

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Departamento Académico de Ciencias Agrarias



**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA BOCATOMA CON
AZUD DE CONCRETO ARMADO PARA EL FUNAS I”**

TESIS

Para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Fernando Hugo Salas Huamaní

PROMOCIÓN I – 2004

“Fred Coral Izurieta”

TINGO MARÍA – PERÚ

2004

DEDICATORIA

A mis queridos padres con el infinito amor y eterna gratitud JOSEFINA Y FELICIANO; quienes con su sacrificio lograron la culminación de mi carrera profesional.

A RENZO FABRIZIO mi hijo con todo mi Cariño.

A mis hermanas; RAQUEL, OLINDA, SONIA y ROSMERY con el cariño de siempre.

AGRADECIMIENTO

Mi mayor agradecimiento a todas las personas e instituciones que han colaborado en la culminación del presente trabajo, entre ellos:

- A mi alma mater: La Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Al Ing. M.Sc. GILBERTO MEDINA DÍAZ, patrocinador del presente tesis, por su orientación profesional e invaluable apoyo durante la ejecución y culminación del presente trabajo.
- Al Ing. M.Sc. FAUSTO SILVA CARDENAS, decano de la Facultad de Agronomía por su apoyo incondicional en el desarrollo de la fase de campo.
- Al Ing. M.Sc. SEGUNDO RODRIGUEZ DELGADO e Ings. LUIS LECHUGA PARDO y HENRY SANCHÉZ DÍAZ miembros del jurado del presente tesis, por las facilidades otorgadas al presente trabajo de investigación
- Al Ing. PEDRO HUERTO GUZMÁN y los trabajadores del FUNAS I, quienes cooperaron en los trabajos preliminares.
- A KARIN YURI SALAZAR CORTIJO por su apoyo moral como contribución para concluir el presente trabajo.
- A mis amigos: FRANCISCO BARDALES PERÉZ, EZEQUIEL REATEGUI RAMIREZ, JAVIER TITO MANSILLA y NIXON PEÑA CALERO; por su amistad y respeto mutuo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. REVISIÓN DE LITRERATURA	12
2.1 Consideraciones generales	12
2.1.1 Definición de bocatoma	12
2.1.2 Clasificación de bocatoma	12
2.1.3 Tipos de bocatoma	18
2.1.4 Consideraciones que debe reunir una bocatoma	19
2.1.5 Elementos de una bocatoma.....	20
2.2 Consideraciones para el diseño de una bocatoma.....	24
2.2.1 Aspectos hidrológicos	24
2.2.2 Fuentes de información.....	24
2.3 Aspectos tomados en cuenta en el diseño de la bocatoma.....	25
2.3.1 Diseño hidráulico	25

2.3.2	Diseño estructural	28
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1	Descripción de las características del área experimental	30
3.1.1	Ubicación	30
3.1.2	Topografía y fisiografía	30
3.1.3	Clima.....	30
3.2	Materiales, equipos y herramientas utilizadas	33
3.3	Métodos.....	34
3.3.1	Fase de diseño	34
3.3.2	Fase de construcción	35
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
V.	CONCLUSIONES	40
VI.	RECOMENDACIONES.....	41
VII.	RESUMEN	42
VIII.	BIBLIOGRAFÍA.....	43
IX.	ANEXO	44

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Metrados de la bocatoma	80
2. Precios y cantidades de insumos requeridos	85
3. Presupuesto base	86
4. Análisis de precios unitarios del campamento provisional	87
5. Análisis de precios unitarios de la limpieza del terreno.....	87
6. Análisis de precios unitarios del trazo y replanteo del terreno	88
7. Análisis de precios unitarios de excavación de zanjas hasta 1 metro	88
8. Análisis de precios unitarios de excavación de zanjas hasta 1.4 metros	89
9. Análisis de precios unitarios de relleno con material propio	89
10. Análisis de precios unitarios de eliminación del material excedente.....	89
11. Análisis de precios unitarios del concreto en zapatas $F'c=175 \text{ Kg./cm}^2$	90
12. Análisis de precios unitarios del concreto en muro de encauzamiento $F'c$ $=175 \text{ Kg./cm}^2$	90

13. Análisis precios unitarios de encofrado y desencofrado de muro de encauzamiento.....	91
14. Análisis de precios unitarios de mampostería de piedras	91
15. Análisis de precios unitarios del concreto en barraje $F'c=175 \text{ Kg./cm}^2$	92
16. Análisis de precios unitarios de encofrado y desencofrado en barraje	92
17. Análisis de precios unitarios de acero en barraje $F'y=4200 \text{ Kg./cm}^2$	93
18. Análisis de precios unitarios del refuerzo en ventana de captación	93
19. Análisis de precios unitarios del tarrajeo de interiores	94
20. Análisis de precios unitarios del transporte de materiales	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Bocatoma construída con troncos	13
2. Bocatoma construída con champas	14
3. Bocatoma construída con terraplenes	15
4. Bocatoma semirrústica	16
5. Bocatoma estable	17
6. Elementos de una bocatoma convencional	20
7. Ancho de encauzamiento de la quebrada	25
8. Características hidráulicas de la quebrada	26
9. Análisis hidráulico del barrage tipo Creager	27
10. Análisis dimensional del barrage tipo Creager	27
11. Análisis de estabilidad del barrage tipo Creager	28
12. Fuerzas actuantes sobre el barrage tipo Creager	29
13. Análisis de estabilidad del muro de encauzamiento	30
14. Fuerzas para el análisis de estabilidad del muro de encauzamiento	30
15. Ubicación de la bocatoma	32

16.	Curva de diseño del azud	34
17.	Valor del coeficiente de rugosidad del cauce de la quebrada	45
18.	Valor del ancho de encauzamiento de la quebrada	46
19.	Valores de las características hidráulicas del cauce de la quebrada.....	47
20.	Valores del análisis hidráulico del barraje tipo Creager	48
21.	Valores del análisis dimensional del barraje tipo Creager	49
22.	Valores del análisis de estabilidad del barraje tipo Creager	50
23.	Valores del análisis de estabilidad del muro de encauzamiento	51
24.	Medición del caudal mínimo	95
25.	Reconocimiento del terreno	95
26.	Trazo y replanteo del terreno	96
27.	Bocatoma con azud tipo Creager concluida.....	96
27.	Plano de planta y cortes	97

I. INTRODUCCIÓN

La explotación racional de los recursos hídricos, tiene por finalidad contribuir significativamente en la producción de alimentos y coadyuvar en la satisfacción de necesidades primordiales que implican mejoras de las condiciones de vida de los pueblos. De allí que en muchas zonas, donde el recurso hídrico es reducido, se construyen estructuras hidráulicas de captación buscando una mejor utilización de estos recursos.

Por otro lado dentro de las estructuras de mayor importancia para los sistemas de riego y que marcan el inicio del mismo, se encuentran la toma o bocatomas, que nos permiten captar el agua de una fuente, generalmente un curso de agua y conducirlo hacia la parcela o área de riego.

En el Fundo Agrícola de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, denominado FUNAS-I, se cuenta con un curso de agua, que de manera muy rústica, se deriva con palos y paja hacia los campos de arroz, para el riego por inundación, mediante pozas; siendo de perentoria necesidad el contar con la infraestructura que responda a un diseño técnico y sea congruente con la categoría que debe ostentar toda universidad de prestigio. Asimismo dicha infraestructura servirá para ampliar el área agrícola del fundo, al incorporar una considerable área de terreno que se hallaba sin uso.

En épocas de estío, existen caudales muy pequeños que imposibilitan captar el agua sin ayuda de una bocatoma que embalse hasta una altura suficiente para ser derivado hacia el canal de distribución.

Asimismo nos proyectamos a que en un futuro cercano podamos contar con un parque hidráulico que comprenda estructuras como canales revestidos de diferentes formas y tamaños, caídas de agua, puentes, alcantarillas, sifones, acueductos, cataratas, vertederos, aforador Parshall y aforador sin cuello.

Teniendo en cuenta estas consideraciones se ejecuto el presente trabajo de investigación bajo los siguientes objetivos:

1. Diseñar y construir técnicamente, una bocatoma en la quebrada que atraviesa el Fundo 1 de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.
2. Dotar al Fundo 1 de la Universidad Nacional Agraria de la Selva de una infraestructura de captación adecuada para el riego por inundación.
3. Mejorar la infraestructura de riego del Fundo 1 de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Consideraciones generales

2.1.1 Definiciones de bocatoma

Es una estructura que sirve para captar y derivar agua de una fuente superficial (río, riachuelo, laguna, etc.) hacia un canal, para diferentes usos (VÁSQUEZ, 2000).

Es una estructuras hidráulica que permite captar el agua de los ríos aprovechando la fuerza de la gravedad para fines de consumo doméstico e industrial, para riego y para producción de energía eléctrica (KROCHIN, 1996).

Estructura mediante el cual se deriva agua de un río o riachuelo a un canal para conducirlo a los campos de cultivo. Pueden ser simples bocatomas o pueden ser presas derivadoras con azud de construcción maciza o permeable (OLARTE, 1987).

2.1.2 Clasificación de bocatomas

Se pueden clasificar desde una simple captación hasta estructuras complejas, está en función al caudal a derivar. Por su naturaleza constructiva se describirá tres tipos de bocatomas: rústicas, semirrústicas y estables (VÁSQUEZ, 2000).

a. Rústicas

Son estructuras de captación que se construyen utilizando materiales rústicos que son generalmente de la zona, logrando de este modo derivar agua hacia el canal principal. Por lo general no tienen un punto fijo de ubicación, se destacan dentro de estas:

Bocatomas construidas con troncos (Figura 1). Son construidas con troncos de árboles. La derivación del agua es por represamiento que se logra con la colocación de caballos o caballetes, los cuales constan de 3 o 4 troncos, de 3 metros de longitud, amarrados en forma piramidal y apoyados en el piso del río; en su parte central llevan una plataforma, la cual es llenada con piedras o cantos rodados de ríos y en la parte inferior una esterilla tejida en base a ramas flexibles. Estos caballetes van colocados en hileras en forma de batería, que por lo general se instalan en la parte del lecho del río (VÁSQUEZ, 2000).

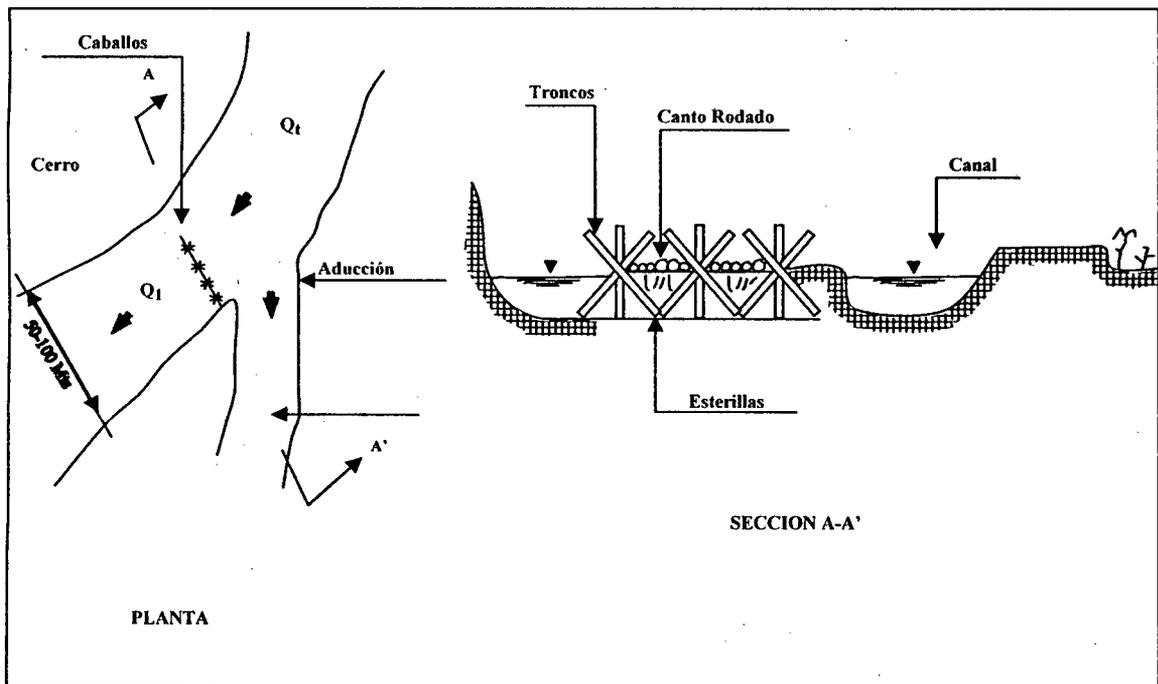


Figura 1. Bocatoma construida con troncos

Con **champas** (Figura 2). Son bocatomas que se construyen empleando las denominadas champas, que vienen a ser porciones rectangulares de material, compuesto por tierra y pasto de dimensiones variables. Estas son colocadas en hileras para represar el río y permitir su derivación. El represamiento que se consigue con estas champas no son eficiente en periodos de fuertes avenidas ya que son propensos al movimiento continuo ocasionado por la fuerza del agua, su utilización por lo general es para regar pequeñas áreas de terreno (VÁSQUEZ, 2000).

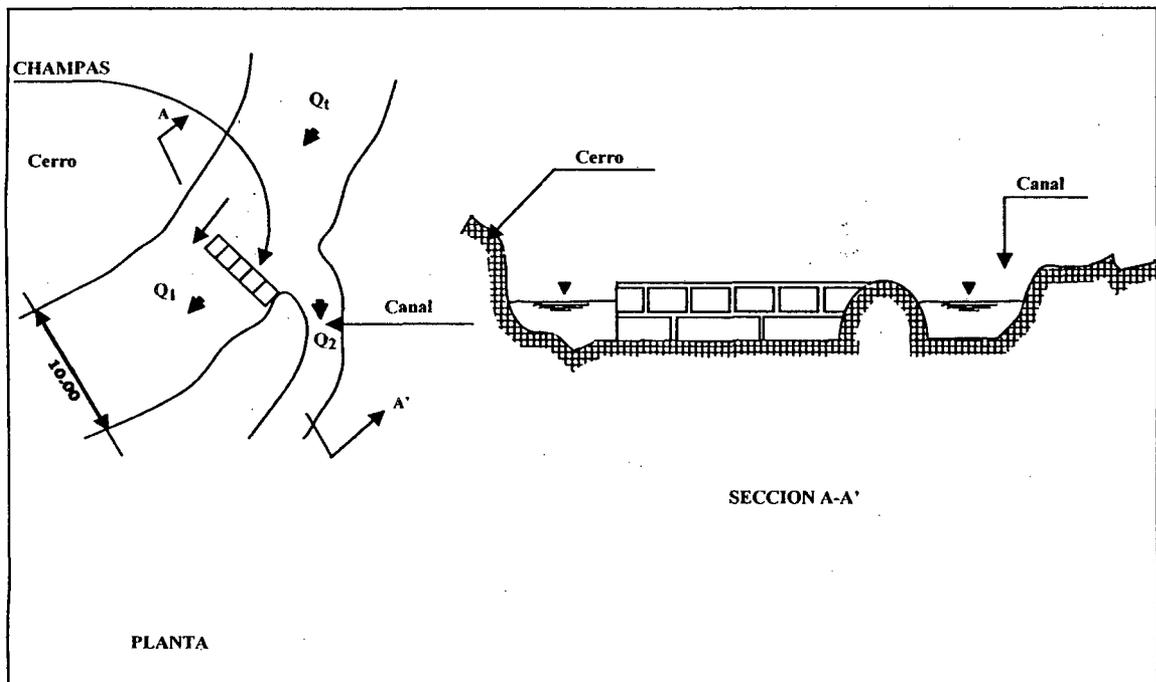


Figura 2. Bocatoma construida con champas

Con **terraplenes** (Figura 3). Estas bocatomas se constituyen en base a acumulaciones de material de río, dispuestas en terraplenes tipo trapezoidal. Son efectuadas con tractor Bulldozer, y las dimensiones están en función al volumen de agua a derivar (VÁSQUEZ, 2000).

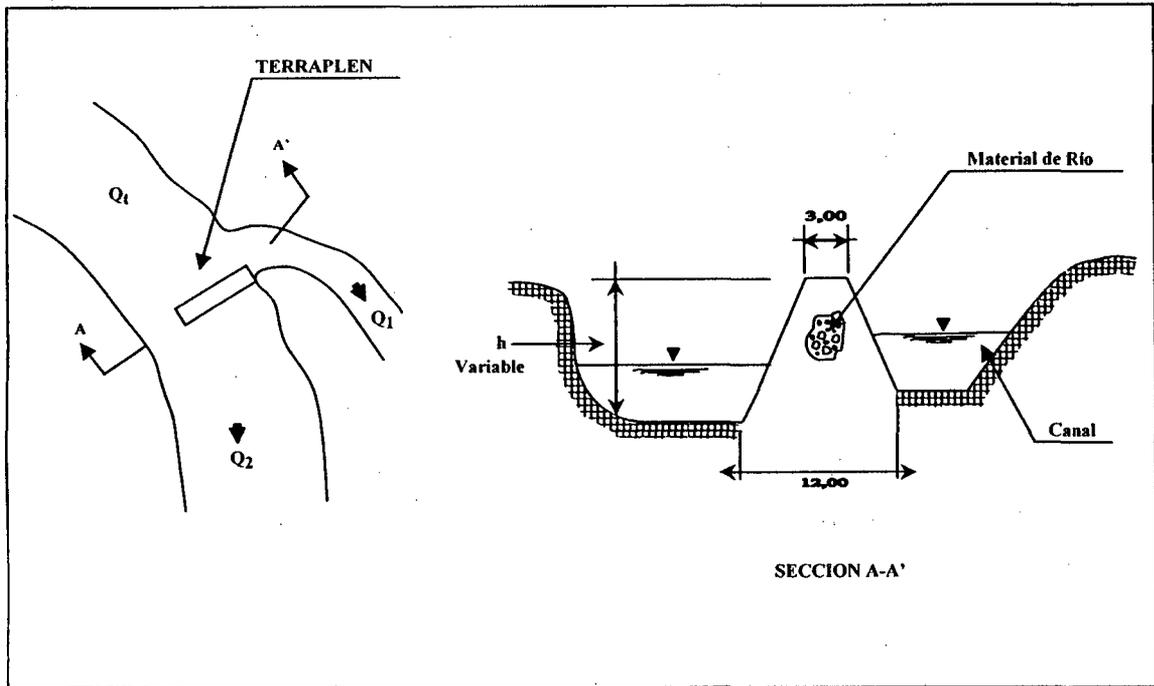


Figura 3. Bocatoma construida con terraplenes

b. Semirrústicas (Figura 4)

Bocatomas construidas en base a ventanas de captación una presa derivadora para el represamiento una compuerta y un canal de conducción que se ubican en una de las márgenes del río; para garantizar la estabilidad su construcción por lo general es básicamente de concreto y piedras el represamiento del agua para el ingreso hacia el canal se efectúa con materiales rústicos existentes en la zona, utilizando especialmente roca y canto rodados. El caudal derivado esta en función directa a la ubicación de la bocatoma. Complementariamente se necesita después del periodo de grandes avenidas, efectuar trabajos adicionales de limpieza con empleo de maquinaria pesada garantizando la captación (OLARTE, 1987).

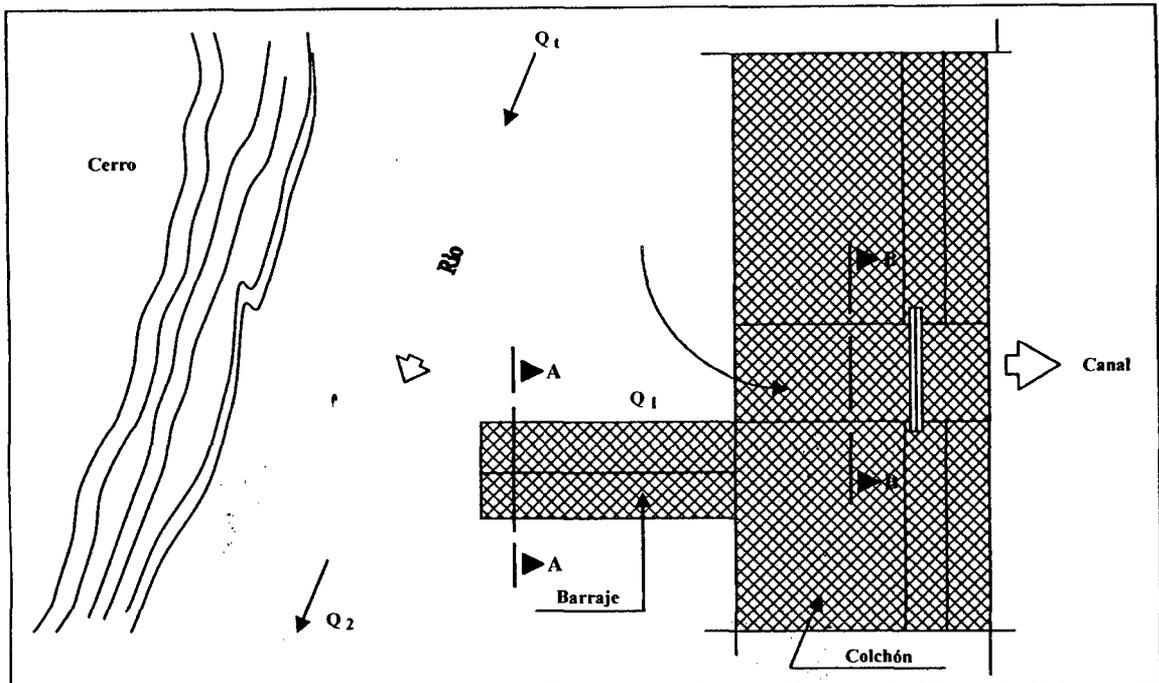


Figura 4. Bocatoma semirrústica

c. Estables (Figura 5)

Son estructuras hidráulicas más complejas construidas de material sólido sea ya de concreto armado o concreto ciclópeo que se emplazan en el cauce del río, mediante un barraje o azud que efectúa el represamiento del agua hasta una cota determinada para su captación y posteriormente conducirlos hacia las parcelas o áreas de riego a través del canal de conducción; cuenta además con estructuras adicionales de aducción, regulación y limpia. Para su diseño requiere de un análisis hidráulico y un análisis estructural para contrarrestar las fuerzas de empuje del agua, la altura de energía el empuje del suelo más el arrastre la fuerza de subpresión y la masa de agua de tal manera garantizar su vida útil por un buen periodo de tiempo. Estas bocatomas pueden derivar hasta más del 50% del caudal disponible en el río. Según el tipo de barraje, pueden ser:

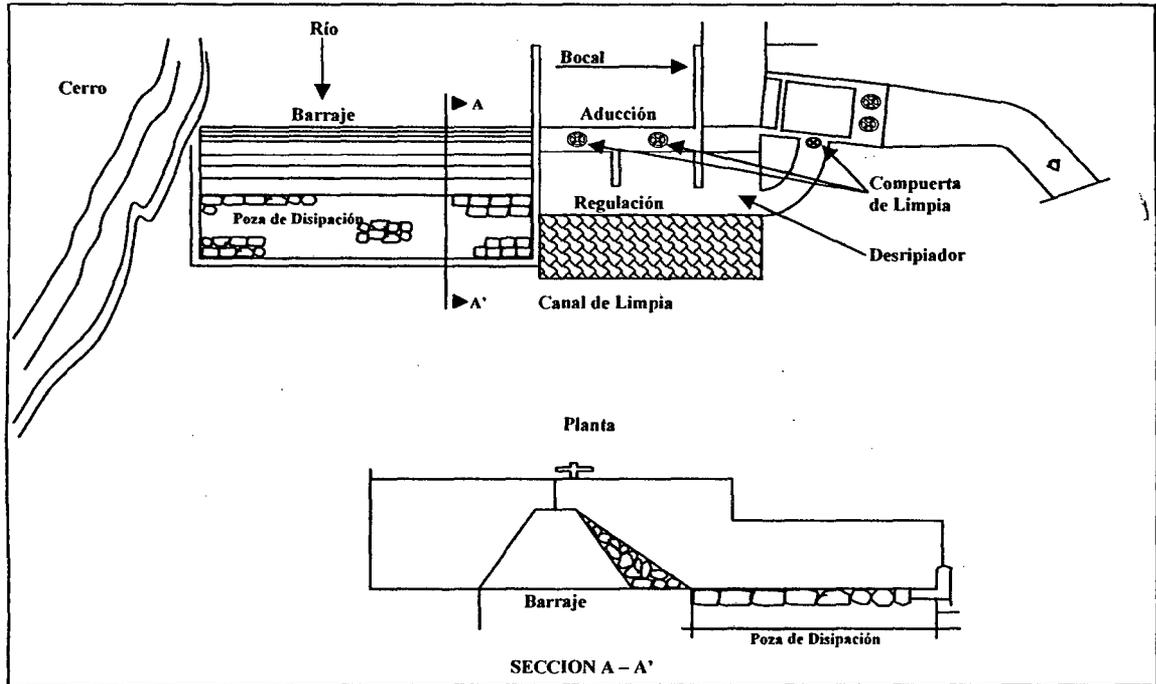


Figura 5. Bocatoma estable

Sólidas o impermeables. Se denomina así cuando el barraje obstruye el flujo de agua para ser derivado hacia un conducto. La construcción puede ser de concreto armado, mampostería de piedra, etc. Para casos de ríos en la sierra, estas pueden derivar caudales mayores a $1 \text{ m}^3/\text{seg.}$ (OLARTE, 1987).

Permeables. Dada su naturaleza constructiva son las que permiten discurrir aguas por el barraje. Su construcción es justificable al encontrar limitaciones de orden técnico-económico para una bocatoma sólida o impermeable. El barraje de esta bocatoma está constituido por cajas o gaviones, construidos en base a mallas de alambre de doble torsión, que son rellenos con cantos rodados o roca fragmentada de cantera (OLARTE, 1987)

2.1.3 Tipos de bocatomas

Dentro de las obras de captación existen muchos tipos diferentes, pero básicamente se las puede catalogar en obras de toma por derivación directa y tomas de almacenamiento. Las tomas por derivación directa captan el agua que viene por el río sin ningún almacenamiento o sea que no hay ninguna regulación y se aprovecha el caudal que hay en un momento dado. Las tomas de almacenamiento consisten en presas que cierran el cauce del río u otro sitio apropiado, formando un reservorio o embalse en el mismo. El reservorio permite regular la utilización del caudal del río, almacenando el agua en épocas de crecientes y utilizándola en épocas de sequía (JIMENEZ, 1994)

El aprovechamiento que se consigue por medio de un embalse es mucho mas completo que con una derivación directa. Sin embargo las presas necesarias para esto son estructuras generalmente grandes que representan fuertes inversiones de dinero. Además no siempre se encuentra las condiciones topográficas, hidrológicas y geológicas indispensables para su construcción. Por este motivo, y especialmente tratándose de pequeñas obras que son la mayoría de las que se realizan, se escogen las tomas por derivación directa. En las tomas por derivación directa la captación puede realizarse directamente sin ninguna obra en el cauce del río aunque es mas común y conveniente construir una presa cerrando este mediante un dique para elevar el nivel del agua (CHOW, 1986)

El primer caso, es decir cuando el agua se lleva directamente mediante un canal lateral, es mucho mas barato, especialmente tratándose de ríos relativamente grandes, pues se evita la necesidad del dique costoso y en general la construcción es sencilla. Por este motivo este tipo de tomas se ha construido en todas partes y en todas

las épocas y todavía es frecuente en obras construidas por particulares que no disponen de fondos suficientes. Debido a lo antes expuesto la toma sin azud tienen muchos inconvenientes y la mayoría de las obras de toma tienen un dique que cierra el cauce del río y que eleva el nivel del agua hasta una cota determinada. La toma más común es la que consiste de un dique vertedero que cierra el cauce del río y capta las aguas por un orificio o vertedero lateral. Muchas veces cuando la variación del caudal es muy fuerte entre la época seca y lluviosa, la altura del dique debe ser baja y esto se compensa con compuertas que se colocan en su cresta (LUQUE, 1999).

2.1.4 Condiciones que debe reunir una bocatoma

Para que el funcionamiento de la obra de captación sea satisfactorio, el río debe reunir las siguientes condiciones:

Para asegurar un reservorio interrumpido, el caudal del río debe ser bastante mayor que el caudal de diseño para el canal. Al mismo tiempo se debe tener la seguridad que la profundidad del río en el sitio de la toma no disminuya nunca de un cierto valor mínimo. Estas condiciones solamente se encuentran generalmente solo en ríos de llanura (JIMENEZ, 1994)

El río debe tener el cauce estable y las orillas firmes a fin de que no se produzcan derrumbes, azolves o erosiones que puedan inutilizar las obras de toma (JIMENEZ, 1994)

Es sumamente difícil impedir la entrada de los sedimentos. Al sacar el agua lateralmente de un río, se desarrolla una activa circulación transversal con lo cual el arrastre de los sedimentos es grande y fuera de proporción con el caudal captado.

Como consecuencia el canal se azolva, su alineación se deforma y su entrada, si no se toman costosas medidas correctivas, se desplaza aguas abajo en el río (JIMENEZ, 1994)

2.1.5 Elementos de una bocatoma

Es importante conocer las partes principales de una bocatoma y sus componentes. La conceptualización y el diseño dependerán del criterio del proyectista, de su ubicación, del material de la zona, la geología e hidrología.

Las bocatomas convencionales tienen los siguientes elementos, que se pueden apreciar en la Figura 6.

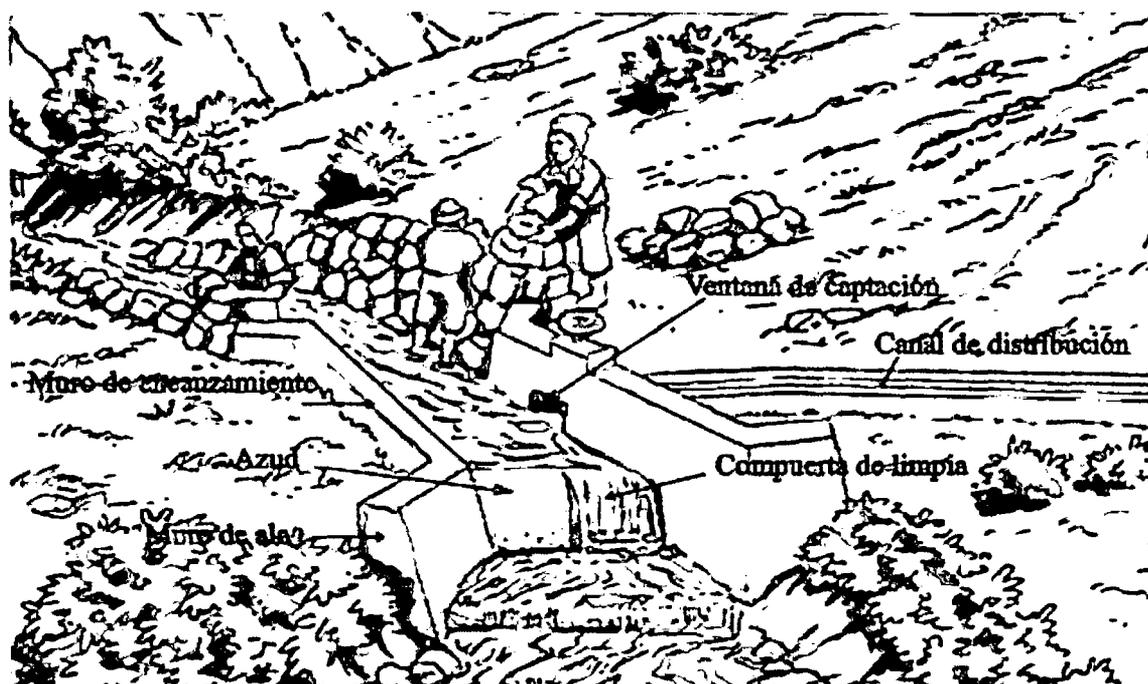


Figura 6. Elementos de una bocatoma

a. Barraje

Estructura que cierra el cauce del río y obliga a que toda el agua que se encuentra por debajo de la cota de su cresta entre a la conducción. En tiempo de

creciente el exceso de agua pasa por encima del barrage o sea que funciona como vertedero. Este tipo de barrage que funciona como vertedero se llama azud. Para evitar que en crecientes entre excesiva agua a la conducción, entre ésta y la toma se dejan estructuras de regulación. Una de estas es la compuerta de admisión que permite interrumpir totalmente el servicio para el caso de reparación o inspección (VÁSQUEZ, 2000)

El barrage debe ser seguro a:

Al deslizamiento y volteo: Se debe tener en consideración las siguientes fuerzas que actúan contra el barrage como son: la fuerza de empuje del agua, la altura de energía, el empuje del suelo más el arrastre; la fuerza de subpresión y la masa del agua.

Al sifonamiento y filtraciones: Los desniveles del barrage originan un flujo subterráneo por debajo de éste, que puede arrastrar el material y causar sifonamiento; para evitar este fenómeno la zona de contacto del barrage debe tener cierta longitud en este recorrido, pues el movimiento vertical es más efectivo que el horizontal. Para su cálculo se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$L_{\text{útil}} = L_{\text{vertical}} + \frac{1}{3} L_{\text{horizontal}}$$

$$L = c * \Delta h$$

Donde:

Δh = Desniveles del barrage

L = Longitud de filtraciones

c = Coeficiente que depende del tipo de suelo, así tenemos:

Grava fina : 4.0

Grava media : 3.5

Grava gruesa : 3.0

Arena fina y limo : 8.5

Arena fina : 7.0

Arena mediana : 6.0

Arena gruesa : 5.0

Arcilla dura : 1.8

Las filtraciones deben ser estimadas y mantenerse en límites admisibles. El coeficiente de permeabilidad para mezcla de grava y arena en ríos pequeños es de 1 a 0,5 cm

Socavación: Para evitar socavaciones al pie del barraje y que éste sea dañado por efecto del resalto, se debe considerar una poza de disipación. La profundidad de la poza de disipación se calcula con la relación (VÁSQUEZ, 2000)

$$h_2 = \frac{0,45q}{\sqrt{h_1}}$$

Donde:

Q = Caudal por metro de ancho ($m^3/seg.$)

h_2 = Profundidad del colchón (m)

h_1 = Espesor de lámina al pie del barraje (m)

b. Reja de entrada

Estructura que impide que pase hacia la conducción material sólido demasiado grueso. Para esto el umbral de la reja se pone a cierta altura sobre el fondo del río y la separación entre barrotes normalmente pasa de 20 cm. En vista de que a pesar de esto, parte del material sólido alcanza a pasar, al otro lado de la reja se deja una cámara llamada desrripiador para detenerlo. El desrripiador debe tener una compuerta hacia el río a través de la cual periódicamente se lava el material acumulado en el fondo.

c. Zampeado y un colchón de aguas al pie del azud.

El agua que vierte por el azud en crecientes, cae con gran energía que erosiona el cauce y puede socavar las obras causando su destrucción. El zampeado o colchón sirven para disipar la energía de manera que el agua pase por el cauce no revestido con velocidades lo suficientemente bajas para no producir erosiones. El agua que filtra por debajo del azud ejerce una subpresión en el zampeado que podría romperlo. Para disminuir un poco esta subpresión como también para anclar mejor el azud, se construye aguas arriba un dentellón y debajo del zampeado muchas veces se dejan drenes con sus respectivos filtros (OLARTE, 1987)

d. Compuerta de purga

Elemento que se ubica en un extremo del azud, al lado de la reja de entrada. Generalmente el río trae en creciente una gran cantidad de piedras que se acumulan aguas arriba del azud pudiendo llegar a tapar la reja de entrada con lo cual el canal de captación se reduce considerablemente o puede ser totalmente interrumpido. La función de la compuerta es eliminar este material grueso. Por lo general la eficiencia de la compuerta de purga es pequeña pero por lo menos se consigue mantener limpio el cauce frente a la rejilla (VÁSQUEZ, 2000).

2.2 Consideraciones para el diseño de una bocatoma

2.2.1 Aspectos hidrológicos

Para el diseño de una bocatoma se deben conocer los siguientes datos: caudal mínimo disponible y nivel de caudal mínimo en el río, caudal máximo y nivel de caudal máximo de 10 años de frecuencia aproximada, verificación de caudal máximo y caudal mínimo.

2.2.2 Fuentes de información

En primera instancia se debe recurrir a registros oficiales, de no existir datos, se debe recurrir a los habitantes cercanos, preguntar a varias personas que nos muestren las cotas del nivel mínimo en el mismo río, para determinar caudales máximos se observan las marcas de crecidas en el cauce del río y empleo de fórmulas empíricas generales (JIMENEZ, 1994)

2.3 Aspectos tomados en cuenta para el diseño de la bocatoma

2.3.1 Diseño hidráulico

Ancho de encauzamiento (Figura 7). Para estimar el ancho de encauzamiento se utilizan las fórmulas de Altunin, Pettit y Blench. El método de Altunin toma en cuenta la mayor o menor resistencia de las orillas a la erosión. Para el diseño se puede adoptar el ancho natural del río, el promedio de los anchos calculados o bien el ancho que sea necesario (KROCHIN, 1996)

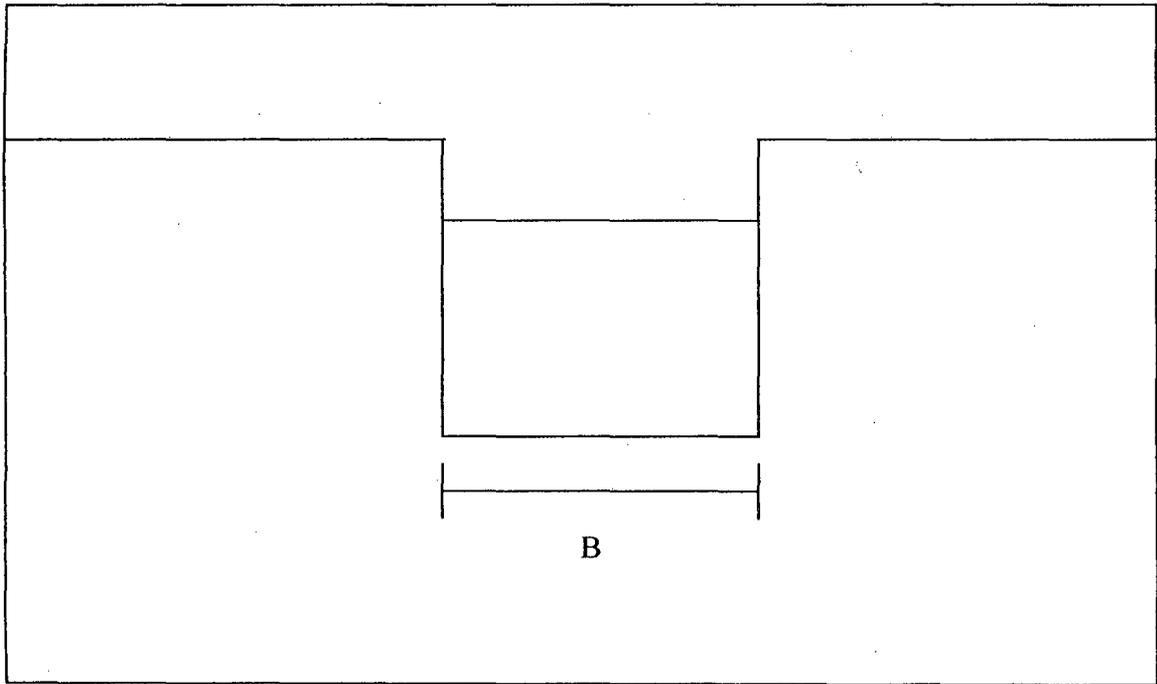


Figura 7. Ancho de encauzamiento de la quebrada

Características hidráulicas del río (Figura 8). Las características hidráulicas y geométricas del río se determinan utilizando la ecuación de Manning, considerando el ancho de encauzamiento. Los cálculos se deben efectuar en los siguientes puntos: a 100 m aguas arriba del barraje. En el eje del barraje y a 100 m

aguas abajo del barrage. También es conveniente determinar estas características para los caudales: máximo, medio anual, instantáneo, mínimo y al 75% de resistencia (KROCHIN, 1996)

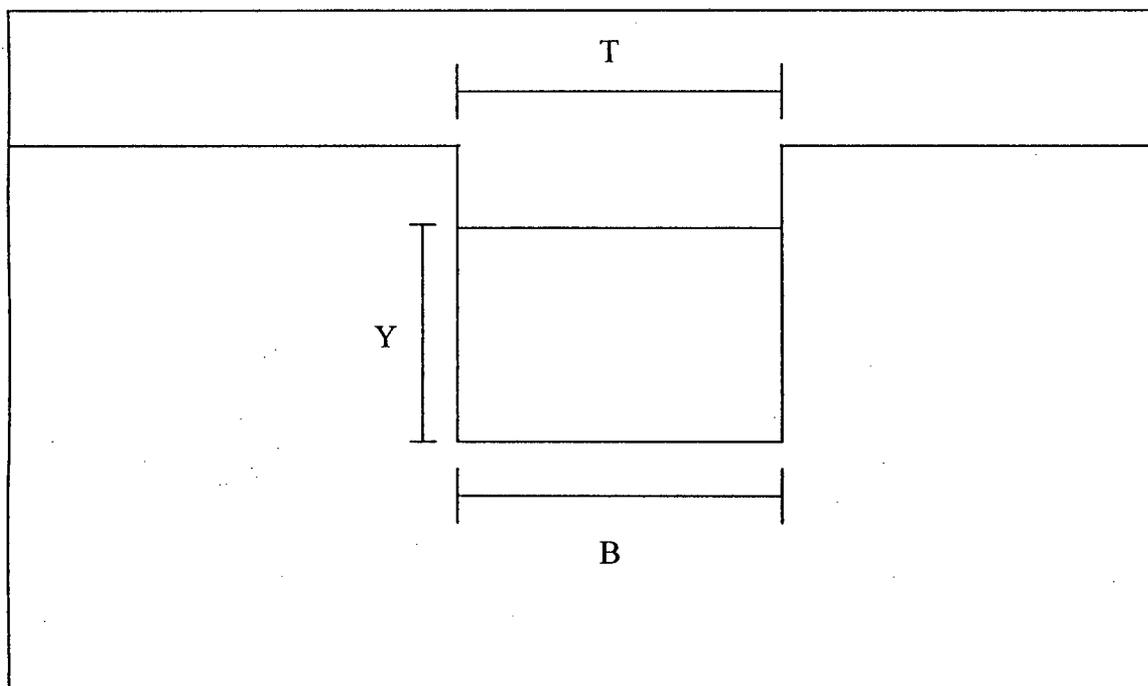


Figura 8. Características hidráulicas de la quebrada

Determinación del coeficiente de rugosidad del cauce. Para estimar la rugosidad del cauce de la quebrada se utilizó el procedimiento de Cowan, dado que se requiere conocer su valor pues se utiliza en el diseño de una toma.

Dimensionamiento del barrage tipo Creager (Figura 9 y 10). El diseño de este elemento se ha hecho considerando el aspecto hidráulico y dimensional del barrage. En el primer caso se ha utilizado el principio de la conservación de energía, de continuidad y fórmulas empíricas para calcular los diversos parámetros hidráulicos del barrage. En el segundo caso se ha utilizado el criterio de Lane para el análisis de las subpresiones que genera el agua subterránea sobre el barrage (VÁSQUEZ, 2000)

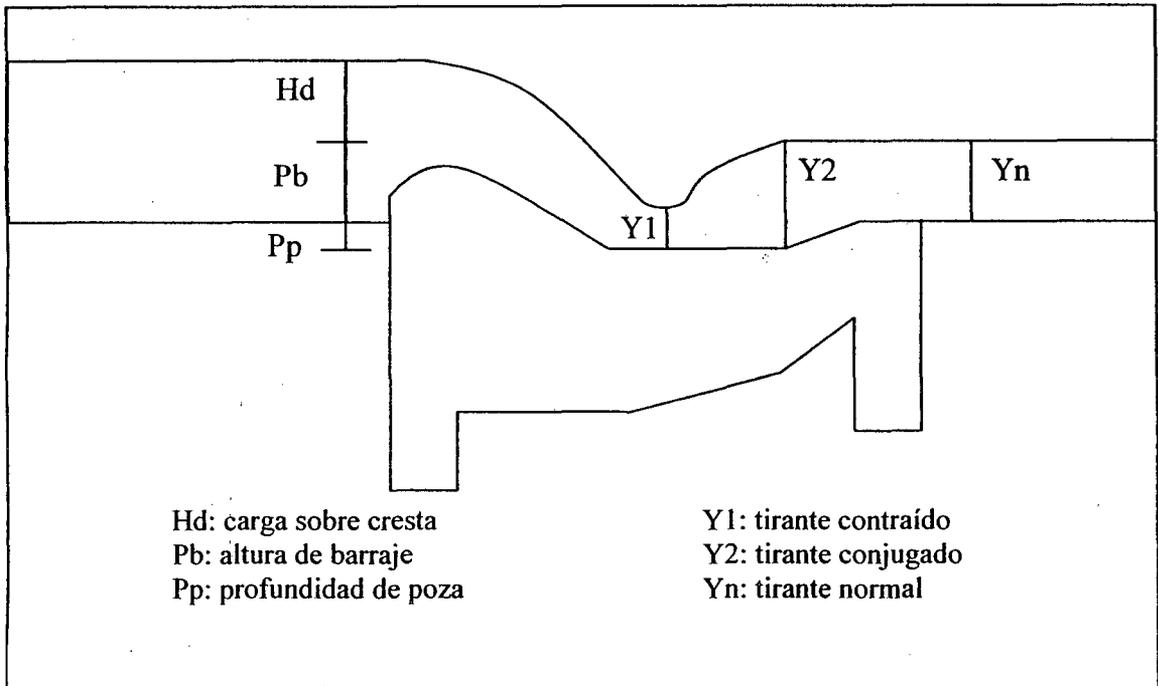


Figura 9. Análisis hidráulico del barraje tipo Creager

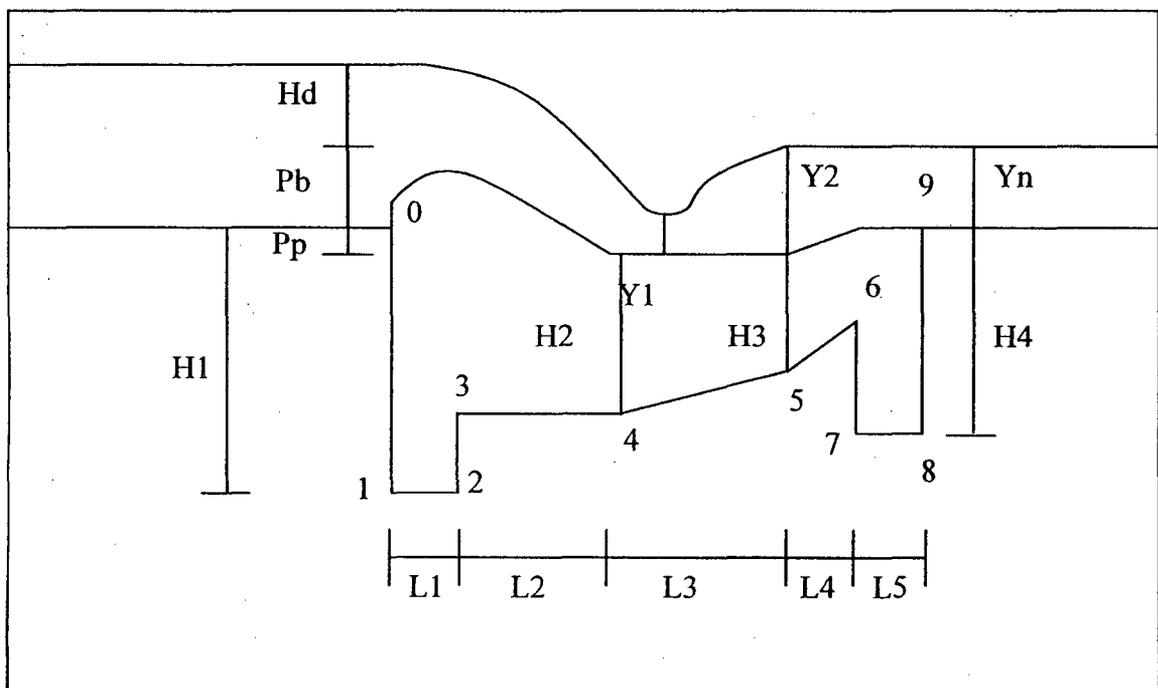


Figura 10. Análisis dimensional del barraje tipo Creager

2.3.2 Diseño estructural

Análisis de estabilidad del barrage tipo Creager. Para analizar la estabilidad del barrage se toman en cuenta el peso propio, la subpresión, el empuje del agua, el empuje de sedimentos y la fuerza del sismo. Para calcular el peso se divide el barrage en partes, cuyas formas geométricas facilitan los cálculos. El mismo criterio se asume para el cálculo de las fuerzas que produce el empuje de agua y la subpresión.

En este trabajo se ha considerado la componente vertical y horizontal de la fuerza del sismo, como una fracción del peso del barrage y de los sedimentos respectivamente. Los parámetros que se deben evaluar son: Coeficiente de seguridad al volteo, punto de aplicación de la resultante y esfuerzo de compresión. Este último no debe superar los esfuerzos permisibles, es decir, la capacidad portante del terreno. Para el análisis se han utilizado las vistas que se pueden apreciar en las Figuras 11 y 12 (VÁSQUEZ, 2000)

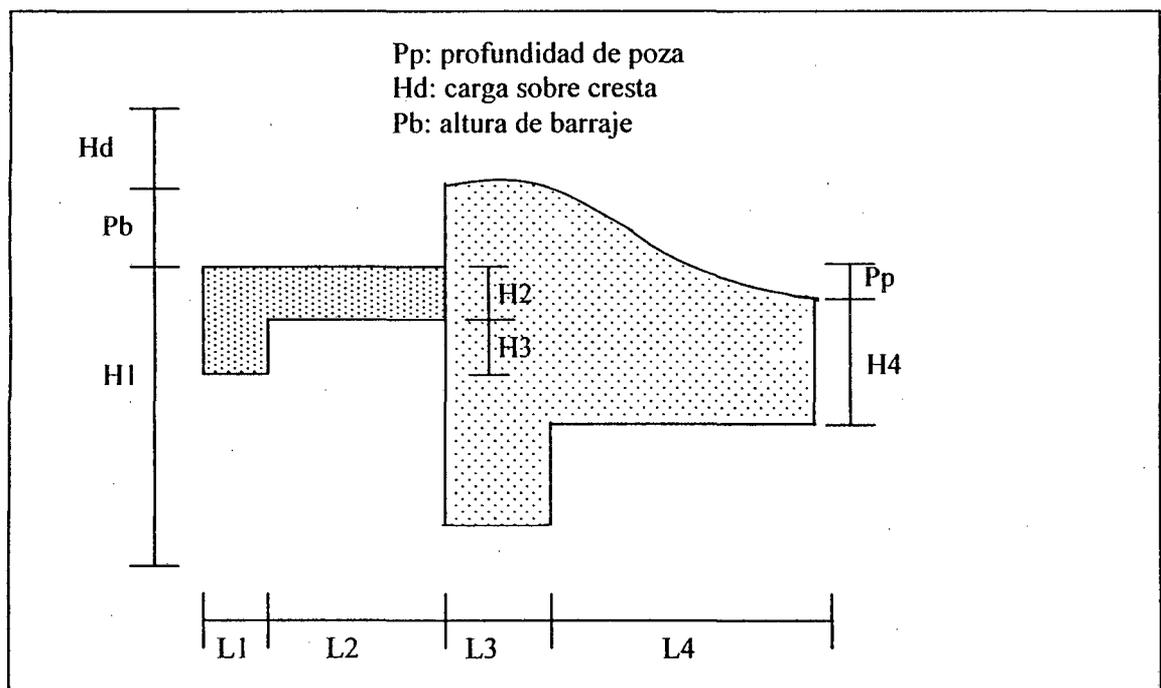


Figura 11. Análisis de estabilidad del barrage tipo Creager

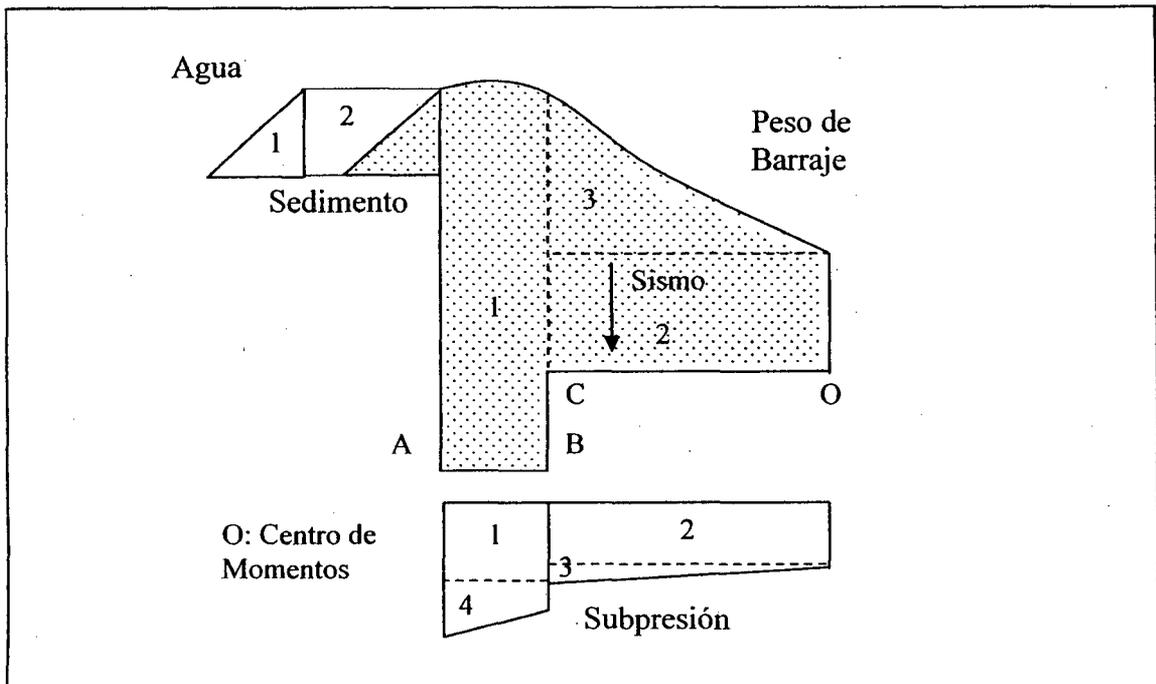


Figura 12. Fuerzas actuantes sobre el barraje tipo Creager

Análisis de estabilidad del muro de encauzamiento. Para analizar la estabilidad de este elemento no se toma en cuenta el empuje del agua, por ser el caso más desfavorable. Se considera que trabajara como muro de gravedad. Las fuerzas que se toman en cuenta son el peso del muro, peso del relleno y empuje del relleno. Para facilitar los cálculos se dividen en secciones geométricas más comunes.

Los parámetros que se deben de evaluar son: coeficiente de seguridad al deslizamiento, coeficiente de seguridad al volteo, punto de aplicación de la resultante y esfuerzo de compresión. Este último no debe superar los esfuerzos permisibles, es decir, la capacidad portante del terreno. Para el análisis se ha utilizado las vistas que se aprecian en las Figuras 13 y 14.

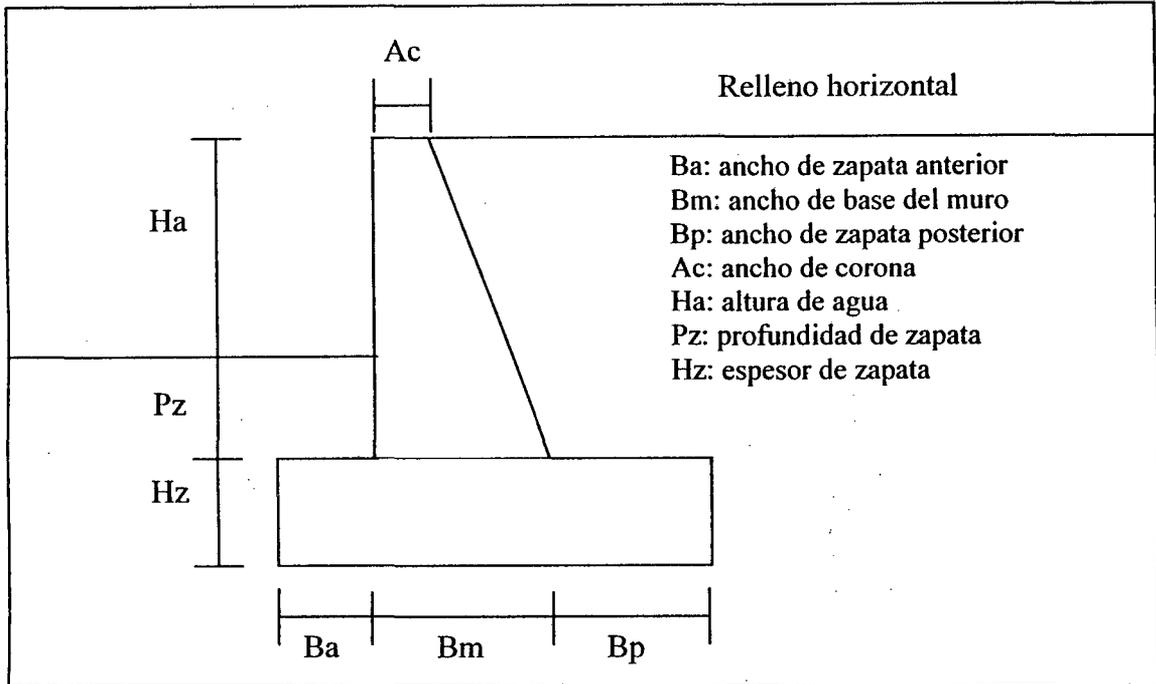


Figura 13. Análisis de estabilidad del muro de encauzamiento

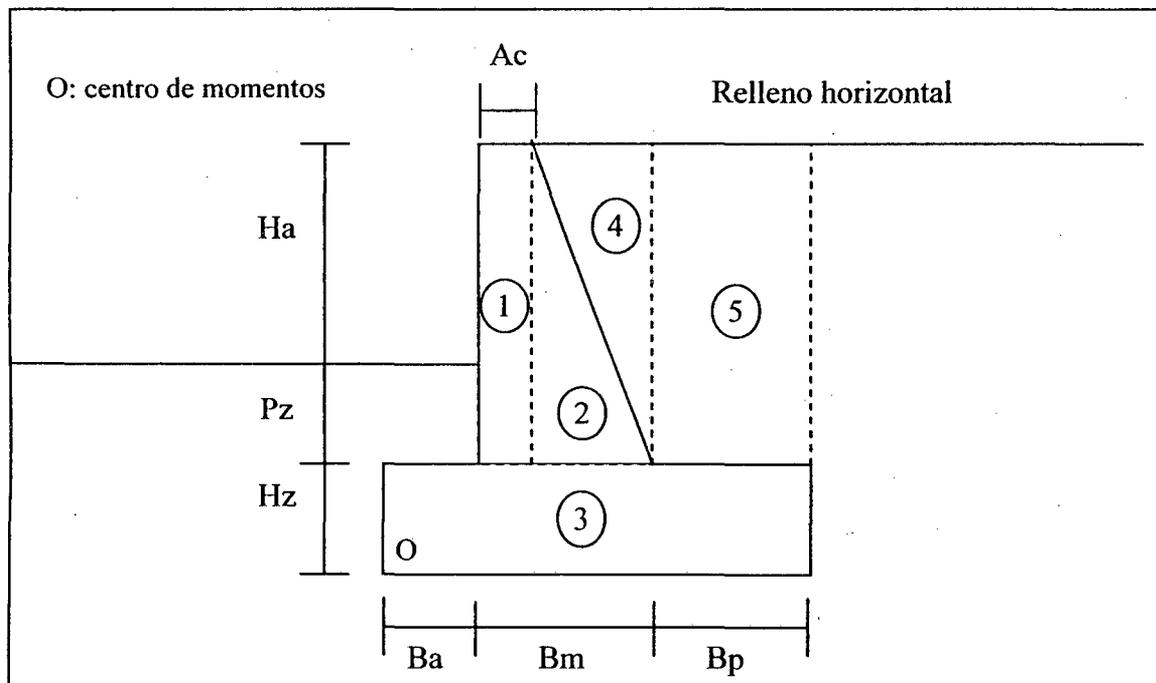


Figura 14. Fuerzas para el análisis de estabilidad del muro de encauzamiento

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción de las características del área experimental

3.1.1 Ubicación (Figura 15)

El presente trabajo de investigación se ejecutó en los terrenos del Fundo Agrícola N° 1 de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, el cual se encuentra ubicado a una distancia aproximada de 1.5 Km. al sur de la ciudad de Tingo María, Provincia de Leoncio Prado en el departamento de Huánuco. Sus coordenadas UTM son:

Norte	:	8 969 723. 80 m
Este	:	390 819. 84 m
Altitud	:	666. 94 m

3.1.2 Topografía y fisiografía

El terreno donde se ubica la bocatoma es relativamente plano, cuya pendiente no excede al 3 % con una altitud promedio de 662.00 msnm.; notándose una terraza baja según su ubicación dentro de la zona.

3.1.3 Clima

El clima es característico de la región es de bosque muy húmedo subtropical con una temperatura promedio de 24 °C, precipitación anual de 3200 mm. Y una humedad relativa del 82%.

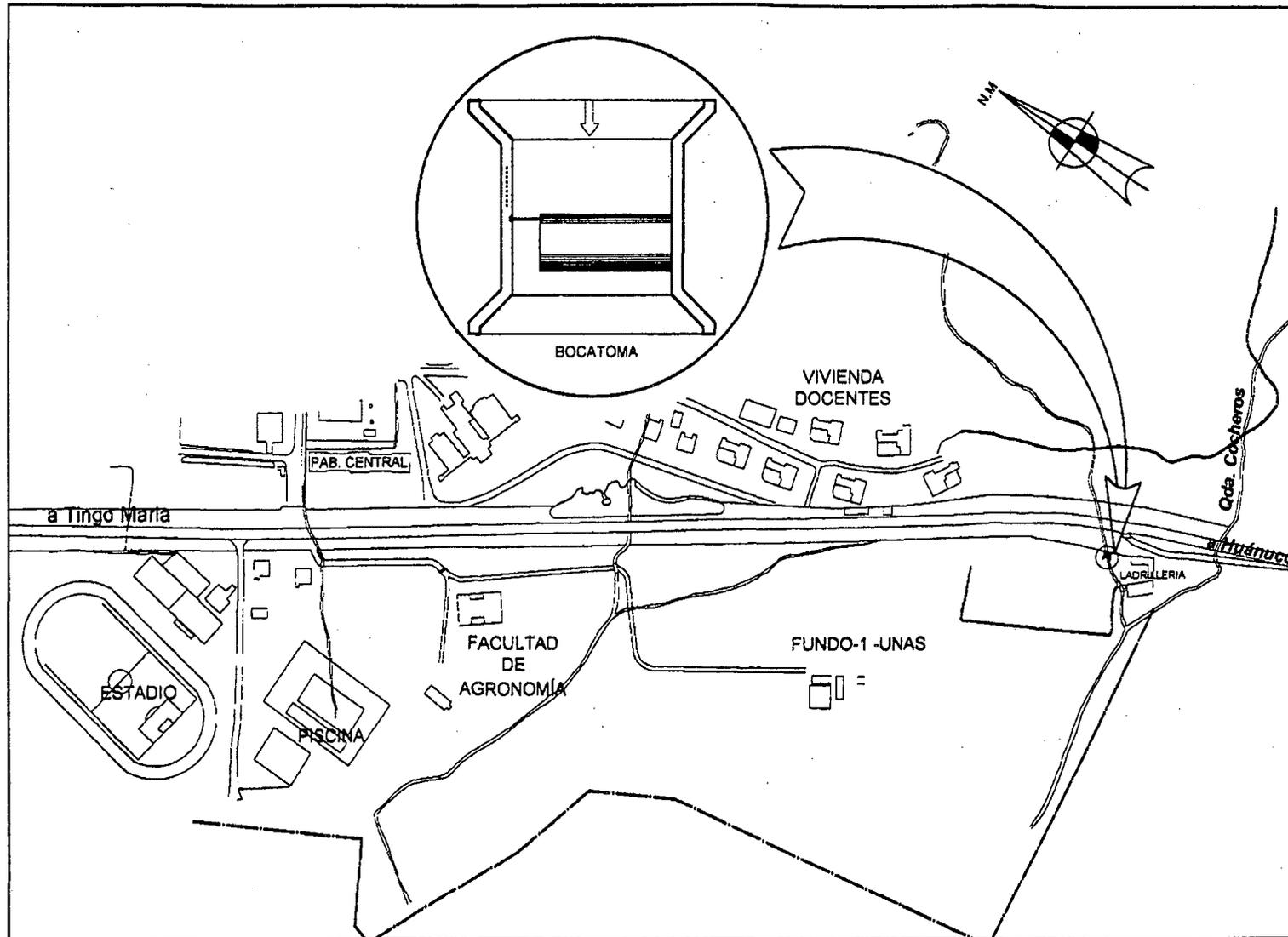


Fig. 15 Ubicación de la bocatoma dentro de la Universidad Nacional Agraria de la Selva Tingo-María

3.2 Materiales, equipos y herramientas utilizados

Materiales

- Cemento
- Acero de \varnothing ½"
- Hormigón
- Piedra
- Arena fina
- Clavos
- Alambre negro N° 16
- Madera para encofrado

Equipos

- Nivel de ingeniero marca Carl Zeiss Jena Ni 021
- Sistema de posicionamiento global (GPS) marca Trimble
- Equipo de cómputo e impresión (Pentium IV, Plotter)
- Mira topográfica
- Filmadora
- Equipo fotográfico

Herramientas de cómputo

- Software Autocad 2002
- Software para diseño de bocatomas
- Software Mat Lab 6.5
- Software S 10

3.3 Métodos

El procedimiento para la realización de la presente tesis se ha clasificado en dos fases:

3.3.1 Fase de diseño (Figura 16)

Utilizando el software para el diseño de bocatomas, se procedió a diseñar las diferentes partes componentes de la bocatoma, para lo cual se introdujo datos de campo como son: caudal máximo, pendiente del cauce de la quebrada, peso específico del concreto, resistencia del suelo entre otros, las demás variables han sido obtenidos de la tabla y escogidos tomando criterios específicos para cada caso (LUQUE, 1999).

Para dar la forma adecuada al azud de concreto armado, se empleó el software Mat Lab 6.5, obteniéndose el mejor ajuste con una ecuación polinómica de grado 7 que se muestra a continuación:

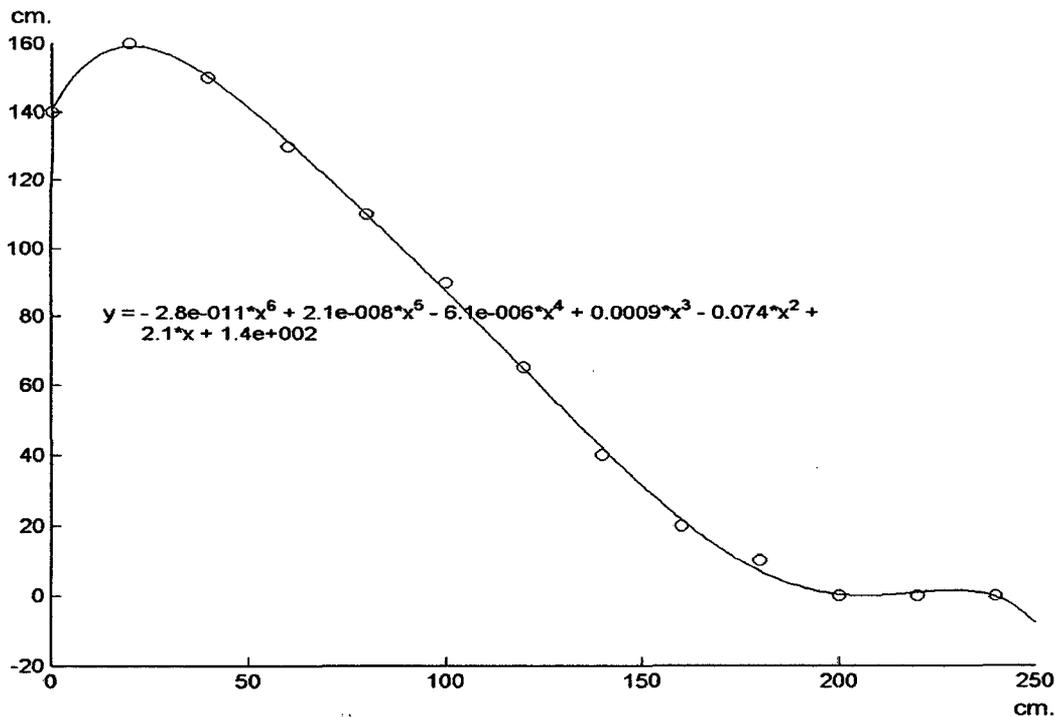


Figura 16. Curva de diseño del azud.

El caudal de diseño se obtuvo empleando un correntómetro marca A-OTT tipo Arkansas del SENAMHI. El cálculo se realizó utilizando la ecuación de continuidad obteniendo un valor de $0.97 \text{ m}^3/\text{seg.}$, cuyo procedimiento se encuentra en el anexo.

El resultado final del diseño se obtuvo mediante la utilización del software Autocad 2002, obteniéndose las dimensiones reales de la bocatoma que se muestran en el plano 1.

El presupuesto total y los análisis de costos unitarios de la bocatoma se desarrolló mediante el software S10; los cálculos se encuentran en el anexo en los cuadros 2, 3 y 4

3.3.2 Fase de construcción

En esta etapa se procedió a desarrollar los siguientes pasos:

a. Obras preliminares

Campamento de obra. Su construcción tiene por finalidad dotar a los materiales, equipos y herramientas de seguridad contra factores adversos, a la vez sirve de almacén de los diferentes materiales a utilizarse.

b. Trabajos preliminares

Limpieza del terreno. Comprende el trabajo inicial, consistiendo en la limpieza del área donde se realizó la construcción de la estructura, e involucra la eliminación de todos los materiales que imposibilitan la ejecución de la obra.

Trazo y replanteo. Esta actividad consistió en llevar el contenido del plano diseñado al terreno de operaciones; ello implica plasmar sobre el terreno y a escala natural todos los elementos que en el plano se encuentra a una escala de 1:50

c. Movimiento de tierras

Excavación de zanjas. Los trabajos de excavación se adaptaron a las exigencias específicas de las obras hasta los niveles indicados en los planos, y a las condiciones naturales del subsuelo.

Rellenos. Se efectuaron rellenos después de realizada la cimentación y fueron compactados con pisón de mano.

Eliminación del material excedente. Después de efectuar las excavaciones, todo el material excedente que no fue empleado, así como el desmonte resultante de la obra en si, fue eliminada del perímetro de la obra y colocada en lugares adecuados.

d. Obras de concreto simple

Cimentación corrida. Para este caso se utilizó concreto ciclópeo con una proporción de 1: 6 (cemento + hormigón) + 30% de piedra gruesa. El tamaño de las piedras utilizadas fue de 4 a 10 pulgadas de diámetro, de tal manera que todas las piedras quedaron rodeados por la mezcla sin que haya contacto entre ellas.

Mampostería de piedras. Se utilizó concreto ciclópeo $F'c = 175$ Kg./cm² y un espesor de 25 cm.

e. Concreto armado

Barraje. El concreto empleado consistió de una mezcla de cemento y hormigón, dentro del cual se instaló las armaduras de acero. El concreto para los muros y el barraje tuvo una resistencia de $F'c = 175 \text{ Kg./cm}^2$ y se utilizó acero corrugado de $F'y = 4200 \text{ Kg./cm}^2$ todas las superficies que tienen contacto con el concreto, antes del vaciado tuvieron que estar limpias y humedecidas convenientemente, la compactación del concreto fue de tal modo que evitó galerías y excesiva segregación.

Encofrado y desencofrado. Se desarrolló en forma tal que no sea susceptible de deformarse antes o durante el vaciado del concreto, hasta el fraguado inicial. Para tal efecto se utilizó de preferencia madera tornillo. Los plazos de desencofrado que se ha aplicado a los muros de encauzamiento y barraje fue de 2 días, tiempo suficiente para alcanzar su fraguado inicial.

Acero. Las armaduras de acero del barraje fueron colocados en armonía tomando en cuenta los detalles especificados en el plano.

Curado de concreto. El concreto fue constantemente protegido del secado prematuro por acción de temperatura excesiva. El curado se realizó inmediatamente después de las 10 horas del vaciado durante 7 días, manteniendo el concreto sobre los $15 \text{ }^\circ\text{C}$ y en condición húmeda.

Tarrajeo. Antes de iniciar los trabajos de tarrajeo se humedecieron convenientemente los muros de encauzamiento y barraje para después recubrir con una capa de mortero de 1 cm. de espesor de tal manera que con medio metro cúbico de mortero se cubren alrededor de 35 m^2 de pared.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El caudal máximo de diseño obtenido con el correntómetro y la ecuación de continuidad es de 0.97 litros/seg. ,el cual es muy bajo y que justifica su represamiento mediante la bocatoma.

El ancho de encauzamiento promedio en el centro de la bocatoma obtenida con el software es de 3.5 m, guardando relación con el ancho natural del cauce de la quebrada Cocheros que tiene un ancho promedio de 3.50 m.

Los muros de encauzamiento tienen una longitud total de 5.6 m, una altura de 1.40 m. y una resistencia de concreto de 175 Kg./cm^2 que asegura su resistencia a la socavación, subpresión y volteo asegurando su permanencia en el tiempo diseñándole de una forma divergente, para dotarles de mayor estabilidad y seguridad a la estructura.

El ancho de la compuerta de relimpia es de 0.60 m., que es suficiente para dejar pasar con facilidad el flujo de agua y material sólido acumulado durante periodos de alta precipitación.

Las dimensiones del azud son: alto 0.90 m., ancho 1.20 m., longitud 2.90 m. y una resistencia de 175 Kg./cm^2 , acero corrugado de $F'y = 4200 \text{ Kg./cm}^2$. Es necesario acotar que el diseño tipo Creager conseguido no se rige al 100% propuesto por (LUQUE, 1999), considerando que el curso de agua que disponemos es de caudal relativamente pequeño, disponiéndose en época de estiaje un caudal de 4.2 litros por segundo. Además

por no requerirse estructuras auxiliares como sedimentadores, desarenadores, compuertas de tornillo sin fin entre otros, por las condiciones propias del fondo, bastando un diseño que cuente con los elementos básicos para su óptimo funcionamiento y que ofrezca la suficiente seguridad al volteo, deslizamiento, socavación y subpresión.

El área de la ventana de captación es de 1 m x 0.20 m, que es suficiente para captar un caudal de 50 litros/seg, Asimismo la ubicación de esta estructura guarda concordancia con lo indicado por (OLARTE, 1987), y pertenece al tipo de bocatomas estables.

La forma del azud diseñado con el Software Mat Lab guarda relación con la forma del tipo Creager detallado por (VÁSQUEZ, 2000), donde se ha logrado plasmar las dimensiones ideales para que la curva superior funcione con un flujo laminar, que es lo ideal para evitar la erosión de la estructura.

El diseño hidráulico de la bocatoma construida responde a las características de funcionalidad expresado por (KROCHIN, 1996), corroborando así con la optimización del diseño conseguido.

Si bien es necesario que exista regularidad en los volúmenes de agua que descarga la quebrada Cocheros, como lo recomienda (CHOW, 1986), sin embargo esto se atenúa por la disponibilidad del recurso hídrico y con la altitud del azud, que permite represar el agua en gran medida para derivar por la ventana de captación, y por el contrario, en épocas de avenidas, las dimensiones acertadas de la compuerta de relimpia permiten el paso con holgura el exceso de agua.

La fase de construcción se desarrollo según las normas y los plazos de construcción siguiendo de manera ordenada cada uno de las partidas.

V. CONCLUSIONES

1. Se diseñó y construyó una bocatoma de material noble, con azud de concreto armado con una resistencia de 175 Kg./cm^2 , altamente resistente a las fuerzas de socavación, volteo y subpresión.
2. Se mejoró la infraestructura de riego de FUNAS I, con la construcción de una bocatoma que atraviesa la quebrada Cocheros.
3. Se amplió la frontera agrícola de FUNAS I, en un 15%, lo que le permitirá disponer de mayores áreas agrícolas que venían desperdiciándose.
4. Se dio utilidad al software para diseño de bocatomas elaborado en la Universidad Agraria La Molina por el Ing. Javier Luque Luque.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda construir canales revestidos desde la ventana de captación hasta el área de cultivo, proveyéndole de diversas estructuras hidráulicas como: canales revestidos, aforadores Parshall, aforadores sin cuello, alcantarillas, etc.
2. Se recomienda colocar una mira graduada en la compuerta de relimpia, para medir los caudales de agua que pasan en todo momento.
3. Efectuar el mantenimiento continuo de la bocatoma, con la limpieza del material de azolve que se sedimenta continuamente.
4. Se recomienda continuar con esta línea de investigación en estructuras hidráulicas, con miras a implementar a la Universidad Nacional Agraria de la Selva de un parque hidráulico.

VII. RESUMEN

Con el fin de ampliar la frontera agrícola del Fundo 1 de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, y mejorar la infraestructura de riego, se diseñó y construyó una bocatoma tipo Creager en la quebrada Cocheros el mismo que atraviesa por la cabecera del Fundo 1. Para el diseño de esta estructura se ha utilizado un software para diseño de bocatomas elaborado en la Universidad Nacional Agraria la Molina por el Ing. Javier Luque Luque en el año 2000.

El trabajo de investigación se desarrolló en los meses comprendidos de mayo a setiembre del año 2004 y constó de dos fases, la fase de gabinete que implicó la toma de datos y su diseño respectivo, para posteriormente en la fase de construcción, plasmar el diseño en campo definitivo.

La bocatoma diseñada tiene una resistencia de 175 Kg./cm^2 , cuyo azud de concreto armado tiene alta resistencia a las fuerzas de deslizamiento, socavación, volteo, subpresión y a las fuerzas de empuje de agua y del suelo; estando de esta manera asegurada una vida útil prolongada.

Con la bocatoma construida hemos ampliado la frontera agrícola del FUNAS I, en un 15% del área total que dispone. Asimismo actualmente la bocatoma está en pleno funcionamiento, pudiéndose derivar un caudal de hasta 50 litros/seg, a través de la ventana de captación.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. LUQUE, L. J. 1999. Desarrollo de una metodología para el diseño automatizado de una estructura de captación (Bocatoma). Tesis Ing. Agrícola. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 215 p.
2. VÁSQUEZ, V. A. 2000. Manejo de cuencas alto andinas. Edit. Fimart. Lima, Perú. Pp..53-65.
3. OLARTE, W, 1987. Manual de riego por gravedad. Edit. Comisión de Coordinación de Tecnología Andina – CCTA. Lima, Perú. 144 p.
4. KROCHIN, S. 1996. Diseño hidráulico. Editorial de la Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. 428 p.
5. CHOW, V. T. 1986. Hidráulica de canales. Edit. Diana. México. 633 p.
6. JIMENEZ, R. J. 1994. Lineamientos básicos para el diseño y construcción de obras civiles de pequeñas irrigaciones en Puno provincia de Huancan. Tesis, Universidad San Martín de Porres. Lima. 213 p.
7. URBINA, B. J. 2002. Construcciones rurales. Edit. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. Pp. 143-163.

IX. ANEXO

Tabla de Valores Para el Cálculo del Coeficiente de Rugosidad

N0	0,020
N1	0,010
N2	0,005
N3	0,010
N4	0,020
N5	1,000
N	0,065

CONDICIONES DEL CANAL	VALORES
N0 Material del cauce	
Tierra	0,020
Roca cortada	0,025
Grava fina	0,024
Grava gruesa	0,028
N1 Grado de irregularidad	
Liso	0,000
Menor	0,005
Moderado	0,010
Severo	0,020
N2 Variaciones de sección transversal	
Gradual	0,000
Ocasionalmente alternante	0,005
Frecuentemente alternante	0,010 - 0,015
N3 Nivel de obstrucciones	
Despreciable	0,000
Menor	0,010 - 0,015

Conforme Calcular

Nuevo Imprimir

Figura 17. Coeficiente de rugosidad del cauce de la quebrada.

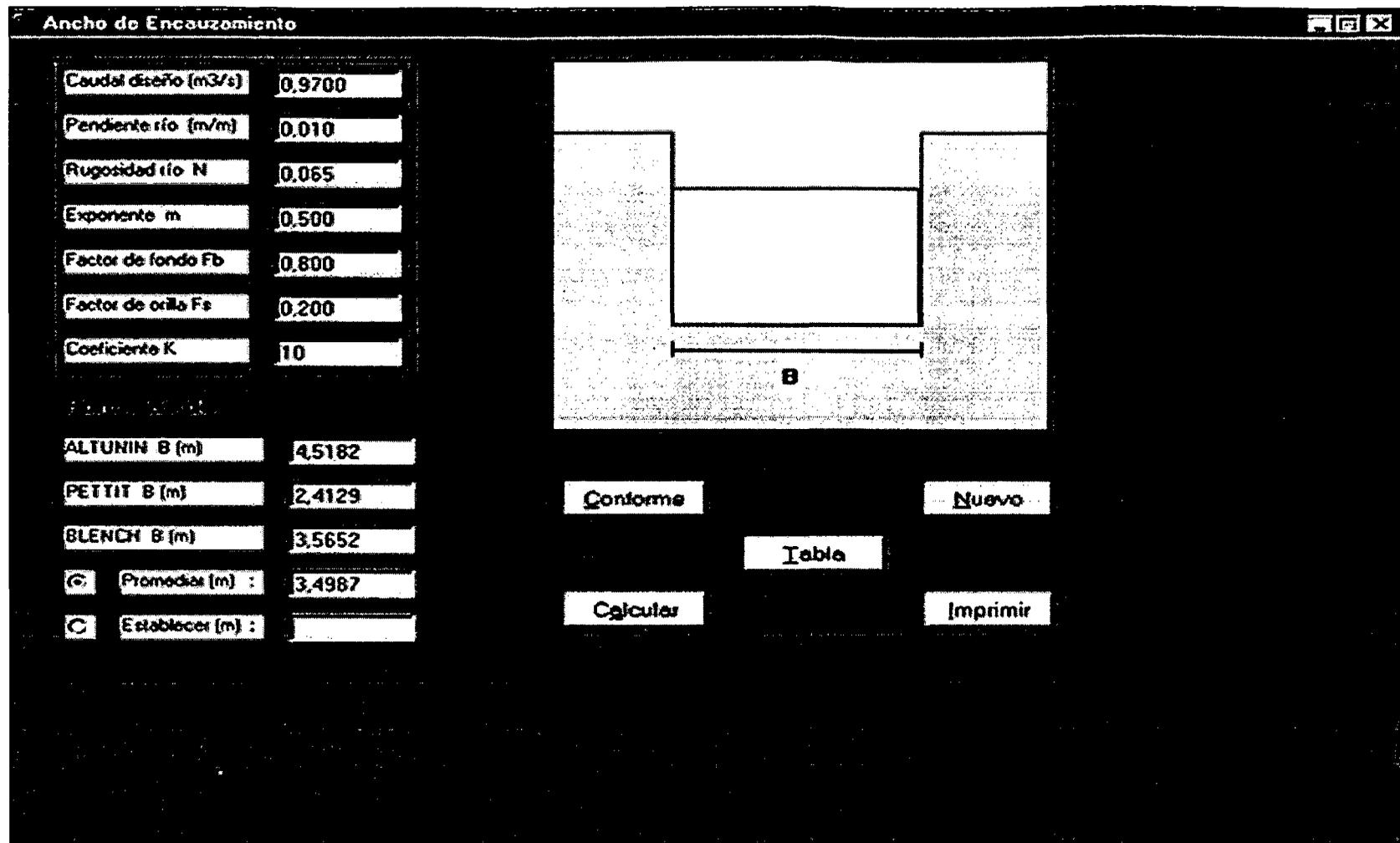


Figura 18. Ancho de encauzamiento de la quebrada

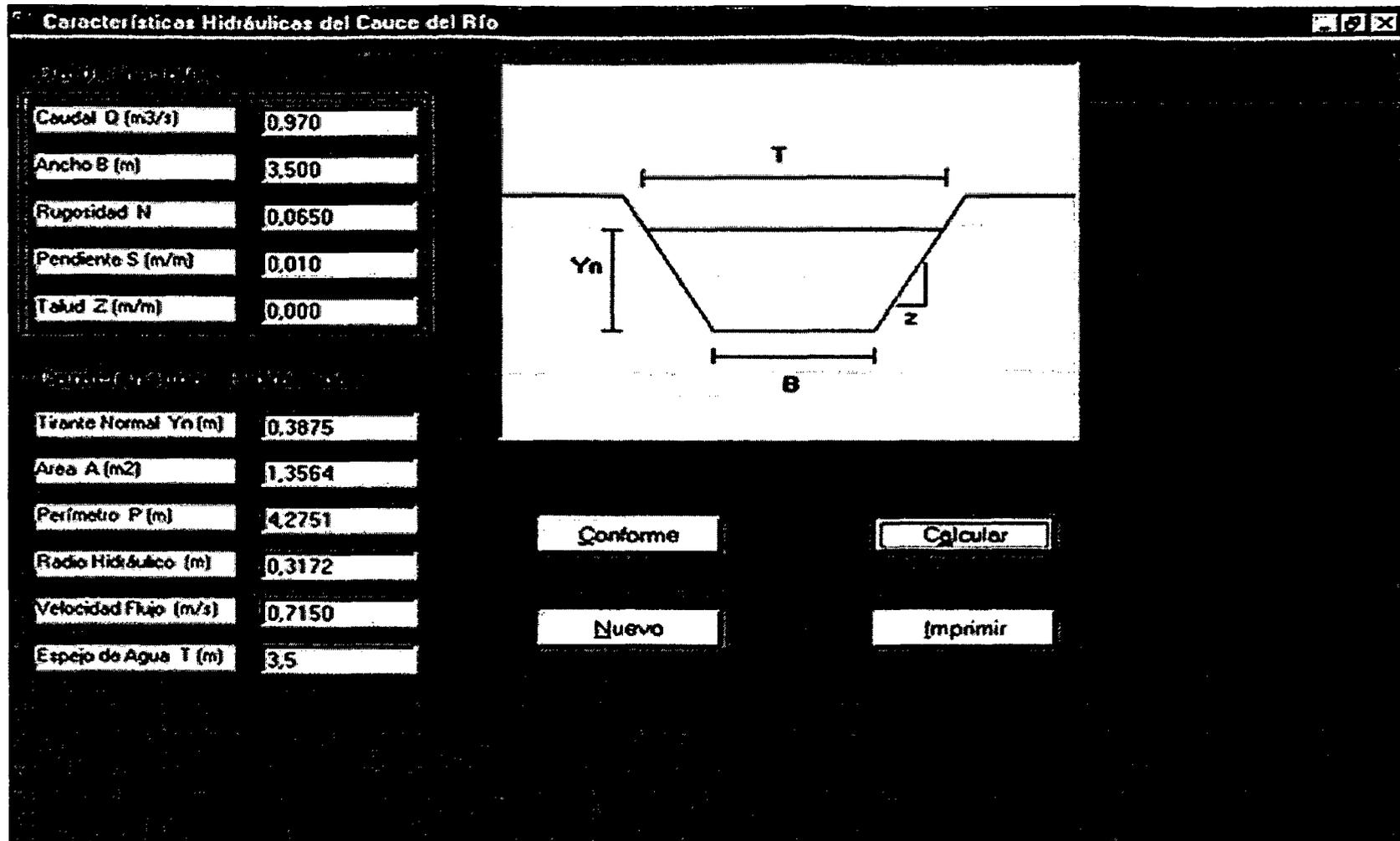


Figura 19. Características hidráulicas del cauce de la quebrada

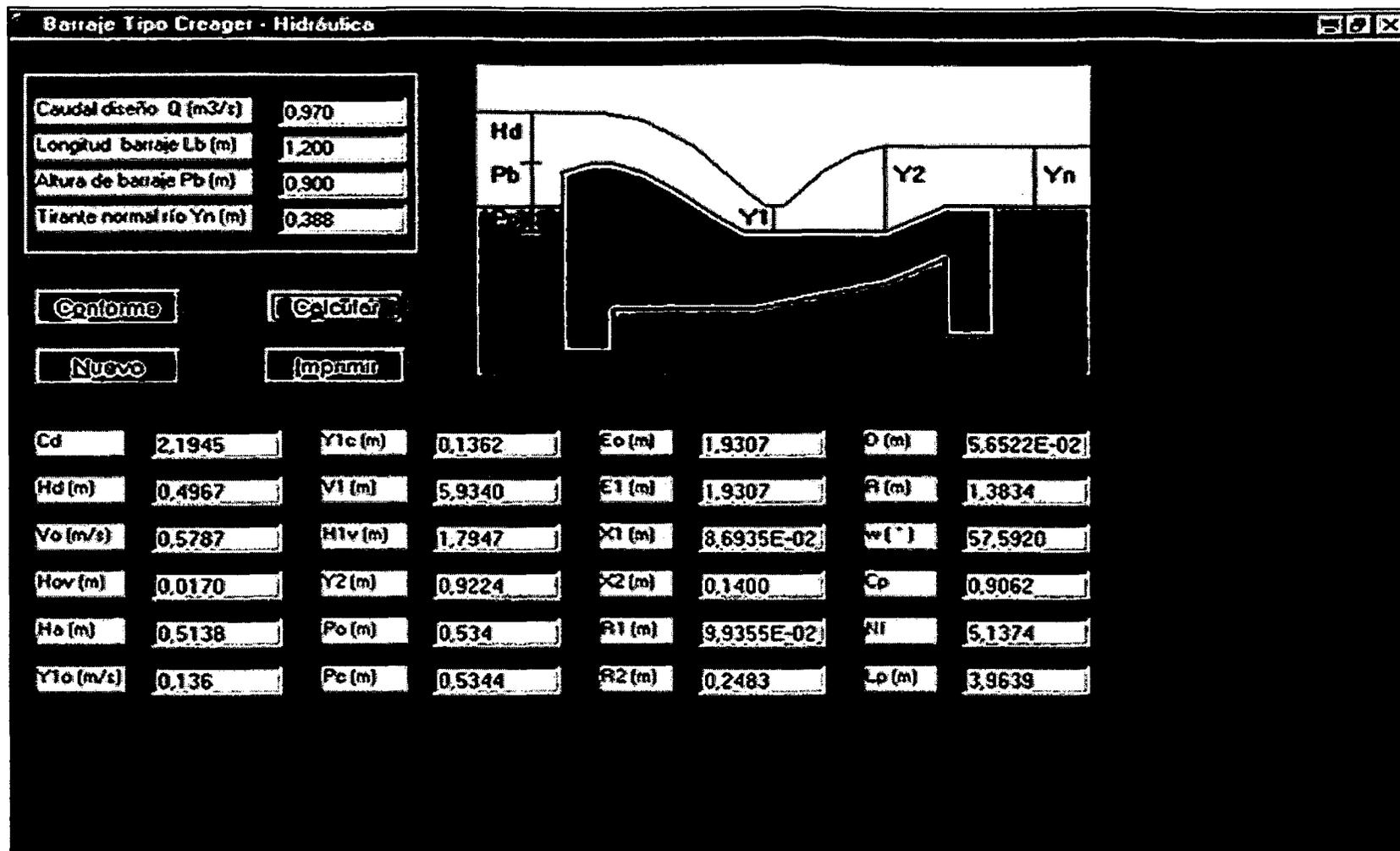


Figura 20. Análisis hidráulico del Barraje tipo Creager

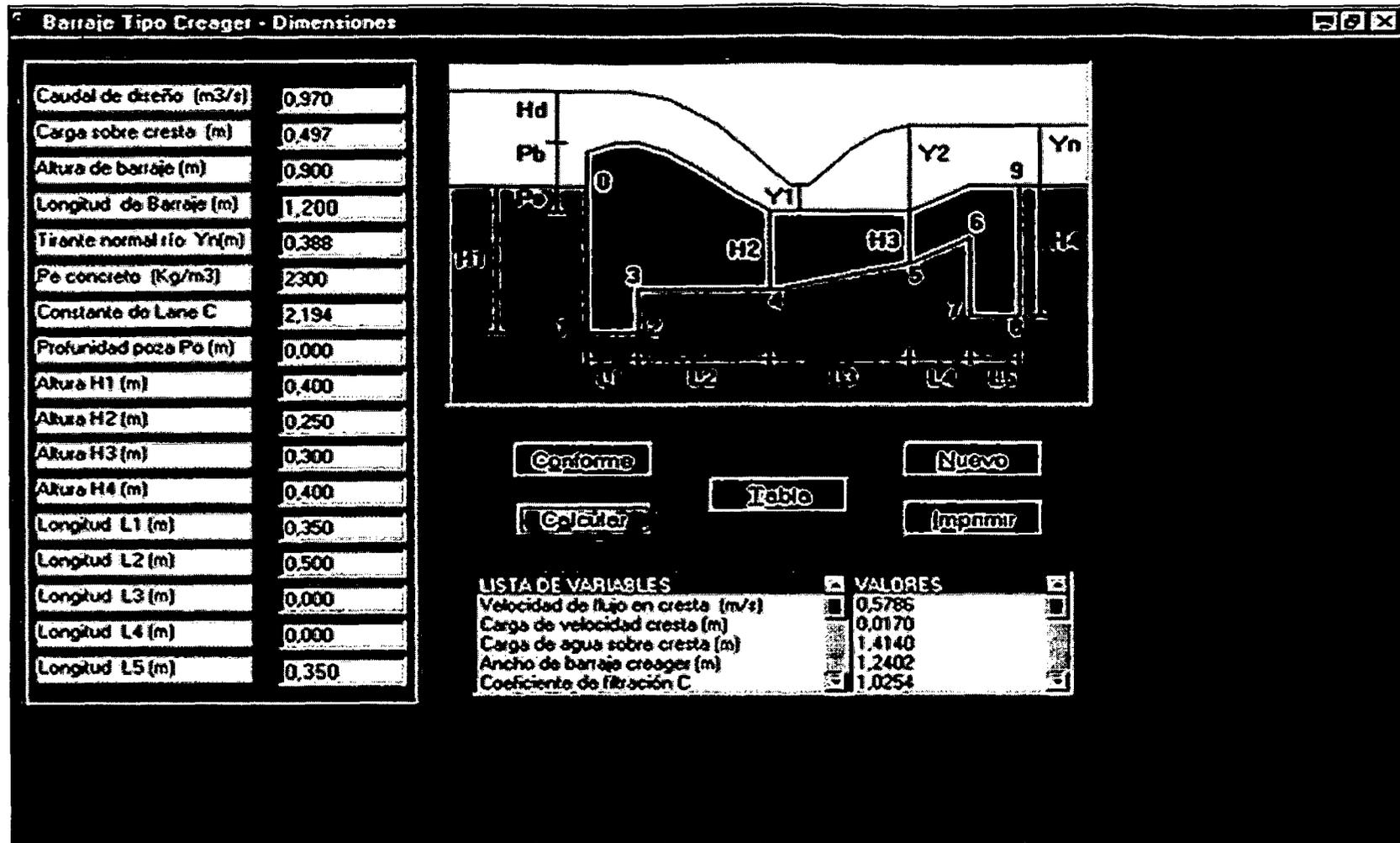


Figura 21. Análisis dimensional del Barraje tipo Creager

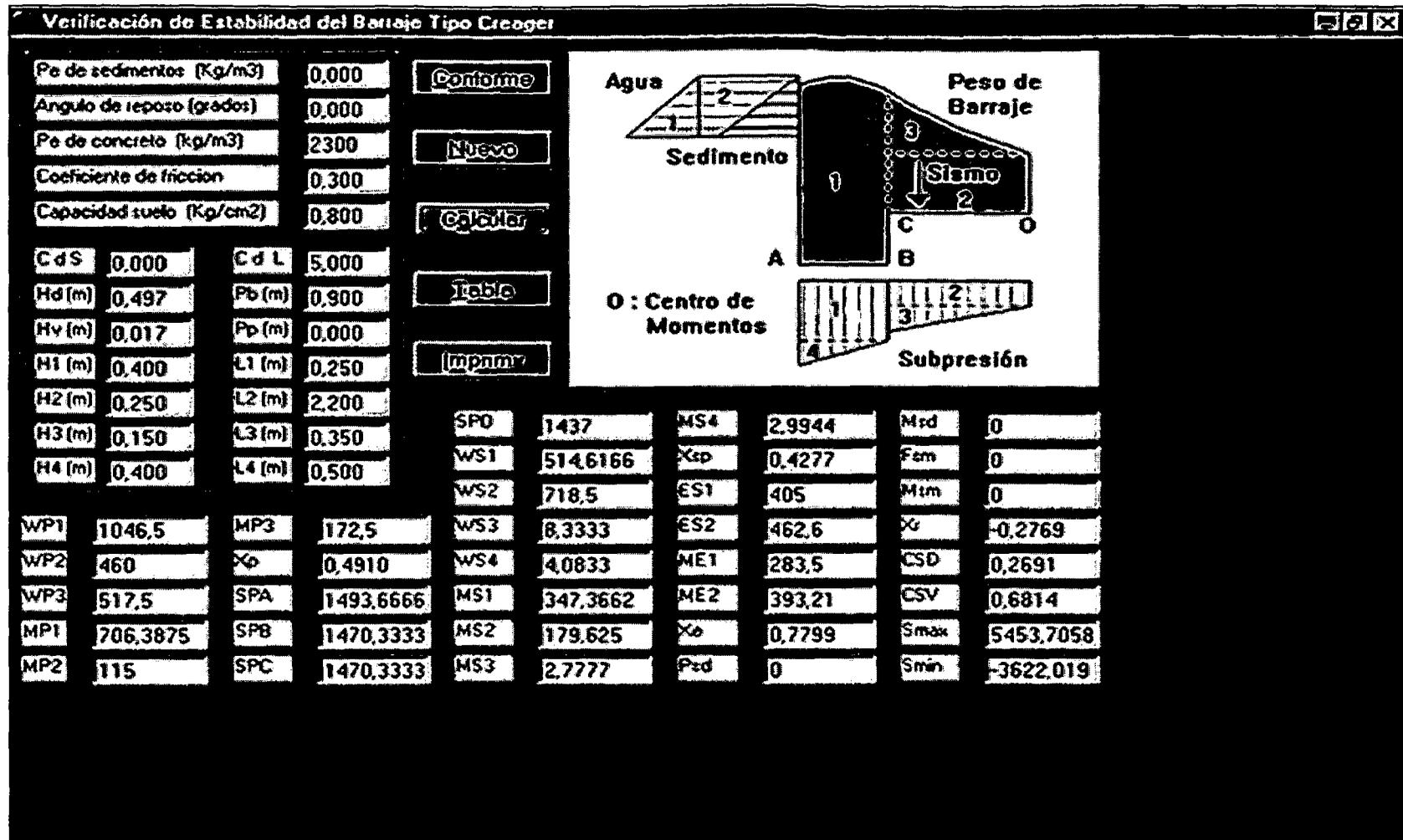


Figura 22. Análisis de estabilidad del barraje tipo Creager

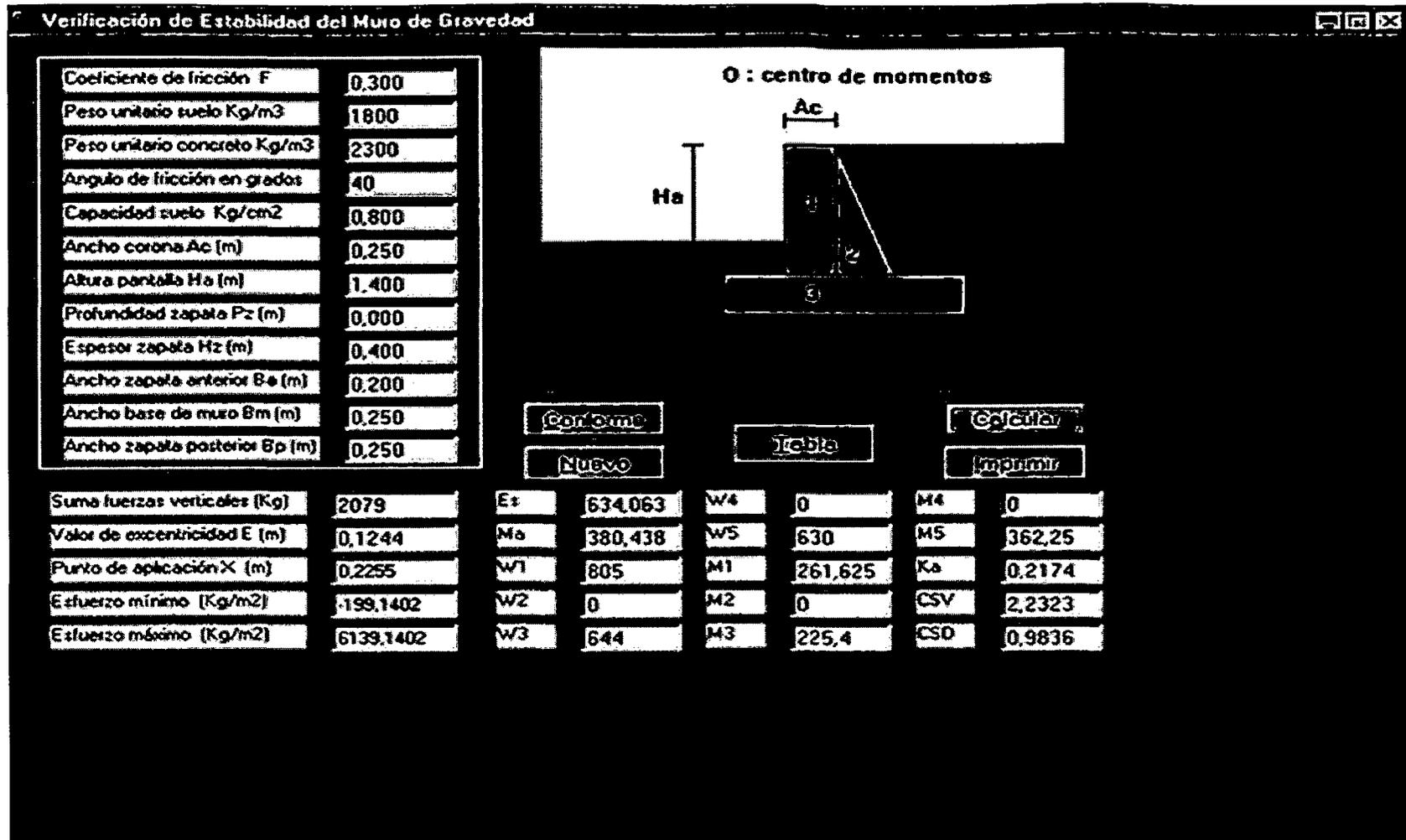


Figura 23. Análisis de estabilidad del muro de encauzamiento

Fórmulas utilizadas en el diseño de la bocatoma

A. Diseño hidráulico

Ancho de encauzamiento

Los datos a ingresar son:

Q	=	Caudal máximo de diseño
S	=	Pendiente del río
N	=	Rugosidad del cauce
K	=	Coefficiente que depende de la resistencia de orillas
M	=	Exponente que depende de la naturaleza del río
Fb	=	Factor de fondo
Fs	=	Factor de orilla

Las fórmulas a utilizar son:

$$A = \left(N \sqrt[3]{K^5} \right)^{\frac{3}{3+5M}}$$

$$Ba = \frac{A \sqrt{Q}}{\sqrt[3]{S}}$$

$$Bp = 2.45 \sqrt{Q}$$

$$Bb = 1.81 \sqrt{\frac{Q Fb}{Fc}}$$

$$B_m = \frac{B_a + B_p + B_b}{3}$$

Los datos a visualizar son:

Ba = Ancho por el método de Altunin

Bp = Ancho por el método de Pettit

Bb = Ancho por el método de Blench

Bm = Ancho promedio

Características hidráulicas de la quebrada

Los datos a ingresar son:

Q = Caudal

B = Ancho

N = Rugosidad

S = Pendiente

Z = Talud

Las fórmulas a utilizar son:

Y = Tirante (Q, B, N, Z, S)

$$A = BY + ZY^2$$

$$P = B + 2Y\sqrt{1 + Z^2}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

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

$$T = B$$

Los datos a visualizar son:

Y	=	Tirante de agua
A	=	Área mojado
P	=	Perímetro mojado
R	=	Radio hidráulico
V	=	Velocidad del flujo
T	=	Espejo de agua

Determinación del coeficiente de rugosidad del cauce de la quebrada

Los datos a ingresar son:

No	=	Material del cauce
N1	=	Grado de irregularidad
N2	=	Forma de sección transversal
N3	=	Nivel de obstrucciones
N4	=	Presencia de vegetación
N5	=	Factor de Meandros

La fórmula a utilizar es:

$$Nc = (N_0 + N_1 + N_2 + N_3 + N_4)N_5$$

El dato a visualizar es:

N_c = Coeficiente de rugosidad promedio

Dimensionamiento del barraje tipo Creager

Análisis hidráulico

Los datos a ingresar son:

- Q_d = Caudal de diseño
- L_b = Longitud de barraje
- P_b = Altura de barraje
- Y_n = Tirante normal
- C_d = Coeficiente de descarga (opcional)

Las formulas a utilizar son:

Si $C_d = 0$ entonces $C_d =$ descarga (Q_d , L_b , P_b)

$$H_d = \sqrt[3]{\left(\frac{Q_d}{C_d L_b}\right)^2}$$

$$V_o = \frac{Q_d}{(H_d + P_b)L_b}$$

$$H_v = \frac{V_o^2}{2g}$$

$$H_a = H_d + H_v$$

$$C_p = \frac{1}{2Hd^{0.85}}$$

R, Y = Valores asumidos en metros

$$H_v = Hd + Pb + R - Y$$

$$V_c = \sqrt{2gH_v}$$

$$Y_c = \frac{Qd}{V_c L b}$$

Condición que se debe cumplir: $Y = Y_c$

$$Y_2 = -\frac{Y}{2} + \sqrt{\frac{Y^2}{4} + \frac{2YV^2}{g}}$$

$$R_c = Y_2 - Y_n$$

Condición que se debe cumplir: $R = R_c$

$$P_o = R$$

$$P_c = R_c$$

$$E_o = Hd + Pb + P_o$$

$$Y_1 = Y$$

$$V_1 = V_c$$

$$Hv_1 = \frac{V_1^2}{2g}$$

$$E_1 = Y_1 + Hv_1$$

$$L_1 = 4Y_2$$

$$L_2 = 5(Y_2 - Y_1)$$

$$L_3 = 4.5Y_2$$

$$L_4 = 2.5(1.4Y_2 - Y_1)$$

$$Lp = \frac{L_1 + L_2 + L_3 + L_4}{4} + 2$$

$$Nf = \frac{V_1}{\sqrt{gY_1}}$$

$$H = \frac{Hd}{0.3048}$$

$$V = \frac{V_1}{0.3048}$$

$$P = \frac{V + 6.4H + 16}{3.6H + 64}$$

$$R = 10^p$$

$$K = R - Po - Pb$$

A = Angulo asumido en grados

$$B = \frac{A\pi}{180}$$

$$X = \text{Cos}(B)$$

$$Y = 1 - X^2$$

$$F = \frac{Y^{1.088}}{X^{2.176}}$$

$$M = RX - 0.5924HdF$$

Condición que debe cumplir: $M = K$

$$Rb = R$$

$$Ab = A$$

$$X_1 = 0.175Hd$$

$$X_2 = 0.282Hd$$

$$R_1 = 0.2Hd$$

$$R_2 = 0.5Hd$$

$$Db = 0.11Ha$$

Los datos a visualizar son:

C_d	=	Coefficiente de descarga
H_d	=	Carga de agua sobre cresta
V_o	=	Velocidad de flujo en cresta
H_o	=	Carga de velocidad de cresta
H_a	=	Carga total del agua
Y_1	=	Tirante de agua asumido
Y_c	=	Tirante de agua calculado
V_1	=	Velocidad del flujo
H_1	=	Carga de velocidad
Y_2	=	Tirante conjugado
P_o	=	Profundidad de poza asumida
P_c	=	Profundidad de poza calculado
E_o	=	Energía específica
E_1	=	Energía específica
R_b	=	Radio de curva de salida
A_b	=	Angulo de curva de salida
C_p	=	Coefficiente del perfil
N_f	=	Numero de Froude
L_p	=	Longitud de poza
X_1, X_2, R_1, R_2, D_b	=	Parámetros del perfil del barraje

Análisis dimensional

Los datos a ingresar son:

Qd	=	Caudal de diseño
Lb	=	Longitud de barrage
Pb	=	Altura de barrage
Cd	=	Coefficiente de descarga
Yn	=	Tirante normal
Pc	=	Peso específico de concreto
Cf	=	Coefficiente de filtración de Lane
Pp	=	Profundidad de poza
H1	=	Altura 1
H2	=	Altura 2
H3	=	Altura 3
H4	=	Altura 4
L1	=	Longitud 1
L2	=	Longitud 2
L3	=	Longitud 3
L4	=	Longitud 4
L5	=	Longitud 5

Las fórmulas a utilizar son:

$$Hd = \sqrt[3]{\left(\frac{Qd}{CdLb}\right)^2}$$

$$V = \frac{Qd}{(Hd + Pb)Lb}$$

$$Hv = \frac{V^2}{2g}$$

$$Hb = Hd + Hv + Pb + Pp$$

$$Bb = \frac{Hb}{\sqrt{\frac{Pc}{1000} - 1}}$$

$$Lh = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5$$

$$Lv = 2(H_1 + H_4) - Pp - H_2 - H_3$$

$$L = Lv + \frac{Lh}{3}$$

$$H = Hd + Hv + Pb$$

$$C = \frac{L}{H}$$

$$Sx = \left(Hx - \frac{Lx}{Cf} \right) 1000$$

Donde:

Sx: Subpresión en el punto considerado

Hx: Profundidad del punto considerado

Lx: Longitud de filtración del punto considerado

$$Y_5 = Y_n + Pp$$

$$V_5 = \frac{Qd}{LbY_5}$$

$$Y_4 = -\frac{Y_5}{2} + \sqrt{\frac{Y_5^2}{4} + \frac{2V_5^2 Y_5}{g}}$$

$$E_5 = \frac{4(S_5 - 1000Y_5)}{3Pc}$$

$$E_4 = \frac{4(S_4 - 1000Y_4)}{3Pc}$$

Los datos a visualizar son:

- Co = Coeficiente de descarga
- Hd = Carga de agua sobre barraje
- V = Velocidad de flujo sobre cresta de barraje
- Hv = Carga de velocidad sobre cresta de barraje
- Hb = Ancho de barraje
- Bb = Ancho de barraje
- C = Coeficiente de filtración
- Sx = Supresión en los puntos 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8,9
- E4 = Espesor de barraje punto 4
- E5 = Espesor de barraje punto 5

B. Diseño estructural

Estabilidad del barrage tipo Creager

Los datos a ingresar son:

P_s	=	Peso volumétrico de sedimentos
P_c	=	Peso específico de concreto
C_f	=	Coefficiente de fricción
C	=	Coefficiente de Lane
C_s	=	Capacidad portante de suelo
F_s	=	Factor fuerza de sismo
P_b	=	Altura de barrage
H_d	=	Carga de agua sobre cresta
H_v	=	Carga de velocidad en cresta
P_p	=	Profundidad poza de disipación
H_n	=	Altura 1, 2, 3, 4
L_n	=	Longitud 1, 2, 3, 4

Las fórmulas a utilizar son:

Peso Propio

$$WP_1 = L_3(H_4 + P_b)P_c$$

$$WP_2 = L_4H_4P_c$$

$$WP_3 = 0.5L_4(P_b + P_p)P_c$$

$$XP_1 = L_4 + 0.5L_3$$

$$XP_2 = 0.5L_4$$

$$XP_3 = \frac{2}{3}L_4$$

$$MP_1 = WP_1XP_1$$

$$MP_2 = WP_2XP_2$$

$$MP_3 = WP_3XP_3$$

$$SWP = WP_1 + WP_2 + WP_3$$

$$SMP = MP_1 + MP_2 + MP_3$$

$$XP = \frac{SMP}{SWP}$$

Subpresiones

$$Lva = 2H_3 + H_1$$

$$Lha = L_1 + L_2$$

$$La = \frac{L}{3}ha + Lva$$

$$Ha = Hd + Pb + H_1$$

$$S_a = \left(H_a - \frac{L_a}{C} \right) 1000$$

$$L_{vb} = L_{va}$$

$$L_{hb} = L_1 + L_2 + L_3$$

$$L_b = \frac{L_{hb}}{3} + L_{vb}$$

$$H_b = H_a$$

$$S_b = \left(H_b - \frac{L_b}{C} \right) 1000$$

$$L_{vc} = L_{va} + H_1 - P_p - H_4$$

$$L_{hc} = L_{hb}$$

$$L_c = \frac{L_{hc}}{3} + L_{vc}$$

$$H_c = H_d + P_b + P_p + H_4$$

$$S_c = \left(H_c - \frac{L_c}{C} \right) 1000$$

$$L_{vo} = L_{vc}$$

$$L_{ho} = L_1 + L_2 + L_3 + L_4$$

$$Lo = \frac{Lho}{3} + Lvo$$

$$Ho = Hc$$

$$So = \left(Ho - \frac{Lo}{C} \right) 1000$$

$$WS_1 = L_3 Sb$$

$$WS_2 = L_4 So$$

$$WS_3 = 0.5 L_4 (Sc - So)$$

$$WS_4 = 0.5 L_3 (Sa - Sb)$$

$$XS_1 = 0.5 L_3 + L_4$$

$$XS_2 = 0.5 L_4$$

$$XS_3 = \frac{2}{3} L_4$$

$$XS_4 = \frac{2}{3} L_3 + L_4$$

$$MS_1 = XS_1 WS_1$$

$$MS_2 = XS_2 WS_2$$

$$MS_3 = XS_3 WS_3$$

$$MS_4 = XS_4WS_4$$

$$SWS = WS_1 + WS_2 + WS_3 + WS_4$$

$$SMS = MS_1 + MS_2 + MS_3 + MS_4$$

$$XSP = \frac{SMS}{SWS}$$

Empuje de Agua

$$Ht = Hd + Hv + Pb$$

$$Vs = 1000(Hd + Hv)$$

$$Vi = 1000Ht$$

$$ES_1 = 0.5(Vi - Vs)Pb$$

$$ES_2 = VsPb$$

$$ME_1 = \left(H_4 + Pp + \frac{Pb}{3} \right) ES_1$$

$$ME_2 = \left(H_4 + Pp + \frac{Pb}{2} \right) ES_2$$

$$SWE = ES_1 + ES_2$$

$$SME = ME_1 + ME_2$$

$$Xe = \frac{SME}{SWE}$$

Sedimentos

$$PSD = 0.5Ps(1 + Fs)H_1^2$$

$$XS = \frac{2}{3}H_1 - (H_1 - Pp - H_4)$$

$$MSD = XsPSD$$

Sismo

$$FSM = FsSWP$$

$$MSM = XpFSM$$

Punto de Aplicación

$$Xr = \frac{(SMP - MSD + MSM - SME)}{(SWP + FSM - SWS)}$$

$$CSV = \frac{(SMP + MSM - SMS)}{(SME + MSD)}$$

$$CSD = Cf \frac{(SWP + FSM - SWS)}{(SME + PSD)}$$

$$Tb = L_3 + L_4$$

$$Ex = 0.5Tb - Xr$$

$$S_{\max} = \frac{Wd}{Tb} \left(1 + 6 \frac{Ex}{Tb} \right)$$

$$S_{\min} = \frac{Wd}{Tb} \left(1 - 6 \frac{Ex}{Tb} \right)$$

Los datos a visualizar son:

- WPn = Peso de barraje sección 1, 2, 3
- MPn = Momento de peso sección 1, 2, 3
- Xp = Punto de aplicación de peso
- Sx = Subpresión en punto A, B, C, O
- WSn = Peso de subpresión sección 1, 2, 3, 4
- MSn = Momento de subpresión sección 1, 2, 3, 4
- Xs = Punto de aplicación de subpresión
- ESn = Empuje de agua sección 1, 2
- MEn = Momento de empuje sección 1, 2
- Xe = Punto de aplicación de empuje
- PSD = Empuje de sedimentos
- MSD = Momento de sedimentos
- FSM = Fuerza de sismo
- MSM = Momento de sismo
- Xr = Punto de aplicación de resultante
- CSV = Coeficiente de seguridad al volteo
- CSD = Coeficiente de seguridad al deslizamiento
- Smax = Presión máxima sobre el suelo

S_{min} = Presión mínima sobre suelo

Estabilidad del muro de encauzamiento

Los datos a ingresar son:

C_f = Coeficiente de fricción

R_s = Peso volumétrico del suelo

R_c = Peso volumétrico del concreto

A_f = Angulo de fricción interna

C_s = Esfuerzo del suelo

A_c = Ancho de corona

H_a = Altura de pantalla

P_z = Profundidad de zapata

H_z = Espesor de zapata

B_a = Ancho de zapata anterior

B_m = Ancho de muro

B_p = Ancho de zapata posterior

Las formulas a utilizar son:

$$H_m = H_a + P_z + H_z$$

$$K_a = \frac{1 - \text{Sen}(A_f F)}{1 + \text{Sen}(A_f F)}$$

$$E_s = 0.5 K_a R_s H_m^2$$

$$Ma = Es \frac{Hm}{3}$$

$$W_1 = Ac(Ha + Pz)Rc$$

$$W_2 = 0.5(Bm - Ac)(Ha + Pz)Rc$$

$$W_3 = Hz(Ba + Bm + Bp)Rc$$

$$W_4 = 0.5(Bm - Ac)(Ha + Pz)Rs$$

$$W_5 = Bp(Ha + Pz)Rs$$

$$M_1 = W_1 \left(Ba + \frac{Ac}{2} \right)$$

$$M_2 = W_2 \left[Ba + Ac + \frac{(Bm - Ac)}{3} \right]$$

$$M_3 = W_3 \frac{(Ba + Bm + Bp)}{2}$$

$$M_4 = W_4 \left[Ba + Bm - \frac{(Bm - Ac)}{3} \right]$$

$$M_5 = W_5 \left(Ba + Bm + \frac{Bp}{2} \right)$$

$$Mr = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5$$

$$Wr = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5$$

$$CV = \frac{Mr}{Ma}$$

$$Cd = \frac{CfWr}{Es}$$

$$X = \frac{Mr - Ma}{Wr}$$

$$E = \frac{Ba + BM + Bp}{2 - x}$$

$$T = Ba + Bm + Bp$$

$$S_{\min} = \frac{Wr}{T} \left(1 - 6 \frac{E}{T} \right)$$

$$S_{\max} = \frac{Wr}{T} \left(1 + 6 \frac{E}{T} \right)$$

Los datos a visualizar son:

Wr	=	Sumatoria de fuerzas verticales
E	=	Excentricidad
X	=	Punto de aplicación de resultante
Smin	=	Presión mínima sobre suelo
Smax	=	Presión máxima sobre suelo
Es	=	Empuje de relleno
Ma	=	Momento de actuante
Wn	=	Peso de sección 1, 2, 3, 4, 5
Cv	=	Coficiente de seguridad al volteo
Cd	=	Coficiente de seguridad al deslizamiento

Cálculo del caudal máximo

Área de la sección transversal de la quebrada

$$\text{ÁreaTotal} = (0.11 + 0.74) \frac{0.3}{2} + (0.74 + 0.81) \frac{0.3}{2} + (0.81 + 0.92) \frac{0.3}{2} +$$

$$(0.92 + 0.87) \frac{0.3}{2} + (0.87 + 0.68) \frac{0.3}{2} + (0.68 + 0.18) \frac{0.3}{2} + (0.18 + 0.02) \frac{0.3}{2}$$

$$\text{ÁreaTotal} = 1.28m^2$$

Calculo del tiempo promedio

$$\text{Tiempo Pr omedio} = \frac{7.0 + 5.0 + 6.0 + 6.0 + 7.0 + 7.0 + 6.0 + 8.0 + 7.0 + 7.0}{10}$$

$$\text{Tiempo Pr omedio} = 6.6\text{Seg.}$$

Ecuación de Continuidad

$$Q = A * V = A \frac{e}{t}$$

$$Q = 1.28m^2 * 0.758 \frac{m}{\text{Seg.}}$$

$$Q = 0.97m^3 / \text{seg.}$$

Relación de tablas usadas para el diseño de la bocatoma

Valores del exponente (m)

- 0.50 Ríos montañosos
- 1.00 Cauces aluviales
- 0.75 Cauces arenosos

Valores del factor de fondo (Fb)

- 1.20 Material grueso
- 0.80 Material fino

Valores del factor de orilla (Fs)

- 0.10 Material suelto
- 0.20 Material ligeramente cohesivo
- 0.30 Material cohesivo

Valores para el coeficiente de rugosidad del cauce

Condiciones del Canal	Valores
N0 Material del cauce	
Tierra	0.020
Roca cortada	0.025
Grava fina	0.024
Grava gruesa	0.028
N1 Grado de irregularidad	
Liso	0.000

Menor	0.005
Moderado	0.010
Severo	0.020

N2 Variaciones de sección transversal

Gradual	0.000
Ocasionalmente alternante	0.005
Frecuentemente alternante	0.010 - 0.015

N3 Nivel de obstrucciones

Despreciable	0.000
Menor	0.010 - 0.015
Apreciable	0.020 - 0.030
Severo	0.040 - 0.060

N4 Presencia de vegetación

Baja	0.005 - 0.010
Media	0.010 - 0.020
Alta	0.025 - 0.050
Muy alta	0.050 - 0.100

N5 Cantidad de meandros

Menor	1.000
Apreciable	1.150
Severa	1.300

Constante de lane (C)

C Clase de Suelo

- 8.5 Limo arena muy fina (*)
- 7.0 Arena fina (**)
- 6.0 Arena
- 5.0 Arena con cuarzo
- 4.0 Grava fina
- 3.0 Grava con canto rodado
- 3.5 Piedra grande con canto y grava
- 3.0 Arcilla suave
- 2.0 Arcilla
- 1.7 Arcilla densa

(*) El 80% de las tierras pasan por tamiz 0.15 mm.

(**) El 80% de las tierras pasan por tamiz 0.20 mm.

Valores de la resistencia del suelo

Tipo de Suelo	Resistencia (Tn/m ²)
Tierra suave	1.4 – 4.0
Limo mojado	10 – 20
Arcilla suave	10 – 15
Arcilla dura	20 – 25
Arcilla estrecha con arena	20 – 25
Arcilla estrecha con gravilla	20 – 30

Arena mojada	20
Arena gruesa	40 – 50
Arena gruesa con gravilla	50 – 60
Roca suave	70 – 100
Roca dura	200 – 400

Valores del coeficiente de fricción

(Hormigón sobre suelo húmedo)

Apoyo	F
Roca	0.6 – 0.7
Grava	0.5 – 0.6
Arena	0.4 – 0.5
Limo	0.3 – 0.4
Arcilla	0.2 – 0.3

Peso y ángulo de reposo del material sedimentado

Clase del material	Ws (Tn/m ³)	Ar (Grados)
Arena	0.96	26
Arcilla	1.28	16
Gravilla	0.96	26
Gravilla con arena y arcilla	1.02	18
Tierra	1.12	16

Resumen de ayuda para el manejo del software

Ancho de encauzamiento

- Ingresar datos
- Valores de m , F_b , F_s se obtiene de tabla
- Clic sobre el botón calcular
- Clic sobre opción promediar para estimar ancho promedio
- Clic sobre opción establecer para fijar ancho de diseño

Características del río

- Ingresar datos
- Clic sobre botón calcular
- Coeficiente de Rugosidad del Cauce
- Ingresar datos
- Deslizar barra vertical de la caja para ver valores de las variables
- Clic sobre botón calcular

Barraje tipo Creager – análisis hidráulico

- Ingresar datos
- Ingresar valor de C_d si es que se conoce
- Clic sobre botón calcular

Barraje tipo Creager – análisis dimensional

- Ingresar datos
- Valor de C se obtiene de tabla
- Clic sobre botón calcular

- -Clic sobre caja de resultados para ver los datos calculados

Estabilidad del barraje tipo Creager

- Ingresar datos
- Valor de coeficiente de fricción se obtiene de tabla
- Clic sobre botón calcular

Estabilidad del muro de encauzamiento

- Ingresar datos
- Valor del coeficiente de fricción y capacidad del suelo se obtiene de tabla
- Clic sobre botón calcular

CUADRO 1. Metrados de la bocatoma

Partida	Especificaciones	Medidas				Parcial	Disminuciones o vanos				Parcial	Total	Unid.
		N° de veces	Largo	Ancho	Alto		N° de veces	Largo	Ancho	Alto			
01.00.00	Obras preliminares												
01.01.00	Campamento de Obra	1.00				1.00						1.00	und
02.00.00	Trabajos preliminares												
02.01.00	Limpieza de Terreno												
		1.00	9.00	8.00		72.00						72.00	m ²
02.02.00	Trazo y Replanteo	1.00	6.00	6.00		36.00						36.00	m ²
03.00.00	Movimiento de tierra												
03.01.00	Excavación de zanja hasta 1.00 m. Mampostería de piedras												
	Entre eje 2-2 y eje 3-3	1.00	3.50	3.10	0.25	2.71	1.00	1.20	2.90	0.25	0.87	1.84	
		2.00	4.20	0.70	0.25	1.47						1.47	
		2.00	4.90	0.40	0.25	0.98						0.98	
	Barraje	1.00	2.90	1.20	0.40	1.39	1.00	2.90	0.50	0.15	0.22	1.17	
												5.47	m ³
03.02.00	Excavación de zanja hasta 1.40 m.												
	Eje 1-1	2.00	0.25	0.70	1.40	0.49						0.49	
	Entre eje 1-1 y eje 2-2	2.00	0.70	1.00	1.40	1.96						1.96	
	Eje 2-2	1.00	3.10	0.70	1.40	3.04						3.04	
	Eje 3-3	1.00	3.10	0.70	1.40	3.04						3.04	
	Entre eje 3-3 y eje 4-4	2.00	0.70	1.00	1.40	1.96						1.96	
	Eje 4-4	2.00	0.25	0.70	1.40	0.49						0.49	
												10.98	m ³

Continua...

Viene...

Partida	Especificaciones	Medidas				Parcial	Disminuciones o vanos				Parcial	Total	Unid.
		N° de veces	Largo	Ancho	Alto		N° de veces	Largo	Ancho	Alto			
	Entre 1-1 y 2-2	2.00	1.00	0.45	1.00	0.90					0.90		
	Eje 2-2	1.00	3.10	0.45	1.00	1.40					1.40		
	Eje 3-3	1.00	3.10	0.45	1.00	1.40					1.40		
	Entre eje 3-3 y eje 4-4	2.00	1.00	0.45	1.00	0.90					0.90		
	Eje 4-4	2.00	0.45	0.25	1.00	0.23					0.23		
											5.04	m³	
03.04.00	Eliminación del material excedente												
	Zapata												
	Eje 1-1	2.00	0.25	0.40	0.70	0.14					0.14		
	Entre eje 1-1 y eje 2-2	2.00	1.00	0.40	0.70	0.56					0.56		
	Eje 2-2	1.00	3.10	0.40	0.70	0.87					0.87		
	Eje 3-3	1.00	3.10	0.40	0.70	0.87					0.87		
	Entre eje 3-3 y eje 4-4	2.00	1.00	0.40	0.70	0.56					0.56		
	Eje 4-4	2.00	0.25	0.40	0.70	0.14					0.14		
	Muro de encauzamiento												
	Eje 1-1	2.00	0.25	0.25	1.00	0.13					0.13		
	Entre eje 1-1 y eje 2-2	2.00	1.00	0.25	1.00	0.50					0.50		
	Eje 2-2	1.00	3.10	0.25	1.00	0.78					0.78		
	Eje 3-3	1.00	3.10	0.25	1.00	0.78					0.78		
	Entre eje 3-3 y eje 4-4	2.00	1.00	0.25	1.00	0.50					0.50		
	Eje 4-4	2.00	0.25	0.25	1.00	0.13					0.13		
	Barraje	1.00	2.90	1.20	0.40	1.39	1.00	2.90	0.50	0.15	0.22	1.17	
	Mampostería de piedras	1.00	3.60	3.50	0.25	3.15	1.00	2.90	1.20	0.25	0.87	2.28	
		2.00	4.20	0.70	0.25	1.47					1.47		
		2.00	4.90	0.40	0.25	0.98					0.98		
											11.84	m³	

Continua...

Viene...

Partida	Especificaciones	Medidas				Parcial	Disminuciones o vanos				Parcial	Total	Unid.
		N° de veces	Largo	Ancho	Alto		N° de veces	Largo	Ancho	Alto			
04.00.00	Obras de concreto simple												
04.01.00	Zapata F'c =175 Kg./cm ²												
	Eje 1-1	2.00	0.25	0.40	0.70	0.14						0.14	
	Entre eje 1-1 y eje 2-2	2.00	1.00	0.40	0.70	0.56						0.56	
	Eje 2-2	1.00	3.10	0.40	0.70	0.87						0.87	
	Eje 3-3	1.00	3.10	0.40	0.70	0.87						0.87	
	Entre eje 3-3 y eje 4-4	2.00	1.00	0.40	0.70	0.56						0.56	
	Eje 4-4	2.00	0.25	0.40	0.70	0.14						0.14	
												3.14	m³
04.02.00	Muro de encauzamiento F'c =175 Kg./cm ²												
	Eje 1-1	2.00	0.25	0.25	1.00	0.13						0.13	
	Entre eje 1-1 y eje 2-2	2.00	1.00	0.25	1.00	0.50						0.50	
	Eje 2-2	1.00	3.10	0.25	1.00	0.78						0.78	
	Eje 3-3	1.00	3.10	0.25	1.00	0.78						0.78	
	Entre eje 3-3 y eje 4-4	2.00	1.00	0.25	1.00	0.50						0.50	
	Eje 4-4	2.00	0.25	0.25	1.00	0.13						0.13	
												2.80	m³
04.03.00	Encofrado y desencofrado del muro de encauzamiento												
	Eje 1-1	4.00	0.25		1.40	1.40						1.40	
	Entre eje 1-1 y 2-2	4.00	1.00		1.40	5.60						5.60	
	Eje 2-2	2.00	3.10		1.40	8.68						8.68	
	Eje 3-3	2.00	3.10		1.40	8.68						8.68	
	Entre eje 3-3 y 4-4	4.00	1.00		1.40	5.60						5.60	
	Eje 4-4	4.00	0.25		1.40	1.40						1.40	
												31.36	m²

Continua...

Viene...

Partida	Especificaciones	Medidas					Disminuciones o vanos					Total	Unid.
		N° de veces	Largo	Ancho	Alto	Parcial	N° de veces	Largo	Ancho	Alto	Parcial		
04.04.00	Mampostería de piedras	1.00	3.60	3.50	0.25	3.15						3.15	m ³
		2.00	4.20	0.70	0.25	1.47						1.47	
		2.00	4.90	0.40	0.25	0.98						0.98	
											5.60		
05.00.00	Obras de concreto armado	Ver hoja de metrado de concreto armado (en la pagina siguiente)											
06.00.00	Varios												
06.01.00	Refuerzo metálico en ventana de captación	1.00	1.000	0.20		0.20						0.20	m ²
											0.20		
06.02.00	Tarrajeo interior del muro de encauzam.												
	Eje 1-1	2.00		0.25	1.40	0.70						0.70	
	Entre eje 1-1 y eje 2-2	2.00		1.00	1.40	2.80						2.80	
	Eje 2-2	1.00		3.10	1.40	4.34	1.00		0.20	1.00	0.20	4.14	
	Eje 3-3	1.00		3.10	1.40	4.34	0.50		0.85	0.90	0.38	3.96	
	Entre eje 3-3 y eje 4-4	2.00		1.00	1.40	2.80						2.80	
	Eje 4-4	2.00		0.25	1.40	0.70						0.70	
	Parte superior	2.00		0.25	5.40	2.70						2.70	
	Vertical	2.00		0.25	1.40	0.70						0.70	
	Barraje	1.00		1.24	2.90	3.60						3.60	
		1.00		0.90	2.90	2.61						2.61	
		1.00		0.35	2.90	1.02						1.02	
												25.72	m ²
06.03.00	Limpieza final de obra	1.00	6.92	7.80		54.00						54.00	m ²

Continua...

Cuadro 2. Precios y cantidades de insumos requeridos

Código	Insumo	Unidad	Precio	Cantidad	Parcial	Presupuestado
470032	TOPÓGRAFO	hh.	3,75	1,44	5,40	5,40
470101	CAPATAZ	hh.	4,35	13,23	57,55	57,67
470102	OPERARIO	hh.	3,75	76,43	286,61	286,52
470103	OFICIAL	hh.	3,25	29,97	97,40	97,43
470104	PEÓN	hh.	2,00	164,59	329,18	329,15
480111	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hh.	15,00	5,06	75,90	76,03
490704	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm.	5,00	2,53	12,65	12,67
491901	TEODOLITO	hm	5,00	1,44	7,20	7,02
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo.	0,00	0,00	0,00	22,14
020120	CLAVOS DE 3"	Kg.	4,50	10,93	49,19	49,22
020409	ALAMBRE NEGRO N° 16	Kg.	4,50	1,71	7,70	7,68
020410	ALAMBRE NEGRO N° 8	Kg.	4,50	6,27	28,22	28,21
029704	ACERO CONSTRUCCIÓN CORRUGADO	Kg.	2,60	29,88	77,69	77,70
040000	ARENA FINA	m ³	30,00	0,41	12,30	12,35
050010	PIEDRA MEDIANA DE 4"	m ³	30,00	4,48	134,40	134,40
050104	ARENA GRUESA	m ³	25,00	3,70	92,50	92,40
210000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	Bol.	19,80	76,68	1.518,26	1.518,33
290302	YESO EN BOLSAS DE 25 KG.	Bol.	12,50	2,70	33,75	34,02
320110	TRANSPORTE TERRESTRE DE MATERIALES	Glb.	100,00	1,00	100,00	100,00
380000	HORMIGÓN	m ³	25,00	11,10	277,50	277,19
390500	AGUA	m ³	1,50	1,53	2,30	2,32
430103	MADERA TORNILLO	p ²	1,80	1,08	1,94	2,16
431652	REGLA DE MADERA	p ²	2,00	0,64	1,28	1,29
440323	TRIPLAY DE 4'x8'x 8 mm	Pln.	17,00	16,00	272,00	272,00
450101	MADERA TORNILLO INC.CORTE P/ENCOFRADO	p ²	1,80	248,89	448,00	447,88
519601	VENTANA DE FIERRO	Pza.	90,00	0,20	18,00	18,00
540242	PINTURA ESMALTE SINTETICO	gl.	30,00	0,05	1,50	1,62
590100	CALAMINA # 30 DE 1.83m x 0.83m x 3mm	Pza.	16,00	27,00	432,00	432,00
375405	WINCHA DE 50 MTRS.	Pza.	60,00	0,18	10,80	10,80
					4.391,21	4.413,60

Cuadro 3. Presupuesto base

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Total
01.00.00	<u>OBRAS PRELIMINARES</u>					
01.01.00	CAMPAMENTO PROVISIONAL DE LA OBRA	Glb.	1,00	962,91	962,91	962,91
02.00.00	<u>TRABAJOS PRELIMINARES</u>					
02.01.00	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m ²	72,00	0,50	36,00	
02.02.00	TRAZO Y REPLANTEO	m ²	36,00	1,58	56,88	121,32
03.00.00	<u>MOVIMIENTO DE TIERRAS</u>					
03.01.00	EXCAVACIÓN DE ZANJAS HASTA 1.00 MTS.	m ³	5,47	5,02	27,46	
03.02.00	EXCAVACIÓN DE ZANJAS HASTA 1.40 MTS	m ³	10,98	5,73	62,92	
03.03.00	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m ³	5,04	9,87	49,74	
03.04.00	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m ³	11,84	8,50	100,64	240,76
04.00.00	<u>CONCRETO SIMPLE</u>					
04.01.00	CONCRETO EN ZAPATAS F'c = 175 Kg./cm ²	m ³	3,14	216,05	678,40	
04.02.00	CONCRETO F'c = 175 Kg./cm ² EN MURO DE ENCAUZAMIENTO	m ³	2,80	240,39	673,09	
04.03.00	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN MURO DE ENCAUZAMIENTO	m ²	31,36	12,95	406,11	
04.04.00	MAMPOSTERÍA DE PIEDRAS	m ³	5,60	63,89	357,78	2.115,38
05.00.00	<u>CONCRETO ARMADO</u>					
05.01.00	CONCRETO F'c = 175 Kg./cm ² EN BARRAJE	m ³	2,28	240,40	548,11	
05.02.00	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN BARRAJE	m ²	4,20	14,22	59,72	
05.03.00	ACERO F'y = 4200 Kg./cm ² EN BARRAJE	Kg.	28,46	3,27	93,06	700,89
06.00.00	<u>VARIOS</u>					
06.01.00	REFUERZO METÁLICO EN VENTANA DE CAPTACIÓN	m ²	0,20	90,00	18,00	
06.02.00	TARRAJEO EN INTERIORES	m ²	25,72	6,00	154,32	
06.03.00	TRANSPORTE DE MATERIALES	Glb.	1,00	100,00	100,00	272,32
	COSTO DIRECTO					4.413,58
	GASTOS GENERALES (10%)					441,36
	UTILIDAD (10%)					441,36
	PRESUPUESTO TOTAL					5.296,30

Cuadro 4. Análisis de costos unitarios de campamento provisional de la obra
 Partida : 01.01.00
 Rendimiento : 2.00 Glb/día

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra						
470101	CAPATAZ	hh.	0,10	0,40	4,35	1,74
470103	OFICIAL	hh.	1,00	4,00	3,25	13,00
470104	PEÓN	hh.	2,00	8,00	2,00	16,00
						30,74
Materiales						
020410	ALAMBRE NEGRO N° 8	Kg.		2,50	4,50	11,25
210000	CEMENTO PORTLAND TIPO I	Bol.		1,00	19,80	19,80
380000	HORMIGÓN	m ³		0,65	25,00	16,20
440323	TRIPLAY DE 4'x 8'x 8 mm	Pln.		16,00	17,00	272,00
450101	MADERA TORNILLO	p ²		100,00	1,80	180,00
590100	CALAMINA # 30 DE 1.83 x 0.83 x 3	Pza.		27,00	16,00	432,00
						931,25
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo.		3,00	30,74	0,92
						0,92
Costo unitario directo por: Glb.						962,91

Cuadro 5. Análisis de costos unitarios de limpieza de terreno manual
 Partida : 02.01.00
 Rendimiento : 40.00 m²/día

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra						
470101	CAPATAZ	hh.	0,10	0,02	4,35	0,09
470104	PEÓN	hh.	1,00	0,20	2,00	0,40
						0,49
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo.		3,00	0,49	0,01
						0,01
Costo unitario directo por: m²						0,50

Cuadro 6. Análisis de costos unitarios de trazo y replanteos

Partida : 02.02.00
 Rendimiento : 300.00 m²/día

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra						
470032	TOPÓGRAFO	hh.	1,00	0,03	3,75	0,10
470101	CAPATAZ	hh.	0,10	0,00	4,35	0,01
470103	OFICIAL	hh.	1,00	0,03	3,25	0,09
470104	PEÓN	hh.	3,00	0,08	2,00	0,16
						0,36
materiales						
020120	CLAVOS DE 3"	Kg.		0,04	4,50	0,18
290302	YESO EN BOLSAS DE 25 Kg.	Bol.		0,05	12,50	0,63
430103	MADERA TORNILLO	p ²		0,02	1,80	0,04
540242	PINTURA ESMALTE SINTETICO	Gln.		0,00	30,00	0,03
						0,88
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo.		3,00	0,36	0,01
375405	WINCHA DE 50 MTRS.	Pza.	1,00	0,00	60,00	0,20
491901	TEODOLITO	hm.	1,00	0,03	5,00	0,13
						0,34
Costo unitario directo por: m²						1,58

Cuadro 7. Análisis de costos unitarios de excavación de zanjas hasta 1.00 mts.

Partida : 03.01.00
 Rendimiento : 4.00 m³/día

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra						
470101	CAPATAZ	hh.	0,10	0,20	4,35	0,87
470104	PEON	hh.	1,00	2,00	2,00	4,00
						4,87
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo.		3,00	4,87	0,15
						0,15
Costo unitario directo por: m³						5,02

Cuadro 8. Análisis de costos unitarios de excavación de zanjas hasta 1.40 mts.

Partida : 03.02.00
 Rendimiento : 3.50 m³/día

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra						
470101	CAPATAZ	hh.	0,10	0,23	4,35	0,99
470104	PEÓN	hh.	1,00	2,29	2,00	4,57
						5,56
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo.		3,00	5,56	0,17
						0,17
Costo unitario directo por: m²						5,73

Cuadro 9. Análisis de costos unitarios de relleno con material propio

Partida : 03.03.00
 Rendimiento : 6.000 m³/día

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra						
470101	CAPATAZ	hh.	0,10	0,13	4,35	0,58
470102	OPERARIO	hh.	1,00	1,33	3,75	5,00
470104	PEÓN	hh.	1,50	2,00	2,00	4,00
						9,58
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo.		3,00	9,58	0,29
						0,29
Costo unitario directo por: m³						9,87

Cuadro 10. Análisis de costos unitarios de eliminación del material excedente

Partida : 03.04.00
 Rendimiento : 6.00 m³/día

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra						
470101	CAPATAZ	hh.	0,10	0,13	4,35	0,58
470102	OPERARIO	hh.	1,00	1,33	3,75	5,00
470104	PEÓN	hh.	1,00	1,33	2,00	2,67
						8,25
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo.		3,00	8,25	0,25
						0,25
Costo unitario directo por: m³						8,50

Cuadro 11. Análisis de costos unitarios de concreto en zapatas F'c =175 kg./m²

Partida : 04.01.00
 Rendimiento : 25.00 m³/día

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra						
470101	CAPATAZ	hh.	0,20	0,06	4,35	0,28
470102	OPERARIO	hh.	2,00	0,64	3,75	2,40
470103	OFICIAL	hh.	1,00	0,32	3,25	1,04
470104	PEÓN	hh.	10,00	3,20	2,00	6,40
						10,12
Materiales						
210000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	Bol.		8,50	19,80	168,30
380000	HORMIGÓN	m ³		1,27	25,00	31,75
390500	AGUA	m ³		0,18	1,50	0,28
						200,33
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo.		3,00	25,30	0,76
480111	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 - 11P3	hm.	1,00	0,80	15,00	12,00
490704	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm.	0,50	0,40	5,00	2,00
						14,76
Costo unitario directo por: m³						216,05

Cuadro 12. Análisis de costos unitarios de concreto F'c=175 kg./m² en muro de encauzamiento

Partida : 04.02.00
 Rendimiento : 10.00 m³/día

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra						
470101	CAPATAZ	hh.	0,20	0,16	4,35	0,70
470102	OPERARIO	hh.	2,00	1,60	3,75	6,00
470103	OFICIAL	hh.	1,00	0,80	3,25	2,60
470104	PEÓN	hh.	10,00	8,00	2,00	16,00
						25,30
Materiales						
210000	CEMENTO PORTLAND TIPO I	Bol.		8,50	19,80	168,30
380000	HORMIGÓN	m ³		1,27	25,00	31,75
390500	AGUA	m ³		0,18	1,50	0,28
						200,33
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo.		3,00	25,30	0,76
480111	MEZCLADORA DE CONCRETO	hm.	1,00	0,80	15,00	12,00
490704	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP	hm.	0,50	0,40	5,00	2,00
						14,76
Costo unitario directo por: m³						240,39

Cuadro 13. Análisis de costos unitarios encofrado y desencofrado del muro de encauzamiento

Partida : 04.03.00
Rendimiento : 15.00 m³/día

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra						
470101	CAPATAZ	hh.	0,10	0,05	4,35	0,23
470102	OPERARIO	hh.	1,00	0,53	3,75	2,00
470103	OFICIAL	hh.	1,00	0,53	3,25	1,73
						3,96
Materiales						
020120	CLAVOS DE 3"	Kg.		0,22	4,50	0,99
020410	ALAMBRE NEGRO N° 8	Kg.		0,08	4,50	0,36
450101	MADERA TORNILLO	P ²		4,18	1,80	7,52
						8,87
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo.		3,00	3,96	0,12
						0,12
Costo unitario directo por: m²						12,95

Cuadro 14. Análisis de costos unitarios de mampostería de piedras

Partida : 04.04.00
Rendimiento : 5.00 m³/día

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra						
470101	CAPATAZ	hh.	0,10	0,16	4,35	0,70
470102	OPERARIO	hh.	1,00	1,60	3,75	6,00
470104	PEÓN	hh.	2,00	3,20	2,00	6,40
						13,10
Materiales						
050010	PIEDRA MEDIANA DE 4"	m ³		0,80	30,00	24,00
050104	ARENA GRUESA	m ³		0,66	25,00	16,50
210000	CEMENTO PORTLAND TIPO I	Bol.		0,50	19,80	9,90
						50,40
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo.		3,00	13,10	0,39
						0,39
Costo unitario directo por: m³						63,89

Cuadro 15. Análisis de costos unitarios de concreto F'c =175 Kg./cm² en barraje

Partida : 05.01.00
 Rendimiento : 10.00 m³/día

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra						
470101	CAPATAZ	hh.	0,20	0,16	4,35	0,70
470102	OPERARIO	hh.	2,00	1,60	3,75	6,00
470103	OFICIAL	hh.	1,00	0,80	3,25	2,60
470104	PEÓN	hh.	10,00	8,00	2,00	16,00
						25,30
Materiales						
210000	CEMENTO PORTLAND TIPO I	Bol.		8,50	19,80	168,30
380000	HORMIGÓN	m ³		1,27	25,00	31,75
390500	AGUA	m ³		0,19	1,50	0,29
						200,34
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo.		3,00	25,30	0,76
480111	MEZCLADORA DE CONCRETO	hm.	1,00	0,80	15,00	12,00
490704	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP	hm.	0,50	0,40	5,00	2,00
						14,76
Costo unitario directo por: m³						240,40

Cuadro 16. Análisis de costos unitarios de encofrado y desencofrado en barraje

Partida : 05.02.00
 Rendimiento : 16.00 m³/día

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra						
470101	CAPATAZ	hh.	0,10	0,05	4,35	0,22
470102	OPERARIO	hh.	1,00	0,50	3,75	1,88
470103	OFICIAL	hh.	1,00	0,50	3,25	1,63
						3,73
Materiales						
020120	CLAVOS DE 3"	Kg.		0,31	4,50	1,40
020410	ALAMBRE NEGRO N° 8	Kg.		0,30	4,50	1,35
450101	MADERA TORNILLO	p ²		4,24	1,80	7,63
						10,38
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo.		3,00	3,73	0,11
						0,11
Costo unitario directo por: m²						14,22

Cuadro 17. Análisis de costos unitarios de acero F'y =4200 Kg./cm² en barraje

Partida : 05.03.00
 Rendimiento : 350.00 m³/día

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra						
470101	CAPATAZ	hh.	0,20	0,00	4,35	0,02
470102	OPERARIO	hh.	2,00	0,05	3,75	0,17
470103	OFICIAL	hh.	1,00	0,02	3,25	0,07
						0,26
Materiales						
020409	ALAMBRE NEGRO N°16	Kg.		0,06	4,50	0,27
029704	ACERO CONSTRUCCION	Kg.		1,05	2,60	2,73
						3,00
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo.		3,00	0,26	0,01
						0,01
Costo unitario directo por: Kg.						3,27

Cuadro 18. Análisis de costos unitarios de tarrajeo de interiores

Partida : 06.02.00
 Rendimiento : 14.000 m²/día

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra						
470101	CAPATAZ	hh.	0,10	0,06	4,35	0,25
470102	OPERARIO	hh.	1,00	0,57	3,75	2,14
470104	PEÓN	hh.	0,50	0,29	2,00	0,57
						2,96
Materiales						
020120	CLAVOS DE 3"	Kg.		0,02	4,50	0,10
040000	ARENA FINA	m ³		0,02	30,00	0,48
210000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	Bol.		0,12	19,80	2,32
431652	REGLA DE MADERA	p ²		0,03	2,00	0,05
						2,95
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo.		3,00	2,96	0,09
						0,09
Costo unitario directo por: m³						6,00

Cuadro 19. Análisis de costos unitarios de refuerzo metálico en ventana de captación
 Partida : 06.01.00
 Rendimiento : m²/día

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Materiales						
519601	VENTANA DE FIERRO	Pza.		1,00	90,00	90,00
						90,00
					Costo unitario directo por: M2	90,00

Cuadro 20. Análisis de costos unitarios de transportes de materiales
 Partida : 06.03.00
 Rendimiento : glb/día

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Materiales						
320110	TRANSPORTE DE MATERIALES	Glb.		1,00	100,00	100,00
						100,00
					Costo unitario directo por: Glb.	100,00



Fig. 24 Medición del caudal mínimo



Fig. 25 Reconocimiento del terreno



Fig. 26 Trazo y replanteo del terreno



Fig. 27 Bocatoma con azud tipo Creager concluida