



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TÍTULO:
**ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN CANAL REVESTIDO DE HORMIGÓN SIMPLE DE
LONGITUD 1200 METROS PARA RIEGO DE DOS PROPIEDADES.**

**TRABAJO PRÁCTICO DEL EXAMEN COMPLEXIVO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

AUTOR:
0704346436 - JARAMILLO ARMIJOS RAFAEL ANTONIO

MACHALA, OCTUBRE DE 2015

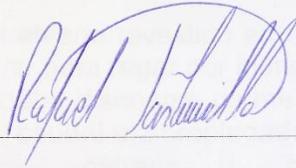
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, JARAMILLO ARMIJOS RAFAEL ANTONIO, con C.I. 0704346436, estudiante de la carrera de INGENIERÍA CIVIL de la UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA, responsable del siguiente trabajo de titulación:

ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN CANAL REVESTIDO DE HORMIGÓN SIMPLE DE LONGITUD 1200 METROS PARA RIEGO DE DOS PROPIEDADES.

Certifico que los resultados y conclusiones del presente trabajo pertenecen exclusivamente a mi autoría, por lo cual cedo este derecho a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA y la deslindo de cualquier delito de plagio, para que ella proceda a darle el uso que sea conveniente.

Agradezco vuestra gentil atención.



JARAMILLO ARMIJOS RAFAEL ANTONIO
C.I. 0704346436

INTRODUCCIÓN

El transporte de agua en los últimos años en el Ecuador, se ha convertido en un serio problema para gran parte del territorio nacional, en especial para el sector agrícola, ya que muchas veces se debe enfrentar un bajo caudal existente en la zona, así como también las sequías que azotan al litoral ecuatoriano.

El litoral se enfrenta a grandes problemas, en especial cuando de regar sus cultivos se trata, ya que en el país hay un gran déficit de canales de riego para la conducción del agua.

En este proyecto se busca diseñar un canal revestido de hormigón, el cuál dotará de agua a dos plantaciones de cítricos, para ello tenemos como punto de partida el caudal, que como se conoce es uno de los elementos de vital importancia para el dimensionamiento de éste.

Para el diseño adecuado de un canal de riego, es primordial tener en cuenta el caudal que es un factor clave en el diseño y el de mayor importancia en un proyecto de riego.

Los cálculos se realizan con la herramienta Excel, y los planos de cada uno de los componentes irán colocados a medida que se avance el cálculo de cada uno, también se tendrá al final un plano de todo el canal con cada uno de sus elementos.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un canal revestido de hormigón simple mediante el análisis del caudal necesario para riego de una plantación por inundación de cítricos.

DESARROLLO DE CONTENIDOS

CASO

Se requiere diseñar un canal abierto revestido en hormigón simple, mismo que recorrerá 1.200 m y conducirá 1.63 m³/s. para regar por inundación una plantación de cítricos. A 15 m. del inicio de su recorrido debe diseñarse un medidor Parshall para controlar el caudal de paso. Debe repartirse este caudal a 2 propiedades: primera entrega será de 0.63 m³/s. y la segunda entrega será de 1.0 m³/s.

- 1.- Determinar el número de plantas adultas que podrían regarse en ambas plantaciones.
- 2.- Analizar cuál sería la sección óptima del canal a diseñar, sus elementos y características geométricas

- 3.- Sus características hidráulicas y recomendaciones de velocidades máximas y mínimas.
- 4.- Por efectos de alineación existe un cambio brusco de dirección, para lo cual se trazará una curva de radio mínimo.
- 5.- Existe un desnivel vertical en el recorrido de 1.50 m. por lo cual se diseñará un resalto hidráulico.
- 6.- Diseñar las estructuras de derivación de caudales para ambas plantaciones.

DATOS:

Q= 1,63 m³/s

n=0,013

S=0,003

AFORADOR PARSHALL

Un Aforador Parshall se encuentra formado por dos partes principales, las cuales son:

- El aforador que está constituido por un tramo convergente, la garganta y un tramo divergente.
- Un dispositivo para medir el caudal.

Las características principales que tenemos del aforador son el cambio de formas que se tiene en toda la longitud del aforador, y esto consiste en el estrechamiento a la entrada del aforador, para luego encontrarnos con la garganta, en la que encontramos un desnivel, el mismo que permite el aumento en la velocidad de flujo, y una sección que se amplía al final del mismo.

La conducción elevada de aforo Parshall se puede construir de chapa, madera u hormigón armado. Este tipo de aforador se clasifica en forma general según el ancho de garganta.

Clasificación de los aforadores Parshall

ANCHO W (pulg)	Q mín (lt/s)	Q máx (lt/s)
18"	4,24	696,5
24"	11,9	937,3
36"	17,27	1427,2
48"	36,81	1922,7

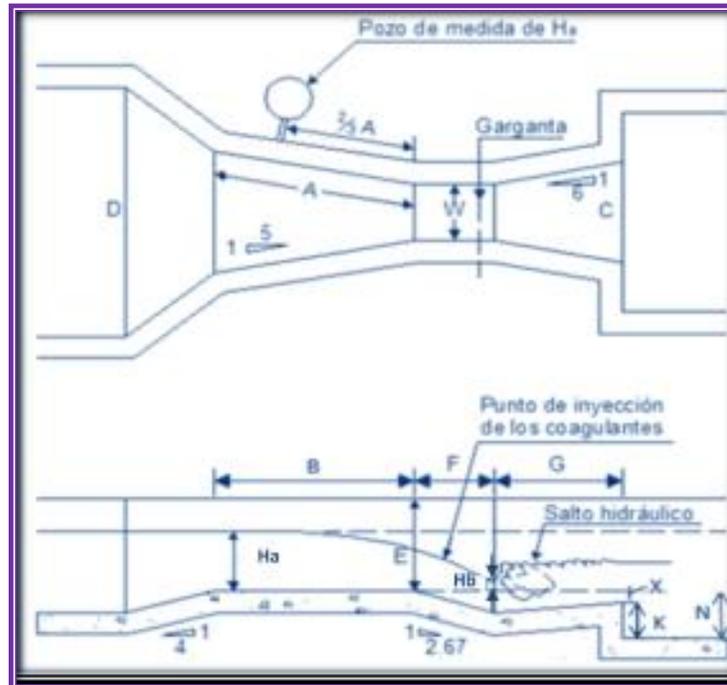
Fuente: ARBOLEDA, J. 1992

Adoptamos un ancho de garganta de 48", debido a nuestro caudal de 1630 lt/s.

Dimensiones del aforador Parshall

W	(cm)	A	B	C	D	E	F	G	K	N
18"	45,7	144,9	142	76,2	102,6	91,5	61	91,5	7,6	22,9
24"	61	152,5	149,6	91,5	120,7	91,5	61	91,5	7,6	22,9
36"	91,5	167,7	164,5	122	157,2	91,5	61	91,5	7,6	22,9
48"	122	183	179,5	152,2	193,8	91,5	61	91,5	7,6	22,9

FUENTE: AZEVEDO, N. 1998



Planta y elevación de un aforador Parshall (AZEVEDO, N. 1998)

Dónde tenemos:

A: longitud de paredes en la sección convergente.

B: longitud horizontal de la sección convergente.

C: ancho de la salida.

D: ancho de entrada en la sección convergente.

E: altura de seguridad.

F: longitud de la garganta.

G: Longitud de sección divergente.

K: Alto de la pared en la sección divergente.

N: Variación entre la salida y cresta

Tabla #3: Valor del coeficiente y exponente

W	k	n
18"	1,054	1,538
24"	1,426	1,55
36"	2,182	1,566
48"	2,935	1,578

FUENTE: AZEVEDO, N. 1998

Exponente n: 2,935

Coeficiente k: 1,578

- Determinación de la altura de la lámina de agua.

$$h_a = \left(\frac{Q}{k}\right)^{\frac{1}{n}}$$

$$h_a = 0,69\text{m}$$

- Cálculo de la canaleta en la sección de medición.

$$W_a = \frac{2}{3} (D - W) + W$$

$$W_a = 1,70\text{m}$$

- Cálculo de la velocidad en la sección de medición.

$$V_a = \frac{Q}{W_a \cdot h_a}$$

$$V_a = 1,39\text{m/s}$$

- Cálculo de la Energía Total.

$$E_1 = \frac{V_a^2}{2g} + h_a + N$$

$$E_1 = 1,02\text{m}$$

- Cálculo de la velocidad antes del resalto hidráulico

$$E_2 = \frac{V_2^2}{2g} + h_2$$

$$V_2 = \frac{Q}{W \times h_2}$$

$$V_2 = \frac{1,34\text{m}^2/\text{s}}{h_2} = 3,54\text{m/s}$$

Iguales E1 = E2

$$1,02\text{m} = \frac{v^2}{2g} + h_2$$

$$1,02\text{m} = \frac{1,34\text{m}^2/\text{s}}{h_2} \times \frac{1}{2\left(\frac{9,8\text{m}}{\text{s}^2}\right)} + h_2$$

$$h_2 = 0,38\text{m}$$

- Determinación de la lámina de agua en el resalto hidráulico

$$h_B = h_2 - N$$

$$h_B = 0,38\text{m} - 0,229\text{m}$$

$$h_B = 0,151\text{m}$$

- Revisión del grado de sumergencia.

$$S = \frac{h_a}{h_b}$$

$$S = 0,22 < 0,60 \text{ OK}$$

Se comprueba con el resultado obtenido, que la canaleta trabaja con descarga libre, debido a que se verifica que es menor a 0,6.

- Cálculo del número de Froude

$$F = \sqrt{\frac{v^2}{h_2 \times g}}$$

$$F = 1,83$$

Se comprueba la estabilidad, debido a que el valor obtenido se encuentra entre 1,7 y 2,5

- Cálculo de la lámina de agua al final del trecho divergente.

$$h_3 = \frac{h_2}{2} (\sqrt{1 + 8F^2} - 1) \quad h_3 = 0,81\text{m}$$

- Cálculo de la lámina de agua al final de la canaleta

$$h_4 = h_3 - (N-K)$$

$$h_4 = 0,66\text{m}$$

$$V_3 = \frac{Q}{W \times h_3}$$

$$V_3 = 1,66\text{m/s}$$

$$V_4 = \frac{Q}{W \times h_4}$$

$$V_4 = 1,62\text{m/s}$$

$$V_m = \frac{V_3 + V_4}{2}$$

$$V_m = 1,64 \text{ m/s}$$

$$t_d = \frac{E \text{ ó } G}{V_m} = \frac{0,915 \text{ m}}{1,64 \text{ m/s}} = 0,56 \text{ s}$$

- Cálculo de la gradiente de la velocidad

$$\Delta h = \frac{V_4^2}{2g} + h_4 + N - \frac{V_3^2}{2g} - h_3 - (N - K)$$

$$\Delta h = 0,07 \text{ m}$$

$$G = \sqrt{\frac{\gamma \cdot \Delta h}{\mu \cdot t_d}}$$

$$G = 1045,67$$

- Cálculo de la distancia de elevación de la cresta por encima del fondo del canal

$$X = h_5 - h_4$$

$$X = 0,75 \text{ m} - 0,66 \text{ m} \quad h_5 = 0,75 \text{ m}$$

$$X = 0,09 \text{ m} \times 1,10$$

$$X = 0,10 \text{ m}$$

Longitud de desarrollo del resalto

$$L_d = 6 (h_3 - h_2)$$

$$L_d = 6 (0,81 \text{ m} - 0,38 \text{ m})$$

$$L_d = 2,58 \text{ m}$$

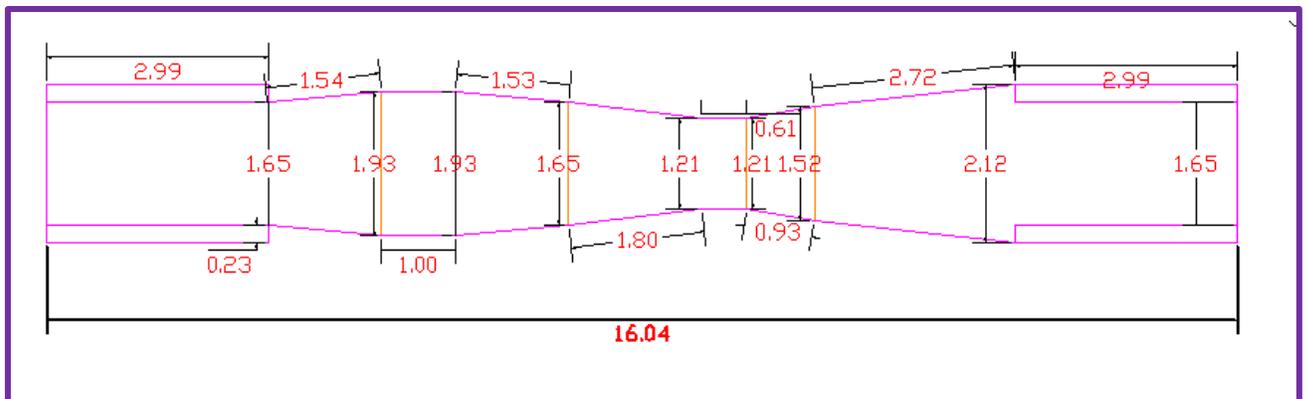


FIG 2. Vista en planta de aforador Parshall

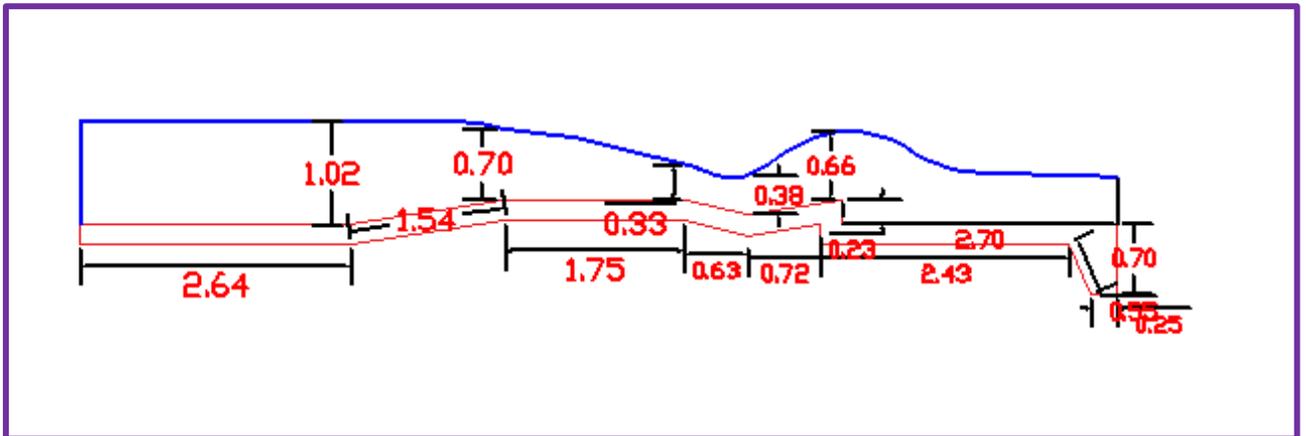


FIG 3: Vista lateral de aforador Parshall

Determinar el número de plantas adultas que podrían regarse en ambas plantaciones.

RIEGO POR INUNDACIÓN

El método más común, usado por nuestros agricultores es el riego por inundación ya que en éste método en la mayoría de casos no se utilizan bombas, lo cual significa un ahorro considerable en gasto y mantenimiento.

Entre los tipos de riego por inundación, tenemos en el que se tienen surcos, ya que de esta manera el agua inunda éstos y llegan a todas las plantaciones.

Esta técnica requiere cierto grado de inclinación del terreno, esto con el fin de que el agua pueda circular de manera más rápida y óptima, y también se evita que el agua se derrame por sobre los surcos.

Se debe procurar que la misma cantidad de agua llegue a cada surco, de manera constante.

Como un aspecto negativo de éste tipo de riego, se tiene que se necesita gran cantidad de agua para su uso, así como se ha comprobado que no siempre el agua llega a cada uno de los puntos de la plantación.

Por tal razón este método se utiliza en zonas donde existe gran volumen de agua.

NÚMERO DE PLANTAS ADULTAS QUE PODRÍAN REGARSE

Dependiendo de las condiciones del ambiente, los árboles adultos precisan de 10 a 90 galones por día.

$$Q = 1630 \text{ lt/s}$$

400 plantas = 1 hectárea

Cada planta necesita en promedio y en nuestro clima 100 litros de agua y lo hacemos en un tiempo de 90sg.

$$1630 \frac{\text{lt}}{\text{s}} \times 90\text{s} = 146700 \text{ litros} \quad \text{dividido para 100 litros de cada planta} = 1467 \text{ plantas}$$

$$1467 \text{ plantas} \times \frac{1 \text{ ha}}{400 \text{ plantas}} = 3,65 \text{ ha.}$$

Analizar cuál sería la sección óptima del canal a diseñar, sus elementos y características geométricas

SECCIÓN ÓPTIMA DE UN CANAL

Tratamos de buscar las dimensiones de la sección de forma que consigamos la misma superficie con mínimo perímetro mojado.

El ángulo α óptimo es 60° .

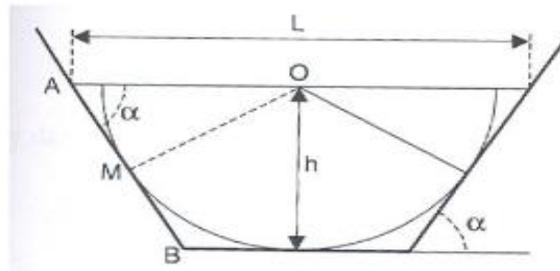


Fig 4. Sección óptima de un canal trapezoidal (Ministerio de Agricultura y Alimentación, Lima 1978)

FUENTE:

$$P_m = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$$

$$A_h = (b + zy) \cdot y$$

$$R_h = \frac{A_h}{P_m}$$

Dónde:

P_m : perímetro mojado

A_h : Área hidráulica

R_h : Radio hidráulico

b : base menor

b : base menor

y : tirante normal

y : tirante normal

$$z = \text{Ctg } \alpha$$

$$z = \text{Ctg } 60^\circ$$

Utilizando la fórmula de Manning:

$$Q = \frac{A_h}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

Q : Caudal

A_h : Área hidráulica

n : Coeficiente de rugosidad de Manning

Rh: Radio hidráulico

S: pendiente

Asumimos un valor $b=1,6\text{m}$ para la base menor de mi canal.

$$Pm = 1,6 + 2,3y \quad Ah = 1,6y + 0,577y^2 \quad Rh = \frac{1,6y + 0,577y^2}{1,6 + 2,3y}$$

Primer tanteo

$$y = 0,35\text{m}$$

$$Q = \frac{Ah}{n} \cdot Rh^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$1,63 = \frac{1,6y + 0,577y^2}{0,013} \cdot \frac{1,6y + 0,577y^2}{1,6 + 2,3y}^{2/3} \cdot 0,003^{1/2}$$

$$1,63 \text{ m}^3/\text{s} = 1,08 \text{ m}^3/\text{s}$$

Segundo tanteo

$$y = 0,45\text{m} \quad \text{OK}$$

$$Q = \frac{Ah}{n} \cdot Rh^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$1,63 = \frac{1,6y + 0,577y^2}{0,013} \cdot \frac{1,6y + 0,577y^2}{1,6 + 2,3y}^{2/3} \cdot 0,003^{1/2}$$

$$1,63\text{m}^3/\text{s} = 1,64 \text{ m}^3/\text{s}$$

2.3. Sus características hidráulicas y recomendaciones de velocidades máximas y mínimas.

$$Ah = 0,84\text{m}^2$$

$$Pm = 2,62\text{m}$$

$$Rh = 0,31\text{m}$$

$$Yn = 0,45\text{m}$$

$$T = 2,12\text{m}$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{1,63\text{m}^3/\text{s}}{0,84\text{m}^2}$$

$$V = 1,94\text{m/s}$$

Se tiene un borde libre de 0,4m.

Lo que nos queda: $H = Y_n + BL$

$$H = 0,45\text{m} + 0,4\text{m}$$

$$H = 0,85\text{m}$$

VELOCIDAD MÍNIMA.

Se debe considerar en el diseño de canales de riego, una velocidad mínima para de esta manera evitar la sedimentación de material sólido.

La velocidad mínima en canales recubiertos de hormigón debe ser 0,4m/s.

VELOCIDAD MÁXIMA.

Se debe considerar en el diseño de canales de riego, una velocidad máxima para de esta manera evitar la erosión en las paredes del canal revestido de hormigón.

La velocidad máxima en canales recubiertos de hormigón debe ser menor a 2,5m/s.

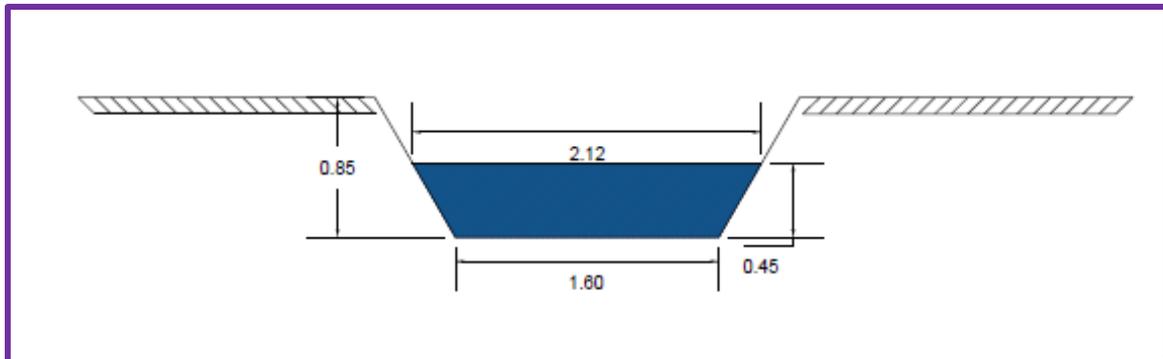


FIG. 5: Dimensiones canal trapezoidal

Por efectos de alineación existe un cambio brusco de dirección, para lo cual se trazará una curva de radio mínimo.

CURVA DE RADIO MÍNIMO

En el diseño de canales, el cambio brusco de dirección se sustituye por una curva cuyo radio no debe ser muy grande, y debe es cogerse un radio mínimo, dado que al trazar curvas con radios mayores al mínimo no significa ningún ahorro de energía, es decir la curva no será hidráulicamente más eficiente, en cambio sí será más costoso al darle una mayor longitud o mayor desarrollo.

TABLA 4: Radio mínimo en canales abiertos para $Q < 20\text{m}^3/\text{s}$.

Capacidad del canal	Radio mínimo
$20\text{m}^3/\text{s}$.	100m
$15\text{m}^3/\text{s}$.	80m
$10\text{m}^3/\text{s}$.	60m
$5\text{m}^3/\text{s}$.	20m
$1\text{m}^3/\text{s}$.	10m
$0,5\text{m}^3/\text{s}$.	5m

Fuente: Ministerio de Agricultura y Alimentación. Lima 1978.

ELEMENTOS DE UNA CURVA CIRCULAR

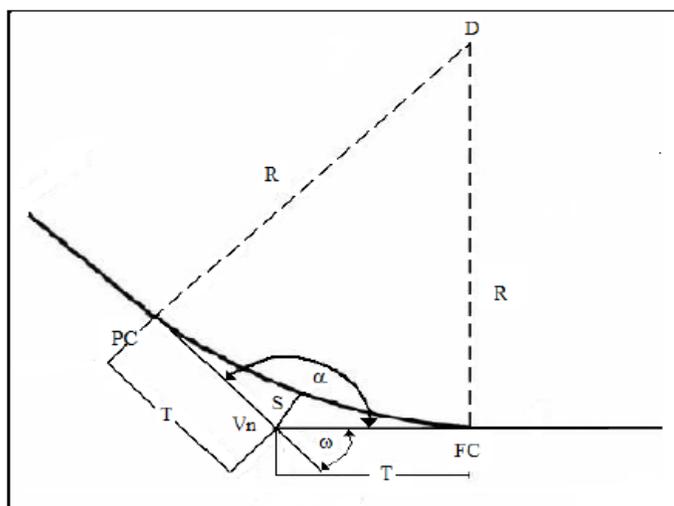


Fig 6 : Elementos de una curva horizontal (Ciencias F De. Universidad Austral de Chile. 2008.

PI: Punto de intersección de dos alineaciones consecutivas del trazado.

α : Ángulo entre dos alineaciones, medido a partir de la alineación de entrada, en sentido horario, hasta la alineación de salida.

ω : Ángulo de deflexión entre ambas alineaciones, que se repite como ángulo del centro subtendido por el arco circular.

R: Radio de la curvatura del arco de círculo (m)

T. Tangentes. Determinan el principio de curva PC y el final de curva FC.

S: Bisectriz, distancia del vértice al punto medio, MC.

D: Desarrollo, longitud del arco de círculo entre los puntos de tangencia PC y FC.

Existe un desnivel vertical en el recorrido de 1.50 m. por lo cual se diseñará un resalto hidráulico.

CAÍDA CON GRADAS

Son diseñadas cuando durante el trazo de un canal, nos encontramos con un desnivel. Estas gradas deben ser continuas, y no deben exceder cada una, una altura de 0,8m.

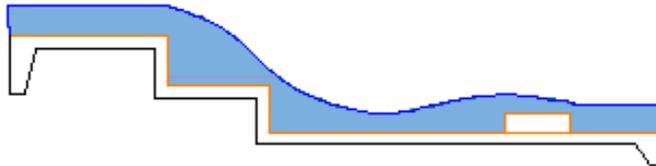


FIG. 7: Vista lateral de una caída con gradas

Aguas arriba $Y_c = Y_n = 0,45\text{m}$

Este análisis hidráulico se va a basar en la determinación de la longitud necesaria para grada y grada.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Grada	a (m)	$K = a / Y_c$	Y_o	$X_o = Y_o / Y_c$	Y_1 / Y_c	Y (m)	d/Yc	d (m)
1	0,75m	1,66	0,45	1	0,47	0,21	3,5	1,58
2	0,75m	1,66	0,21	0,47	0,7	0,32	4,5	2,03

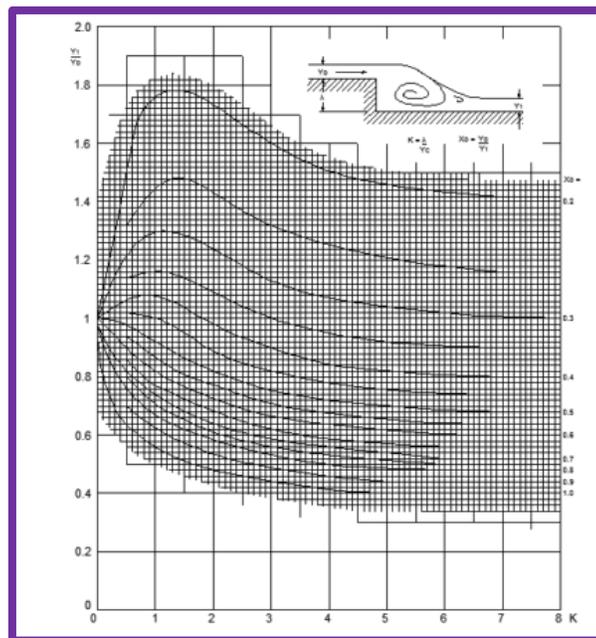


Fig 8: Ábaco para gradas de bajada precedidas y seguidas de flujo supercrítico (MANUAL CRITERIOS DE DISEÑOS DE OBRAS HIDRÁULICAS 2010)

- En la primera grada se obtiene $X_o = \frac{Y_o}{Y_c} = \frac{0,45m}{0,45m} = 1$

Con $X_o = 1$ y $K = 1,66$

$$\frac{Y_1}{Y_2} = 0,47$$

$$Y_1 = 0,47 (0,45m)$$

$$Y_1 = 0,21m$$

- En la segunda grada se obtiene $X_o = \frac{Y_o}{Y_c} = \frac{0,21m}{0,45m} = 0,47$

Con $X_o = 0,47$ y $K = 1,66$

$$\frac{Y_1}{Y_c} = 0,7$$

$$Y_1 = 0,7 (0,45m)$$

$$Y_1 = 0,32m$$

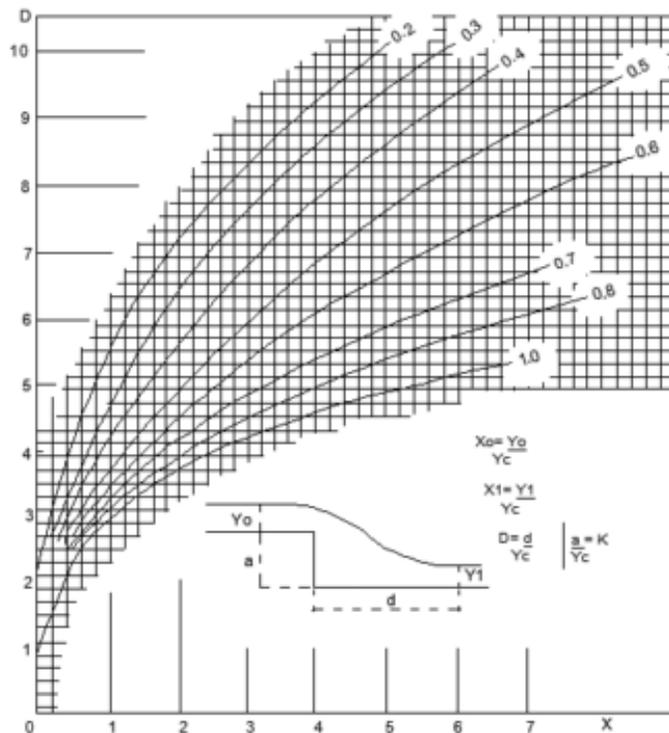


Fig 9: Ábaco para gradas de bajada antecedidas y seguidas de flujo supercrítico (MANUAL CRITERIOS DE DISEÑOS DE OBRAS HIDRÁULICAS 2010)

En la primera grada se obtiene

$$\frac{d}{Y_c} = 3,5$$

$$d = 1,58\text{m}$$

- En la segunda grada se obtiene

$$\frac{d}{Y_c} = 4,5$$

$$d = 2,03\text{m}$$

En la segunda grada el tirante conjugado menor es de $Y = 0,32\text{m}$; tenemos:

$$A = 0,57\text{m}^2$$

$$Q = 1,63\text{m}^3/\text{s}$$

$$V = 2,85 \text{ m/s}$$

Para calcular el tirante conjugado mayor, utilizamos la siguiente fórmula:

$$Y_2 = -\frac{0,32\text{m}}{2} + \sqrt{\left(\frac{0,32\text{m}}{2}\right)^2 + \left(\frac{2 \times 0,32\text{m} \times \left(\frac{2,85\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{9,81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}\right)}$$

$$Y_2 = 0,59\text{m}$$

Longitud del resalto

$$LR = 6(Y_2 - Y_1)$$

$$LR = 6(0,59\text{m} - 0,32\text{m})$$

$$LR = 1,62\text{m}$$

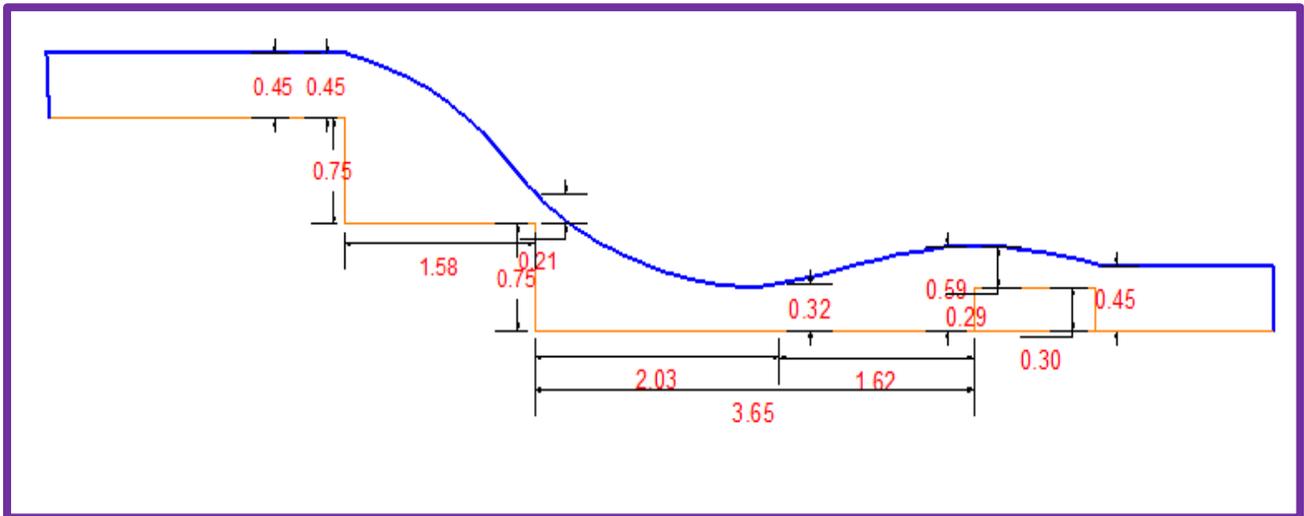


Fig. 10: Vista lateral de caída con gradas del proyecto

6.- Diseñar las estructuras de derivación de caudales para ambas plantaciones.

El orificio de paso debe ser calculado en función del caudal necesario que pase a través de él.

Para el cálculo utilizaremos las siguientes fórmulas:

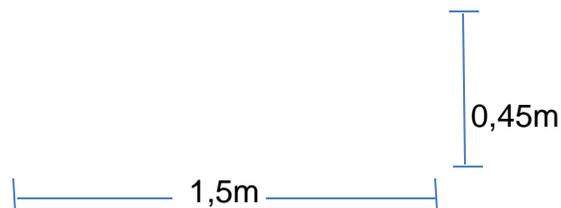
$$Q = C_d \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_i}$$

$$h_i = \frac{Q^2}{C_d \cdot A^2 \cdot 2g}$$

$$h_i = \frac{Q^2}{0,6 \cdot A^2 \cdot 19,6 \text{ m/s}^2}$$

$$h_i = \frac{Q^2}{7,06 \cdot A^2}$$

Dónde:



C_d = Coeficiente de descarga (0,6)

h_i = Carga al centro del orificio

L x a	A(m ²)	Q (m ³ /s)	hi(m)
1,5x0,30	0,45	1,63	1,85
1,5x0,50	0,75	1,63	0,65
1,5x0,60	0,9	1,63	0,45

CONCLUSIONES

El objetivo general de este proyecto fue el diseñar un canal de riego, para dotar de agua a dos plantaciones de cítricos que son regadas por inundación y para ello se tiene un caudal de $1,63\text{m}^3/\text{s}$.

Se diseñó también un aforador Parshall, y de esta manera controlar el paso del caudal por el canal.

Al encontrarnos con un desnivel en el terreno de 1,50m se tuvo que diseñar una estructura para controlar la energía de caída del agua, y es por esto que se diseñó una caída en gradas, 2 gradas, de 0,75m de altura cada una, respetando el principio de que las gradas no deben exceder los 0,8m. También analizamos el resalto hidráulico formado por ésta.

Por medio de la herramienta del programa AUTOCAD, me refiero a la MDT4, se pudo determinar la curva horizontal de radio mínimo que se nos presentó en el problema, misma que se encuentra en el plano adjunto.

REFERENCIAS

1. Abarca Luis. Diseño hidráulico conducto aforador Parshall modelo escala. [Internet]. 2009 [octubre 2015]

<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5294>

2. Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Diseño hidráulico de un canal de llamada. [Internet]. 2012 [octubre 2015].

<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/noticias/2012/Documents/>

3. Autoridad Nacional Del Agua Manual: Criterios De Diseños De Obras Multisectoriales Y De Afianzamiento. [Internet]. Lima 2010. (Octubre de 2015). 356

<http://www.ana.gob.pe/media/389716/manual-dise%C3%B1os-1.pdf>

4. LUGO CRUZ, GONZALO. OBRAS DE DERIVACION. 2008. Tesis Doctoral. <http://tesis.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/1362/1/lugocruz.pdf>

5. Pedroza E. Edita : Imprime : Derechos Reservados por : Comisión Nacional del Agua [Internet]. 2001. [octubre 2015]. 32 p.

http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/canal_parshall.pdf

Urkund Analysis Result

Analysed Document: RAFAEL JARAMILLO ARMIJOS.docx (D16400626)
Submitted: 2015-11-26 13:08:00
Submitted By: jmolina@utmachala.edu.ec
Significance: 0 %

Sources included in the report:

Instances where selected sources appear:

0



Ing. Francisco Vera Domínguez

C.I 1302324809

DOCENTE - TUTOR

