo en un canal:

En un canal encontramos flujos que dependen principalmente de diferentes causas como la gravedad y las fuerzas viscosas, como también encontramos diferentes regímenes en la desagregación del fluido: el régimen turbulento y el régimen laminar. El régimen laminar, se presenta pocas veces en los canales debido a que el agua tiene baja viscosidad cinemática, por lo contrario, el régimen turbulento se da en canales abiertos, en el cual nos permite definir la velocidad y profundidad de una sección de acuerdo al tipo de caudal en una canaleta [4].

Tipos de flujos en Canales:

Los Tipos de flujos se define de acuerdo a la variable de la referencia que se tome, tales como: [4]

Flujo Permanente y No Permanente

El Flujo es permanente si los parámetros (tirante, velocidad, etc.) no cambian con respecto al tiempo.

Flujo Uniforme y Variado

El flujo es Uniforme si los parámetros (tirante, velocidad, área, etc.) no cambian con respecto al espacio.

El flujo Gradualmente Variado si los parámetros hidráulicos, cambian en forma gradualmente a lo largo del canal, como es el caso de una curva de remanso.

El flujo Rápidamente Variado

El Flujo Rápidamente Variado si los parámetros varían instantáneamente en una distancia muy pequeña, como es el caso del resalto hidráulico.

C. Clasificación de los canales

Por su origen:

Canaletas Naturales: Se considera aquellos que son de tierra en el cual podemos encontrar acequias, quebradas, ríos, etc. Estas canaletas tienen dimensiones muy irregulares. Para tener un estudio más adecuado sobre la conducción de canales naturales, únicamente se recurre a los diferentes conocimientos, así como de hidráulica, topografía y mecánica de suelos. [5]

Canales artificiales: Son aquellos que tienen la intervención de la mano del hombre; tales como canales de tierra con bastantes malezas, cunetas de drenaje y canales de las centrales hidroeléctricas, etc. [5]

Por su función

Canaletas de primer orden: Determinado el canal de derivación o principal y por lo cual es recomendable tener pendiente mínima, se ubica normalmente a un extremo, porque colinda con terrenos eriazos (cerros) por el otro extremo. [5]

Canal de segundo orden: Determinado como canales laterales, estos yacen del canal principal y caudal que transportan, el área bajo riego que irriga por un lateral se le denomina unidad de riego. [5]

Canal de tercer orden: Denominado como sub laterales y nacen de canales laterales, el caudal que transportan es distribuidas en parcelas individualmente de toma directa. [5]

D.Elementos básicos en el diseño de canales

Para el diseño se toma en cuenta la geología, geología topográfica, geotecnia, hidráulica, ambientales, etc.

Trazo de canales

Para desarrollar el trazo de un canal o más se recomienda recopilar información tales como: [5]

- a) Imágenes satelitales, que te permitirán observar la ubicación y lugares de acceso.
- b) Planos topográficos y catastrales.
- c) Estudios de suelos e información que permita el diseño del trazo de los canales.

*Sección hidráulica óptima**Determinación de Máxima Eficiencia Hidráulica*

Para el diseño de un canal se debería tener en cuenta para una máxima eficiencia hidráulica, por lo que debería de tener una misma pendiente y área que traslade el más alto caudal viable, para eso se establece el perímetro mojado al menos, la ecuación a utilizar es [5]:

$$\frac{b}{y} = 2 * tg \left(\frac{\theta}{2} \right) \quad (4)$$

Siendo:

θ : el ángulo que forma el talud con la horizontal, $\arctan(1/z)$.

b: solera del canal.

y: altura o tirante de agua.

Determinación de Mínima Infiltración

Aplicamos para tener la pérdida mínima de agua posible por infiltración en canales de tierra, Se utiliza cuando queremos obtener la menor pérdida de agua posible por infiltración en los canales de tierra, esto requiere de del tirante del canal y el tipo de suelo, ecuación a usar [5]:

$$\frac{b}{y} = 4 * tg \left(\frac{\theta}{2} \right) \quad (5)$$

Tabla 1. Relación de plantilla vs tirante para, máxima eficiencia, mínima infiltración [4]

Talud	Angulo	Máxima eficiencia	Mínima infiltración	Promedio
Vertical	90°00''	2,0000	4,0000	3,0000
¼: 1	75°58''	1,5616	3,1231	2,3423
½: 1	63°26''	1,2361	2,4721	1,8541
4/7: 1	60°15''	1,1606	2,3213	1,7410
¾: 1	53°08''	1,0000	2,0000	1,5000
1: 1	45°00''	0,8284	1,6569	1,2426
1 ¼: 1	38°40''	0,7016	1,4031	1,0523
1 ½: 1	33°41''	0,6056	1,2111	0,9083
2: 1	26°34''	0,4721	0,9443	0,7082
3: 1	18°26''	0,3246	0,6491	0,4868

Radios mínimos en canales

Para el diseño de los canales de riego, en caso esté cambios bruscos se suple por curvas cuyo radio no sea bastante enorme, por medio del cual se sustituye por un radio mínimo, esto no supone que habrá ahorro de energía, la curva hidráulicamente no va a ser bastante eficiente, por lo opuesto, va a ser más caro por darle una más grande longitud. [6]

Tabla 2. Radios Mínimos en función al gasto [5].

Capacidad del canal	Radio mínimo
Hasta 10 m³/s	3,0° ancho de solera
De 10 - 14 m³/s	4,0° ancho de solera
De 14 - 17 m³/s	5,0° ancho de solera
De 17 - 20 m³/s	6,0° ancho de solera
De 20 m³/s a mayor	7,0° ancho de solera
Redondear los radios mínimos al próximo metro superior	

Rasante de un canal

Una vez definida el eje del canal, procedemos a graficar el perfil longitudinal, se debería considerar las escalas a utilizar habitualmente son 1:100 o 1:200 verticalmente y 1:1000 o 1:2000 horizontalmente, y para la interacción de escalas verticales y horizontales son de 1 a 10. Para hacer el grafico y procesar la información en campo se utilizará el programa Civil 3D, AutoCAD, etc. [6]

*E. Estudio topográfico**Levantamiento Planimétrico*

Para un levantamiento planimétrico se inicia con la toma de punto llamado BM, gradualmente con el equipo topográfico y la estación total se desarrolla el levantamiento topográfico y así conseguir la planimetría de todo el canal [8].

De igual manera se debe realizar una planimetría en la sección donde se desea realizar el levantamiento tomando

en cuenta los datos de los azimuts, las distancias y referenciarlas en un apunte de campo, así como también se debe ejecutar una altimetría para poder establecer las elevaciones que existen en los puntos a lo largo del tramo señalado [7].

F. Estudio de mecánica de suelos

En el sector del plan de averiguación seleccionado se tienen que realizar muestras de investigación inalteradas y alteradas con los cuales se evaluará mediante pruebas en el laboratorio, lo cual dejará conseguir el tipo del suelo y brindar las sugerencias para el diseño del canal a construir [8].

G. Características geométricas e hidráulicas de un canal

Un canal es un ducto abierto en la que el agua fluye por gravedad y sin ayuda de la presión y la superficie libre del agua está constante interacción con la atmósfera. Cada uno de ellos se muestra a continuación [9].

Características geométricas

b: Borde interior

B: Base inferior del canal

B': Base superior del canal

b': Borde exterior

h: Profundidad del canal

θ : Angulo del talud del canal

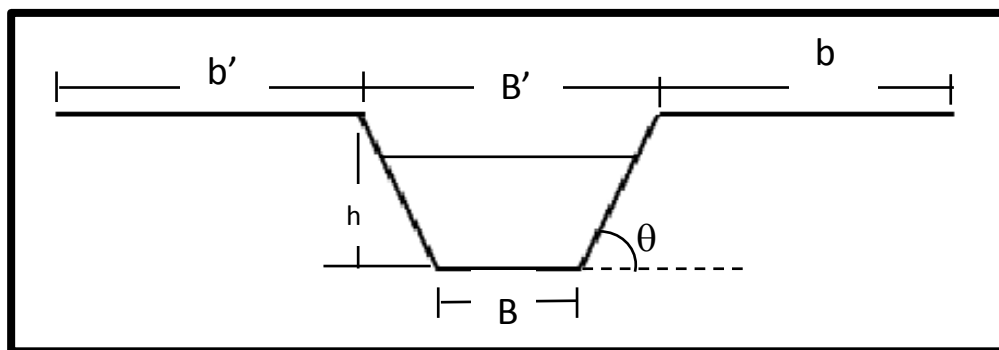


Figura 1. Características geométricas

Características hidráulicas

Q: Caudal del agua (Lt/s)

V: Velocidad del agua (m/s)

A: Área de la sección transversal (m²)

S: Pendiente del canal (%)

d: Tirante de agua o profundidad

R: Radio hidráulico $R=A/P$

p: Perímetro mojado (m)

n: Coeficiente de rugosidad

H. Diseño hidráulico de canales

Se tiene que examinar diferentes cambiantes, como, por ejemplo: pendiente, rapidez mínima y máxima permitida, material de la parte, coeficiente de rugosidad, talud, etc. [10]

Robert Manning estableció su icónica fórmula en el trabajo "On the flow of water in open channels and pipes", presentado a la Institución de Ingenieros Civiles de Irlanda el 4 de diciembre de 1889. [10]

Ecuación de Manning y su fórmula:

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2} \quad (6)$$

Donde:

Q = Caudal (m^3/s).

S = Pendiente.

n = Rugosidad.

A = Área (m^2).

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

I. Procedimiento de diseño

Los procedimientos para realizar el diseño de cal son las siguientes [11]:

1. Seleccionar y diseñar el tipo de sección a utilizar.
2. Hallar la gradiente de energía al inicio de la sección del canal.
3. Calcular las variables de flujo en la sección del canal.
4. Diseñar la ruta y la parte empinada de la sección del canal.
5. Asumir la altura del fondo de la poza de dispersión y calcule las características de flujo aguas arriba del salto hidráulico. Calcular Y_2 y el gradiente de energía después del salto hidráulico.
6. Determinar el gradiente de energía en el canal aguas debajo de la estructura y comparar con el gradiente de energía después del salto hidráulico.
7. Puede ser necesario asumir una nueva elevación del fondo de la poza y volver a calcular los valores anteriores varias veces, antes de que se pueda obtener una coincidencia del nivel de energía.
8. Revisar para una operación adecuada con capacidades parciales.
9. Determinar la longitud de la poza y la altura de muros de la poza.
10. Diseñar los bloques del canal y el umbral terminal o transición de salida como se requiera.
11. Verificar la posibilidad de la producción de ondas en la estructura.
12. Si es necesario proporcionar protección en el canal aguas abajo.

J. Ecuaciones fundamentales

En cuanto a las ecuaciones básicas de la hidráulica, las tocaremos de manera limitada, no solo las ecuaciones en sí. Los fenómenos que nos presenta la hidráulica son difíciles de analizar teóricamente, actuar experimentalmente y aplicar estos resultados a las ecuaciones en estudio. [12]

Ecuación de Continuidad o de Gasto

El caudal o gasto es la cantidad de fluido que pasa a través de una sección activa de un flujo por unidad de tiempo. [12]

Energía específica y Profundidad Crítica

Con respecto al flujo variado, no mantuvo constantes todos los elementos de la sección de una parte a otra; es útil relacionar el flujo con curvas de Energía Específica [12].

Ecuación de Bernoulli o Ecuación de la Energía

Esta ecuación surge de la aplicación de las leyes de Newton y el teorema de la energía cinética sobre fluidos en movimiento. Se deduce suponiendo un flujo que conserva la energía, estacionario y un líquido incompresible [13].

K. Canaleta Parshall

Está dividido en tres partes fundamentales; la sección convergente, garganta y sección divergente. Además, cuenta con sus respectivos puntos de medición indicados de acuerdo a los criterios establecidos de diseño [14].

El uso del aforador tipo Parshall es común en proyectos que requieren medir volúmenes de aguas residuales. Es común encontrar que dichos aforadores no cumplen con varias de las indicaciones establecidas en las normas correspondientes [14].

Funcionamiento de una canaleta Parshall

Cuando se da un embalse o cuando un Canal de regadío se ramifica o subdivide en dos o más causas, se necesitan realizar las obras de regulación [14].

Los sistemas de regulación poseen partes móviles, además su lamina puede moverse hacia arriba y hacia abajo. Cuando se mantiene un caudal proporcionalmente constante aguas arriba, se puede asegurar la altura de carga en igualdad con la cota del canal, lo que permitiría conocer el caudal que pasa por él [14].

Tipos de canaletas Parshall

a) Descarga Libre

Este tipo de canaleta como en los vertederos su descarga es libre, y la medición siempre debe hacerse a $2/3$ del inicio de la garganta [15].

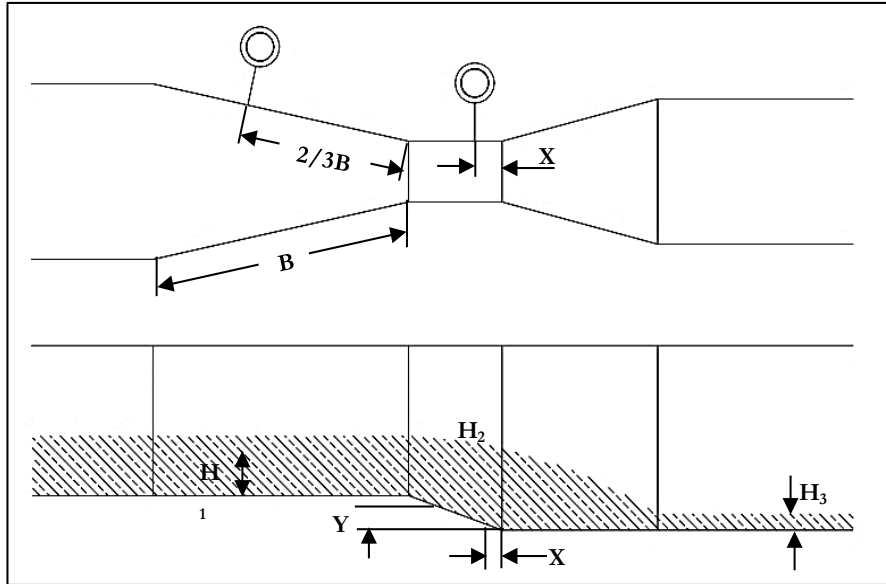


Figura 2. Canaleta Parshall libre

b) Ahogado

En esta canaleta, el nivel de líquido aguas abajo tiene un efecto sobre el flujo en el medidor [15]

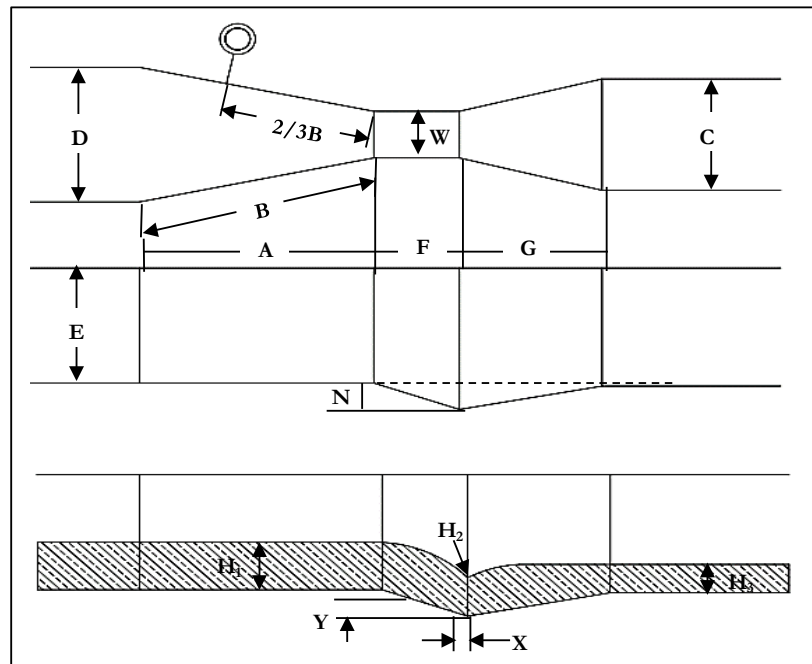


Figura 3. Canaleta Parshall ahogada

Características

El medidor Parshall cuenta con 3 partes principales: Una sección convergente a la entrada, Una Garganta de paredes paralelas y una sección Divergente hacia la salida [16].

En cualquier punto del aforador, este presenta una sección rectangular de paredes verticales. En la parte convergente la base es horizontal y el ancho va achicándose desde el ancho del canal donde se encuentra el centro [16].

Por la parte de la garganta, la pendiente del piso es descendiente hacia aguas abajo permaneciendo el ancho constante de paredes paralelas verticales [16].

Finalmente, en la salida la pendiente del piso es ascendente hacia arriba y el ancho va aumentando hasta igualarse al ancho del canal. La intersección que se produce por la relación en la base de la entrada y en la garganta se denomina cresta del medidor y su ancho tamaño del medidor [16].

Materiales de construcción de la canaleta Parshall

En la elaboración de los medidores Parshall se emplea diferentes materiales tales como láminas de metal o material orgánico como láminas de madera, incluso recientemente se ha utilizado fibra de vidrio. Esta elaboración también se puede directamente sobre el terreno con uso de elementos de mampostería como bloques tallados o ladrillos, pudiéndose también hacer con concreto armado para lograr una mayor vida útil del producto [17].

L. Dimensionamiento de la canaleta Parshall

Los medidores de Parshall menos usados poseen un ancho de garganta de 2.54 cm (1pulg), por otro lado, el mayor Medidor de Parshall construido hasta la fecha es de 15,24 cm (50 ft) además de tener una capacidad de 85 000 l/s [17].

Principio de funcionamiento

El principio de funcionamiento del Medidor de PARSHAL está basado en el flujo Crítico que se encuentra en la garganta del aforador, dicho sea, el caso los aforadores de Parshall son estructuras cuyo uso es único y es para la medición de los gastos. Se diseñan haciendo uso de los principios Hidráulicos del flujo crítico [17].

La estructura produce las condiciones del flujo crítico por medio del ensanchamiento de las paredes del canal o también por elevación o depresión de la plantilla, ya sea en una sección transversal o en un tramo específico. Es de esta manera que existe una relación matemática entre el Caudal y el nivel "h" [17].

Su funcionamiento está reglamentado en la asunción de que el flujo subcrítico se produce en el estrechamiento, a su vez, la introducción de la caída en el piso de la canaleta produce flujo supercrítico a través de la garganta. Debido a la aceleración del flujo se puede establecer una relación matemática entre el agua y el caudal [17].

Para que la canaleta opere de manera adecuada este debe construirse de acuerdo a las dimensiones estándar que se proveen en las tablas respectivas (tabla 4 y 5) [17].

El canal de Parshall es auto limpiante, requiriendo solo una lectura de la lámina que pasa por el medidor en flujo libre. El caudal es proporcional al nivel medido en el punto especificado en la sección de convergencia [17].

Tabla 3. Cuadro de Datos Técnicos.

Cuadro de datos técnicos WGS - 84			
Punto	Este	Norte	Cota
1	203467.03	8812035.22	198.20
2	203459.49	8812030.30	197.90
3	203458.71	8812030.13	197.85
4	203457.65	8812029.10	197.79
5	203457.14	8812028.77	197.76
6	203456.29	8812028.40	197.71
7	203453.80	8812026.81	197.52
8	203452.98	8812026.51	197.44
9	203410.87	8811999.54	196.86
10	203411.52	8811998.53	196.86
11	203453.62	8812025.50	197.44
12	203454.24	8812026.12	197.52
13	203456.73	8812027.71	197.71
14	203457.42	8812028.34	197.76
15	203457.93	8812028.67	197.79
16	203459.30	8812029.22	197.85
17	203459.78	8812029.86	197.90
18	203467.32	8812034.78	198.20

Pendiente

$$S = \frac{198.2 - 196.86}{66.5375} = 0.0202 \quad (7)$$

TRAMO I

$b_1=0.53$

$y_1=0.36$ m

$S_1=0.0202$

$n_1=0.014$ (Según Tabla: Concreto bien acabado Usado)

Cálculo del tirante normal

Por ecuación de Manning:

$$Q = \frac{A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (8)$$

Donde:

Q: Caudal de diseño

A: Área hidráulica

P: Perímetro mojado

R: Radio hidráulico

S: Pendiente del canal

T: Espejo de agua

y: Tirante de agua

Cálculo del área hidráulica (A)

$$A_1 = b_1 * h \quad (9)$$

$$A_1 = 0.53 * 0.36$$

$$A_1 = 0.191m^2$$

Cálculo del perímetro mojado (P)

$$P_1 = b + 2y_1 \quad (10)$$

$$P_1 = 0.53 + 2y_1$$

$$P_1 = 1.25m$$

Cálculo del radio hidráulico (R)

$$R_1 = \frac{A_1}{P_1} \quad (11)$$

$$R_1 = 0.153m$$

Cálculo de la velocidad media (V)

$$V_1 = \frac{R_1^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (12)$$

$$V_1 = \frac{0.153^{\frac{2}{3}} * 0.0202^{\frac{1}{2}}}{0.014}$$

$$V_1 = 2.9 m/s$$

Cálculo de la velocidad media (V)

$$Q = \frac{A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (13)$$

$$Q = \frac{0.1908 * 0.153^{\frac{2}{3}} * 0.0202^{\frac{1}{2}}}{0.014}$$

$$Q = 0.55 \text{ m}^3/\text{s}$$

Borde Libre (B.L)

$$B.L = 0.35 \text{ m} \quad (14)$$

TRAMO III: CANALETA PARSHALL

Selección de la canaleta

Tabla 4. Fórmulas para canales Parshall

Ancho de la garganta (W)(cm)	Ecuación"	Capacidad(L/s)	
2,5	(1")	$Q = 0,055H_a^{1,5}$	0,3 - 5
5,0	(2")	$Q = 0,110H_a^{1,5}$	0,6 - 13
7,6	(3")	$Q = 0,176H_a^{1,547}$	0,8 - 55
15,2	(6")	$Q = 0,381H_a^{1,58}$	1,5 - 110
22,9	(9")	$Q = 0,535H_a^{1,53}$	2,5 - 250
30,5	(12")	$Q = 0,690H_a^{1,522}$	3,1 - 455
0,51 m 45,7	(18")	$Q = 1,054H_a^{1,538}$	4,3 - 700
61,0	(24")	$Q = 1,426H_a^{1,55}$	12 - 950
91,4	(36")	$Q = 2,182H_a^{1,566}$	17 - 1400
121,9	(48")	$Q = 2,935H_a^{1,578}$	37 - 1900
152,4	(60")	$Q = 3,728H_a^{1,587}$	60 - 2400
182,8	(72")	$Q = 4,515H_a^{1,595}$	70 - 2900
213,4	(84")	$Q = 5,306H_a^{1,601}$	115 - 3450
243,8	(96")	$Q = 6,101H_a^{1,606}$	130 - 3950
305,0	(120")	$Q = 7,463H_a^{1,6}$	250 - 5660

Tabla 5. Dimensiones de la canaleta Parshall

W	A	B	C	D	E	F	G	K	N	R	M	P	X	Y
(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
2,5	36,3	35,6	9,3	16,8	22,9	7,6	20,3	1,9	2,9	-	-	50,0	0,8	1,3
5,1	41,4	40,6	13,5	21,4	35,6	11,4	25,4	2,2	4,3	-	-	70,0	1,6	2,5
7,6	46,6	45,7	17,8	25,9	38,1	15,2	30,5	2,5	5,7	40,6	30,5	76,8	2,5	3,8
15,2	62,1	61,0	39,4	40,3	45,7	30,5	61,0	7,6	11,4	40,6	30,5	90,2	5,1	7,6
22,9	88,0	86,4	38,0	57,5	61,0	30,5	45,7	7,6	11,4	40,6	30,5	108,0	5,1	7,6
30,5	137,2	134,4	61,0	84,5	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	50,8	38,1	149,2	5,1	7,6
45,7	144,9	142,0	76,2	102,6	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	50,8	38,1	167,6	5,1	7,6
61,0	152,5	149,6	91,5	120,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	50,8	38,1	185,4	5,1	7,6
91,5	167,7	164,5	122,0	157,2	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	61,0	38,1	222,3	5,1	7,6
122,0	183,0	179,5	152,5	193,8	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	61,0	45,7	271,1	5,1	7,6
152,5	198,3	194,1	183,0	230,3	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	61,0	45,7	308,0	5,1	7,6
182,8	213,5	209,0	213,5	266,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	61,0	45,7	344,2	5,1	7,6
213,5	228,8	224,0	244,0	303,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	61,0	45,7	381,0	5,1	7,6
244,0	244,0	239,2	274,5	340,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	61,0	45,7	417,2	5,1	7,6
305,0	274,5	427,0	366,0	475,9	122,0	91,5	183,0	15,3	34,3	-	-	-	30,5	22,9

Cálculo de altura de agua en la sección convergente

Datos:

$$Q_1 = 550 \text{ lps} = 0.55 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q = 1.426 H_0^{1.55} \quad (15)$$

$$H_0 = \left(\frac{Q}{1.426} \right)^{1/1.55} = \left(\frac{0.55}{1.426} \right)^{1/1.55}$$

$$H_0 = 0.54 \text{ m}$$

Ancho del canal en la sección de H_0

Datos:

D=108.9 cm

W=51 cm

$$D' = \frac{2}{3} (D - W) + W \quad (16)$$

$$D' = \frac{2}{3} (1.089 - 0.51) + 0.51$$

$$D' = 0.896 \text{ m}$$

Velocidad en la sección de H_0

$$V_0 = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{(H_0 * D)} \quad (17)$$

$$V_0 = \frac{0.55}{(0.54 * 0.896)}$$

$$V_0 = 1.14 \text{ m/s}$$

Caudal específico en la garganta de la canaleta

$$q = \frac{Q}{W} = \frac{0.55}{0.51} \quad (18)$$

$$q = 1.08 \text{ m}^3/\text{s}$$

Carga hidráulica disponible en la garganta

Datos:

$$N = 22.9 \text{ cm}$$

Ecuación de la Energía

$$E_0 = \frac{V_0^2}{2g} + H_0 + N \quad (19)$$

$$E_0 = \frac{1.14^2}{2 * 9.81} + 0.54 + 0.229$$

$$E_0 = 0.827 \text{ m}$$

Altura de agua en la sección de la garganta H_2

$$E_0 = E_2 = \frac{V_2^2}{2g} + H_2 \quad (20)$$

$$V = \frac{Q}{A} \rightarrow V = \frac{Q}{W * H_2}$$

Reemplazamos

$$E_0 = \frac{q^2}{2g \cdot H_2^3} + H_2 \rightarrow 0.827 = \frac{1.08^2}{2 \cdot 9.81 \cdot H_2^3} + H_2$$

$$E_0 = \frac{0.0594}{H_2^3} + H_2 \rightarrow H_2^3 - 0.827H_2^2 + 0.0594 = 0$$

$$E_0 = \frac{0.0594}{H_2^3} + H_2 \rightarrow H_2^3 - 0.827H_2^2 + 0.0594 = 0$$

$$H_{21} = -0.236$$

$$H_{22} = 0.709$$

$$H_{23} = 0.355$$

$$H_{23} = 0.355$$

Velocidad en la sección de la garganta H2

$$V_2 = \frac{q}{H_2} = \frac{1.08}{0.355} \quad (21)$$

$$V_2 = 3.04 \text{ m/s}$$

Sumergencia en la canaleta Parshall

$$S = \frac{H_2}{H_0} * 100 = \frac{0.355}{0.54} * 100 \quad (22)$$

100

$$S = 65.7\% \Rightarrow \text{Canaleta Parshall con descarga libre.}$$

Canaleta Parshall con descarga libre.

Ancho de la garganta (W mm)	Sumergencia máxima permitida (S%)	Ancho de la garganta (W m)	Sumergencia máxima permitida (S%)	Ancho de la garganta (W m)	Sumergencia máxima permitida (S%)
25,4	50	0,3048	70	2,4384	70
50,8	50	0,4572	70	3,0480	80
76,2	50	0,6096	70	3,6580	80
152,4	60	0,9144	70	4,5720	80
228,6	60	1,2192	70	6,0960	80
		1,5240	70	7,6200	80
		1,8288	70	9,1440	80
		2,1336	70	12,1920	80
			70	15,2400	80

$S < S_{\text{máx}}$ Canaleta Parshall con descarga libre
 $S > S_{\text{máx}}$ Canaleta Parshall con descarga ahogada

Cálculo del número de Froude

$$F_2 = \frac{V_2}{\sqrt{g \cdot H_2}} = \frac{3.04}{\sqrt{9.81 \cdot 0.355}} \quad (23)$$

$$F_2 = 1.63$$

Cálculo de altura de agua en el resalto

$$H_3 = \frac{H_2}{2} [(1 + 8F_2^2)^{0.5} - 1] \quad (24)$$

$$H_3 = \frac{0.355}{2} [(1 + 1.63^2)^{0.5} - 1]$$

$$H_3 = 0.66 \text{ m}$$

Velocidad en el resalto

$$V_3 = \frac{q}{H_3} = \frac{1.08}{0.66}$$

$$V_3 = 1.64 \text{ m/s}$$

Altura de agua en la sección de salida

$$H_4 = H_3 - (N - K) \quad K = 7.6 \text{ cm} \quad (25)$$

$$H_4 = 0.66 - (0.229 - 0.076)$$

$$H_4 = 0.507 \text{ m}$$

Cálculo "x" de la elevación de la cresta

$$x = H_4 - (H_5 + k) \quad H_5: 0.24 \text{ m} \quad (26)$$

$$x = 0.507 - (0.24 + 0.076)$$

$$x = 0.191 \text{ m}$$

Por motivo de seguridad se recomienda aumentar un 10% al factor x

$$x = 0.191 * 1.10$$

$$x = 0.21 \text{ m}$$

TRAMO II: DIAGONAL

$$b_3 = 1.09$$

$$b_1 = 0.53$$

$$C.A = 0.75$$

$$C.O = \frac{b_3}{2} - \frac{b_1}{2} = 0.28 \quad (27)$$

$$L.I. = \sqrt{0.75^2 + 0.28^2} = 0.801$$

TRAMO IV

$$b_4 = 0.82$$

$$Q_1 = 0.55$$

$$S_1 = 0.0202$$

$$n_1 = 0.014$$

CÁLCULO DEL TIRANTE NORMAL

Por ecuación de Manning:

$$Q = \frac{A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (12)$$

Donde:

Q: Caudal de diseño

A: Área hidráulica

P: Perímetro mojado

R: Radio hidráulico

S: Pendiente del canal

T: Espejo de agua

y: Tirante de agua

$$A_4 = 0.82y_4$$

$$P_4 = 0.82y_4 + 2y_4$$

$$R_4 = \frac{A_4}{P_4}$$

Reemplazando en la ecuación se tiene:

$$0.55 * 0.014 = (0.82y) \left(\frac{0.82y}{0.82 + 2y} \right)^{\frac{2}{3}} * 0.0202^{\frac{1}{2}}$$

$$y_4 = 0.235 \text{ m}$$

Cálculo del área hidráulica (A)

$$A_4 = b_4 * h \quad (9)$$

$$A_4 = 0.82 * 0.235$$

$$A_4 = 0.192 m^2$$

Cálculo del perímetro mojado (P)

$$P_4 = b + 2y_4 \quad (10)$$

$$P_4 = 0.82 + 2 * 0.235$$

$$P_4 = 1.288 m$$

Cálculo del radio hidráulico (R)

$$R_4 = \frac{A_4}{P_4} \quad (11)$$

$$R_4 = 0.149 m$$

Cálculo de la velocidad media (V)

$$V_4 = \frac{Q_4}{A_4} = \frac{0.55}{0.192} \quad (17)$$

$$V_4 = 2.866 m/s$$

Borde Libre (B.L)

$$B.L = 0.35 m$$

Tramo V

$$b_6 = 0.4$$

$$Q_1 = 0.55$$

$$S_1 = 0.0202$$

$$n_1 = 0.014$$

$$C.A = 0.60 - \frac{0.45}{2} = 0.375$$

$$C.O = 0.5$$

$$\theta = \text{atan}\left(\frac{0.5}{0.375}\right)$$

$$\theta = 53.13^\circ$$

$$Z_6 = \text{ctg}(53.16^\circ)$$

$$Z_6 = 0.75$$

Cálculo del tirante normal

Por ecuación de Manning:

$$Q = \frac{A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (12)$$

Donde:

Q: Caudal de diseño

A: Área hidráulica

P: Perímetro mojado

R: Radio hidráulico

S: Pendiente del canal

T: Espejo de agua

y: Tirante de agua

$$A_6 = (0.4 + 0.75y_6) * y_6 \quad (28)$$

$$P_6 = b_6 + 2y_6 * \sqrt{1 + 0.75^2} \quad (29)$$

$$R_6 = \frac{A_6}{P_6} \quad (11)$$

Reemplazando en las ecuaciones se tiene:

$$0.55 * 0.014 = (0.4 + 0.75y) * y \left(\frac{(0.4+0.75y)*y}{0.4+2y*\sqrt{1+0.75^2}} \right)^{\frac{2}{3}} * 0.0202^{\frac{1}{2}}$$

$$y_6 = 0.295m$$

Cálculo del área hidráulica (A)

$$A_6 = (0.4 + 0.75y_6) * y_6 \quad (30)$$

$$A_6 = 0.183m^2$$

Cálculo del perímetro mojado (P)

$$P_6 = b_6 + 2y_6 * \sqrt{1 + 0.75^2} \quad (31)$$

$$P_6 = 1.188m$$

Cálculo del radio hidráulico (R)

$$R_6 = \frac{A_6}{P_6} \quad (11)$$

$$R_6 = 0.154m$$

Cálculo de la velocidad media (V)

$$V_6 = \frac{Q_6}{A_6} = \frac{0.55}{0.183} \quad (17)$$

$$V_6 = 3.00 m/s$$

Borde Libre (B.L)

$$B.L = 0.15 m \quad (11)$$

TRAMO V

$$b_4 = 0.82$$

$$V_4 = 2.866$$

$$y_4 = 0.234$$

$$Z_4 = 0$$

....

$$b_6 = 0.40$$

$$V_6 = 3.001$$

$$y_6 = 0.295$$

$$Z_6 = 0.75$$

....

$$ke = 0.3$$

CARGAS

$$h_4 = \frac{(V_4)^2}{2 * 9.81}$$

$$h_4 = 0.419$$

....

$$h_6 = \frac{(V_6)^2}{2 * 9.81}$$

$$h_6 = 0.459$$

ECUACIÓN DE BERNULLI

$$\Delta Z_{23} + y_4 + h_4 = y_6 + h_6 + ke * (h_4 - h_6) \quad (32)$$

$$\Delta Z_{23} = 0.09$$

BORDE LIBRE (Según ANA)

Para tramo I

$$BL_{11} = 0.30$$

$$BL_{12} = 0.5$$

$$BL = \sqrt{1.5 * y_4} = 0.592 \quad (11)$$

Para tramo II

$$\begin{aligned}
 BL_{11} &= 0.30 \\
 BL_{12} &= 0.6 \\
 BL &= \sqrt{1.5 * y_6} = 0.665 \\
 \rightarrow BL &= 0.3
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

ALTURA TOTAL

$$\begin{aligned}
 H_4 &= y_6 + B.L \\
 H_4 &= 0.595 \\
 H_4 &= 0.6
 \end{aligned}
 \tag{33}$$

$$\begin{aligned}
 H_6 &= y_4 + B.L \\
 H_6 &= 0.534 \\
 H_6 &= 0.54
 \end{aligned}
 \tag{33}$$

ESPEJO DE AGUA

$$\begin{aligned}
 T_4 &= b_4 + 2 * Z_4 * H_4 \\
 T_4 &= 0.82
 \end{aligned}
 \tag{34}$$

$$\begin{aligned}
 T_6 &= b_6 + 2 * Z_6 * H_6 \\
 T_6 &= 1.20
 \end{aligned}
 \tag{34}$$

TRANSICIÓN

Comisión Nacional de Irrigación de México

$$\begin{aligned}
 \frac{T_6 - T_4}{2 * \tan(22.5^\circ)} &= 0.459 \\
 CNTM_1 &= 0.24
 \end{aligned}
 \tag{35}$$

Los resultados obtenidos tenemos tanto en el primer y segundo tramo una sección rectangular con sus respectivos parámetros (base, área, tirante, etc.), en el tercer tramo nos encontramos con la sección Parshall, con ayuda del flexómetro tomamos todas sus dimensiones respectivas (garganta, altura de resalto, altura de salida, altura de entrada). Estas dimensiones dadas fueron comparadas con los resultados obtenidos mediante las ecuaciones y fórmulas en gabinete, concluyendo algunas diferencias en la parte de la altura de resalto, esta se da en la sección de la canaleta Parshall y cambio de sección con el cuarto tramo, a pesar de encontrar estas diferencias, el flujo que se da de la canaleta tomada en campo y el flujo que se halló en los resultados nos demuestra que no se puede dar ningún tipo de fallos, en el último y quinto tramo nos encontramos con un canal de sección trapezoidal con sus respectivos parámetros ya indicados en los resultados.

El canal hidráulico de uso agrícola en estudio, a pesar de sus mínimas imperfecciones, este cumple con su función de transportar y soportar un buen caudal hidráulico, el cual tiene una compuerta de control, esta canaleta está diseñada para poder soportar hasta un caudal máximo de 0,7 m³/s. y trabaja sin defecto alguno.

REFERENCIAS

- [1]C. Aponte. “Diseño y construcción de una canaleta Parshall para el laboratorio de hidráulica de la universidad Santo Tomás Sede Central” (Tesis para obtener el grado: Universidad Santo Tomás, 2019)
- [2]V. Streeter. “Mecánica de Fluidos” (Editorial McGraw-Hill, 1972)
- [3]C. Marín, M. Menjivar and J. Zavaleta. “Diseño y Construcción de un Canal Hidráulico de Pendiente Variable para Uso Didáctico e Investigación” (Trabajo de graduación: Universidad De El Salvador, 2012)
- [4]E. Santisteban. “Diseño hidráulico del canal L-02 Huabal, en el distrito de Mórrope, Lambayeque – 2018” (Tesis para obtener el título profesional: Universidad Cesar Vallejo, 2019)
- [5]J. Ramírez. “Diseño de canal de derivación tramo Taymi-Cayalti, distrito de Cayalti, Lambayeque” (Tesis para obtener el título profesional de: Ingeniero Civil, 2020)
- [6]G. Sotelo-Ávila. “Hidráulica de canales”, 1a Ed., 836. UNAM Facultad de Ingeniería, México DC, México (2002)
- [7]W. Baltodano and S. Socorro. “Diseño Hidráulico De Un Canal De 1km De Longitud Que Comprende Parte De La Zona 2, 5, 6 Y 11 Del Municipio De Ciudad Sandino, De Marzo A Julio De 2015” (Monografía Para Optar Al Título De Ingeniero Civil: Universidad Nacional Autónoma De Nicaragua, Managua Unan-Managua, 2015)
- [8]C. Espinoza. “Diseño hidráulico del canal L - 02 García en el distrito de Mochumi, Lambayeque – 2018” (Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniería Civil: Universidad Cesar Vallejo, 2018)
- [9]A. Lujan, W. Quispe, K. Romero and F. Torres, “Manual proceso constructivo de un canal trapezoidal”, (Universidad Peruana de los Andes, 2015)
- [10]E. Levi, “Robert Manning y su Fórmula”, (Revista Bibliográfica: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 1991)
- [11]J. Palomino, “Diseño hidráulico de una rápida para el proyecto: Construcción del canal principal de Fortaleza, distrito Congas, provincia Ocros, región Ancash”, (Monografía técnica para optar el título de ingeniero mecánico de fluidos: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2003)
- [12]N. Bustamante. “Revestimiento del canal alimentador de las lagunas boro, tramo: toma bola de oro hasta ingreso, que permita captar agua cruda en cantidad, para abastecer a la planta de tratamiento de la ciudad de Chiclayo” (Tesis para optar grado académico: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2019)
- [13]E. Gettys, F. Keller, M. Skove, “Física clásica y moderna” (Mc Graw Hill, New York, 1991)
- [14]K. León, “Elaboración Y Calibración De Una Canaleta Parshall Para Medir Diferentes Caudales De Flujo Que Permita Validar Las Ecuaciones De Aforos.” (Examen Complexivo de Facultad de Ingeniería Civil: Universidad Técnica de Machala, 2017).
- [15]S. Cedeño, “Análisis de un canal Parshall mediante un modelo hidráulico de laboratorio” (Proyecto de investigación previo a la obtención del título profesional de ingeniero civil: Universidad Estatal del Sur de Manabí de Ecuador, 2020)
- [16]R. Quello, “Calibración De Control De Gasto Con El Aforador Parshall En El Laboratorio De Hidráulica De Juliaca” (Tesis para optar el grado académico de: Magister en Ingeniería Civil, 2015)
- [17]L. Cuenca, “Cálculo De La Longitud Mínima De Aproximación Para Una Canaleta Parshall, A Través De La Comparación Del Comportamiento Hidráulico Entre Un Modelo Numérico Y Un Modelo Físico.” (Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Civil: Universidad Católica de Colombia, 2019).