

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“DISEÑO DEL AFORADOR TIPO RBC EN EL SECTOR HIDRÁULICO
MENOR CHIRA - CAPILLA ALTA EMPLEANDO EL SOFTWARE
WINFLUME”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÍCOLA**

DAYSI KATHERINE BUSTAMANTE DE LA CRUZ

LIMA - PERÚ

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**“DISEÑO DEL AFORADOR TIPO RBC EN EL SECTOR HIDRÁULICO MENOR
CHIRA - CAPILLA ALTA EMPLEANDO EL SOFTWARE WINFLUME”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÍCOLA**

Presentado por:

BACH. DAYSI KATHERINE BUSTAMANTE DE LA CRUZ

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

DR. EUSEBIO MERCEDES INGOL BLANCO
PRESIDENTE

Mg. Sc. MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ DELGADO
ASESOR

ING. ANTONIO CELESTINO ENCISO GUTIERREZ
MIEMBRO

Mg. Sc. AUGUSTO FELIPE ZINGG ROSELL
MIEMBRO

LIMA - PERÚ

2021

DEDICATORIA

A mi madre Romelia De la Cruz y mi padre Ricardo Bustamante por brindarme siempre su apoyo incondicional, ellos son un ejemplo a seguir y son mi motivación para seguir adelante. Les estaré eternamente agradecida por todo su esfuerzo y amor.

A mis hermanas por siempre darme aliento para seguir adelante.

A mi tío Andrés, mi tía Isabel y mis primas que siempre me apoyan.

A mi mamita y papito que siempre me acompañaran.

INDICE GENERAL

| | | |
|--------|---|----|
| I. | PRESENTACIÓN | 1 |
| II. | INTRODUCCIÓN | 3 |
| III. | OBJETIVOS | 4 |
| 3.1. | Objetivo General | 4 |
| 3.2. | Objetivos Específicos..... | 4 |
| IV. | MARCO TEÓRICO | 5 |
| 4.1. | Medición del agua para riego | 5 |
| 4.1.1. | Uso del correntómetro | 5 |
| 4.1.2. | Uso de vertedero..... | 5 |
| 4.1.3. | Uso de aforadores | 7 |
| a. | Aforador Parshall..... | 7 |
| b. | Aforador sin cuello | 9 |
| c. | Aforador HS..... | 10 |
| d. | Aforador Circular..... | 11 |
| e. | Aforador de Garganta Larga o “RBC” | 12 |
| 4.2. | Descripción de la estructura del aforador tipo RBC | 13 |
| 4.2.1. | Elementos del Aforador Tipo RBC..... | 13 |
| 4.2.2. | Ventajas del medidor RBC | 15 |
| 4.2.3. | Régimen del flujo | 15 |
| 4.2.4. | La sumergencia de transición | 16 |
| 4.2.5. | Criterios de diseño para el aforador tipo RBC. | 16 |
| a. | Localización del Aforador..... | 18 |
| b. | Altura de la Cresta (P1)..... | 19 |
| c. | Rampas Aguas Arriba y Aguas Abajo..... | 20 |
| d. | Contracción Lateral del Flujo..... | 21 |
| e. | Razón de Tirante Aguas Arriba y Longitud de la Cresta | 21 |
| f. | Limnómetro | 22 |
| g. | Tubos de Drenaje | 22 |
| V. | CUERPO DEL TRABAJO | 23 |
| 5.1. | Generalidades | 23 |
| 5.2. | Secuencia metodológica..... | 23 |
| 5.2.1. | Ubicación del proyecto | 23 |
| a. | Ubicación Política..... | 23 |
| b. | Ubicación Geográfica | 25 |
| c. | Ubicación Hidrográfica..... | 25 |
| 5.2.2. | Vías de acceso..... | 26 |
| 5.2.3. | Revisión y valoración de estudios | 27 |

| | | |
|----------|---|----|
| 5.2.3.1. | Hidrología..... | 27 |
| 5.2.3.2. | Verificación de caudales máximos y mínimos de operación..... | 28 |
| 5.2.3.3. | Evaluación de la infraestructura existente..... | 29 |
| a. | Obra de captación..... | 29 |
| b. | Obras de conducción..... | 30 |
| 5.2.4. | Análisis de información topográfica..... | 31 |
| a. | Trabajo de campo..... | 31 |
| b. | Trabajo de gabinete..... | 32 |
| 5.2.5. | Descripción y configuración del modelo WinFlume..... | 33 |
| 5.2.6. | Diseño del aforador tipo RBC Capilla Alta..... | 36 |
| 5.2.6.1. | Cálculo de las dimensiones del aforador utilizando el WinFlume..... | 36 |
| 5.2.6.2. | Calibración de la regla limnimétrica con el software WinFlume..... | 37 |
| 5.2.6.3. | Ubicación del aforador tipo RBC Capilla Alta..... | 40 |
| 5.2.6.4. | Características hidráulicas y Geométricas del Canal..... | 42 |
| a. | Velocidad (V)..... | 42 |
| b. | Área Mojada (A)..... | 42 |
| c. | Tirante del agua (Y)..... | 42 |
| d. | Tirante medio del agua (Ym)..... | 42 |
| e. | Número de Froude (Fr)..... | 43 |
| f. | Caudal (Q)..... | 43 |
| g. | Pendiente de fondo..... | 43 |
| h. | Sección del canal..... | 44 |
| 5.2.7. | Presupuesto de la Obra para el Aforador tipo RBC Capilla Alta..... | 46 |
| 5.3. | Etapa de Evaluación..... | 46 |
| VI. | DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 56 |
| VII. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 57 |
| 7.1. | Conclusiones..... | 57 |
| 7.2. | Recomendaciones..... | 57 |
| VIII. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 58 |
| IX. | ANEXOS..... | 60 |

INDICE DE TABLAS

| | | |
|----------|---|----|
| Tabla 1: | Rutas de acceso..... | 26 |
| Tabla 2: | Diagnóstico de Caudal en el Canal de Derivación Capilla Alta..... | 29 |
| Tabla 3: | Características Geométricas del CD Capilla Alta aguas arriba | 44 |
| Tabla 4: | Características Geométricas del CD Capilla Alta aguas abajo..... | 45 |
| Tabla 5: | Características Geométricas del CD Capilla Alta con rasante mejorada..... | 46 |
| Tabla 6: | Reporte de WinFlume con dimensiones del aforador Capilla Alta | 50 |
| Tabla 7: | Reporte de WinFlume de evaluación de criterios de diseño del aforador | 51 |

INDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------|--|----|
| Figura 1. | Esquema general de un vertedero | 6 |
| Figura 2. | Geometría del aforador Parshall | 8 |
| Figura 3. | Geometría del aforador Sin Cuello | 10 |
| Figura 4. | Aforador HS..... | 11 |
| Figura 5. | Aforador Circular..... | 12 |
| Figura 6. | Sección Típica y Perfil de un Aforador tipo RBC y sus dimensiones..... | 14 |
| Figura 7. | Ubicación Política del proyecto..... | 24 |
| Figura 8. | Ubicación Satelital del proyecto..... | 25 |
| Figura 9. | Acceso al aforador proyectado | 27 |
| Figura 10. | Vista de la cámara de carga | 30 |
| Figura 11. | Sección típica del CD Capilla Alta aguas arriba | 30 |
| Figura 12. | Tramo de canal revestido de sección rectangular | 31 |
| Figura 13. | Dimensiones características del Aforador Tipo RBC..... | 34 |
| Figura 14. | Secciones Transversales aguas arriba y abajo del aforador tipo RBC Capilla Alta | 36 |
| Figura 15. | Dimensión de los elementos del aforado tipo RBC Capilla Alta | 37 |
| Figura 16. | Dimensiones características del Aforador Tipo RBC..... | 38 |
| Figura 17. | Ecuación de calibración del aforador tipo RBC Capilla Alta..... | 38 |
| Figura 18. | Curva de calibración del aforador tipo RBC Capilla Alta..... | 39 |
| Figura 19. | Regla Limnimétrica del aforador tipo RBC Capilla Alta | 39 |
| Figura 20. | Cálculo del remanso del CD Capilla Alta en HCANALES | 41 |
| Figura 21. | Características hidráulicas del CD Capilla Alta aguas arriba en HCANALES | 44 |
| Figura 22. | Características hidráulicas del CD Capilla Alta aguas abajo en HCANALES..... | 45 |
| Figura 23. | Sección típica del CD Capilla Alta con mejoramiento de rasante..... | 45 |
| Figura 24. | Características hidráulicas del CD Capilla Alta en HCANALES con rasante mejorada | 46 |
| Figura 25. | Criterio de Número de Froude para el diseño del aforador aplicando WinFlume..... | 48 |
| Figura 26. | Criterio de borde libre para el diseño del aforador aplicando WinFlume | 49 |
| Figura 27. | Criterio de tirantes aguas abajo aceptables para el diseño del aforador aplicando WinFlume | 50 |
| Figura 28. | Dimensiones del aforador tipo RBC Capilla Alta | 53 |
| Figura 29. | Corte Transversal B-B de la estructura de medición de agua..... | 54 |
| Figura 30. | Corte Transversal C-C de la estructura de medición de agua..... | 54 |
| Figura 31. | Corte Transversal E-E de la estructura de medición de agua | 54 |
| Figura 32. | Regla limnimétrica del aforador tipo RBC Capilla Alta | 55 |

I. PRESENTACIÓN

En los últimos años de experiencia como egresada de la Facultad de Ingeniería Agrícola he tenido diferentes funciones como:

- Asistente en ingeniería en el área de costos y presupuestos como parte de la elaboración de los expedientes técnicos de sistemas de riego por goteo para el cultivo de banano orgánico y palto para la región de Olmos y Chincha respectivamente en la cual realicé el metrado de los accesorios y equipos para elaborar el análisis de costos unitarios y presupuestos de dichos expedientes.
- Apoyo técnico en el área de sistemas de riego presurizado para proyectos de investigación en hortalizas y frutales, en la cual realicé el diseño agronómico e hidráulico, instalación, operación y evaluación del sistema de riego por goteo para los cultivos de pepinillo y tomate en la provincia de Huaral evaluando parámetros hídricos y rendimientos del cultivo.
- Asistente en el área de hidrología e hidráulica como parte de la elaboración de estudios hidrológicos, en la cual se realizó la obtención, procesamiento y análisis de la información hidrometeorológica de la cuenca en estudio mediante hojas de cálculo y software estadísticos; finalmente se elaboró mapas temáticos para dicha cuenca.
- Consultor individual para la elaboración de expedientes técnicos en el diseño de aforadores en canales abiertos ubicados en la región de Sullana, elaborándose treinta y tres aforadores en diferentes bloques de riego.

En la presente monografía se describe la etapa de elaboración del expediente técnico, la cual quiere dar a conocer el trabajo profesional brindando como servicio de consultoría individual en la elaboración de expedientes técnicos de Estructuras de medición de Agua (EMA) en Bloques de Riego en el Sector Hidráulico Menor Chira para el Proyecto de Gestión Integrada de recursos Hídricos en diez cuencas (PGIRH), perteneciente a la Autoridad Nacional del Agua (ANA); en donde se desempeñó las siguientes funciones: diseñar la estructura de medición de agua para el Sector Hidráulico Menor Chira (SHMCH) empleando el software

WinFlume versión 32 y HCANALES; teniendo como productos entregables el expediente técnico “Construcción de estructura de medición de agua en el sector hidráulico menor Chira, subsector hidráulico margen izquierda, bloque de riego Las Capillas (CODIGO: PCHI-04-B39), CD Capilla Alta”. El trabajo que se realizó para la entidad se vincula con los temas siguientes de la carrera: diseño de infraestructura hidráulica e instrumentos de medición en beneficio del sector agrícola mejorando la gestión de los recursos hídricos y conocimientos en manejo de software para elaboración de planos los cuales serán utilizados como guía durante la construcción del aforador.

En la duración del trabajo realizado se puso en práctica lo aprendido durante mi formación universitaria, empleando cálculos y definiciones impartidas en las asignaturas de Hidráulica y Estructuras Hidráulicas I, en la elaboración de la cuantificación de materiales e insumos, presupuestos y cronogramas de obra se utilizó los conocimientos brindados en la asignatura de Programación y supervisión de Obras, Materiales de la construcción y Técnicas de la construcción; otras de las actividades que se realizó es la elaboración de planos lo cual se enseñó en las asignaturas de Dibujo en ingeniería, Topografía I, Topografía II y Percepción Remota y SIG para cada actividad se empleó software para su elaboración.

II. INTRODUCCIÓN

La presente monografía de Trabajo de suficiencia Profesional, fue desarrollada de acuerdo a la experiencia profesional adquirida en el PGIRH, brindando el servicio de consultor individual para la elaboración de los expedientes técnicos, durante un período de 6 meses desde marzo hasta agosto del año 2020, participando en el diseño para 33 aforadores ubicados en el Sector Hidráulico Menor Chira.

El uso del agua para fines agrícolas es un tema central para la agricultura en el Perú ya que este recurso es necesario para el crecimiento de las plantas. En promedio la agricultura se ocupa el 70 % del agua que se extrae en el mundo. Para los agricultores del Valle del río Chira, el agua superficial se hace un elemento importante para la producción agrícola de la zona.

En la distribución del agua dentro de un sistema de riego el problema que se evidencia es la carencia de estructuras de medición de agua (EMA) para cuantificar la demanda de agua con fines de riego (ANA, 2013); esta situación se presenta a nivel nacional, por lo cual se priorizó la construcción de un aforador tipo RBC en el bloque de riego Las Capillas perteneciente al Sector Hidráulico Menor Chira en la provincia de Sullana beneficiando a 30 usuarios, con un área bajo riego de 100.33 Ha, específicamente en la progresiva 0+014.00 del canal, y ubicada en las coordenadas UTM Este: 531547.00 y Norte: 9458939.00

El estudio del diseño de aforadores tipo RBC servirá para conocer acerca del dimensionamiento de los elementos de esta estructura de medición de agua y la calibración de la regla limnimétrica empleando el software WinFlume. Utilizando este aforador se genera condiciones para una buena distribución del agua de riego dentro del ámbito del valle del río Chira, lugar donde se plantea instalar este tipo de aforador.

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

3.1.1. Diseñar un aforador tipo RBC en el Sector Hidráulico Menor Chira - Capilla Alta.

3.2. Objetivos Específicos

3.2.1. Determinar las dimensiones de los elementos del aforador tipo RBC en estudio mediante el software WinFlume versión 32.

3.2.2. Calibrar la regla limnimétrica del aforador tipo RBC mediante el software WinFlume versión 32.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. Medición del agua para riego

4.1.1. Uso del correntómetro

Es un método basado en equipos capaces de medir el caudal con menor error, en distintos puntos de la sección de flujo, basados en el principio de la Continuidad.

En el caso de los correntómetros o también llamados molinetes, que son aparatos que miden la velocidad en un punto dado de la sección del canal. La velocidad medida por el correntómetro tiene directa relación con el número de vueltas por segundo que realiza la hélice. Cada molinete tiene asociada una curva de calibración que permite relacionar la velocidad con respecto al número de vueltas por segundo de la hélice. Esta curva de calibración es única para cada aparato y cada hélice. Actualmente existen correntómetros digitales que entregan de forma directa la velocidad en el punto de medición, sin tener que contabilizar el número de vueltas. (Uribe, 2019)

Para determinar la velocidad en el punto donde se toma la medida, se debe conocer la curva de calibración, salvo que sea del tipo digital y entregue el valor de la velocidad en forma directa. La relación que permite calcular la velocidad a partir del número de vueltas por segundo de la hélice es entregada por el proveedor del molinete. (Uribe, 2019)

4.1.2. Uso de vertedero

Algunos autores lo definen así:

“Un vertedero es un dispositivo hidráulico que consiste en una escotadura, a través de la cual se hace circular el caudal que se desea determinar”. (Villón, 2007)

“El término vertedero se utiliza cuando la sección de control se forma esencialmente elevando el fondo del canal”. (Bos, Clemmens y Reploge, 1986)

Según Mott (1996), “Un vertedero es una barrera o presa colocada en el canal que el fluido se mantenga detrás del vertedero y después caiga a través de una ranura cortada en la cara

del vertedero. La descarga del vertedero depende de las dimensiones de la ranura y de la diferencia de alturas de cresta y la altura total de la superficie del líquido, medida hacia aguas arriba de la placa del vertedero donde el perfil de la superficie no se encuentra afectado”. (García, 2002)

Los vertederos que más comúnmente se usan son los llamados de pared delgada o cresta viva, en los que se produce una caída del agua, aguas abajo del vertedero. Para que un vertedero sea de pared delgada se debe cumplir que el espesor (e) dividido por la carga de agua (H) sea menor que 0,67 ($e/H < 0,67$), de lo contrario se considera de pared gruesa. Cabe señalar que su utilización es recomendable para el aforo de canales. Los más comunes son de tipo rectangular, triangular y trapezoidal, aunque también hay parabólicos. Cualquiera sea la forma del vertedero, debe tener una pared vertical perpendicular a la dirección de flujo y simétrica hacia ambos lados del eje central de la estructura.

La carga de agua se mide aguas arriba, a una distancia superior a 2,5 veces la estimación de la lectura de dicha carga H , distancia suficiente para no tener influencia de la curvatura de la superficie líquida en la proximidad del vertedero.

Para la medición, se coloca una estaca o punto de referencia sobre el fondo del canal, cuyo extremo superior debe corresponder al nivel de la cresta del vertedero.

La lectura de carga H se puede tomar con una regla graduada en milímetros, como lo muestra la Figura 1, o mediante equipos adecuados.

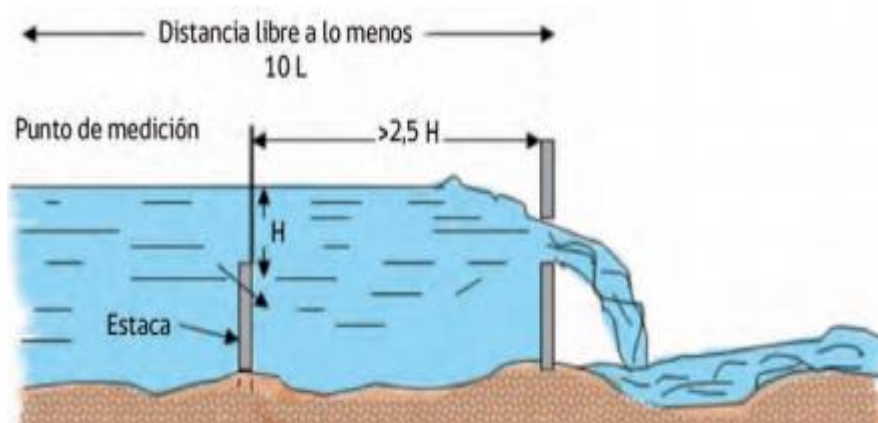


Figura 1. Esquema general de un vertedero
Fuente: Uribe C., Hamil (2019)

4.1.3. Uso de aforadores

Según Bos, Clemmens y Reploge (1986) define el aforador como, “Un instrumento que mide la cantidad de agua que lleva una corriente en determina unidad de tiempo. Para el caso de medir el caudal del agua que escurre en canales abiertos denomina aforador cuando se realiza un estrechamiento lateral del canal. También se denomina normalmente aforador cuando la sección de control se forma elevando el fondo y estrechando las paredes a un mismo tiempo”.

En la presente monografía se explicarán brevemente los aforadores implementados en canales abiertos más importantes en el Perú.

a. Aforador Parshall

El ingeniero Ralph L. Parshall ideó un dispositivo medidor de caudal que hoy lleva su nombre “conducto medidor Parshall”.

El medidor Parshall está constituido por tres partes fundamentales que son: la entrada, la garganta y la salida (ANA, 2005):

- **Canal de entrada:** es un canal con paredes verticales y simétricas; este canal converge a la garganta del aforador en una proporción de 5:1 y su plantilla de fondo es horizontal.
- **Garganta:** es un canal con paredes verticales y paralelas, su plantilla de fondo posee una pendiente en la proporción de 2.67:1; al final de la garganta inicia el canal de salida.
- **Canal de salida:** es un canal con paredes verticales y divergentes, el fondo de este canal posee una inclinación hacia arriba (contra pendiente). A la arista que se forma en la confluencia del fondo de la garganta con el fondo del canal de salida se le llama cresta y se denota por la letra W.

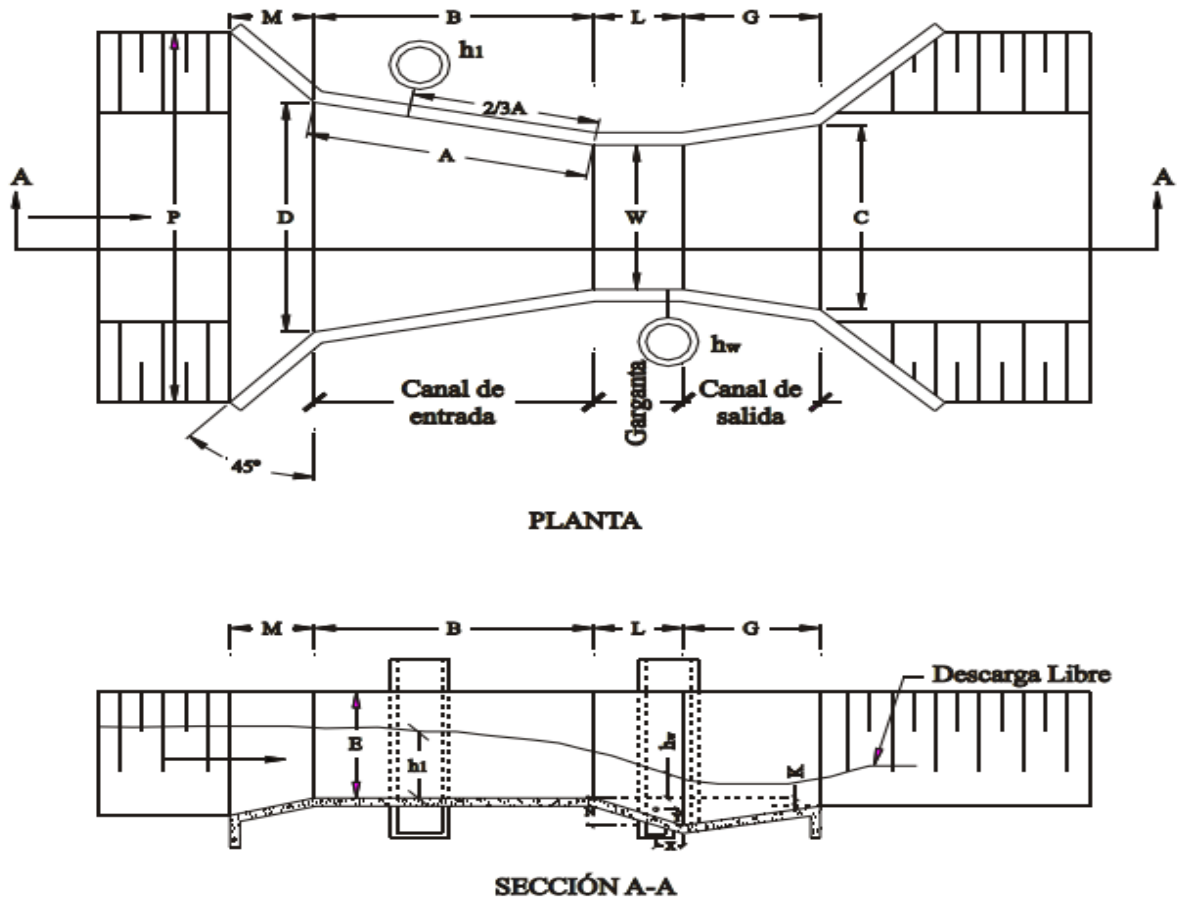


Figura 2. Geometría del aforador Parshall
Fuente: PSI (2004)

En la Figura 2 las letras indican las siguientes dimensiones de la estructura:

- W : Tamaño de la garganta
- A : Longitud de la pared lateral de la sección convergente
- $\frac{2}{3} A$: Distancia desde el extremo final de la cresta al punto de medición.
- B : Longitud axial de la sección convergente
- C : Ancho del extremo aguas debajo de la canaleta de salida de la sección divergente
- D : Anchura del extremo aguas arriba de la canaleta a la entrada de la sección convergente
- E : Profundidad de la canaleta
- G : Longitud de la sección divergente
- K : Diferencia de elevación entre el extremo más bajo de la canaleta y la cresta.
- L : Longitud de la canaleta
- M : Longitud del piso de ingreso o acceso.
- N : Profundidad de depresión en la garganta, por debajo de la cresta.

- P : Anchura entre los extremos de las paredes curvadas, en la entrada, en forma de campana.
- R : Radio de curvatura de las paredes acampanadas.
- X : Distancia horizontal al punto de medición Hw, desde el punto inferior de la garganta.
- Y : Distancia vertical al punto de medición Hw, desde el punto inferior de la garganta.

Una de la desventaja del aforador Parshall es que usualmente el costo de construcción es elevado en comparación a los vertederos y su construcción debe realizarse cuidadosamente y con precisión para satisfacer la performance. Una de las ventajas más notorias es que la estructura misma permite autolimpiarse debido a su geometría y a la velocidad del agua en la garganta.

b. Aforador sin cuello

Este tipo de aforadores son una forma simplificada de los aforadores Parshall, con la diferencia de que no poseen garganta y el fondo del aforador es horizontal, lo anterior permite que su construcción sea más fácil comparada con los aforadores Parshall. Hay que considerar que las lecturas en los aforadores sin cuello no son muy sencillas, por lo que requiere de mucho cuidado en su operación y mantenimiento con el fin de asegurarse mediciones exactas. Los aforadores sin cuello pueden ser construidos de madera, metal o concreto, siendo su geometría relativamente sencilla es posible contar con aforadores portátiles, es decir transportables al campo para medir caudales en canales o para usarlos como instrumentos de calibración. (PSI, 2004).

- **Canal de entrada:** Está constituida por un canal con paredes verticales, que converge horizontalmente en una proporción de 3:1 hacia una sección estrecha llamada garganta, que a su vez es el inicio del canal de salida.
- **Garganta:** Es la sección contraída del aforador que se encuentra ubicada entre el canal de entrada y el canal de salida, se le denota por la variable w .
- **Canal de salida:** Inicia en la sección de control (garganta) y se conecta con el canal

aguas abajo mediante un canal divergente con paredes verticales a una proporción de 6:1. El nivel del fondo del aforador siempre es horizontal y permite definir si este funciona a descarga libre o a descarga sumergida.

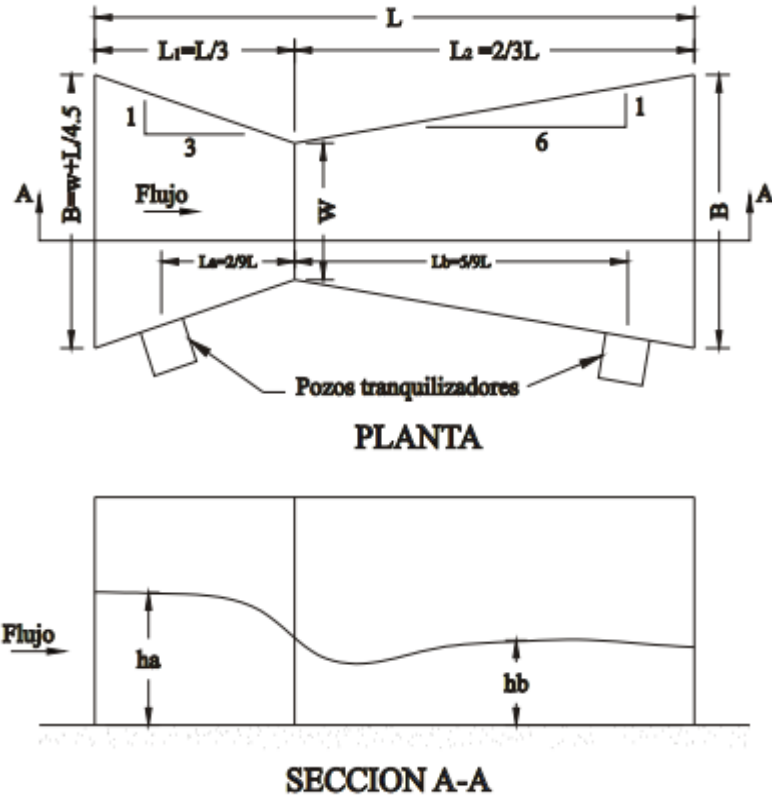


Figura 3. Geometría del aforador Sin Cuello

Fuente: PSI (2004)

c. Aforador HS

Estos aforadores son económicos y de fácil construcción, útil para medir caudales de hasta 23.0 l/s. Es importante resaltar que los aforadores H son construidos precisamente para una tolerancia en las lecturas de las cargas de agua de aproximadamente 3 mm.

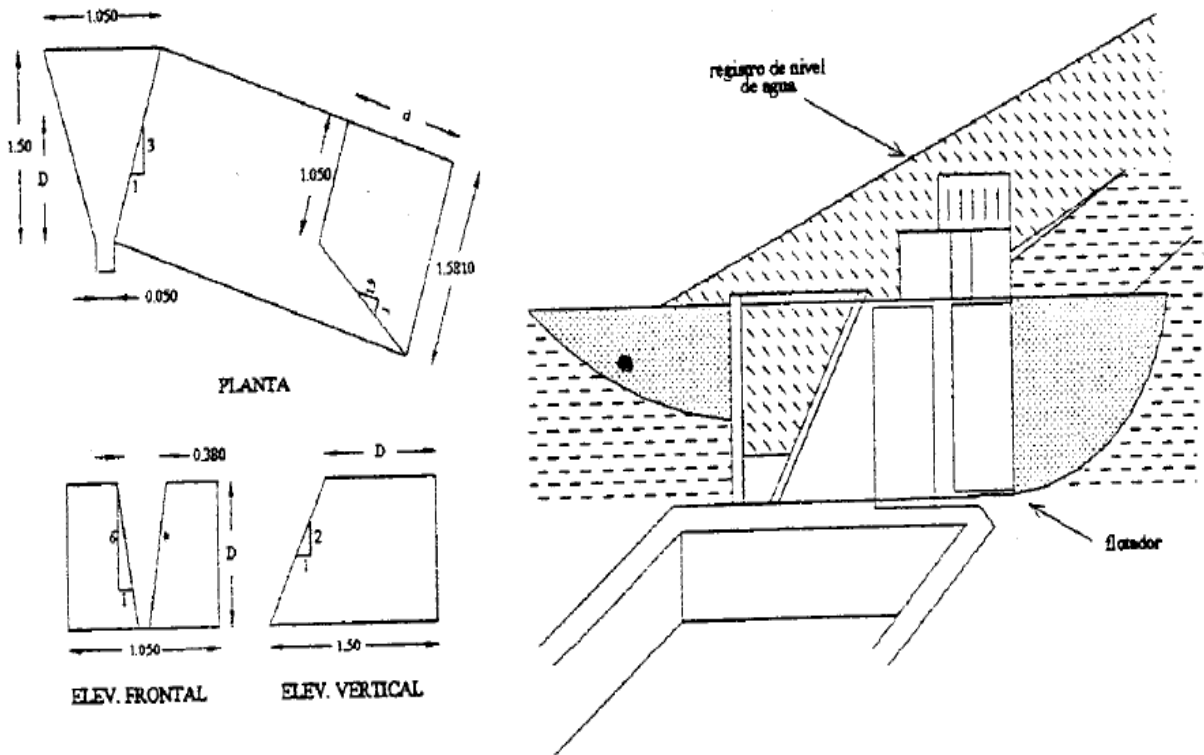


Figura 4. Aforador HS.

Fuente: Vargas Líbano (1996)

d. Aforador Circular

El aforador circular es un simple aparato, construido de dos piezas de tubos PVC, uno instalado perpendicularmente dentro del otro, como se muestra en la Fig. N°8. La proporción del diámetro de la tubería vertical a la tubería horizontal es aproximadamente 1/3.

La regla graduada instalada en la tubería vertical permite medir la profundidad del agua antes que alcance el flujo crítico. El aforador circular puede ser apropiado para medir el flujo a través de surcos, debido a la forma circular y adaptación a la conformación del surco y reducir la posibilidad de flujo lateral alrededor del aforador circular.

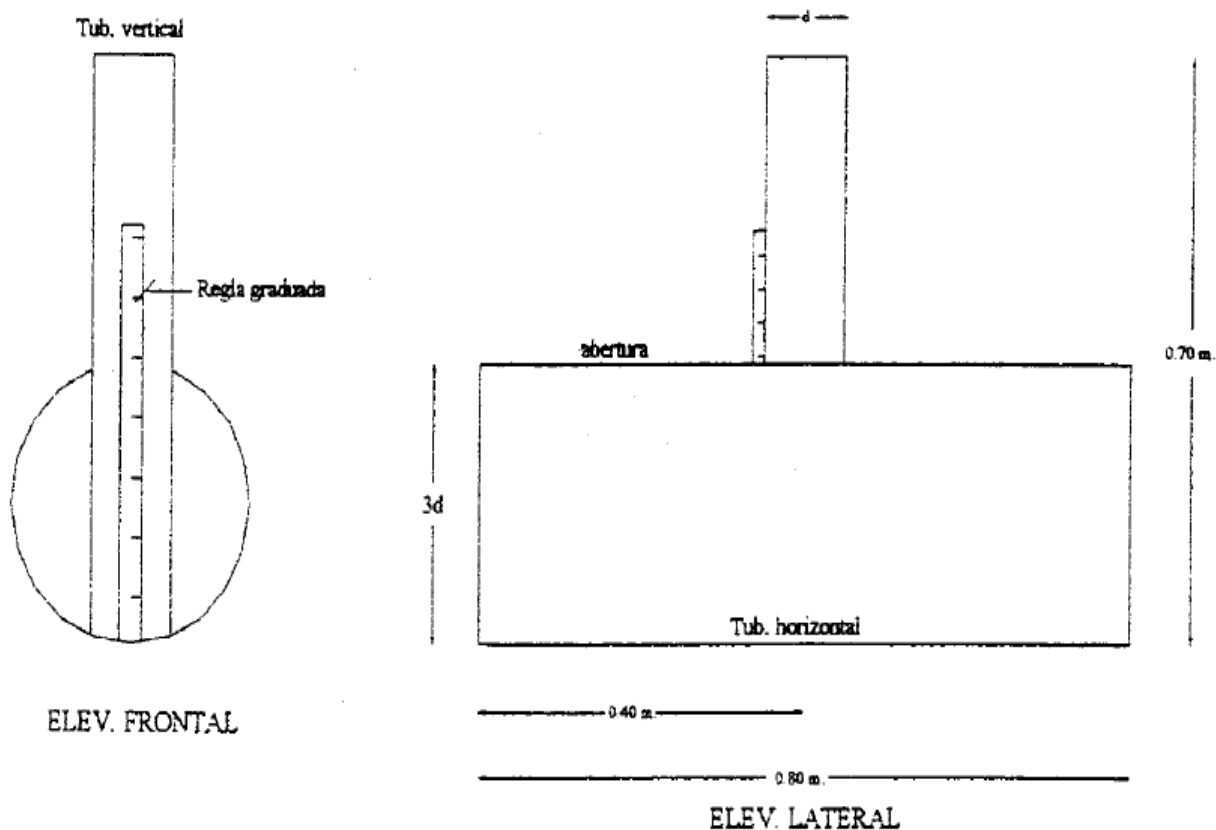


Figura 5. Aforador Circular

Fuente: Varas Líbano (1996)

e. Aforador de Garganta Larga o “RBC”

En la presente monografía se explicará el diseño hidráulico realizado para este tipo de aforador en el Canal de Derivación Capilla Alta.

Los aforadores de garganta larga son estructuras de aforo que se ubican sobre la sección del canal, ya sea rectangular o trapezoidal. Uno de los tipos más populares de estas estructuras son los llamados aforadores RBC, por las iniciales de sus autores Replogle, Bos y Clemens. Esta estructura tiene la ventaja que puede ser usada en secciones revestidas y no revestidas. La estructura no permite regular el flujo, pero sí es capaz de medir un amplio rango de descargas.

Para medir el gasto que pasa por el aforador RBC, sólo se requiere conocer la medida de la profundidad del agua, aguas arriba del aforador, ya que existe una relación muy estrecha entre la profundidad del agua y el gasto que pasa por el aforador.

Los costos de construcción de esta estructura son bajos y pueden construirse de

concreto o metal, este último cuando el aforador es portátil.

Según Martínez (1991), “El medidor de garganta larga o comúnmente conocido como medidores RBC, consiste en la construcción de una o más contracciones dentro del canal, donde se dan las condiciones hidráulicas para que se presenten el flujo crítico que se encuentra en la garganta. La contracción puede ser en el fondo del canal, en las paredes, taludes o en ambos. Podemos decir que el vertedero de pared gruesa es un ejemplo particular del medidor de garganta larga o RBC, donde la contracción existe solo en el fondo del canal.

La sección donde se realiza la contracción se denomina “garganta” y debe tener una longitud suficiente para que en ella las líneas de corriente sean prácticamente paralelas. Por esta razón se les denomina de garganta larga” (García, 2002)

4.2.Descripción de la estructura del aforador tipo RBC

Los aforadores constan de un tramo convergente, en donde el agua que llega en régimen subcrítico, se acelera y conduce hacia una contracción o garganta, en la que alcanza una velocidad supercrítica, a partir de la cual esta velocidad se va reduciendo gradualmente, hasta llegar, de nuevo, a un régimen subcrítico, en el que se recupera la energía potencial. (ANA, 2005)

Cuando el aforador se encuentra en canales de tierra está compuesta de las siguientes partes: entrada al canal de aproximación, canal de aproximación, tramo convergente, garganta, tramo divergente, poza amortiguadora y protección de escollera, tal como se ve en la Figura 10. (PSI, 2004)

4.2.1.Elementos del Aforador Tipo RBC

Se describen cada uno de los elementos del aforador tipo RBC.

- **Canal de aproximación:** tiene como finalidad, proporcionar una sección transversal y una velocidad de aproximación conocida. En la mayoría de los casos esta sección es rectangular al igual que la sección de la garganta, pero cuando la sección es

trapezoidal, el gasto Q debe de corregirse por efectos de la velocidad de llegada siendo para el caso rectangular es despreciable.

- **Transición convergente:** En esta zona se encuentra una rampa en proporción de 1:2 a 3, dicha rampa permite la sobre elevación del flujo para generar la descarga en forma de vertedero.
- **Garganta:** es la zona que funciona como vertedero de cresta ancha; esto permite que las líneas de corriente permanezcan rectas y paralelas.
- **Transición divergente:** es la zona de salida del vertedero de cresta ancha, posee una forma de rampa con el fin de que el flujo salga con menos energía que si fuera una caída. en muchos casos se opta por prescindir de la zona de transición divergente y del canal de cola.
- **Canal de cola:** es la parte de la estructura que sirve de transición entre el aforador y el canal aguas abajo.

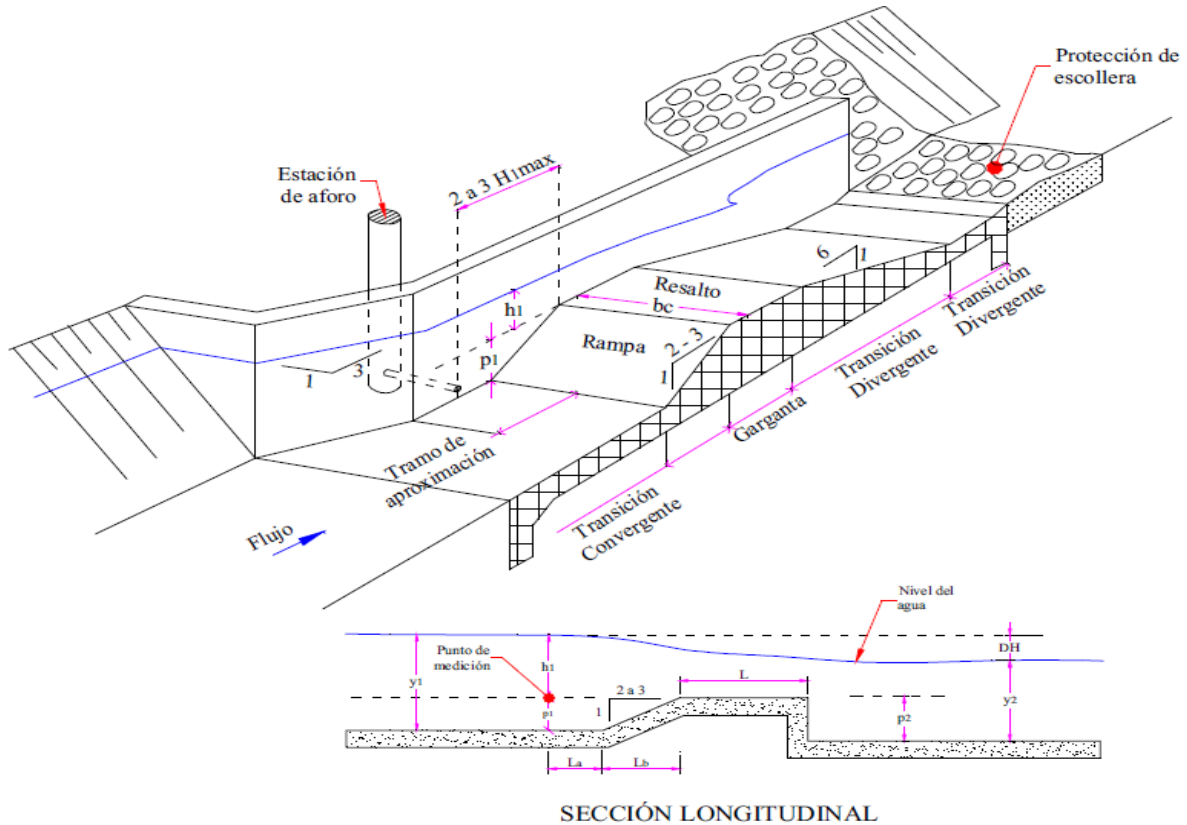


Figura 6. Sección Típica y Perfil de un Aforador tipo RBC y sus dimensiones
Fuente: PSI (2004)

4.2.2. Ventajas del medidor RBC

- La construcción es sencilla, cuidando que la superficie de la cresta sea perfectamente horizontal y que su geometría sea estrictamente compatible con los planos de diseño.
- El costo de construcción es del 10 al 20% menos que los aforadores Parshall paralelos tamaños que normalmente se utilizan y aproximadamente del 50% para vertederos de tamaño grande.
- Para funcionar adecuadamente en descarga libre, requiere una pequeña caída o pérdida de energía, las pérdidas de carga típicas en pequeños canales son del orden de 5.0 cm. que es aproximadamente la cuarta parte de la requiere un aforador Parshall.
- Se pueden adaptar a casi todos los canales revestido existentes, sin necesidad de reconstruir el canal, es decir que tiene una geometría fácilmente adaptable a las condiciones reales.
- En canales revestidos que conducen agua limpia o cuando la concentración de sedimentos mínimo, el problema de sedimentación es prácticamente nulo.
- Se puede calcular una tabla de calibración una vez construida la estructura, para ajustar las dimensiones reales de la obra y de ser necesario se puede variar la forma de la garganta.
- Se puede calibrar analíticamente por lo que no requiere de calibración en gabinete o *in situ*, da también la posibilidad de realizar correcciones posteriores a la construcción de la estructura, lo que es útil en caso de sufrir alguna modificación al ser instalado.

4.2.3. Régimen del flujo

Estos aforadores pueden ser calibrados para medir caudales bajo un régimen de flujo sumergido, aunque se prefiere diseñar la estructura para que funcione en un régimen de flujo libre.

Al régimen de flujo libre también se le conoce como flujo “modular” y al de flujo sumergido se le puede llamar “no modular”.

Cuando opera bajo condiciones de flujo libre, el flujo crítico ocurre sobre la cresta en la garganta de la estructura, en este caso el caudal se puede definir como una función única del tirante aguas arriba, pues las condiciones aguas abajo no influyen en su medición.

El aforador de cresta ancha se puede calibrar en el laboratorio o bien en el campo, pero una ventaja importante de este tipo de aforador es que puede ser calibrado precisamente a través de las ecuaciones teóricas pertinentes.

Muchos otros tipos de aforadores se tienen que calibrar con datos de laboratorio o de campo y en muchos casos es necesario usar sólo tamaños estándar para aprovechar los datos de calibración publicados.

4.2.4. La sumergencia de transición

La sumergencia de transición es una definición del umbral entre flujo libre (modular) y flujo sumergido (no modular).

Valores típicos de sumergencia de transición para flujo modular en tres tipos de aforador son:

| | |
|--------------------------|----------|
| Parshall | 58 a 80% |
| Aforador sin cuello | 55 a 88% |
| Aforador de cresta ancha | 70 a 95% |

Una comparación de los valores presentados arriba indica que el aforador de cresta ancha puede, en muchos casos, funcionar bajo condiciones de flujo modular con menos incremento en el tirante aguas arriba.

Cuando menos se aumenta el tirante aguas arriba, menos se disminuye el bordo libre y menos se disminuye la capacidad del canal.

4.2.5. Criterios de diseño para el aforador tipo RBC.

Una de las ventajas más importantes de los aforadores de cresta ancha es que pueden ser

calibrados según relaciones teóricas y empíricas.

- Esto significa que no es necesario instalar aforadores con dimensiones “estándar”, contando de calibraciones hechas en laboratorio.
- La habilidad de calibrar el aforador a partir de ecuaciones en lugar de datos de laboratorio se basa en la existencia de líneas de flujo rectas y paralelas sobre la cresta, donde ocurre flujo crítico.
- En muchos otros tipos de aforadores, las líneas del flujo no están rectas ni paralelas en la sección de flujo crítico, necesitando modelos matemáticos muy complicados para generar calibraciones teóricas.
- Sin embargo, para el aforador de cresta ancha, su calibración teórica es relativamente sencilla.
- En el diseño del aforador, se debe procurar obtener condiciones de flujo modular para todo el rango de caudales que se pretende medir.
- Si se localiza el aforador donde hay un desnivel en el canal, la altura de la cresta puede ser no importante para obtener flujo modular.
- Sin embargo, las dimensiones relativas del aforador son importantes para crear condiciones hidráulicas favorables, condiciones que no violen los límites de las ecuaciones que se aplican a la calibración teórica.
- Así que, la altura y la longitud de la cresta son dimensiones importantes con respecto al tirante aguas arriba.
- En cualquier caso, el diseño de estos aforadores es un proceso de tanteo y se facilita mucho con el uso de un programa de computadora.

a. Localización del Aforador

Para asegurar las condiciones estables de flujo de acceso adecuadamente uniformes y un nivel de agua canal arriba estable que pueda medirse con precisión, el cauce aguas arriba debe satisfacer los siguientes requisitos, evaluados al diseño del flujo máximo.

- El Número de Froude no debe exceder 0.5 en la estación de la medición o para una distancia de 30 veces H_1 max aguas arriba de la situación de estación de medición. Las condiciones son más factibles, si el número de Froude se limita a un valor no mayor que 0.2. Para los cauces con cargas de sedimento altas, el número de Froude debe guardarse mantenerse a un valor relativamente alto.
- El cauce canal arriba debe ser recto y uniforme para una distancia de por lo menos 30 veces H_1 max canal arriba de la situación de estación de medición.
- No debe haber flujo turbulento (compuertas, las estructuras de las caídas, saltos hidráulicos) en el cauce canal arriba para una distancia de 30 veces H_1 máx. canal arriba de la estación de medición.
- Si hay una curvatura cerca de la estructura (más cerca que 30 veces H_1 máx.), las elevaciones de superficie de agua a los dos lados de la estructura serán diferentes. Pueden hacerse las dimensiones bastante exactas (agregue el error de aproximadamente 3%) si el cauce recto canal arriba tiene una longitud igual a 6 veces H_1 max. En este caso, el nivel de agua debe medirse en la curvatura interna del cauce.
- Para asegurar la medida de carga exacta no debe haber ningún desplazamiento o cambio súbito canal arriba en la alineación de la pared lateral dentro de una distancia de H_1 max de la situación de estación de medición asegurar la medida de carga exacta. Tales condiciones podrían causar separaciones de flujo local que afectaría la medida de h_1 .

No siempre es posible satisfacer totalmente el listado anterior de requisitos. En situaciones en que el nivel de agua canal arriba demuestre ser inseguro o se encuentren

los flujos del acercamiento a ser significativamente non-uniforme, supresores la ola puedan usarse para mejorar la situación. Si se usan las confusiones, en estas condiciones la estación de medición debe ser por lo menos 10 veces H_1 max.

Los requisitos relacionados a la longitud del cauce canal arriba que se resumen anteriormente difieren un poco de las recomendaciones proporcionadas en las guías de diseños anteriores. Para los cauces con las secciones llamadas eficientes (por ejemplo, un cauce rectangular con una profundidad igual a la mitad de su anchura), el requisito de 30 veces H_1 máx. produce un requisito de longitud de acercamiento similar a la recomendación anterior de 10 veces el promedio de la anchura del cauce. Para cauces que se desvían significativamente con eficiente-sección, una longitud del acercamiento basada en H_1 máx. es mucho más apropiada que una basada en la anchura del cauce.

b. Altura de la Cresta (P1)

- Uno de los parámetros de diseño más importantes es la altura de la cresta sobre la plantilla del canal aguas arriba, ya que este es el que garantiza el flujo libre del aforador.
- Esta altura debe ser suficiente para posibilitar el flujo modular, para todo el rango de caudales que se quiere medir, pero no debe ser más allá de lo necesario porque reduce el bordo libre aguas arriba en el canal.
- Uno de los objetivos principales del diseño es de determinar la altura de la cresta para asegurar el flujo modular, sin exceder dicha altura mínima.
- Cuando la altura de la cresta es demasiado grande, el problema no es de calibración ni de aforo, sino de alzar la superficie del agua más de lo necesario, hasta tal vez desbordar el canal.
- En términos de construcción, el detalle más importante es que la superficie de la cresta sea completamente horizontal y plana, si las otras dimensiones no corresponden exactamente a las del diseño pues se puede recalibrar después de terminar la construcción.

c. Rampas Aguas Arriba y Aguas Abajo

- La rampa aguas arriba es donde el flujo comienza a converger y ésta debe tener una pendiente de entre 2:1 y 3:1 (H:V).
- Si la pendiente es menor que 3:1, la rampa es más larga que lo que se necesita y habrá pérdidas hidráulicas adicionales que perjudican la precisión de la calibración.
- Si la pendiente es más de 2:1, habrá más turbulencia en el flujo, asimismo causando pérdidas adicionales.
- La rampa aguas abajo es en la zona de divergencia del flujo y debe tener una pendiente de entre 4:1 y 6:1 (H:V), o bien, debe ser cortada a una longitud de cero.
- En cualquier caso, la pendiente preferida para la rampa aguas abajo es 6:1, la misma que se usa en otros tipos de medidores para canales abiertos y para tuberías debido a que esta pendiente tiende a minimizar las pérdidas hidráulicas aguas abajo del aforador.
- Si la pendiente 6:1 corresponde a una rampa demasiado larga, se debe cortar bruscamente en una pared vertical y no redondearla hasta la plantilla – de otra forma aumentan las pérdidas.
- Muchos aforadores de cresta ancha no tienen rampa aguas abajo – la cresta simplemente termina en una pared vertical.
- En muchos casos, la energía hidráulica que se puede “recuperar” con la instalación de una rampa aguas abajo no es significativa.
- Los aforadores que tienen una altura de cresta mayor de como un metro son los que más pueden aprovechar de una rampa aguas abajo.

d. Contracción Lateral del Flujo

- El talud en la garganta del aforador normalmente es el mismo que se tiene en la sección aguas arriba, pero no necesariamente tiene que ser igual.
- En canales de tierra y los que cuentan con una sección muy ancha puede ser necesario reducir el ancho de la garganta, y diseñar con un talud de cero (paredes verticales) en la misma, creando una sección rectangular.
- Cuando se reduce el talud en la garganta es debido a que la contracción vertical del flujo sobre el aforador no sería suficiente para crear un régimen de flujo modular; si es así, se requiere también de contracción lateral.

e. Razón de Tirante Aguas Arriba y Longitud de la Cresta

- La relación de tirante aguas arriba (con la elevación de la cresta como cota) y la longitud de la cresta debe tener un valor máximo de 0.75 y un mínimo de 0.075.
- El límite inferior (0.075) se impone para que la pérdida hidráulica sea poca, comparado con la carga hidráulica (el tirante) aguas arriba.
- El límite superior (0.75) se establece para prevenir una distribución no hidrostática sobre la cresta, es decir, prevenir mayores componentes verticales del flujo en la garganta.
- La calibración teórica del aforador es válida sólo para líneas de flujo rectas e horizontales sobre la cresta, de otra manera el error en el aforo puede ser mucho más de $\pm 2\%$ del caudal real.
- La razón de tirante aguas arriba (con la elevación de la cresta como cota) a la longitud de la cresta es aproximadamente 0.5 para el caudal promedio en un aforador correctamente diseñado.

f. Limnómetro

- El limnómetro se debe localizar a una distancia igual o mayor que el tirante máximo (el que corresponde al caudal máximo), con la cota en la elevación de la cresta, aguas arriba del inicio de la rampa de convergencia.
- Sin embargo, no debe ser colocado a una distancia mucho más allá de este valor aguas arriba porque se tendría que tomar en cuenta más pérdida entre el limnómetro y la sección de flujo crítico sobre la cresta.
- Es muy importante que la lectura de cero en el limnómetro sea exactamente igual que la elevación de la cresta del aforador, pues en esa elevación el caudal tiene que ser cero.

g. Tubos de Drenaje

- Se puede instalar uno o dos tubos de drenaje en la plantilla del canal, por debajo del aforador, para prevenir que se estanque el agua cuando no se pasa agua por el canal.
- Dichos tubos sirven para prevenir el establecimiento de malas hierbas (malezas), algas y musgos, además de controlar la procreación de mosquitos y zancudos.
- Se pueden instalar tapas en los tubos para que sólo pase agua cuando no hay flujo en el canal, pero si el caudal que pasa por los tubos es menor de $\pm 2\%$ del caudal pues no es de importancia.
- El caudal que pasa por los tubos se puede estimar con los datos de calibración del aforador y una ecuación para el cálculo de pérdidas hidráulicas en tuberías.

V. CUERPO DEL TRABAJO

5.1. Generalidades

Los instrumentos de medición son necesarios para sincerar el volumen real que se usa en la actividad agrícola, lo que permitirá hacer un uso eficiente del recurso hídrico en los sectores hidráulicos de riego. En muchos de los canales de riego en la costa peruana no existe tal instrumento por lo que la distribución de agua en un sistema de riego se hace más deficiente, es aquí donde se ve la necesidad de aumentar el número de aforadores en canales abiertos a nivel nacional; es por eso que mediante la Unidad Ejecutora N°2 a cargo del Proyecto de Gestión integrada de Recursos Hídricos en Diez Cuencas – PGIRH de la Autoridad Nacional del Agua destinaron la elaboración del expediente técnico para el Sector Hidráulico Menor Chira.

Mediante la elaboración del expediente técnico “Construcción de estructura de medición de agua en el sector Hidráulico Menor Chira, Subsector Hidráulico Margen Izquierda, Bloque de riego las Capillas, CD Capilla Alta” se elaboró el diseño del aforador con las dimensiones económicamente aceptables para su funcionamiento y operación, se realizó el diseño empleando el software WinFlume para después realizar la calibración de la regla limnimétrica con el mismo software. Este aforador beneficiara a 33 agricultores abarcando 100.33 Hectáreas.

5.2. Secuencia metodológica

El presente trabajo plantea las siguientes etapas para poder cumplir con el diseño de la estructura de medición de agua en el bloque de riego Capilla Alta.

5.2.1. Ubicación del proyecto

a. Ubicación Política

Departamento : Piura

Provincia : Sullana

Distrito : Miguel Checa

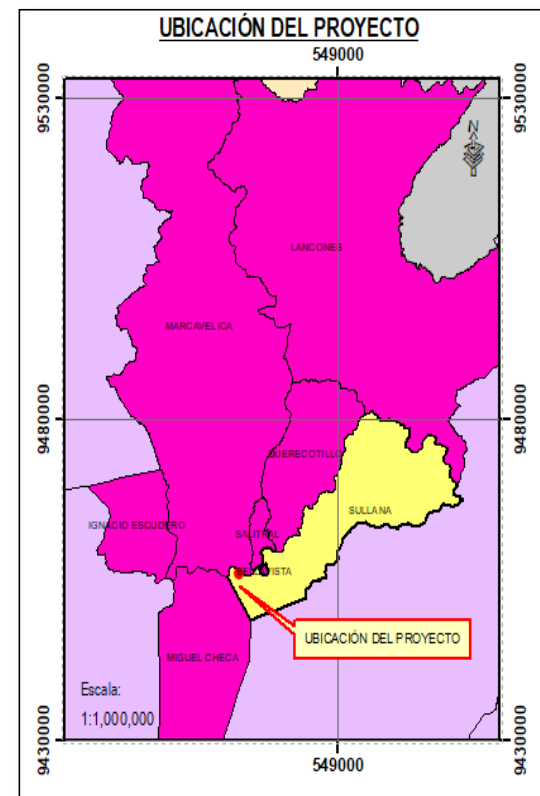
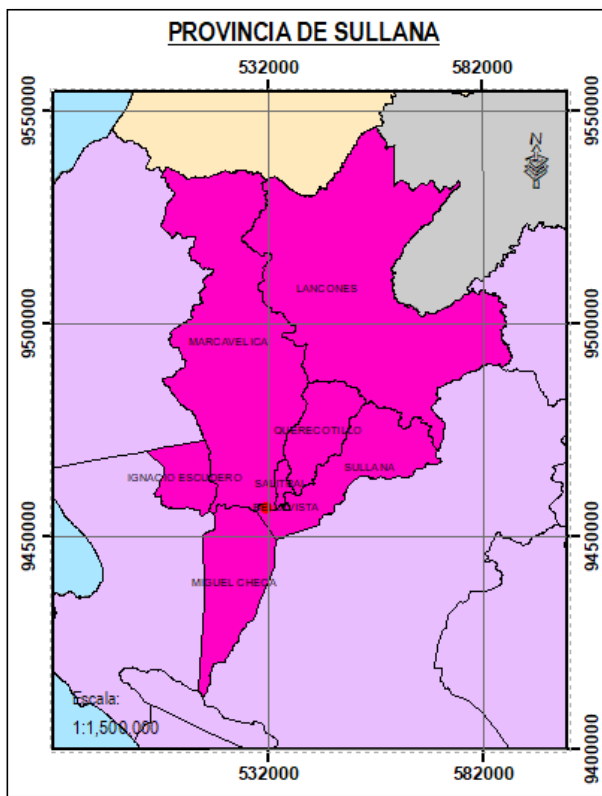
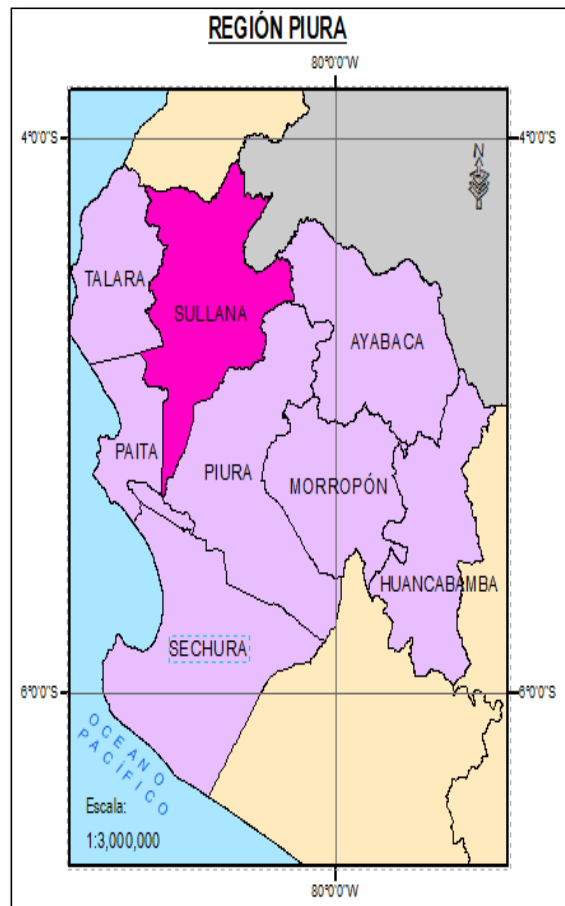
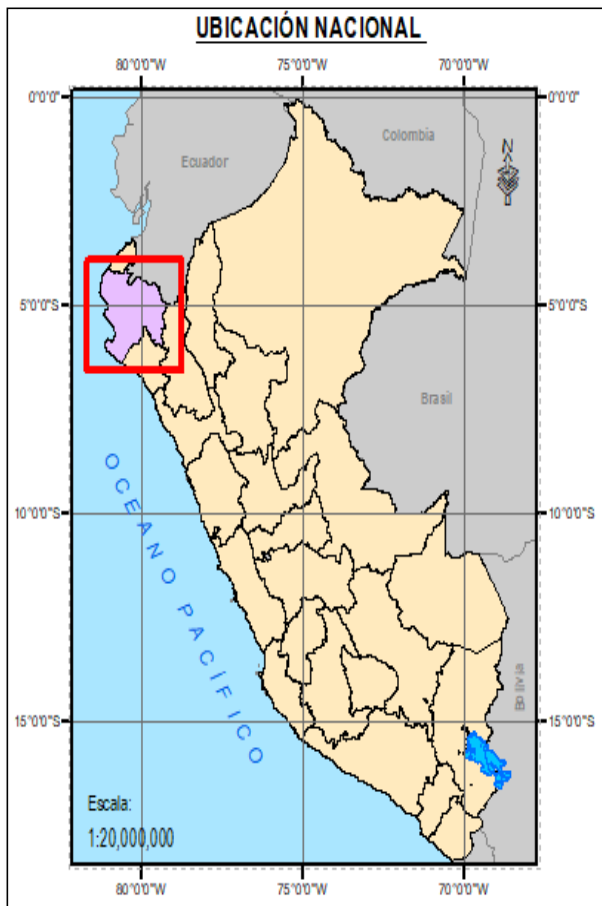


Figura 7. Ubicación Política del proyecto

b. Ubicación Geográfica

La ubicación específica del aforador RBC Capilla Alta se encuentra en el distrito de Miguel Checa, en las coordenadas UTM del sistema WGS 84 17 S:

Este: 531547.00 y Norte: 9458939.00.



Figura 8. Ubicación Satelital del proyecto.

Fuente: Google Earth (2020)

c. Ubicación Hidrográfica

| | | |
|-------------------------|---|--|
| Hidrografía | : | Cuenca del Río Chira. |
| Administrativa | : | Distrito de Riego Chira. |
| Coordenadas Geográficas | : | El ámbito del Proyecto de encuentra ubicado Entre las coordenadas UTM WGS 84 17S Norte: 9'486,900 – 9'433,000 Este: 556,000 - 488,000 |

Los aforadores RBC deben situarse en un tramo de canal en el que pueda medirse con precisión el valor de la carga de agua y en donde pueda producirse una pérdida de carga

suficiente para obtener una relación única entre caudal y la carga. (INRENA, 2005)

El Sector Hidráulico Menor del Chira, se encuentra ubicado en el Nor Oeste de la Costa del Perú; el valle es irrigado por el río Chira y abarca parte de las provincias Sullana, Paita y Talara, tiene una superficie total de 10,017 Km². El Distrito de Riego Chira se crea por RM 01121-76 AG del 02-06-78 y se delimita y sectoriza mediante RD 0092-78 AA-DGAS el 26-10-78 con un área total de 38,050.58 Has, inscritas, de los cuales 34,984.61 Has, son bajo riego, contando con 16,887 usuarios.

5.2.2. Vías de acceso

La principal vía que une Piura y Sullana, es la carretera Panamericana Norte, llegando hasta la sede de la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Chira en un tiempo de viaje aproximado desde Piura en 1hr. Las Comisiones de Usuarios y Localidades asentadas en la jurisdicción del valle Chira cuentan con carreteras carrozables asfaltadas y no asfaltadas, al igual que la infraestructura hidráulica (canales) tienen caminos carrozables y de servicio.

Tabla 1: Rutas de acceso

| Item | Desde | Hacia | Distancia (Km) | Tiempo (h) | Medio de Transporte | Tipo de Vía |
|------|---------|--------------|----------------|-------------|---------------------|--------------|
| 1 | Lima | Piura | 988.00 | 14 h 44 min | Terrestre | Panamericana |
| 2 | Piura | Sullana | 51.20 | 1 h | Terrestre | Panamericana |
| 3 | Sullana | Cruce | 3.90 | 5 min | Terrestre | Asfaltada |
| 4 | Cruce | Capilla Alta | 2.84 | 12 min | Terrestre | Afirmado |

El acceso hacia la ubicación del aforador RBC Capilla Alta se realiza desde Sullana por la carretera Sullana – Paita hasta una distancia de 3.90 Km, luego se dobla hacia la derecha por una carretera afirmada que ingresa hacia las parcelas de cultivo de la zona de las Capillas, en una distancia de 2.84 Km; (línea color verde), tal como se aprecia en la Figura 3.

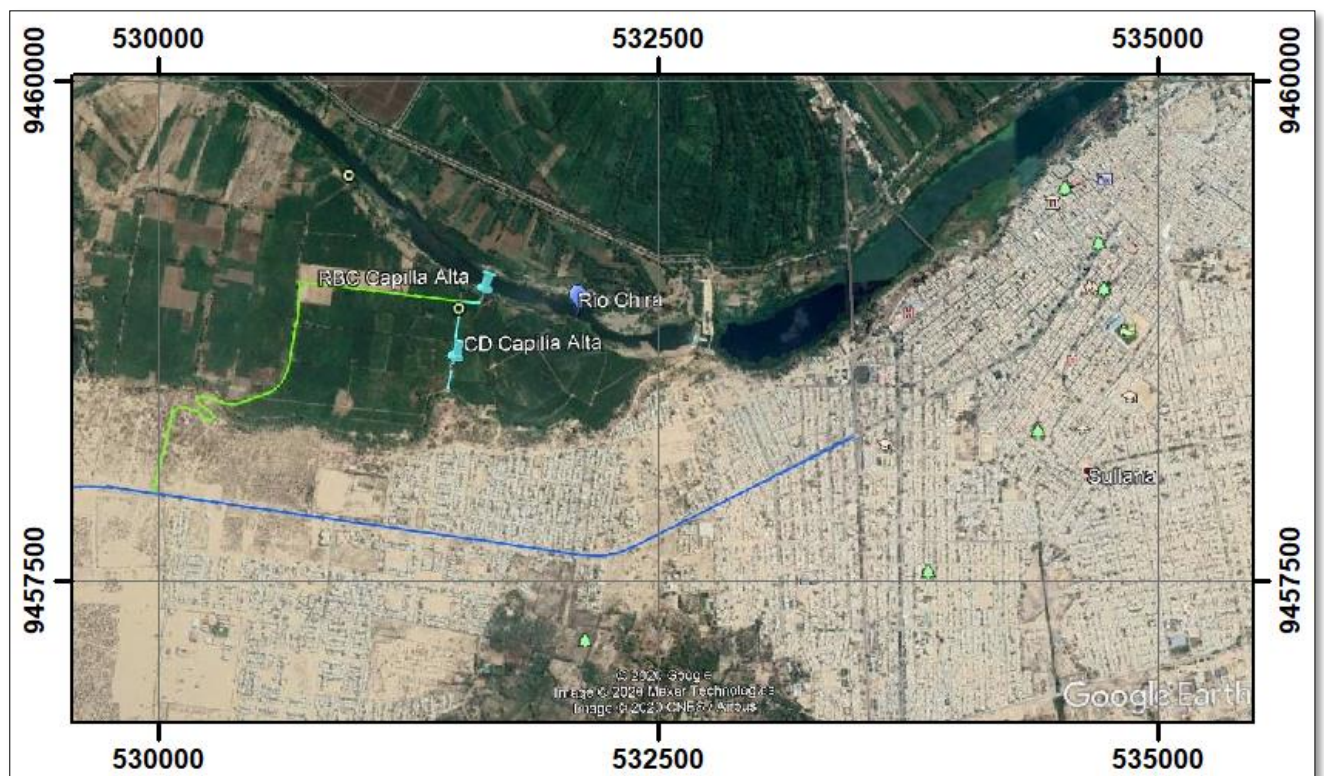


Figura 9. Acceso al aforador proyectado

Fuente: Google Earth (2020)

5.2.3. Revisión y valoración de estudios

5.2.3.1. Hidrología

El Sector Hidráulico Menor del Chira tiene dos fuentes de agua: el río Chira y sus afluentes Chipillico, Quiroz, Macará y Alamor, cuyos aportes no solo atienden al valle del Chira sino también al Medio y Bajo Piura a través de la represa Poechos con una capacidad inicial de almacenamiento de 1,000 MMC de agua y la presa Sullana básicamente para el embalse temporal y elevación del tirante para la captación del canal Norte.

La otra fuente lo constituye el agua subterránea principalmente en las partes bajas del valle como son Pueblo Nuevo de Colán, Miramar y son extraídos artesanalmente con molinos de viento; no se tiene cuantificado el volumen de extracción.

En el valle del Chira existen el reservorio de Poechos con una capacidad inicial de 1,000 MMC y la presa Sullana para represar las aguas en el río Chira y se pueda captar a través del

canal norte. El valle se atiende a través de: Canal de derivación Daniel Escobar revestido con una longitud de 54 Km, con una capacidad de 60 m³/s, atiende a las Comisiones de Regantes Poechos Pelados y Cieneguillo y trasvasa hacia la cuenca del río Piura, utilizando la caída de Curumuy; atiende también a otros usos como el acuícola de la empresa AQUA; uso poblacional para Sullana; industrial para la embotelladora EMRISA e hidroenergético para la central hidroeléctrica Curumuy.

El canal de derivación no revestido Miguel Checa de 80 Km., de longitud y 19 m³/s, de capacidad máxima, atiende con agua del reservorio de Poechos a la Comisión de Regantes Miguel Checa con más de 120 tomas principales y tomas directas.

El río Chira atiende con un caudal ecológico a la flora y fauna propia del río, cuyas aguas se almacenan en la presa Sullana y son derivadas por el canal Norte de una longitud de 50 km con un caudal de 25.500 m³/s, atendiendo a la Comisión de Regantes Margen Derecha; de este canal se deriva el canal lateral Sur de 25.75 Km, de longitud y con una capacidad de 7 000 m³/s, dicho canal cruza al río Chira a través de un sifón denominado Sojo para atender a la Comisión de Regantes Margen Izquierda. Con la proyección del canal Norte y construcción del sifón Amotape (Tercera etapa del Proyecto Chira) se atenderá a la Comisión de Regantes El Arenal en un futuro.

5.2.3.2.Verificación de caudales máximos y mínimos de operación

Previamente al diseño hidráulico, se realizó mediciones de campo con la finalidad de verificar el caudal máximo determinado en el diagnóstico, habiéndose evaluado principalmente lo siguiente:

- Gradiente del canal de riego y características geométricas del canal, obtenidos mediante el estudio topográfico.
- Coeficiente de rugosidad de Manning del tramo del canal (mediante tablas de rugosidad y según las condiciones del canal).
- Verificación del tirante máximo mediante la observación de la huella en el canal.

- Determinación de caudal máximo (primera aproximación), que es conducido por el canal. Finalmente, en coordinación con la Comisión de Usuarios, Junta de Usuarios y la Administración Local de Agua, se determinó la ubicación y el caudal máximo de la estructura de medición, lo cual se plasmó en un acta de acuerdos para la ubicación de estructuras de medición de agua y determinación de caudales máximo y mínimo para la elaboración del respectivo expediente técnico.

A continuación, se muestra la tabla de caudales del CD Capilla Alta.

Tabla 2: Diagnóstico de Caudal en el Canal de Derivación Capilla Alta

| N° | Sector Hidráulico Menor | Sub Sector | Bloque de Riego | Canal | Caudal Max (m3/s) | Caudal Min (m3/s) | N° Beneficiarios | Bajo Riego (ha) | Estructura Propuesta |
|----|-------------------------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------|----------------------|
| 1 | CHIRA | Margen Izquierda | Las Capillas | CD Capilla Alta | 0.30 | 0.10 | 30 | 100.33 | Aforador RBC |

Fuente: Junta de Usuarios Sector Hidráulico Chira (2019)

5.2.3.3. Evaluación de la infraestructura existente

a. Obra de captación

Se realizó una visita en campo del canal de derivación en estudio para poder realizar su estado situacional y poder realizar mediciones del canal existente.

La fuente de agua para el CD Capilla Alta es el río Chira el cual se abastece a través de un sistema de bombeo ubicado en la margen izquierda del mencionado río.

El inicio del canal se encuentra ubicada en las coordenadas UTM del sistema WGS 84 17S:
Este: 531549.00
Norte: 9458952.00



Figura 10. Vista de la cámara de carga

b. Obras de conducción

La fuente de agua para el CD Capilla Alta es el río Chira el cual se abastece a través de un sistema de bombeo ubicado en la margen izquierda del mencionado río; al inicio del canal se cuenta con una estructura de concreto la cual recibe el agua del bombeo y funciona como una cámara de carga y cámara disipadora de la energía del agua; el canal inicia con un tramo revestido de concreto de sección rectangular de $b=1.50$ m, $H=1.00$ m, $L=9.20$ m y pendiente $S=0.0033$ m/m, este tramo se encuentra en buen estado de conservación. Luego de este tramo el canal es en tierra de sección irregular y con presencia de vegetación en los taludes, así mismo presenta una pendiente muy suave (ver plano de planta y perfil longitudinal).

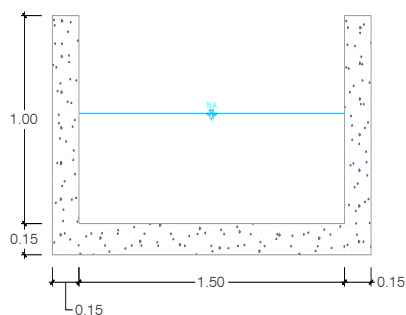


Figura 11. Sección típica del CD Capilla Alta aguas arriba



Figura 12. Tramo de canal revestido de sección rectangular

5.2.4. Análisis de información topográfica

Luego de analizar el problema y de realizar la inspección a la zona del proyecto, se procedió a ejecutar los respectivos trabajos consistentes en:

a. Trabajo de campo

El levantamiento topográfico se realizó con una estación total y nivel de ingeniero; para ello, se tomaron lecturas de distancia repetida y en modo fino del instrumento lo que significa que en un intervalo de tiempo de 2.5 segundos por visada, utilizando de este tiempo, el promedio de lecturas computarizadas, cada una de ellas, medidas con rayos infrarrojos de onda corta, el cual se afecta principalmente por la posición y el número de prismas utilizados. Además, se realizó los ajustes por temperatura. El equipo utilizado en este proyecto fue la Estación Total de marca Leica TS06 PLUS, tres prismas, nivel de ingeniero de marca Leica y una mira topográfica. Se realizó el

levantamiento topográfico, tomando el eje de cada canal como referencia principal, así mismo se tomaron datos de la sección del canal cada 20 m con un área de trabajo de 5 m hacia la margen derecha y 5 m hacia la margen izquierda. A continuación, listamos las actividades realizadas:

- Nivelación del fondo del canal empleando el nivel de ingeniero y mira topográfico para determinar a posterior la pendiente.
- Levantamiento topográfico del tramo seleccionado donde se emplazará el aforador RBC.
- Levantamiento de secciones transversales del canal, con distanciamiento de 20 metros y de ancho variable, de acuerdo a las condiciones.
- Con el apoyo de GPS Garmin MAP 62S, se determinó las coordenadas UTM, de los puntos de estacionamiento y se trasladó a los puntos del levantamiento.
- Toda la información obtenida se ha procesado empleando software de cálculo en el caso de la estación total (indicando en el equipo de software utilizado).
- Los puntos topográficos se procesaron y se obtuvieron las curvas de nivel.
- Estos trazos que generan los planos, han sido procesados en dibujos sectorizados en AutoCAD los archivos están en unidades métricas los puntos son incluidos como bloques en la capa 0 y controlada en tres tipos de información básica (número de punto, este, norte, elevación, y descripción) PENZD.

b. Trabajo de gabinete

En esta etapa se realizó el procesamiento de la información de campo empleando el Software AutoCAD Civil 3D 2019, con el cual se ha determinado el plano en planta y el perfil longitudinal en el eje geométrico y las secciones transversales a cada 20 m en forma perpendicular al eje, empleando el Software AutoCAD 2019:

- Los planos de planta y perfiles longitudinales: muestran los ejes del proyecto, a escala 1:1000, en donde se muestra el área del proyecto, las curvas y sus elementos, las progresivas del eje del canal y el perfil longitudinal del tramo a ejecutar, dibujado a escala V: 1/100 y H: 1/1000.
- Planos de las secciones en donde se ubicará el aforador ha sido representado cada 10 m dibujadas a escala 1/200.
- Analizando la topografía se determina que la pendiente del canal es suave, siendo ésta $S= 0.0033$ m/m. Existe un tramo del canal revestido y otro tramo sin revestir con presencia de vegetación en los taludes.

5.2.5. Descripción y configuración del modelo WinFlume

El software WinFlume puede usarse para diseñar nuevos de medidores de flujo en un canal existente. Los diseños pueden ser desarrollados por el usuario y pueden analizarse usando WinFlume para asegurar el apropiado funcionamiento. El módulo del diseño de WinFlume puede usarse para desarrollar diseños que tienen pérdidas de carga requeridas de carga con sus características y otros requisitos adicionales. (Wahl, 2001)

Para el diseño hidráulico de los aforadores del tipo RBC se ha utilizado el programa WinFlume versión 32, con el cual se puede diseñar un aforador nuevo y/o calibrar uno existente.

Para el diseño es necesario ingresar en el programa los siguientes datos de campo:

- Rugosidad del material del aforador y del canal aguas abajo del aforador.CC
- Caudales máximos y mínimos.
- Gradiente hidráulica del canal aguas abajo.
- Errores permisibles para $Q_{min} \leq 8\%$ y $Q_{max} \leq 5\%$.
- Dimensiones del ancho del aforador propuesto en relación con el canal.

Y los siguientes datos de diseño del aforador.

La Altura de Resalto (P1), esta dimensión es la más importante del aforador tipo RBC,

ya que este es el que garantiza el flujo libre del aforador, para su diseño se debe considerar lo siguiente:

El resalto debe ser lo suficientemente alto como para que el flujo se mantenga libre entre Q_{\min} y Q_{\max} , y se permita leer la altura de carga h_1 en una superficie estable.

El resalto debe ser lo bastante bajo como para que no produzcan desbordamientos en el canal aguas arriba y no se vea reducida la capacidad máxima y mínima del canal.

Allí donde existan problemas de sedimentos, el resalto debe ser lo bastante bajo como para no agravar aún más estos problemas de deposición de materiales.

Obtenido la altura del resalto deseado, las otras dimensiones deben obedecer los siguientes criterios mostrados en la figura.

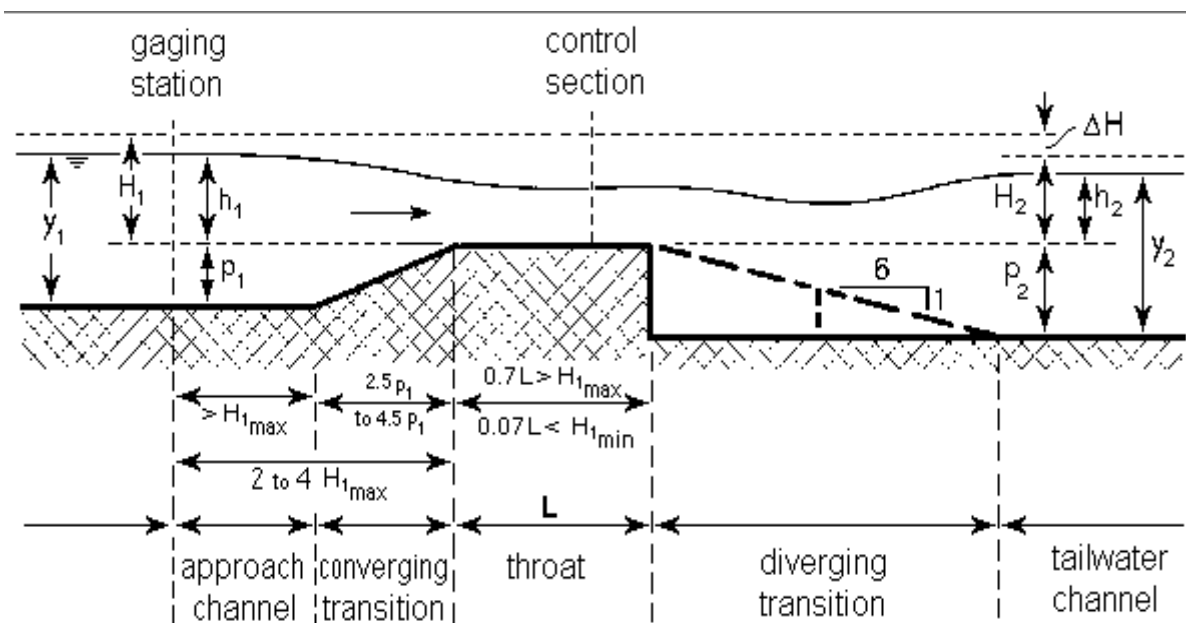


Figura 13. Dimensiones características del Aforador Tipo RBC

Fuente: Wahl, T. (2001).

Las Dimensiones Sugeridas del Aforador tipo RBC

a. Altura de la cresta, p_1

Cuando se desarrolla una alternativa de diseño, WinFlume normalmente aumentará la contracción en un intento de satisfacer las condiciones especificadas por el diseñador. Aunque WinFlume puede reducir la contracción (el Programa FLUME 3.0 no lo hace),

es más fácil para WinFlume aumentar la contracción. Porque el diseñador normalmente no tiene información de la altura que necesita la cresta y de la contracción. Se recomienda especificar un mínimo (o no) de la contracción. (p_1 debe ser menos de 15% de y_1 de profundidad de agua) en inicial diseño de la estructura.

b. La longitud de canal de acceso (lugar de medición del aforador)

La regla de medida del aforador debe localizarse suficientemente a una distancia aguas arriba de la cresta para evitar la influencia del cambio de la superficie de agua, pero debe estar en un punto donde se considere despreciable la pérdida de energía entre el punto de medida y la estructura. Para reunir estos requisitos, la estación de medición debe localizarse a una distancia entre dos y tres veces H_1 máx. del borde de la cresta o a H_1 máx. o del inicio de la transición convergente, cualquiera que sea mayor.

c. La longitud de la transición convergente

La función de la transición convergente es proporcionar una aceleración moderada del flujo sin las discontinuidades en la separación de flujo al principio de la garganta. Con las estructuras estacionarias la transición normalmente consiste de superficies planas. La transición convergente debe tener una pendiente menor de 2.5 a 1 (horizontal a vertical). Cuando la estructura se ve en planta, el ángulo de la línea que describe la intersección de la superficie de agua con las paredes laterales de la transición convergente también debe tener una pendiente menor o igual a 2.5 a 1 (longitudinal a la distancia transversa) en las condiciones de flujo mínimo y máximo. En la cresta movable la transición normalmente es redondeada a un radio de $r = 0.2H_1$ max

d. La longitud de la sección de control (es decir, garganta, cresta, o umbral)

Para la medida exacta del flujo la longitud de la garganta debe considerarse la referencia de la energía total respecto a la cresta H_1 , a la longitud de la garganta, L , este en el rango que se indica:

$$0.070 = H_1/L = 0.70$$

Con este rango WinFlume calcula las tablas de valores con un error menor del 2% dentro de este rango. Fuera de este rango el error suavemente incrementa a 4% cuando

$H1/L=1.0$. Si una estructura será diseñada con un valor alto de la relación Q_{max}/Q_{min} , los valores del rango de $H1/L$ deberán ser usados.

e. Pendiente de la sección después de la garganta

Si el nivel aguas abajo, y_2 , es suficientemente baja, no hay necesidad para una transición gradual entre la garganta y la sección siguiente, y una abrupta expansión puede recomendarse. Si la pérdida de carga encima de la estructura se limita a una magnitud de la carga de agua canal abajo, h_2 , resulta más grande que el tirante crítico en la garganta, una transición gradual de 6 a 1 de pendiente puede ser considerada para recuperar energía potencial. La de energía potencial que puede recobrase depende principalmente del grado de expansión de la transición. Relaciones de 1 a 1 o 2 a 1 no son muy eficaces en la recuperación de energía porque la velocidad alta que sale de la garganta no puede cambiar la dirección bruscamente para seguir los límites de la transición. Por consiguiente, no se recomienda el uso de expansiones con las relaciones 1 a 1, 2 a 1, o 3 a 1.

En la realización del diseño del aforador tipo RBC Capilla Alta, el cual es tema de estudio en esta monografía se empleó el software WinFlume en cual podemos ver con los datos de ingreso como se justificó las dimensiones de cada elemento de la estructura de medición de agua.

5.2.6. Diseño del aforador tipo RBC Capilla Alta

5.2.6.1. Cálculo de las dimensiones del aforador utilizando el WinFlume

Empleando el Software WinFlume se determinó las dimensiones adecuadas para el cumplimiento de los criterios de diseño.

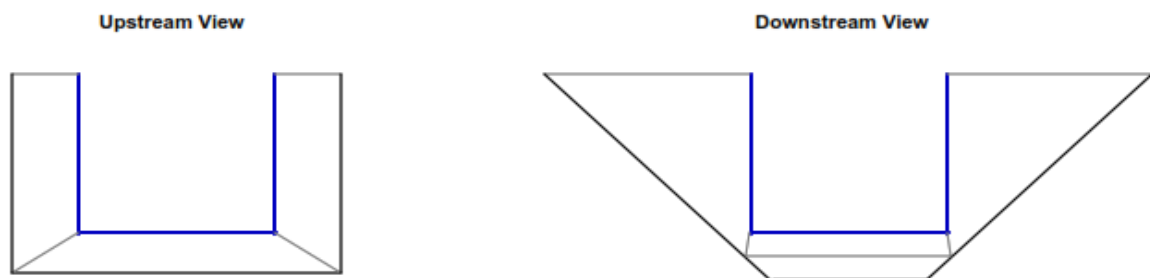


Figura 14. Secciones Transversales aguas arriba y abajo del aforador tipo RBC Capilla Alta

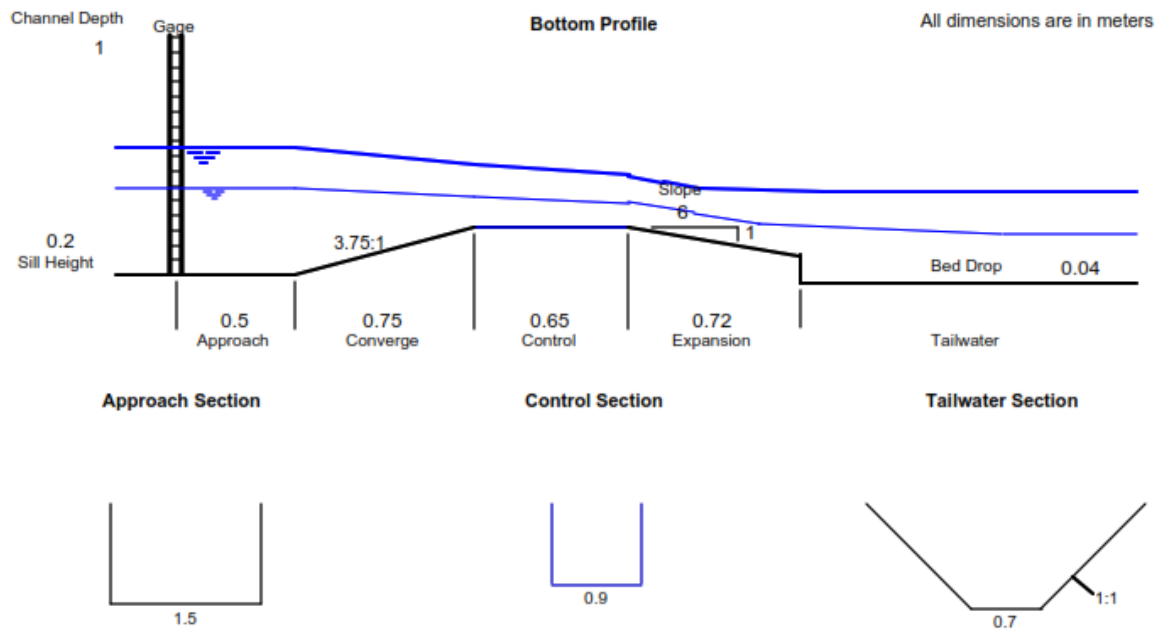


Figura 15. Dimensión de los elementos del aforado tipo RBC Capilla Alta

5.2.6.2. Calibración de la regla limnimétrica con el software WinFlume

Una vez dimensionado el aforador tipo RBC, se procede a calibrar la regla limnimétrica; esta labor consiste en determinar una relación carga- caudal, lo cual permite construir una regla graduada que se coloca aguas arriba de la cresta del aforador, esta regla sirve para medir el caudal del agua que pasa por el aforador. Para mayor facilidad en la operación del aforador, la regla se gradúa en caudales, lo cual ofrece una lectura directa de las descargas o caudales. Para calibrar la regla limnimétrica se emplea un modelo matemático que es ejecutado mediante el programa WinFlume, el cual se basa en las ecuaciones de carga-caudal presentados anteriormente.

En la hidráulica de los aforadores RBC se obtuvieron ecuaciones para expresar la carga-caudal, y tablas de gasto para las diferentes formas de aforadores. El uso de estas ecuaciones exige la evaluación de dos coeficientes C_d y C_v , para los que se pueden obtener valores aproximados. Sin embargo, para definir más exactamente las relaciones de las diversas variaciones del caudal, Reploge 1975, ha desarrollado un modelo matemático con el que se obtiene la tabla de aforo directamente, sin necesidad de utilizar valores aproximados.

El modelo matemático desarrollado por Reploge para obtener relaciones carga-caudal de aforadores ha sido programado en WinFlume para computadoras digitales.

Con la información ingresada previamente para realizar el diseño de la estructura se obtiene la ecuación de calibración de la regla limnimétrica para el aforador tipo RBC Capilla Alta.

El primer cuadro de resultado que se obtuvo con el software WinFlume muestra la carga de agua para diferentes valores de caudal. El cual se muestra a continuación en la Figura 16.

The screenshot shows the 'Rating Tables' window with the following data table:

| Discharge m ³ /s | Head at Gage, h1 m | Froude Number | Required Head Loss m | H1/L Ratio | Submergence Ratio | Warnings |
|--------------------------------|--------------------------|------------------|----------------------------|---------------|----------------------|----------|
| 0.020 | 0.057 | 0.033 | 0.011 | 0.087 | 0.000 | |
| 0.030 | 0.074 | 0.045 | 0.013 | 0.114 | 0.000 | |
| 0.040 | 0.089 | 0.055 | 0.015 | 0.138 | 0.000 | |
| 0.050 | 0.103 | 0.064 | 0.017 | 0.160 | 0.000 | |
| 0.060 | 0.116 | 0.072 | 0.018 | 0.180 | 0.000 | |
| 0.070 | 0.129 | 0.079 | 0.019 | 0.199 | 0.000 | |
| 0.080 | 0.140 | 0.086 | 0.021 | 0.218 | 0.000 | |
| 0.090 | 0.152 | 0.092 | 0.022 | 0.235 | 0.000 | |
| 0.100 | 0.162 | 0.098 | 0.023 | 0.252 | 0.000 | |
| 0.110 | 0.173 | 0.103 | 0.024 | 0.269 | 0.000 | |
| 0.120 | 0.183 | 0.108 | 0.025 | 0.285 | 0.052 | |
| 0.130 | 0.193 | 0.112 | 0.025 | 0.300 | 0.108 | |
| 0.140 | 0.202 | 0.117 | 0.026 | 0.315 | 0.158 | |

Below the table, it states: "All warning messages for this table: No warnings." Buttons at the bottom include "Printer Setup", "Copy to Clipboard", "Print to Disk", "Print", and "Close".

Figura 16. Dimensiones características del Aforador Tipo RBC

Otro resultado que se obtuvo con el WinFlume es la ecuación de calibración de la regla limnimétrica. El cual se muestra en la Figura 17.

The screenshot shows the 'Equation' window with the following data table:

| h1 Sill Referenced Head at Gage meters | Q Theoretical Discharge cu. m/s | Q_fit Curve Fit Equation Discharge cu. m/s | D=Q_fit-Q Difference cu. m/s | (D/Q)*100% Difference % | Warnings |
|--|--|--|------------------------------------|-------------------------------|----------|
| 0.057 | 0.020 | 0.020 | 0.000 | -0.04 % | |
| 0.089 | 0.040 | 0.040 | 0.000 | +0.02 % | |
| 0.116 | 0.060 | 0.060 | 0.000 | +0.01 % | |
| 0.140 | 0.080 | 0.080 | 0.000 | +0.01 % | |
| 0.162 | 0.100 | 0.100 | 0.000 | +0.01 % | |
| 0.183 | 0.120 | 0.120 | 0.000 | +0.02 % | |

Equation: $Q_{fit} = K1 * (h1 + K2) ^ u$
Parameters: $K1 = 1.62494$
 $K2 = 0.00041540$
 $u = 1.53551$

Below the table, it states: "All warning messages for this table: No warnings." Buttons at the bottom include "Printer Setup", "Copy to Clipboard", "Print to Disk", "Print", and "Close".

Figura 17. Ecuación de calibración del aforador tipo RBC Capilla Alta

Uno de los resultados obtenidos del Software WinFlume es la curva de calibración del Aforador tipo RBC Capilla Alta de acuerdo a la ecuación anteriormente mencionada. La ventaja de aplicar este software ya no es necesario acudir al laboratorio para realizar la simulación del aforador.

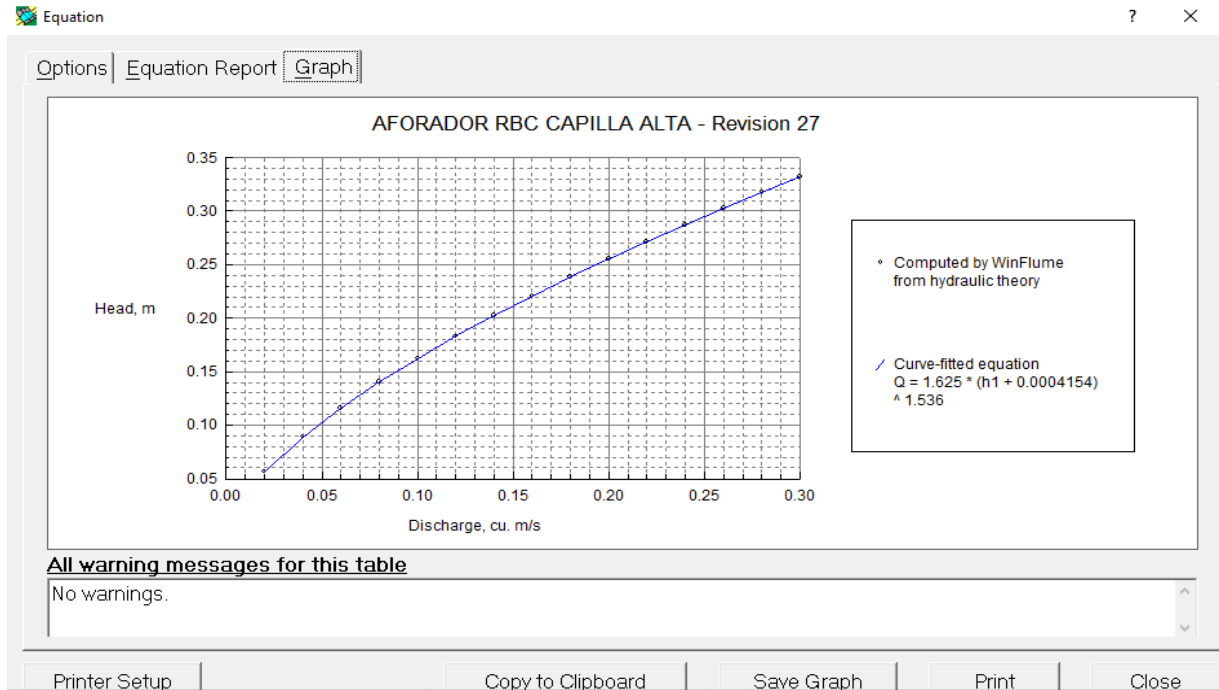


Figura 18. Curva de calibración del aforador tipo RBC Capilla Alta

El software WinFlume proporciona un bosquejo de la regla limnimétrica de acuerdo a los valores obtenidos en la Figura 18.

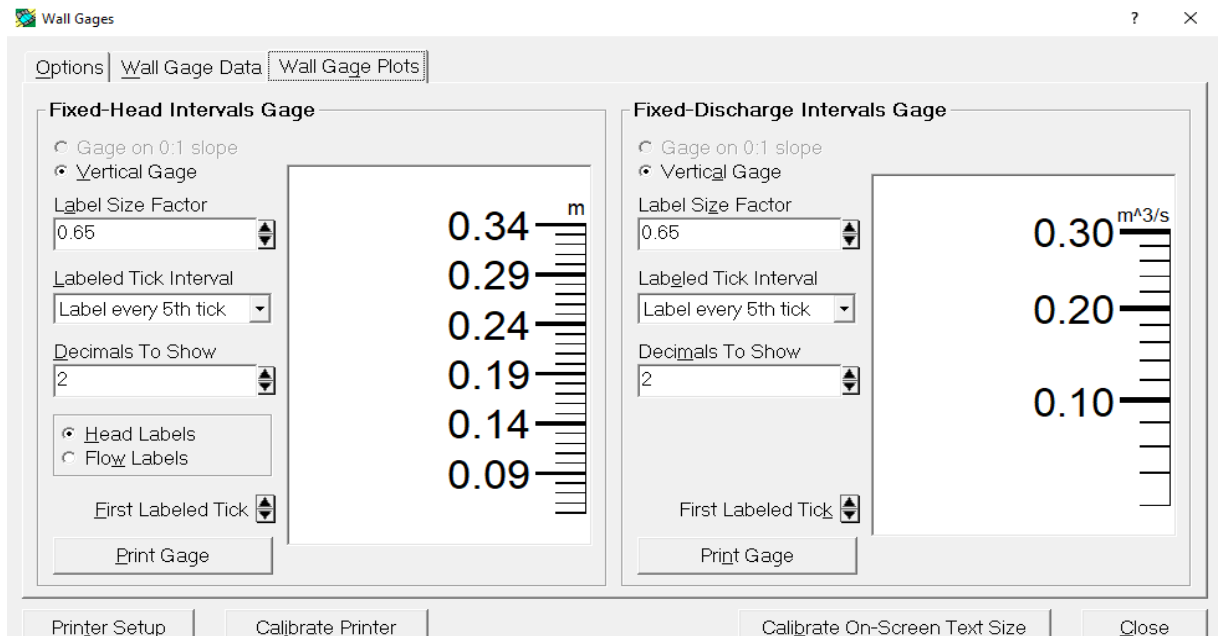


Figura 19. Regla Limnimétrica del aforador tipo RBC Capilla Alta

Con la información obtenida del WinFlume se realizó el dibujo de la regla limnimétrica, resultando de un alto de 45 cm. y ancho de 20 cm. La regla limnimétrica graduada es de aluminio fundido con un espesor de $\frac{1}{4}$ " y debe estar adherida a la pared de concreto.

5.2.6.3. Ubicación del aforador tipo RBC Capilla Alta

Para determinar el emplazamiento de la estructura de medición de agua se debe cumplir con los requisitos hidráulicos, con los cuales el aforador funcione de manera adecuada para esto es necesario tener un número de Froude lo suficientemente bajo, de tal manera que cuando se instale el aforador tipo RBC el número de Froude no debe exceder 0.5 en la estación de la medición o para una distancia de 30 veces H_1 máx. aguas arriba de la estación de medición.

Para conocer el número de Froude final es necesario determinar la curva de remanso generado por la altura de la cresta del aforador (P_1) y la pendiente del canal aguas arriba en una distancia de 30 veces H_1 máx., para hallar el tirante a esa determinada distancia y con esto poder determinar el tipo de flujo que se presenta en ese punto.

DATOS:

$H_{1\max} = 0.35$ m (Ver cálculo del WinFlume)

$L = 30H_{1\max} = 30 * 0.35$

$L = 10.50$ m.

$P_1 = 0.20$ m (Ver cálculo del WinFlume)

Tirante inicial (y_1) = 0.53 m (Ver cálculos en WinFlume)

Tirante final (y_2) = 0.28 m (Ver cálculo hidráulico del canal Hcanales)

Pendiente $S = 0.001$ m/m

Talud $Z = 0$

Rugosidad $n = 0.015$

Ancho de solera $b = 1.50$ m

Con estos datos se tiene los siguientes resultados:

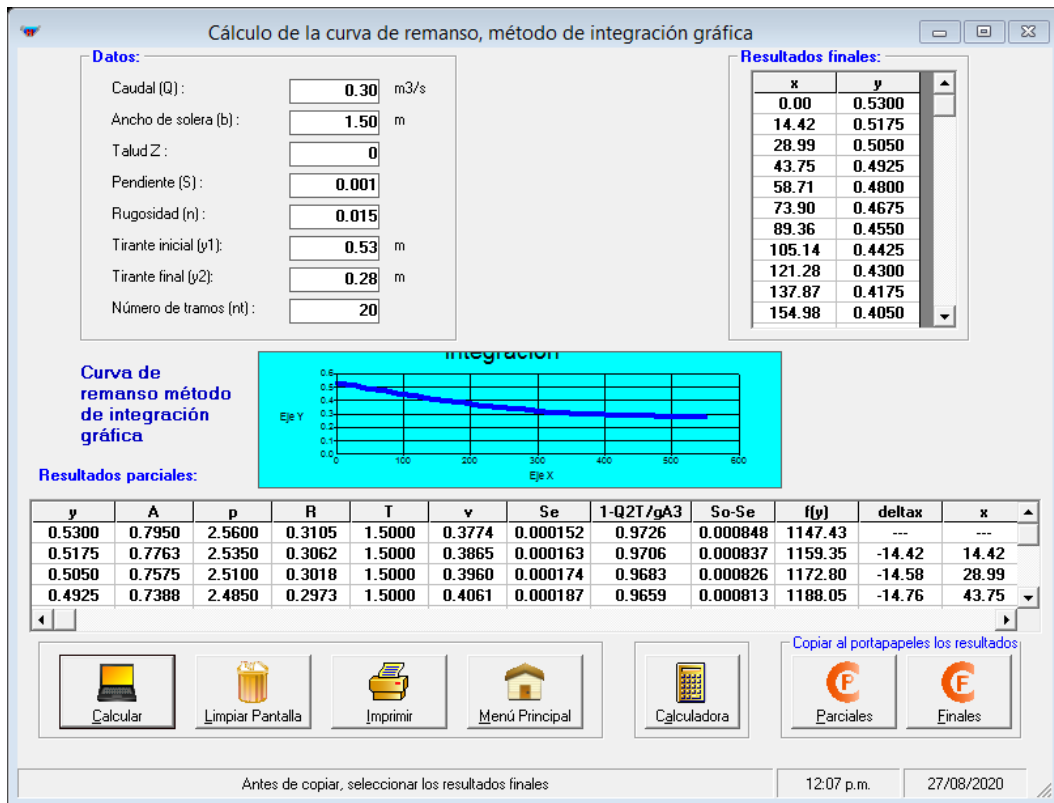


Figura 20. Cálculo del remanso del CD Capilla Alta en HCANALES

Resultados:

Tirante (y) a 10.50 m = se toma el valor mar cercano, en este caso se tomará el tirante (y) en una longitud de 14.42 m.

$$y = 0.52 \text{ m}$$

$$v = 0.39 \text{ m/s}$$

Así mismo la longitud de mejoramiento de pendiente será de $L = (30 \cdot 0.35) = 10.50 \text{ m}$; pero para asegurar un mejor funcionamiento hidráulico del aforador tipo RBC se dará una longitud $L = 14.50 \text{ m}$. aguas arriba de la estructura de medición de agua.

Según lo descrito anteriormente, se ha determinado la ubicación del aforador en la progresiva km 0+014.50, por lo cual se realizó la adecuación del canal de riego continuando con una sección rectangular revestido de concreto así mismo se está planteando el mejoramiento de la pendiente de fondo del canal a una pendiente de $S = 0.001 \text{ m/m}$ para que cumpla con las condiciones de flujo subcrítico. Esta adecuación va desde la progresiva km 0+009.20 hasta la progresiva km 0+014.50.

Con las características geométricas existentes se muestra que tiene un número de

Froude 0.8, no cumpliendo con el principal principio del aforador tipo RBC, para lograr un Numero de Froude menor a 0.5, que es lo recomendado se realizó un mejoramiento de la rasante en una longitud de 14.5 metros el cual esta explicado en el cálculo del remanso.

5.2.6.4. Características hidráulicas y Geométricas del Canal

En el canal de derivación Capilla Alta a construirse un aforador tipo RBC, es fundamental la medición de las características hidráulicas y geométricas del canal para dimensionar y establecer adecuadamente la ubicación del aforador.

Las características hidráulicas del canal, deben medirse en el tramo donde se construirá el aforador son los que se detallan a continuación. Las características geométricas se miden en un tramo seleccionado del canal de acuerdo a los criterios establecidos para la ubicación del aforador.

a. Velocidad (V)

En un canal abierto, la medición de la velocidad del agua se puede realizar empleando los métodos empleando flotadores o molinetes hidráulicos.

b. Área Mojada (A)

Es el área hidráulica para determinar esta característica, en los canales de sección geométrica (canal revestido), la obtención del área es simple, solo se necesita medir las dimensiones necesarias para calcular el área. Si se trata de un área rectangular se tendrá que medir el ancho y el tirante.

c. Tirante del agua (Y)

Es el espesor del agua, en canales de tierra el tirante es variado, mientras en canales rectangulares, el tirante es único y es igual al tirante medio.

d. Tirante medio del agua (Ym)

Resulta de dividir el área mojada por el ancho del espejo del agua

$$Ym = \frac{A}{B}$$

Donde

A: Área Mojada

B: Ancho del espejo del agua

e. Número de Froude (Fr)

El número de Froude permite determinar el régimen del flujo (subcrítico, crítico y supercrítico). Este parámetro se puede calcular con la siguiente expresión.

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g * Ym}}$$

Donde

V : Velocidad

g : Aceleración de la gravedad

Ym: Tirante medio

f. Caudal (Q)

El caudal resulta de multiplicar el área por la velocidad media.

$$Q = A * V$$

g. Pendiente de fondo

Se puede obtener utilizando un nivel de ingeniero si se desea resultados precisos; para resultados menos precisos se puede emplear el eclímetro u otros instrumentos topográficos. Este parámetro es necesario para determinar la capacidad de arrastre de sedimentos y hacer el estudio de sensibilidad de sedimentación en el canal de acercamiento en canales de tierra y en canales revestidos.

En este estudio para realizar el diseño del aforador tipo RBC en el sector Capilla Alta se empleó el nivel de ingeniero y una mira topográfica para determinar la pendiente de fondo, obteniéndose una pendiente de fondo de $S=0.0033$ m/m.

h. Sección del canal

Este parámetro se puede obtener siguiendo los mismos pasos para obtener el área mojada. Este dato se requiere saber para establecer el ancho de la cresta y para determinar los volúmenes de movimiento y compactación del suelo.

Las características geométricas e hidráulicas del CD Capilla Alta (tramo rectangular) son las siguientes, las cuales se calcularon mediante el software HCANALES.

Tabla 3: Características Geométricas del CD Capilla Alta aguas arriba

| Canal | Base (m) | Altura (m) | Talud | Rugosidad | Tirante (m) | Pendiente (m/m) | Área Hidráulica (m ²) | Número de Froude |
|-----------------|----------|------------|-------|-----------|-------------|-----------------|-----------------------------------|------------------|
| CD Capilla Alta | 1.50 | 1.00 | 0 | 0.015 | 0.19 | 0.0033 | 0.270 | 0.80 |

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **CD CAPILLA ALTA** Proyecto: **GESTIÓN INTEGRADA DE L**
 Tramo: Revestimiento: **CONCRETO**

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Ancho de solera (b): m
 Talud (Z):
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m

Resultados:

Tirante normal (y): m Perímetro (p): m
 Área hidráulica (A): m² Radio hidráulico (R): m
 Espejo de agua (T): m Velocidad (v): m/s
 Número de Froude (F): Energía específica (E): m-Kg/Kg
 Tipo de flujo: **Subcrítico**

Botones de control: **Calcular**, **Limpiar Pantalla**, **Imprimir**, **Menú Principal**, **Calculadora**, **Reporte**

Retorna al Menú principal | 11:32 p.m. | 18/08/2020

Figura 21. Características hidráulicas del CD Capilla Alta aguas arriba en HCANALES

Tabla 4: Características Geométricas del CD Capilla Alta aguas abajo

| Canal | Base (m) | Altura (m) | Talud | Rugosidad | Tirante (m) | Pendiente (m/m) | Área Hidráulica (m ²) | Número de Froude |
|-----------------|----------|------------|-------|-----------|-------------|-----------------|-----------------------------------|------------------|
| CD Capilla Alta | 0.70 | 1.00 | 1 | 0.030 | 0.39 | 0.0031 | 0.424 | 0.42 |

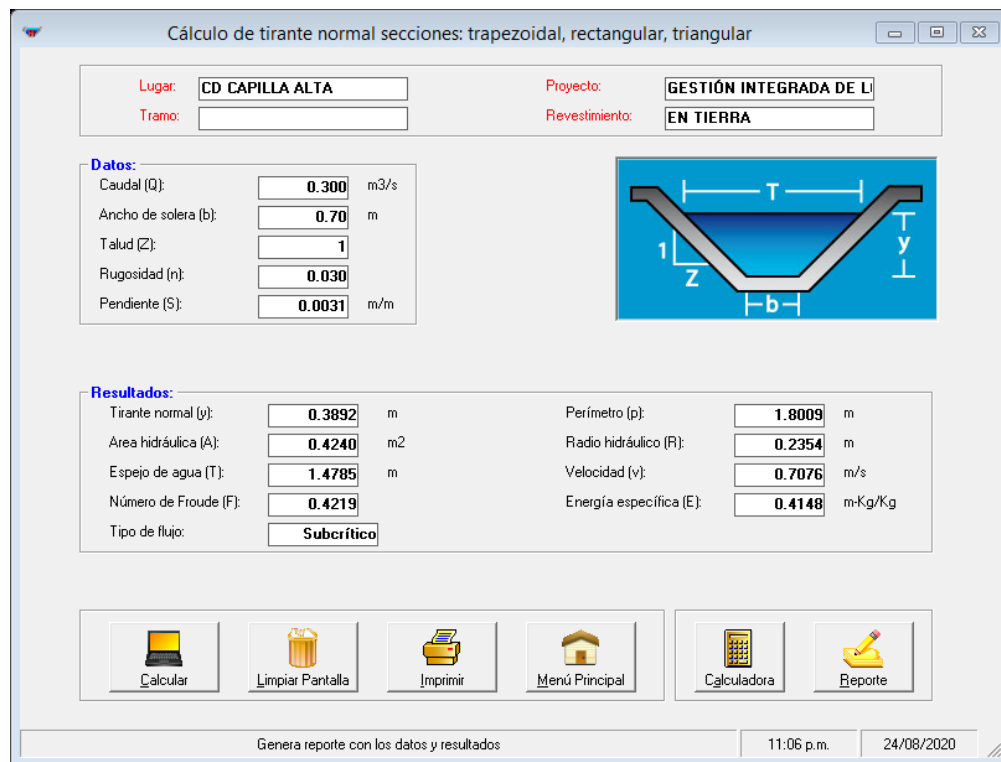


Figura 22. Características hidráulicas del CD Capilla Alta aguas abajo en HCANALES

Las características geométricas e hidráulicas del tramo mejorado serán las siguientes.

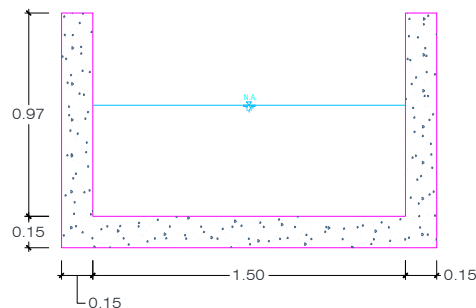


Figura 23. Sección típica del CD Capilla Alta con mejoramiento de rasante

Tabla 5: Características Geométricas del CD Capilla Alta con rasante mejorada

| Canal | Base (m) | Altura (m) | Talud | Rugosidad | Tirante (m) | Pendiente (m/m) | Área Hidráulica (m ²) | Número de Froude |
|-----------------|----------|------------|-------|-----------|-------------|-----------------|-----------------------------------|------------------|
| CD Capilla Alta | 1.50 | 0.97 | 0 | 0.015 | 0.28 | 0.001 | 0.414 | 0.44 |

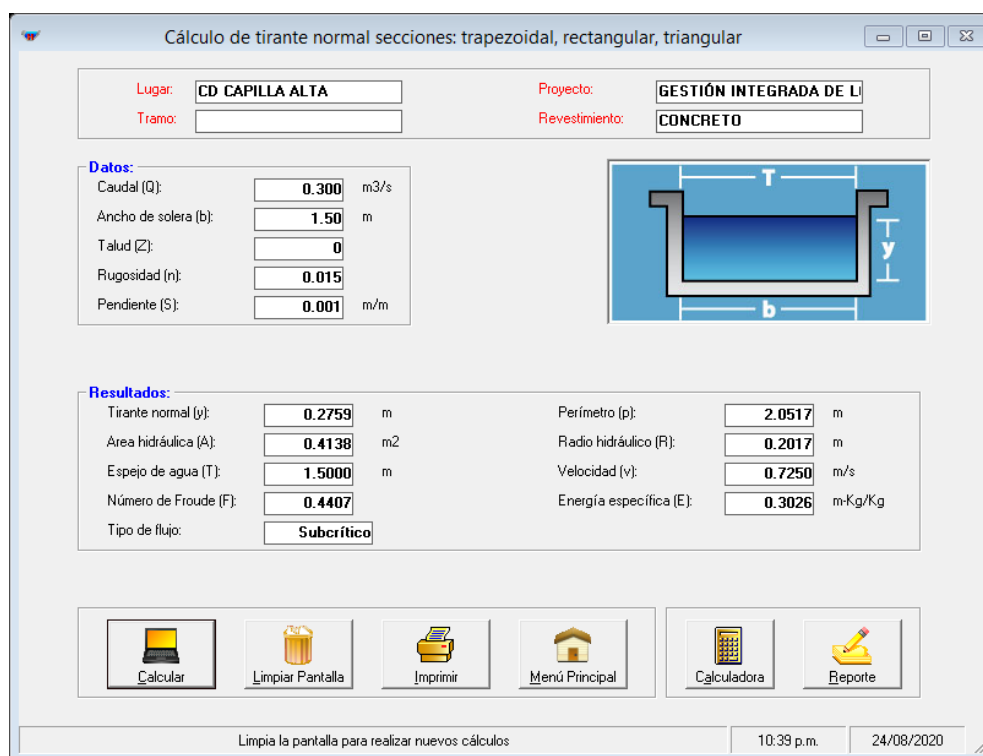


Figura 24. Características hidráulicas del CD Capilla Alta en HCANALES con rasante mejorada

5.2.7. Presupuesto de la Obra para el Aforador tipo RBC Capilla Alta

En base a los precios unitarios obtenidos y con los metrados respectivos se elaboró el presupuesto del proyecto, el cual asciende a nivel de costo directo a la cantidad de DIEZ MIL VEINTISIETE Y 80/100 NUEVOS (S/. 10,027.80). En el anexo indica el presupuesto y los análisis de costos unitarios de la obra a detalle.

5.3. Etapa de Evaluación

En la tercera etapa del objeto en estudio del trabajo monográfico se procedió a recopilar resultados obtenidos del diseño hidráulico del aforador tipo RBC Capilla Alta. Luego se procesó y analizó estos resultados para obtener conclusiones a partir de ellos.

La elaboración de expedientes técnicos para la construcción de aforadores en canales abiertos se ha llevado a cabo en toda la costa del Perú como parte del “Proyecto Gestión Integrada de Recursos Hídricos en diez Cuencas”. Como profesional he participado en este proyecto para el Sector Hidráulico Menor Chira, elaborando un total de 33 expedientes técnicos para la construcción de estructuras de medición de agua en canales abiertos ubicados en los diferentes bloques de riego empleando el software WinFlume para su diseño y calibración de la regla limnimétrica.

5.3.1. Resultados

Ubicación

- La ubicación del aforador tipo RBC Capilla Alta está ubicado en la coordenada Este: 531547.00 y Norte: 9458939.00 en la progresiva km 0+014.50 del Canal de Derivación Capilla Alta, obteniendo aguas arriba del aforador un flujo subcrítico en una distancia recomendada (30 veces H_1 máx.) de aproximadamente 14 metros, para asegurar una lectura precisa en la regla limnimétrica, tanto para caudales mínimos como máximos. Se puede observar con mayor detalle en el plano topográfico anexado.
- Para la ubicación del aforador se aprovechó el tramo del canal donde se encontraba revestido de concreto en el cual se designó la distancia mínima de 14 metros, en donde cumple las condiciones como no existe curvatura en ese tramo y no presenta ninguna estructura que produzca un flujo turbulento; asegurando un mejor funcionamiento del aforador RBC.
- Se realizó el revestimiento del canal de derivación de concreto desde la progresiva km 0+009.20 hasta la progresiva km 0+014.50, continuando con las mismas dimensiones existentes del canal de derivación Capilla Alta, para luego construir los elementos pertenecientes al aforador.

Planteamiento Hidráulico

- Se realizó el mejoramiento de la pendiente ($S= 0.0010$ m/m) del canal de derivación

Capilla Alta desde el punto de salida de la cámara de bombeo, es decir desde la progresiva km 0+000 hasta la progresiva km 0+014.50 para que el aforador cumpla con las condiciones de diseño (Froude menor a 0.5).

Dimensiones de aforador RBC

- Para determinar las dimensiones de los elementos de la estructura de medición de agua tipo RBC en el canal de derivación Capilla Alta se empleó el software WinFlume, la cual está basada en los cuatros criterios de diseño:
 - El Número de Froude del canal aguas arriba debe ser menor de 0.2 en una distancia de 30 veces H_1 máx, para el aforador se determinó que la distancia es de 14 metros aguas arriba del aforador Capilla Alta, para asegurar el buen funcionamiento del aforador. Esta condición se coloca en la siguiente opción en el software WinFlume, como se observa en la Figura 25.

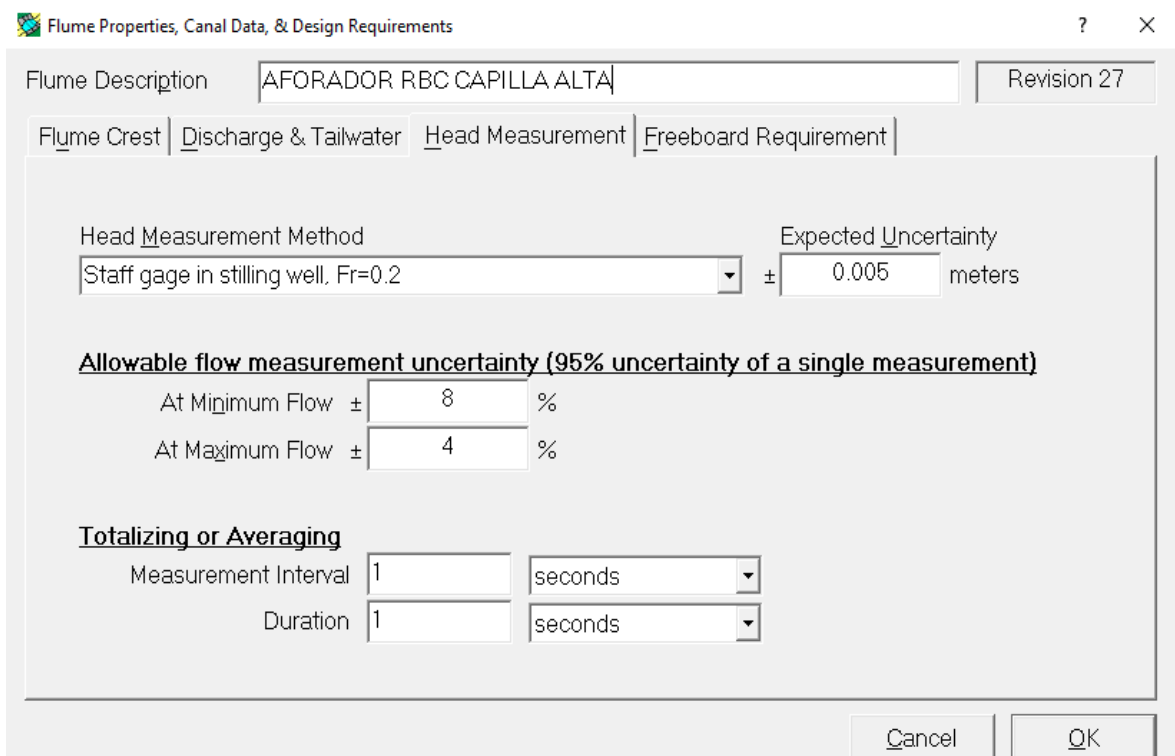


Figura 25. Criterio de Número de Froude para el diseño del aforador aplicando WinFlume

- El borde libre del canal arriba en flujo máximo debe reunir los requisitos

especificados por el usuario. En este caso para un canal de irrigación se recomienda que el borde libre aguas arriba del aforador tenga una dimensión como mínimo del 20 % del tirante aguas arriba. Esta condición se coloca en la siguiente opción en el software WinFlume, como se observa en la Figura 26.



Figura 26. Criterio de borde libre para el diseño del aforador aplicando WinFlume

- Tirante aguas abajo aceptables menor al tirante en condiciones de flujo mínimo.
- Tirante aguas abajo aceptables menor al tirante en condiciones de flujo máximo.

Según lo mencionado por la Junta de Usuarios de Chira se conoce el caudal mínimo $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ y caudal máximo $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ en el canal de derivación Capilla Alta y se menciona el método para determinar los tirantes aguas abajo empleando la ecuación de Manning conociendo “n” (coeficiente de rugosidad) y “s” (pendiente), estas son condiciones para determinar si cumple con los criterios 3 y 4. Esta condición se coloca en la siguiente opción en el software WinFlume, como se observa en la Figura 27.

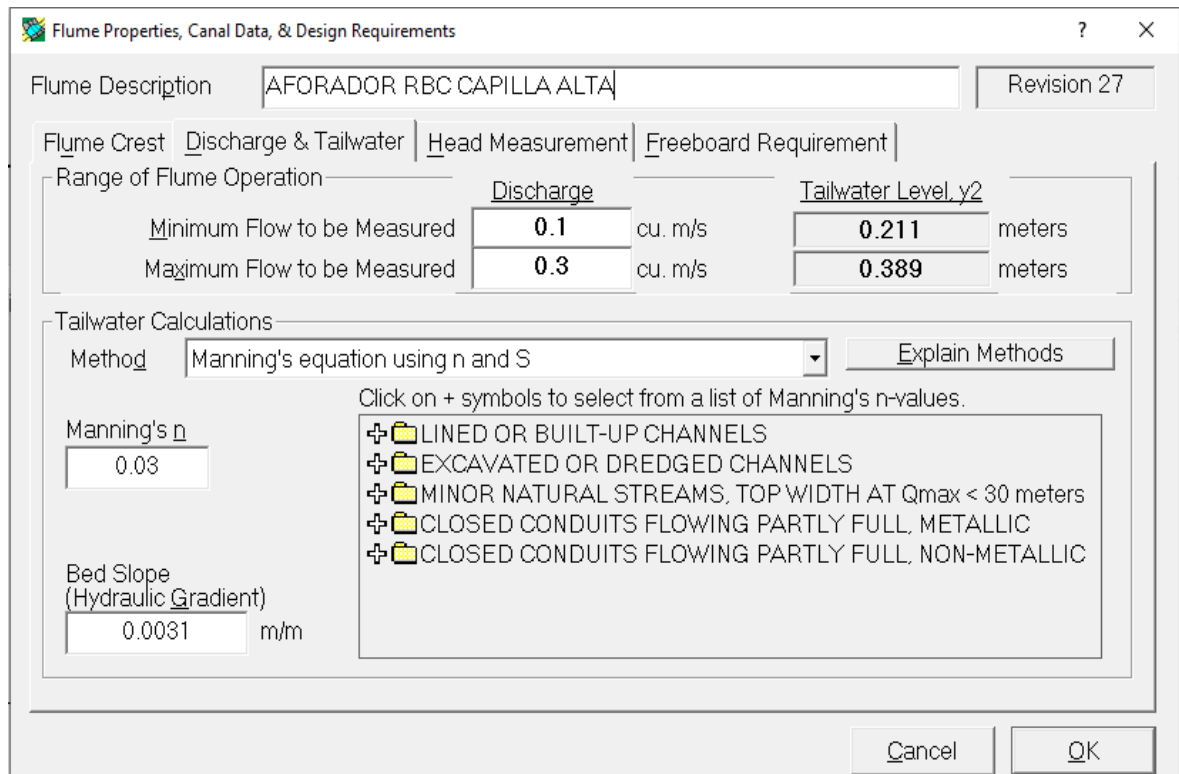


Figura 27. Criterio de tirantes aguas abajo aceptables para el diseño del aforador aplicando WinFlume

Tabla 6: Reporte de WinFlume con dimensiones del aforador Capilla Alta

| DATOS GENERAL | | |
|--|---------------------|------|
| Tipo de Estructura | Cresta estacionaria | |
| Tipo de material | Concreto | |
| ELEMENTOS DEL AFORADOR TIPO RBC | | |
| Altura de Cresta | P1 (m) | 0.20 |
| Tramo de aproximación | La (m) | 0.50 |
| Transición Convergente | Lb (m) | 0.75 |
| Garganta | L (m) | 0.65 |
| Transición Divergente | Ld (m) | 0.72 |

Altura de la Cresa (P1): Es un dato que no se dispone, es por eso que se asumió esta medida para poder determinar si con esta magnitud cumplía con las condiciones de diseño toda la estructura del aforador.

Tramo de aproximación (La): Se mantiene la sección rectangular del canal existente en una longitud necesaria para mantener las condiciones de flujo uniforme, en la cual se pueda realizar la medición de manera exacta en la sección de medición del aforador.

Transición convergente (Lb): Se realiza una transición de concreto manteniendo la sección rectangular para que el flujo subcrítico se acerque moderada y suave hacia la cresta. Es una longitud suficiente para que la pendiente de la rampa no genere una transición abrupta y haya separación significativa de flujo aguas arriba del aforador.

Garganta o Cresta (L): Es también llamada la sección de control, donde se mantiene un flujo modular, es decir una profundidad crítica. La cresta en el aforador Capilla Alta es del tipo estacionaria de material de concreto reforzada con una malla de fierro.

Transición Divergente (Ld): La sección del canal se amplía en 0.60 m, mediante una estructura de transición manteniendo su sección rectangular, este elemento del aforador tiene la función de reducir la velocidad del flujo supercrítico que se genera, funcionando como un disipador de energía.

Se presenta un cuadro resumen de la evaluación del diseño del aforador empleando el software WinFlume ubicado en el canal de derivación Capilla Alta, cumpliendo los 4 principios de diseño para un funcionamiento adecuado.

Tabla 7: Reporte de WinFlume de evaluación de criterios de diseño del aforador

| CRITERIO DE DISEÑO | VALOR | VALOR PERMITIDO | CUMPLE CON CRITERIO |
|--------------------------------|---------|---------------------------|---------------------|
| Número de Froude para Q Max | 0.226 | Máximo permitido = 0.50 | OK |
| Borde libre para Q Max | 0.570 m | Mínimo permitido= 0.046 m | OK |
| Tirante aguas abajo para Q Max | 0.389 m | Máximo permitido= 0.446 m | OK |
| Tirante aguas abajo para Q Max | 0.211 m | Máximo permitido= 0.339 m | OK |

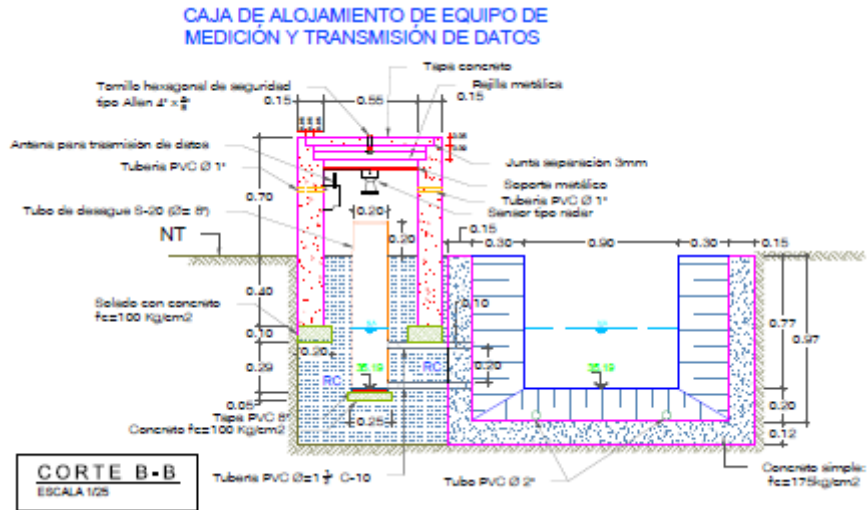


Figura 29. Corte Transversal B-B de la estructura de medición de agua

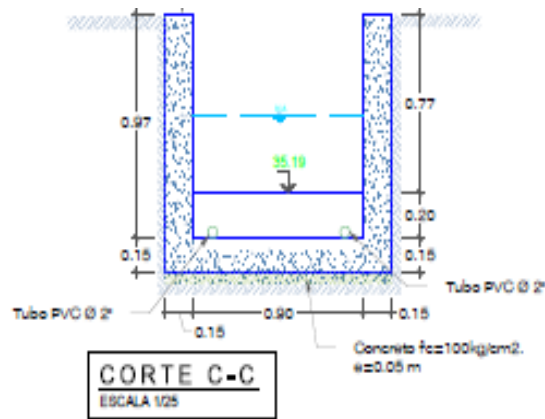


Figura 30. Corte Transversal C-C de la estructura de medición de agua

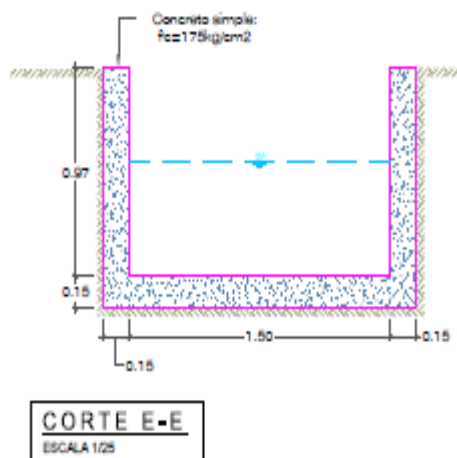


Figura 31. Corte Transversal E-E de la estructura de medición de agua

Regla limnimétrica

- La regla limnimétrica está ubicada en la sección de medición del aforador en la progresiva km 0+014.00, tiene una altura de 45 cm y su ecuación de calibración para el aforador en el canal de derivación Capilla Alta es obtenida con el software WinFlume es:

$$Q = 1.625 * (h1 + 0.0004154)^{1.536}$$

DATOS DE LA REGLA

| Altura h1(m) | Caudal Q(m ³ /seg.) |
|-----------------|-----------------------------------|
| 0.036 | 0.010 |
| 0.057 | 0.020 |
| 0.089 | 0.040 |
| 0.116 | 0.060 |
| 0.140 | 0.080 |
| 0.162 | 0.100 |
| 0.183 | 0.120 |
| 0.202 | 0.140 |
| 0.221 | 0.160 |
| 0.238 | 0.180 |
| 0.255 | 0.200 |
| 0.272 | 0.220 |
| 0.287 | 0.240 |
| 0.303 | 0.260 |
| 0.318 | 0.280 |
| 0.332 | 0.300 |

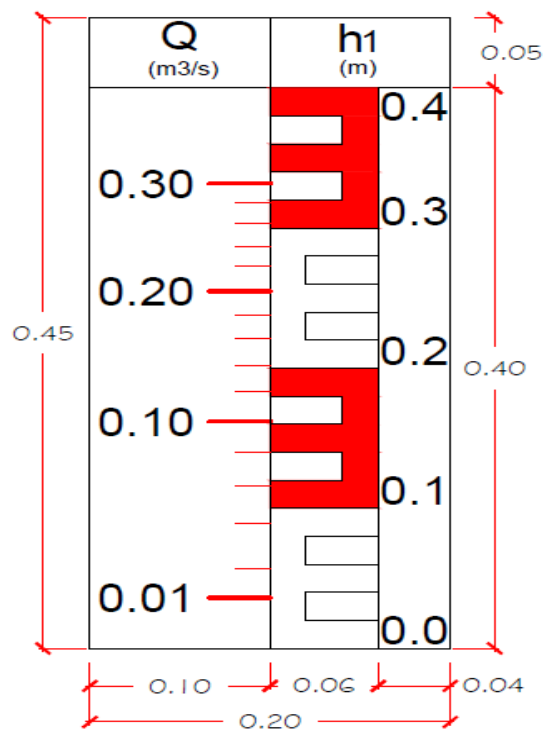


Figura 32. Regla limnimétrica del aforador tipo RBC Capilla Alta

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- La aplicación del software WinFlume para el diseño del aforador tipo RBC en el canal de derivación Capilla Alta es muy eficiente y sencillo para utilizarlo en la aplicación del diseño de aforadores tipo RBC, aplicando este software se puede diseñar para diversos casos.
- Las dimensiones de la estructura de medición de agua se determinan y analizan empleando el software WinFlume, cumpliendo los cuatro criterios de diseño, para asegurar que su funcionamiento sea el adecuado.
- Con respecto a la calibración de la regla limnimétrica para el aforador se empleó el software WinFlume, mediante el cual se obtuvieron los coeficientes $K1 = 1.62494$, $K2 = 0.00041540$ y $u = 1.53551$ para la ecuación de la Curva de calibración Caudal vs Carga.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- Se realizó el diseño mediante el software WinFlume para el aforador tipo RBC Capilla Alta, obteniendo como resultado las dimensiones de cada elemento de estudio. Cumpliendo las condiciones de diseño del Número de Froude menor a 0.50. Asimismo, se realizó a la estructura existente, un mejoramiento de la pendiente para que la estructura trabaje a condiciones adecuadas de diseño.
- Se realizó la calibración de la regla limnimétrica de acuerdo al diseño realizado en el software WinFlume obteniendo la ecuación de calibración y poder determinar las dimensiones de la regla graduada, que se ubicó en la progresiva 0+014 Km del canal de derivación Capilla Alta. Las dimensiones del aforador a construirse deben ser redondeadas para su mayor facilidad en la construcción.

7.2. Recomendaciones

- Instalar aforadores para realizar el reparto de agua en los proyectos de riego y se recomienda que sea el aforador RBC por su bajo costo y fácil adaptabilidad en canales existentes.
- Revestir el canal de derivación Capilla Alta para mejorar la distribución del agua dentro del bloque de riego Las Capillas.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Autoridad Nacional del Agua (2013). Plan nacional de recursos hídricos del Perú: memoria 2013. Lima, Perú. Recuperado de: <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/224?show=full>

Autoridad Nacional del Agua (2015). “Diseño de Aforador tipo RBC”. Recuperado de: https://www.academia.edu/22534447/Dise%C3%B1o_de_aforador_RBC_y_Uso_de_Win_Flume.

Bos, M., Reploge J., Clemmens A. (1986). Aforadores de caudal para canales abiertos. International Institute for Land Reclamation and Improvement/ ILRI. Recuperado de: http://www1.frm.utn.edu.ar/laboratorio_hidraulica/Biblioteca_Virtual/Aforadores%20de%20caudal%20para%20canales%20abiertos/pub38.pdf

García, D. (2002). Análisis de las características Hidráulicas del medidor de caudal del tipo garganta larga o RBC implementado en el ámbito del valle del Río Chillón. Universidad Nacional Agraria La Molina (Tesis de pregrado).

Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA – Intendencia de Recursos Hídricos (2005). Manual – Guía: Consideraciones hidráulicas para el diseño de estructuras de medición de caudal en canales abiertos. Lima, Perú. Recuperado de: <https://190.12.92.167/bitstream/handle/20.500.12543/1973/ANA0000843.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Losada A. (2009). El Riego. Fundamentos Hidráulicos (4º Ed). Madrid, España: Ediciones Mundi- Prensa. Recuperado de: <https://books.google.com.pe/books?id=Xa4SAQAAQBAJ>

Proyecto Subsectorial de Irrigación – PSI (2004). Instructivo Técnico: Calibración de Estructuras Hidráulicas de Medición. Lima, Perú. Recuperado de:

http://www.psi.gob.pe/docs/%5Cbiblioteca%5Cmanuales%5Ccalibracion_estructuras.pdf

Uribe C., Hamil (2019). Métodos de medición de agua en canales de riego [en línea]. Villa Alegre: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. No. 412. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/6903> (Consultado: 30 agosto 2021)

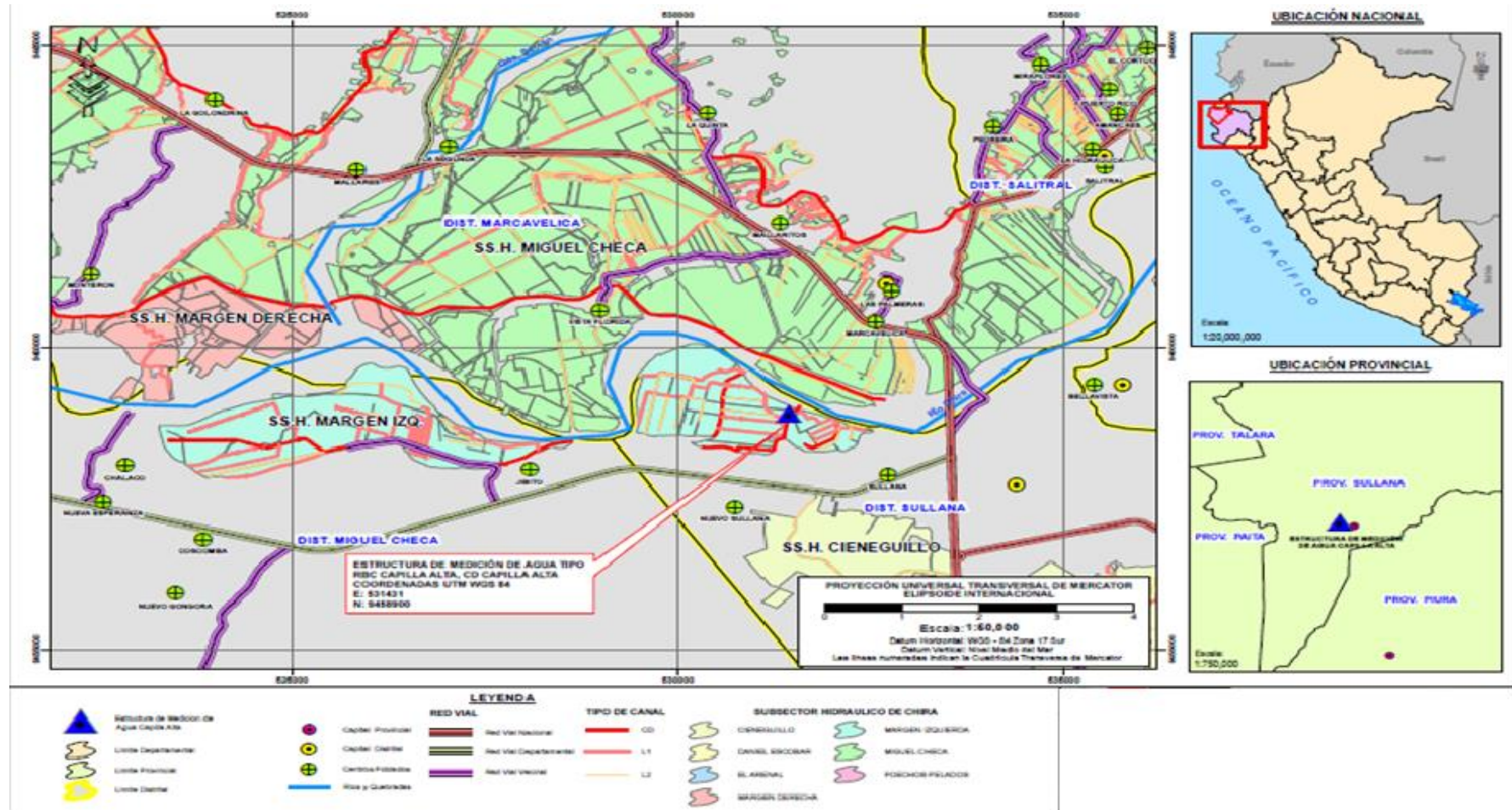
Vargas L. (1996). Análisis de las características hidráulicas de un aforador Circular. Universidad Nacional Agraria La Molina (Tesis de pregrado).

Villón M. (2007). Hidráulica de Canales (2° Ed). Lima, Perú: Editorial Villón.

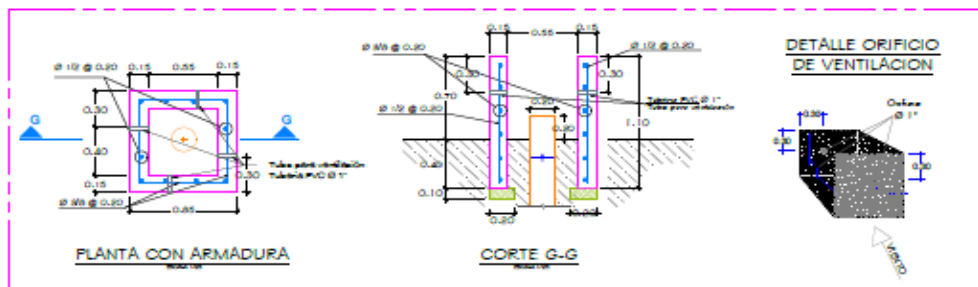
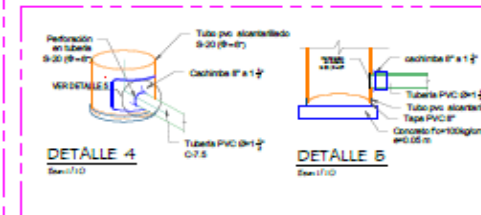
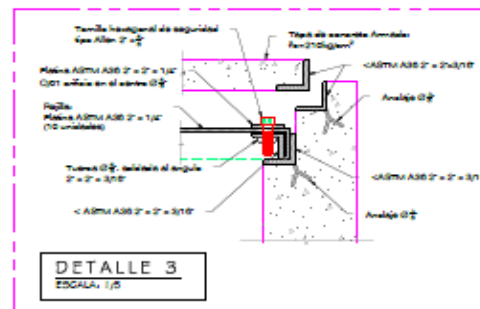
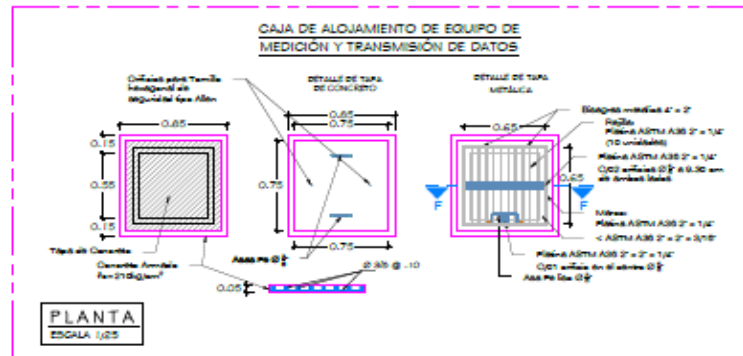
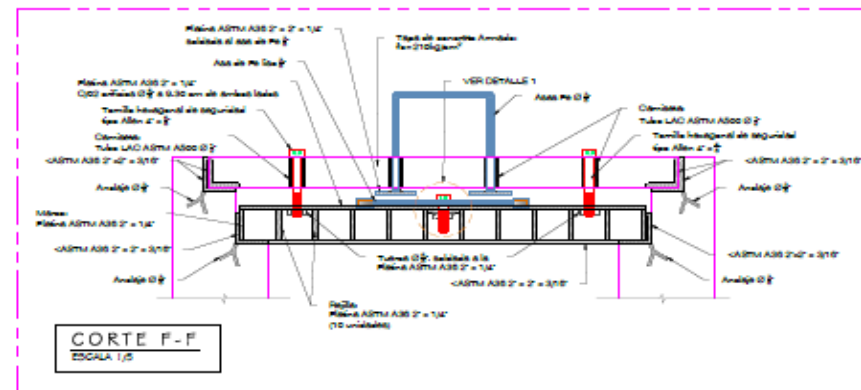
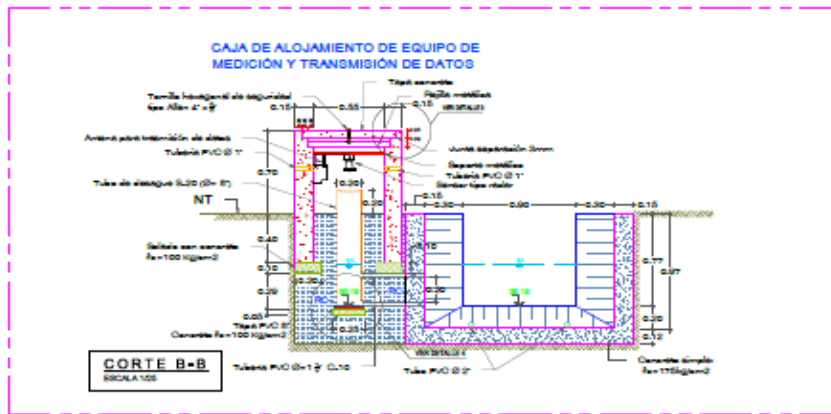
Wahl, T. (2001). Software para el diseño y calibración de aforadores de garganta larga y vertederos de cresta ancha para medición de descargas en canales abiertos. Traducción al español. Colorado, EE. UU: U.S. Bureau of Reclamation.

IX. ANEXOS

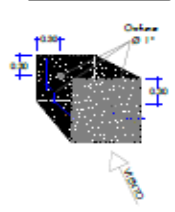
ANEXO 1: PLANO DE UBICACIÓN



ANEXO 3: PLANO DE CAJA DE ALOJAMIENTO DE SENSOR Y TRANSMISIÓN DE DATOS DEL AFORADOR TIPO RBC CAPILLA ALTA



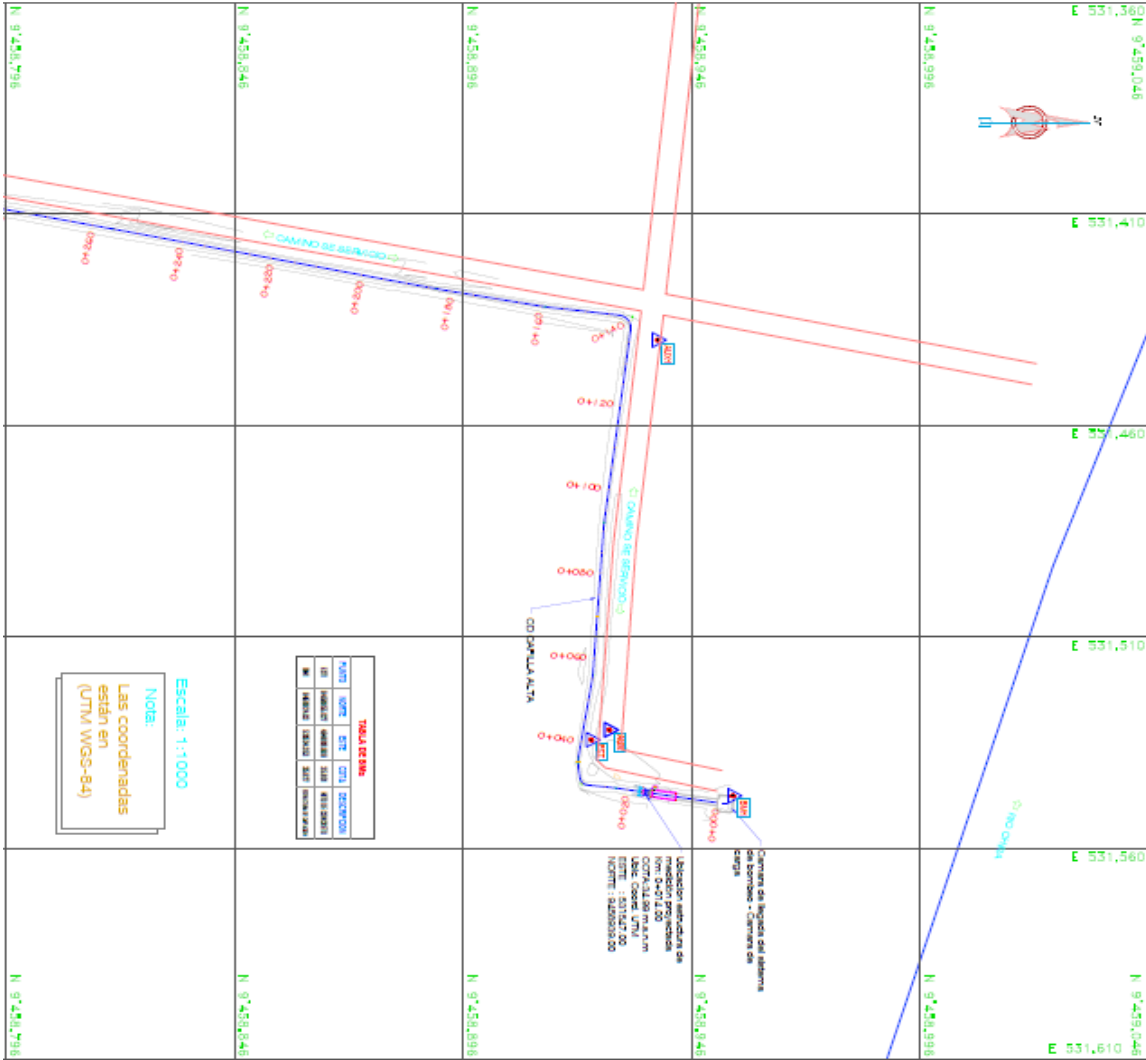
DETALLE ORIFICIO DE VENTILACIÓN



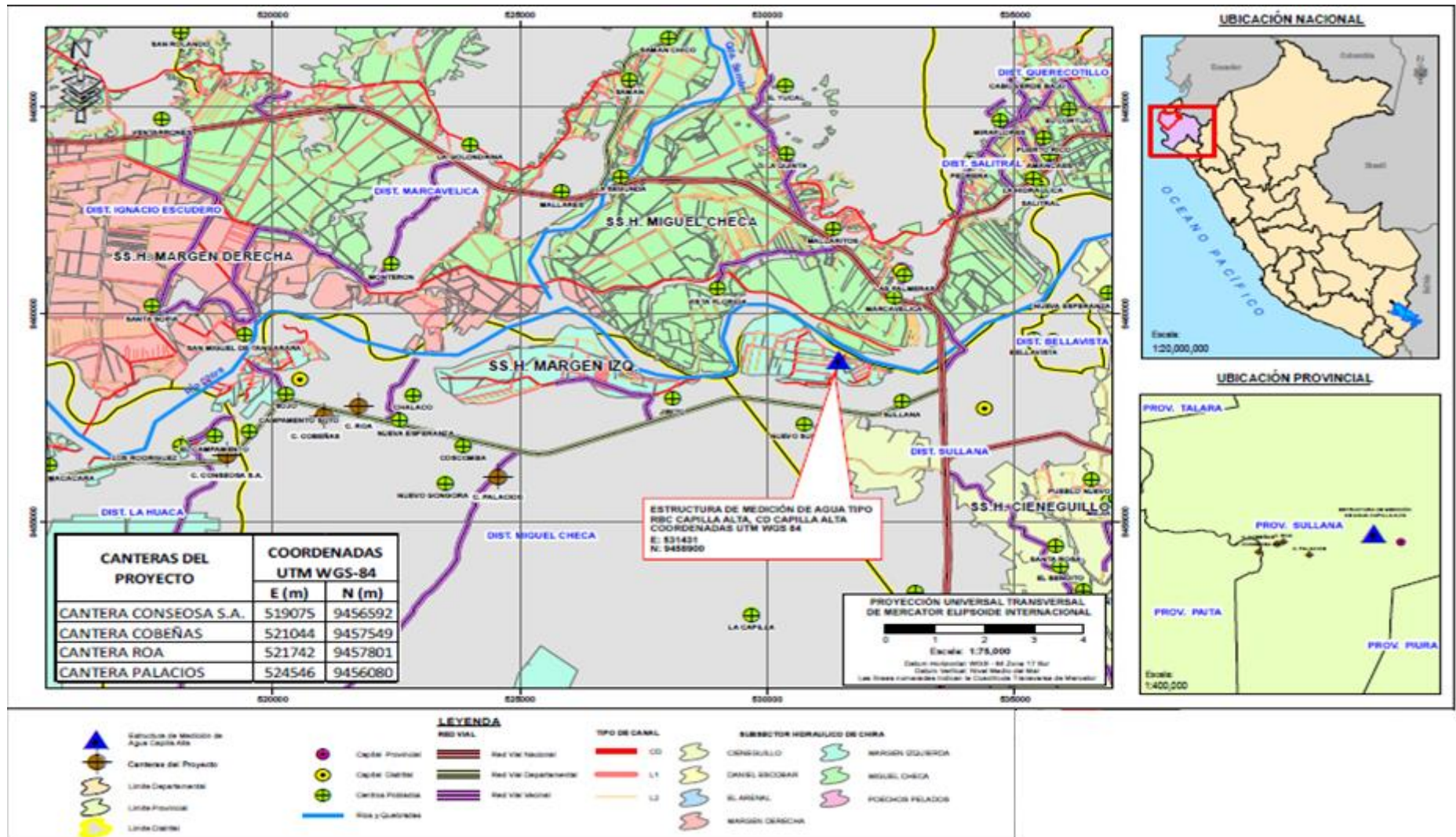
NOTA:
El equipo de transmisión (Antena para transmisión de datos y sensor tipo radar), se han dibujado en el presente plano solo para efectos de presentación, por lo tanto no estar considerados en el presupuesto del proyecto.

NOTA:
La distancia del muro del canal al muro de caja de medición tiene una medida variable, que será verificada en campo.
La distancia esta de 3 a 50 cm

ANEXO 4: PLANO TOPOGRAFICO



ANEXO 5: PLANO DE CANTERAS



**ANEXO 6: PRESUPUESTO DE CONSTRUCCION DEL AFORADOR TIPO RBC
CAPILLA ALTA.**

| ITEM | PARTIDAS | PRES. S/. |
|-----------------|--|------------------|
| 01 | EMA TIPO RBC CAPILLA ALTA | 7,479.44 |
| 01.01 | OBRAS PROVISIONALES | 431.16 |
| 01.01.01 | CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA DE 4.80m x 3.60m | 37.05 |
| 01.01.02 | MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS | 126.00 |
| 01.01.03 | CASETA DE ALMACEN Y GUARDIANA | 268.11 |
| 01.02 | TRABAJOS PRELIMINARES | 793.15 |
| 01.02.01 | LIMPIEZA Y DESBROCE MANUAL | 93.58 |
| 01.02.02 | TRAZO, REPLANTEO INICIAL Y CONTROL TOPOGRAFICO | 676.30 |
| 01.02.03 | DESCOLMATACION DE CAUCE DE CANAL | 23.27 |
| 01.03 | ACONDICIONAMIENTO DE LA RASANTE (LT=9.20 m) | 617.13 |
| 01.03.01 | OBRAS DE CONCRETO | 617.13 |
| 01.03.01.01 | PICADO DE CONCRETO ANTIGUO E=1" (INC. ADITIVO P/PEGADO DE CONCRETO) | 376.60 |
| 01.03.01.02 | MEJORAMIENTO DE RASANTE C/CONCRETO F'C=175 KG/CM2 (e=0.01 m) | 240.53 |
| 01.04 | AFORADOR RBC | 5,638.00 |
| 01.04.01 | TRABAJOS PRELIMINARES | 463.60 |
| 01.04.01.01 | EXCAVACION MANUAL DE MATERIAL SUELTO | 297.07 |
| 01.04.01.02 | REFINE Y NIVELACION DE FONDO DE CANAL | 20.47 |
| 01.04.01.03 | RELLENO COMPACTADO C/EQUIPO CON MATERIAL PROPIO | 132.35 |
| 01.04.01.04 | ELIMINACION MANUAL DE MATERIAL EXCEDENTE EN CARRETILLA D=50 m | 13.71 |
| 01.04.02 | OBRAS DE CONCRETO | 3,553.13 |
| 01.04.02.01 | CONCRETO F'C=100 KG/CM2 PARA SOLADO e=0.05 m | 39.60 |
| 01.04.02.02 | CONCRETO SIMPLE F'C=175 KG/CM2 | 1,029.43 |
| 01.04.02.03 | CONCRETO F'C=210 KG/CM2 | 508.52 |
| 01.04.02.04 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CANAL | 1,740.67 |
| 01.04.02.05 | ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 KG/CM2 Grado 60 | 234.91 |
| 01.04.03 | ALBAÑILERIA | 282.11 |
| 01.04.03.01 | MAMPOSTERIA DE PIEDRA EMBUTIDA EN CONCRETO F'c = 175 kg/cm2, e=0.25m | 282.11 |
| 01.04.04 | CURADO | 45.26 |
| 01.04.04.01 | CURADO DE CONCRETO | 45.26 |
| 01.04.05 | REVOQUES Y ENLUCIDOS | 92.49 |
| 01.04.05.01 | SOLAQUEADO INTERIOR C/IMPERMEABILIZANTE | 92.49 |
| 01.04.06 | JUNTAS | 287.00 |
| 01.04.06.01 | JUNTA DE DILATACION SELLADO C/ELASTOMERICO DE POLIURETANO | 287.00 |
| 01.04.07 | ACCESORIOS | 830.79 |
| 01.04.07.01 | PROTECCIÓN DE ARISTAS EN MEDIDORES C/PERFILES L 21/2"x2 1/2"x3/16" | 599.00 |
| 01.04.07.02 | SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PVC SP NTP | 55.16 |

| | | |
|-----------------|---|-----------------|
| | 399.02 C-10 DE 2" | |
| 01.04.07.03 | SUMINISTRO E INSTALACION DE REGLA GRADUADA DE ALUMINIO FUNDIDO E=1/4" | 176.63 |
| 01.04.08 | PRUEBA HIDRAULICA | 83.62 |
| 01.04.08.01 | PRUEBA HIDRAULICA | 83.62 |
| 02 | CAJA DE MEDICION Y TRANSMISION | 1,668.42 |
| 02.01 | MOVIMIENTO DE TIERRAS | 34.36 |
| 02.01.01 | EXCAVACION MANUAL DE MATERIAL SUELTO | 21.24 |
| 02.01.02 | PERFILADO Y COMPACTADO DE ESTRUCTURA DE PROTECCION | 0.50 |
| 02.01.03 | RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO | 9.85 |
| 02.01.04 | ELIMINACION MANUAL DE MATERIAL EXCEDENTE EN CARRETILLA D=30 m | 2.77 |
| 02.02 | OBRAS DE CONCRETO | 625.91 |
| 02.02.01 | CONCRETO F'C=100 KG/CM2 PARA SOLADO e=0.05 m | 11.78 |
| 02.02.02 | CONCRETO F'C=210 KG/CM2 | 220.75 |
| 02.02.03 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL | 280.34 |
| 02.02.04 | ACERO DE REFUERZO F'Y=4200 KG/CM2 Grado 60 | 113.04 |
| 02.03 | CURADO | 10.65 |
| 02.03.01 | CURADO DE CONCRETO | 10.65 |
| 02.04 | ACCESORIOS | 968.81 |
| 02.04.01 | TAPA DE CONCRETO F'C=210KG/CM2, SEGUN DISEÑO | 276.11 |
| 02.04.02 | SUM. E INST. DE REJILLA METALICA 0.65X0.65m - SEGÚN DISEÑO | 280.00 |
| 02.04.03 | PROTECCIÓN DE ARISTAS EN CAJA DE CONCRETO C/PERFILES L 2"x2"x3/16" | 189.57 |
| 02.04.04 | SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PVC SP NTP 399.02 C-10 DE 1 1/2" | 8.57 |
| 02.04.05 | SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PVC SP NTP 399.02 C-10 DE 1" | 3.76 |
| 02.04.06 | SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PVC ISO 4435 DN 200MM S-20 UF | 35.96 |
| 02.04.07 | SUM. E INST. DE ACCESORIOS PVC EN CAJA DE SENSOR | 174.84 |
| 02.05 | PINTURA | 28.69 |
| 02.05.01 | PINTURA EN ESTRUCTURA DE AUTOMATIZACION | 28.69 |
| 03 | FLETE | 101.69 |
| 03.01 | FLETE TERRESTRE | 101.69 |
| 04 | GESTION AMBIENTAL Y DE SEGURIDAD EN OBRAS | 778.25 |
| 04.01 | MEDIDAS DE PREVENCION, CONTROL Y MITIGACION | 353.60 |
| 04.01.01 | SUELO | 20.00 |
| 04.01.01.01 | RECOJO Y DISPOSICION DE MATERIAL DE SUELO CONTAMINADO | 20.00 |
| 04.01.02 | SEGURIDAD EN OBRA | 333.60 |
| 04.01.02.01 | MATERIAL PARA CURSO SOBRE ACCIDENTES DE TRABAJO AL PERSONAL DE TRABAJADORES | 100.00 |
| 04.01.02.02 | EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL | 233.60 |
| 04.02 | MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS Y AFLUENTES | 276.91 |
| 04.02.01 | RECOLECCION DE RESIDUOS SOLIDOS | 65.48 |

| | | |
|----------------------|--|---------------------|
| 04.02.02 | BOLSAS PLASTICAS PARA RESIDUOS SOLIDOS | 12.00 |
| 04.02.03 | CONTENEDORES DE 30 LTS PARA RESIDUOS SOLIDOS | 50.00 |
| 04.02.04 | INSTALACION PROVISIONAL DE BAÑO QUIMICO | 116.69 |
| 04.02.05 | TRASLADO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS | 32.74 |
| 04.03 | CONTINGENCIAS | 115.00 |
| 04.03.01 | EXTINTOR PQS DE 10 LBS | 70.00 |
| 04.03.02 | BOTIQUIN DE PRIMEROS AUXILIOS | 15.00 |
| 04.03.03 | KIT DE LIMPIEZA ANTIDERRAMES | 30.00 |
| 04.04 | PLAN DE CIERRE | 32.74 |
| 04.04.01 | LIMPIEZA FINAL DE OBRA | 32.74 |
| COSTO DIRECTO | | S/.10,027.80 |

ANEXO 7: ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCION DEL AFORADOR TIPO RBC CAPILLA ALTA.

Análisis de precios unitarios

| Presupuesto | 0601038 | CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE MEDICION DE AGUA EN EL SECTOR HIDRAULICO MENOR CHIRA, SUB SECTOR HIDRAULICO MARGEN IZQUIERDA, BLOQUE DE RIEGO LAS CAPILLAS (CODIGO: PCHI-04-B38), CD CAPILLA ALTA | Fecha presupuesto | 06/09/2020 | | |
|----------------|--|--|-------------------|----------------------------------|-------------|--------------|
| Subpresupuesto | 001 | C81 - CD CAPILLA ALTA | | | | |
| Partida | 01.01.01 | CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA DE 4.80m x 3.80m | | | | |
| Rendimiento | u/DIA | MO. 2.0000 | EQ. 2.0000 | Costo unitario directo por : u | 1,294.87 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$I. | Parcial \$I. |
| | Mano de Obra | | | | | |
| 0147010003 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 4.0000 | 18.12 | 72.48 |
| 0147010004 | PEON | hh | 1.0000 | 4.0000 | 16.37 | 65.48 |
| | | | | | | 137.96 |
| | Materiales | | | | | |
| 0201030006 | LJA PARA MADERA | hje | | 2.0000 | 1.69 | 3.38 |
| 0202010004 | CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4" | kg | | 0.3700 | 3.14 | 1.16 |
| 0221000011 | CEMENTO PORTLAND TIPO V | bs | | 4.0000 | 25.85 | 103.40 |
| 0238000003 | HORMIGON | m3 | | 1.1900 | 55.08 | 65.55 |
| 0239050000 | AGUA | m3 | | 0.1400 | 5.00 | 0.70 |
| 0239090070 | GIGANTOGRAFIA SEGUN DISEÑO | m2 | | 8.6400 | 17.17 | 148.35 |
| 0243040000 | MADERA TORNILLO | p2 | | 107.2700 | 7.00 | 750.89 |
| 0243040003 | MADERA ROLLIZO DE 4" | p2 | | 58.6200 | 0.33 | 19.34 |
| | | | | | | 1,082.77 |
| | Equipos | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.0000 | 137.96 | 4.14 |
| | | | | | | 4.14 |
| Partida | 01.01.02 | MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS | | | | |
| Rendimiento | gls/DIA | MO. 1.0000 | EQ. 1.0000 | Costo unitario directo por : gls | 126.00 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$I. | Parcial \$I. |
| | Subcontratos | | | | | |
| 0401010031 | SC MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS | gls | | 1.0000 | 126.00 | 126.00 |
| | | | | | | 126.00 |
| Partida | 01.01.03 | CASETA DE ALMACEN Y GUARDIANA | | | | |
| Rendimiento | m2/DIA | MO. 25.0000 | EQ. 25.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 88.37 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$I. | Parcial \$I. |
| | Mano de Obra | | | | | |
| 0147010003 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.3200 | 18.12 | 5.80 |
| 0147010004 | PEON | hh | 4.0000 | 1.2800 | 16.37 | 20.95 |
| | | | | | | 26.75 |
| | Materiales | | | | | |
| 0202000007 | ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16 | kg | | 0.1000 | 3.08 | 0.31 |
| 0202010005 | CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3" | kg | | 0.0900 | 3.14 | 0.19 |
| 0243040004 | MADERA CORRIENTE | p2 | | 12.0000 | 3.80 | 45.60 |
| 0244030022 | TRIPLAY LUPUNA DE 1.22m x 2.44m x 4mm | pl | | 0.3500 | 23.31 | 8.16 |
| 0296300009 | CALAMINA GALVANIZADA DE 3.00m x 0.85m x 0.22mm | pl | | 0.3500 | 21.61 | 7.56 |
| | | | | | | 61.82 |
| | Equipos | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.0000 | 26.75 | 0.80 |
| | | | | | | 0.80 |
| Partida | 01.02.01 | LIMPIEZA Y DESBROCE MANUAL | | | | |
| Rendimiento | m2/DIA | MO. 80.0000 | EQ. 80.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 2.26 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$I. | Parcial \$I. |
| | Mano de Obra | | | | | |
| 0147010004 | PEON | hh | 1.0000 | 0.1333 | 16.37 | 2.18 |
| | | | | | | 2.18 |
| | Equipos | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.0000 | 2.18 | 0.07 |
| | | | | | | 0.07 |

Análisis de precios unitarios

| Presupuesto | | 0601038 CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE MEDICION DE AGUA EN EL SECTOR HIDRAULICO MENOR CHIRA, SUB SECTOR HIDRAULICO MARGEN IZQUIERDA, BLOQUE DE RIEGO LAS CAPILLAS (CODIGO: PCHI-04-B38), CD CAPILLA ALTA | | | | |
|---------------------|---------------------------------|--|-------------|---------------------------------|-------------------|---------------|
| Subpresupuesto | | 001 C31 - CD CAPILLA ALTA | | | Fecha presupuesto | 06/09/2020 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0147010002 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.0667 | 22.91 | 1.53 |
| 0147010004 | PEON | hh | 2.0000 | 0.1333 | 16.37 | 2.18 |
| 3.71 | | | | | | |
| Materiales | | | | | | |
| 0221000011 | CEMENTO PORTLAND TIPO V | bs | | 0.3350 | 25.85 | 8.65 |
| 0238000003 | HORMIGON | m3 | | 0.1300 | 55.08 | 7.16 |
| 0239050000 | AGUA | m3 | | 0.0500 | 5.00 | 0.25 |
| 0239090071 | REGLA DE MADERA | p2 | | 0.1190 | 3.50 | 0.42 |
| 16.49 | | | | | | |
| Equipos | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.0000 | 3.71 | 0.11 |
| 0.11 | | | | | | |
| <hr/> | | | | | | |
| Partida | 01.04.02.02 | CONCRETO SIMPLE FC=175 KG/CM2 | | | | |
| Rendimiento | m2/DIA | MO. 10.0000 | EQ. 10.0000 | Costo unitario directo por : m3 | | 340.87 |
| <hr/> | | | | | | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0147010002 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.8000 | 22.91 | 18.33 |
| 0147010003 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.8000 | 18.12 | 14.50 |
| 0147010004 | PEON | hh | 3.0000 | 2.4000 | 16.37 | 39.29 |
| 72.12 | | | | | | |
| Materiales | | | | | | |
| 0205000004 | PIEDRA CHANCADA DE 3/4" | m3 | | 0.4200 | 76.27 | 32.03 |
| 0205010004 | ARENA GRUESA | m3 | | 0.3023 | 59.32 | 17.93 |
| 0221000011 | CEMENTO PORTLAND TIPO V | bs | | 7.7600 | 25.85 | 200.60 |
| 0239050000 | AGUA | m3 | | 0.1650 | 5.00 | 0.83 |
| 261.39 | | | | | | |
| Equipos | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.0000 | 72.12 | 2.16 |
| 0349070001 | VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.35" | hm | 1.0000 | 0.8000 | 8.50 | 6.80 |
| 0349100008 | MEZCLADORA DE CONCRETO | hm | 1.0000 | 0.8000 | 10.50 | 8.40 |
| 17.96 | | | | | | |
| <hr/> | | | | | | |
| Partida | 01.04.02.08 | CONCRETO FC=210 KG/CM2 | | | | |
| Rendimiento | m2/DIA | MO. 10.0000 | EQ. 10.0000 | Costo unitario directo por : m3 | | 384.20 |
| <hr/> | | | | | | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0147010002 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.8000 | 22.91 | 18.33 |
| 0147010003 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.8000 | 18.12 | 14.50 |
| 0147010004 | PEON | hh | 3.0000 | 2.4000 | 16.37 | 39.29 |
| 72.12 | | | | | | |
| Materiales | | | | | | |
| 0205000004 | PIEDRA CHANCADA DE 3/4" | m3 | | 0.7330 | 76.27 | 55.91 |
| 0205010004 | ARENA GRUESA | m3 | | 0.4776 | 59.32 | 28.33 |
| 0221000011 | CEMENTO PORTLAND TIPO V | bs | | 8.5000 | 25.85 | 219.73 |
| 0239050000 | AGUA | m3 | | 0.1500 | 5.00 | 0.75 |
| 304.72 | | | | | | |
| Equipos | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.0000 | 72.12 | 2.16 |
| 0349070001 | VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.35" | hm | 1.0000 | 0.8000 | 8.50 | 6.80 |
| 0349100008 | MEZCLADORA DE CONCRETO | hm | 1.0000 | 0.8000 | 10.50 | 8.40 |
| 17.96 | | | | | | |
| <hr/> | | | | | | |
| Partida | 01.04.02.04 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CANAL | | | | |
| Rendimiento | m2/DIA | MO. 16.0000 | EQ. 16.0000 | Costo unitario directo por : m2 | | 67.08 |

Análisis de precios unitarios

| Presupuesto | 0601039 CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE MEDICION DE AGUA EN EL SECTOR HIDRAULICO MENOR CHIRA, SUB SECTOR HIDRAULICO MARGEN IZQUIERDA, BLOQUE DE RIEGO LAS CAPILLAS (CODIGO: PCHI-04-B39), CD CAPILLA ALTA | | | | Fecha presupuesto | 08/09/2020 |
|---------------------|--|---|--------------|---------------------------------|-------------------|--------------|
| Subpresupuesto | 001 C01 - CD CAPILLA ALTA | | | | | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0147010002 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.5333 | 22.91 | 12.22 |
| 0147010003 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.5333 | 18.12 | 9.66 |
| 0147010004 | PEON | hh | 1.0000 | 0.5333 | 16.37 | 8.73 |
| | | | | | | 30.61 |
| Materiales | | | | | | |
| 0202000007 | ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16 | kg | | 0.1800 | 3.08 | 0.55 |
| 0202000008 | ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8 | kg | | 0.1200 | 3.08 | 0.37 |
| 0202010005 | CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3" | kg | | 0.2000 | 3.14 | 0.63 |
| 0202010004 | CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4" | kg | | 0.2100 | 3.14 | 0.66 |
| 0202010026 | CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 1 1/2" | kg | | 0.0495 | 3.14 | 0.16 |
| 0230110003 | ADITIVO DESMOLDEADOR DE ENCOFRADOS | gal | | 0.0670 | 60.00 | 4.02 |
| 0243040000 | MADERA TORNILLO | m ² | | 2.0200 | 7.00 | 14.14 |
| 0244030023 | TRIPLAY DE 4x8x18mm FENOLICO | pl | | 0.0600 | 83.81 | 5.03 |
| | | | | | | 26.68 |
| Equipos | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.0000 | 30.61 | 0.92 |
| | | | | | | 0.92 |
| Partida | 01.04.02.06 | ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 Grado 60 | | | | |
| Rendimiento | kg/DIA | MO. 250.0000 | EQ. 250.0000 | Costo unitario directo por : kg | | 4.88 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0147010002 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.0320 | 22.91 | 0.73 |
| 0147010003 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.0320 | 18.12 | 0.58 |
| | | | | | | 1.31 |
| Materiales | | | | | | |
| 0202000007 | ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16 | kg | | 0.0500 | 3.08 | 0.15 |
| 0203020003 | ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 | kg | | 1.0500 | 2.68 | 2.81 |
| | | | | | | 2.96 |
| Equipos | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.0000 | 1.31 | 0.04 |
| 0337030019 | DOBLADORA DE FIERROS | hm | 0.5000 | 0.0160 | 12.00 | 0.19 |
| 0348960005 | CIZALLA PARA CORTE DE FIERRO | hm | 1.0000 | 0.0320 | 13.50 | 0.43 |
| | | | | | | 0.66 |
| Partida | 01.04.03.01 | MAMPOSTERIA DE PIEDRA EMBUTIDA EN CONCRETO Fc = 175 kg/cm2, e=0.26m | | | | |
| Rendimiento | m2/DIA | MO. 40.0000 | EQ. 40.0000 | Costo unitario directo por : m2 | | 62.88 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| 0147010002 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.2000 | 22.91 | 4.58 |
| 0147010003 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.2000 | 18.12 | 3.62 |
| 0147010004 | PEON | hh | 2.0000 | 0.4000 | 16.37 | 6.55 |
| | | | | | | 14.75 |
| Materiales | | | | | | |
| 0205000035 | PIEDRA MEDIANA DE 10" | m3 | | 0.2343 | 72.00 | 16.87 |
| 0239050000 | AGUA | m3 | | 0.0180 | 5.00 | 0.09 |
| | | | | | | 16.96 |
| Equipos | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.0000 | 14.75 | 0.44 |
| | | | | | | 0.44 |
| Subpartidas | | | | | | |
| 900305030218 | CONCRETO SIMPLE FC=175 KG/CM2 | m3 | | 0.0900 | 340.87 | 30.68 |
| | | | | | | 30.88 |
| Partida | 01.04.04.01 | CURADO DE CONCRETO | | | | |

Análisis de precios unitarios

| Presupuesto | 0601038 CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE MEDICION DE AGUA EN EL SECTOR HIDRAULICO MENOR CHIRA, SUB SECTOR HIDRAULICO MARGEN IZQUIERDA, BLOQUE DE RIEGO LAS CAPILLAS (CODIGO: PCH-04-B38), CD CAPILLA ALTA | | | | | Fecha presupuesto | 06/08/2020 |
|----------------|---|--|------------------|-----------------|--------------------|---------------------------------|------------|
| Subpresupuesto | 001 C31 - CD CAPILLA ALTA | | | | | | |
| Rendimiento | m2/DIA | MO. 250.0000 | EQ. 250.0000 | | | Costo unitario directo por : m2 | 1.88 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Presio \$I. | Parcial \$I. | |
| | Mano de Obra | | | | | | |
| 0147010004 | PEON | hh | 1.0000 | 0.0320 | 16.37 | 0.52 | 0.52 |
| | Materiales | | | | | | |
| 0230190001 | ADITIVO CURADOR DE CONCRETO | gal | | 0.0500 | 16.10 | 0.81 | 0.81 |
| 0239050000 | AGUA | m3 | | 0.0650 | 5.00 | 0.33 | 1.14 |
| | Equipos | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.0000 | 0.52 | 0.02 | 0.02 |
| Partida | 01.04.05.01 | SOLAQUEADO INTERIOR C/IMPERMEABILIZANTE | | | | | |
| Rendimiento | m2/DIA | MO. 30.0000 | EQ. 30.0000 | | | Costo unitario directo por : m2 | 12.89 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Presio \$I. | Parcial \$I. | |
| | Mano de Obra | | | | | | |
| 0147010002 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.2957 | 22.91 | 6.11 | 6.11 |
| 0147010004 | PEON | hh | 0.5000 | 0.1333 | 16.37 | 2.18 | 8.29 |
| | Materiales | | | | | | |
| 0204000000 | ARENA FINA | m3 | | 0.0180 | 50.00 | 0.90 | 0.90 |
| 0221000011 | CEMENTO PORTLAND TIPO V | bb | | 0.0850 | 25.85 | 2.20 | 2.20 |
| 0230120022 | ADITIVO IMPERMEABILIZANTE | gal | | 0.1000 | 13.00 | 1.30 | 1.30 |
| 0239050000 | AGUA | m3 | | 0.0100 | 5.00 | 0.05 | 4.45 |
| | Equipos | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.0000 | 8.29 | 0.25 | 0.25 |
| Partida | 01.04.08.01 | JUNTA DE DILATACION SELLADO C/ELASTOMERICO DE POLIURETANO | | | | | |
| Rendimiento | m/DIA | MO. 30.0000 | EQ. 30.0000 | | | Costo unitario directo por : m | 23.88 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Presio \$I. | Parcial \$I. | |
| | Mano de Obra | | | | | | |
| 0147010002 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.2957 | 22.91 | 6.11 | 6.11 |
| 0147010004 | PEON | hh | 1.0000 | 0.2957 | 16.37 | 4.37 | 10.48 |
| | Materiales | | | | | | |
| 0230750110 | CINTA MASKINTAPE CP-101 - 1" x 55 YDS. | u | | 0.1000 | 10.17 | 1.02 | 1.02 |
| 0230990105 | SELLO ELASTOMERICO DE POLIURETANO (MANGAS x 600ml) | u | | 0.3000 | 19.00 | 5.70 | 5.70 |
| 0230990107 | ROD. ESPUMA POLYOLEFINA Ø 1 1/4" | m | | 1.0300 | 2.10 | 2.16 | 2.16 |
| 0254150005 | IMPRIMANTE PARA APLICACION DE SELLO ELASTOMERICO | gal | | 0.0070 | 98.00 | 0.69 | 0.69 |
| 0280000011 | PLANCHA DE TECKNOPOR DE 1" | m2 | | 0.3319 | 10.00 | 3.32 | 3.32 |
| | Equipos | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.0000 | 10.48 | 0.31 | 0.31 |
| Partida | 01.04.07.01 | PROTECCION DE ARISTAS EN MEDIDORES C/PERFILES L 2 1/2"x2 1/2"x3/16" | | | | | |
| Rendimiento | m/DIA | MO. 25.0000 | EQ. 25.0000 | | | Costo unitario directo por : m | 117.46 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Presio \$I. | Parcial \$I. | |
| | Mano de Obra | | | | | | |
| 0147010002 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.3200 | 22.91 | 7.33 | 7.33 |
| 0147010003 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.3200 | 18.12 | 5.80 | 5.80 |
| | Materiales | | | | | | |
| | | | | | | | 13.13 |

Análisis de precios unitarios

| Presupuesto | 0601039 CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE MEDICION DE AGUA EN EL SECTOR HIDRAULICO MENOR CHIRA, SUB SECTOR HIDRAULICO MARGEN IZQUIERDA, BLOQUE DE RIEGO LAS CAPILLAS (CODIGO: PCHI-04-B39), CD CAPILLA ALTA | | | | | | |
|----------------|--|---|--------------|----------------------------------|-------------------|--------------|--|
| Subpresupuesto | 001 C31 - CD CAPILLA ALTA | | | | Fecha presupuesto | 06/09/2020 | |
| 020302003 | ACERO CORRUGADO $\eta=4200$ kg/cm ² GRADO 80 | kg | | 0.7728 | 2.68 | 2.07 | |
| 0229500091 | SOLDADURA | kg | | 1.0000 | 10.67 | 10.67 | |
| 0239990057 | PLATINA DE ACERO DE 2 1/2"x3/16" | m | | 1.1000 | 39.33 | 43.26 | |
| 0252150121 | PERFIL ESTRUCTURAL DE ACERO DE 2 1/2"x2 1/2"x3/16" | m | | 1.1000 | 39.33 | 43.26 | |
| 0254060000 | PINTURA ANTICORROSIONA | gal | | 0.0300 | 29.58 | 0.89 | |
| | | | | | | 100.16 | |
| | Equipos | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.0000 | 13.13 | 0.39 | |
| 0348210053 | ESMERIL | hm | 0.1000 | 0.0320 | 24.75 | 0.79 | |
| 0348210066 | EQUIPO DE CORTE Y DOBLADO | hm | 0.1000 | 0.0320 | 48.50 | 1.55 | |
| 0349070050 | MOTOSOLDADORA DE 250 A | hm | 0.1000 | 0.0320 | 10.00 | 0.32 | |
| 0349070052 | GENERADOR DE ELECTRICO | hm | 0.1000 | 0.0320 | 35.00 | 1.12 | |
| | | | | | | 4.17 | |
| Partida | 01.04.07.02 | SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PVC 8P NTP 389.02 C-10 DE 2" | | | | | |
| Rendimiento | m/DIA | MO. 120.0000 | EQ. 120.0000 | Costo unitario directo por : m | | 13.01 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$I. | Parcial \$I. | |
| | Mano de Obra | | | | | | |
| 0147010002 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.0967 | 22.91 | 1.53 | |
| 0147010004 | PEON | hh | 1.0000 | 0.0967 | 16.37 | 1.09 | |
| | | | | | | 2.82 | |
| | Materiales | | | | | | |
| 0213010010 | PEGAMENTO P/TUBERIA PVC DE 14 GAL | gal | | 0.0080 | 23.68 | 0.19 | |
| 0273010036 | TUBERIA PRESION PVC-U 8P DN=2" C-10 LT=5m NTP 399.002 .2015 | m | | 1.0500 | 9.64 | 10.12 | |
| | | | | | | 10.31 | |
| | Equipos | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.0000 | 2.62 | 0.08 | |
| | | | | | | 0.08 | |
| Partida | 01.04.07.08 | SUMINISTRO E INSTALACION DE REGLA GRADUADA DE ALUMINIO FUNDIDO E=1/4" | | | | | |
| Rendimiento | m/DIA | MO. 8.0000 | EQ. 8.0000 | Costo unitario directo por : m | | 382.61 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$I. | Parcial \$I. | |
| | Mano de Obra | | | | | | |
| 0147010002 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 1.0000 | 22.91 | 22.91 | |
| 0147010004 | PEON | hh | 1.0000 | 1.0000 | 16.37 | 16.37 | |
| | | | | | | 38.28 | |
| | Materiales | | | | | | |
| 0204000000 | ARENA FINA | m3 | | 0.0100 | 50.00 | 0.50 | |
| 0221000011 | CEMENTO PORTLAND TIPO V | bo | | 0.0900 | 25.85 | 1.55 | |
| 0239990053 | PLATINA DE ALUMINIO FUNDIDO E=14"x0.20m, INCLUYE ANCLAJES | m | | 1.0000 | 350.00 | 350.00 | |
| | | | | | | 362.06 | |
| | Equipos | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.0000 | 39.28 | 1.18 | |
| | | | | | | 1.18 | |
| Partida | 01.04.08.01 | PRUEBA HIDRAULICA | | | | | |
| Rendimiento | med/DIA | MO. 8.0000 | EQ. 8.0000 | Costo unitario directo por : med | | 41.81 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$I. | Parcial \$I. | |
| | Mano de Obra | | | | | | |
| 0147010004 | PEON | hh | 2.0000 | 2.0000 | 16.37 | 32.74 | |
| | | | | | | 32.74 | |
| | Materiales | | | | | | |
| 0202010027 | CLAVOS PARA CONCRETO C/C DE 2" | kg | | 0.0435 | 3.14 | 0.14 | |
| 0230060021 | CORDEL | m | | 10.0000 | 0.76 | 7.60 | |
| 0244010001 | ESTACA DE MADERA | p2 | | 0.1179 | 3.00 | 0.35 | |

Análisis de precios unitarios

| Precupuesto | 0601088 CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE MEDICION DE AGUA EN EL SECTOR HIDRAULICO MENOR CHIRA, SUB SECTOR HIDRAULICO MARGEN IZQUIERDA, BLOQUE DE RIEGO LAS CAPILLAS (CODIGO: PCH-04-B98), CD CAPILLA ALTA | | | | | | |
|----------------|---|--------------|--------------|-----------|----------|---------------------------------|--------------|
| Subpresupuesto | 001 C81 - CD CAPILLA ALTA | | | | | Fecha presupuesto | 06/08/2020 |
| | | | | | | | 8.08 |
| 0337010001 | Equipos HERRAMIENTAS MANUALES | | %MO | | 3.0000 | 32.74 | 0.98 |
| | | | | | | | 0.88 |
| Partida | 02.01.01 EXCAVACION MANUAL DE MATERIAL SUELTO | | | | | | |
| Rendimiento | m3/DIA | MO. 4.0000 | EQ. 4.0000 | | | Costo unitario directo por : m3 | 33.72 |
| Código | Descripción | Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. |
| | | Mano de Obra | | | | | |
| 0147010004 | PEON | | hh | 1.0000 | 2.0000 | 16.37 | 32.74 |
| | | | | | | | 32.74 |
| 0337010001 | Equipos HERRAMIENTAS MANUALES | | %MO | | 3.0000 | 32.74 | 0.98 |
| | | | | | | | 0.88 |
| Partida | 02.01.02 PERFILADO Y COMPACTADO DE ESTRUCTURA DE PROTECCION | | | | | | |
| Rendimiento | m3/DIA | MO. 80.0000 | EQ. 80.0000 | | | Costo unitario directo por : m2 | 2.26 |
| Código | Descripción | Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. |
| | | Mano de Obra | | | | | |
| 0147010004 | PEON | | hh | 1.0000 | 0.1333 | 16.37 | 2.18 |
| | | | | | | | 2.18 |
| 0337010001 | Equipos HERRAMIENTAS MANUALES | | %MO | | 3.0000 | 2.18 | 0.07 |
| | | | | | | | 0.07 |
| Partida | 02.01.03 RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO | | | | | | |
| Rendimiento | m3/DIA | MO. 15.0000 | EQ. 15.0000 | | | Costo unitario directo por : m3 | 29.88 |
| Código | Descripción | Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. |
| | | Mano de Obra | | | | | |
| 0147010003 | OFICIAL | | hh | 1.0000 | 0.5333 | 18.12 | 9.66 |
| 0147010004 | PEON | | hh | 1.0000 | 0.5333 | 16.37 | 8.73 |
| | | | | | | | 18.39 |
| 0239050000 | AGUA | Materiales | m3 | | 0.0500 | 5.00 | 0.25 |
| | | | | | | | 0.25 |
| 0337010001 | Equipos HERRAMIENTAS MANUALES | | %MO | | 3.0000 | 18.39 | 0.55 |
| 0349030001 | COMPACTADOR VIBRATORIO TIPO PLANCHA 4 HP | | hm | 1.0000 | 0.5333 | 20.00 | 10.67 |
| | | | | | | | 11.22 |
| Partida | 02.01.04 ELIMINACION MANUAL DE MATERIAL EXCEDENTE EN CARRETILLA D=80 m | | | | | | |
| Rendimiento | m3/DIA | MO. 18.0000 | EQ. 18.0000 | | | Costo unitario directo por : m3 | 7.48 |
| Código | Descripción | Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. |
| | | Mano de Obra | | | | | |
| 0147010004 | PEON | | hh | 1.0000 | 0.4444 | 16.37 | 7.27 |
| | | | | | | | 7.27 |
| 0337010001 | Equipos HERRAMIENTAS MANUALES | | %MO | | 3.0000 | 7.27 | 0.22 |
| | | | | | | | 0.22 |
| Partida | 02.02.01 CONCRETO FC=100 KG/CM2 PARA SOLADO e=0.05 m | | | | | | |
| Rendimiento | m3/DIA | MO. 120.0000 | EQ. 120.0000 | | | Costo unitario directo por : m2 | 20.81 |
| Código | Descripción | Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. |
| | | Mano de Obra | | | | | |
| 0147010002 | OPERARIO | | hh | 1.0000 | 0.0967 | 22.91 | 1.53 |

Análisis de precios unitarios

| Precupuesto | 0601039 CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE MEDICION DE AGUA EN EL SECTOR HIDRAULICO MENOR CHIRA, SUB SECTOR HIDRAULICO MARGEN IZQUIERDA, BLOQUE DE RIEGO LAS CAPILLAS (CODIGO: PCHI-04-B39), CD CAPILLA ALTA | | | | | | |
|---------------------|--|---|--------------|---------------------------------|-------------|-------------------|------------|
| Subpresupuesto | 001 C31 - CD CAPILLA ALTA | | | | | Fecha presupuesto | 06/09/2020 |
| 0147010004 | PEON | hh | 2.0000 | 0.1333 | 16.37 | 2.16 | 8.71 |
| Materiales | | | | | | | |
| 0221000011 | CEMENTO PORTLAND TIPO V | bb | | 0.3350 | 25.85 | 8.66 | |
| 0238000003 | HORMIGON | m3 | | 0.1300 | 55.08 | 7.16 | |
| 0239050000 | AGUA | m3 | | 0.0500 | 5.00 | 0.25 | |
| 0239090071 | REGLA DE MADERA | p2 | | 0.1190 | 3.50 | 0.42 | 16.49 |
| Equipos | | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.0000 | 3.71 | 0.11 | 0.11 |
| <hr/> | | | | | | | |
| Partida | 02.02.02 | CONCRETO FC=210 KG/CM2 | | | | | |
| Rendimiento | m2/DIA | MO. 10.0000 | EQ. 10.0000 | Costo unitario directo por : m3 | | | 394.20 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0147010002 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.8000 | 22.91 | 18.33 | |
| 0147010003 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.8000 | 18.12 | 14.50 | |
| 0147010004 | PEON | hh | 3.0000 | 2.4000 | 16.37 | 39.29 | 72.12 |
| Materiales | | | | | | | |
| 0205000004 | PIEDRA CHANCADA DE 3/4" | m3 | | 0.7330 | 76.27 | 55.91 | |
| 0205010004 | ARENA GRUESA | m3 | | 0.4776 | 59.32 | 28.33 | |
| 0221000011 | CEMENTO PORTLAND TIPO V | bb | | 6.5000 | 25.85 | 219.73 | |
| 0239050000 | AGUA | m3 | | 0.1500 | 5.00 | 0.75 | 304.72 |
| Equipos | | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.0000 | 72.12 | 2.16 | |
| 0349010001 | VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.35" | hm | 1.0000 | 0.8000 | 8.50 | 6.80 | |
| 0349100008 | MEZCLADORA DE CONCRETO | hm | 1.0000 | 0.8000 | 10.50 | 8.40 | 17.98 |
| <hr/> | | | | | | | |
| Partida | 02.02.03 | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL | | | | | |
| Rendimiento | m2/DIA | MO. 15.0000 | EQ. 15.0000 | Costo unitario directo por : m2 | | | 46.61 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0147010002 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.5333 | 22.91 | 12.22 | |
| 0147010003 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.5333 | 18.12 | 9.66 | |
| 0147010004 | PEON | hh | 0.5000 | 0.2667 | 16.37 | 4.37 | 28.25 |
| Materiales | | | | | | | |
| 0202000007 | ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16 | kg | | 0.0200 | 3.08 | 0.06 | |
| 0202010005 | CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3" | kg | | 0.0800 | 3.14 | 0.25 | |
| 0230110003 | ADITIVO DESMOLDEADOR DE ENCOFRADOS | gal | | 0.0670 | 60.00 | 4.02 | |
| 0243040000 | MADERA TORNILLO | p2 | | 2.0200 | 7.00 | 14.14 | 18.47 |
| Equipos | | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.0000 | 28.25 | 0.79 | 0.79 |
| <hr/> | | | | | | | |
| Partida | 02.02.04 | ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 Grado 60 | | | | | |
| Rendimiento | kg/DIA | MO. 250.0000 | EQ. 250.0000 | Costo unitario directo por : kg | | | 4.88 |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0147010002 | OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.0320 | 22.91 | 0.73 | |
| 0147010003 | OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.0320 | 18.12 | 0.58 | 1.31 |

Análisis de precios unitarios

| Presupuesto | 0601039 CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE MEDICION DE AGUA EN EL SECTOR HIDRAULICO MENOR CHIRA, SUB SECTOR HIDRAULICO MARGEN IZQUIERDA, BLOQUE DE RIEGO LAS CAPILLAS (CODIGO: PCHI-04-B39), CD CAPILLA ALTA | | | | Fecha presupuesto | 06/09/2020 | |
|--------------------|--|---------------------------|---------------------|--|--------------------|---------------------|--|
| Subpresupuesto | 001 C91 - CD CAPILLA ALTA | | | | | | |
| Materiales | | | | | | | |
| 0202000007 | ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16 | kg | | 0.0500 | 3.08 | 0.15 | |
| 0203020003 | ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 | kg | | 1.0500 | 2.68 | 2.81 | |
| | | | | | | 2.96 | |
| Equipos | | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.0000 | 1.31 | 0.04 | |
| 0337030019 | DOBLADORA DE FIERROS | hm | 0.5000 | 0.0180 | 12.00 | 0.19 | |
| 0348060005 | CIZALLA PARA CORTE DE FIERRO | hm | 1.0000 | 0.0320 | 13.50 | 0.43 | |
| | | | | | | 0.86 | |
| Pieza | 02.88.01 | CURADO DE CONCRETO | | | | | |
| Rendimiento | m2/DIA | MO. 250.0000 | EO. 250.0000 | Costo unitario directo por : m2 | | 1.88 | |
| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio \$/. | Parcial \$/. | |
| | Mano de Obra | | | | | | |
| 0147010004 | PEON | hh | 1.0000 | 0.0320 | 16.37 | 0.52 | |
| | | | | | | 0.52 | |
| Materiales | | | | | | | |
| 0230190001 | ADITIVO CURADOR DE CONCRETO | gal | | 0.0500 | 16.10 | 0.81 | |
| 0239050000 | AGUA | m3 | | 0.0650 | 5.00 | 0.33 | |
| | | | | | | 1.14 | |
| Equipos | | | | | | | |
| 0337010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.0000 | 0.52 | 0.02 | |
| | | | | | | 0.02 | |