

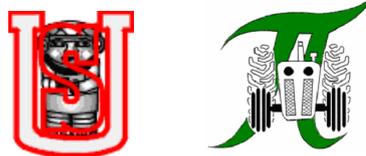


**DISEÑO DE UNA ALTERNATIVA DE ABASTECIMIENTO,
CANALES ABIERTOS Y ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DEL
RIEGO POR SUPERFICIE EN LA GRANJA EXPERIMENTAL
DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA.**

**DAMARIS PERDOMO MEDINA
EDINSON MUJICA RODRÍGUEZ**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de
Ingeniero Agrícola**

**Director:
MSc. JAIME IZQUIERDO BAUTISTA.**



**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRICOLA
NEIVA
NOVIEMBRE, 2009**



**DISEÑO DE UNA ALTERNATIVA DE ABASTECIMIENTO,
CANALES ABIERTOS Y ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DEL
RIEGO POR SUPERFICIE EN LA GRANJA EXPERIMENTAL
DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA.**

**DAMARIS PERDOMO MEDINA.
EDINSON MUJICA RODRÍGUEZ.**

**Director:
MSc. JAIME IZQUIERDO BAUTISTA.**



**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRICOLA
NEIVA
NOVIEMBRE, 2009**

Nota de aceptación

Firma del Jurado
Profesor **GILBERTO ALVAREZ LINARES**
Esp. Irrigación

Firma del Jurado
Profesor **MIGUEL GERMAN CIFUENTES PERDOMO**
Esp. Irrigación

Director
Profesor **JAIME IZQUIERDO BAUTISTA**
MSc. Ingeniería Civil.

Neiva, Noviembre de 2009

DEDICATORIA

Dedico este proyecto:

A Dios por ser mi guía, compañía incondicional y darme la felicidad de obtener este logro.

A mis padres Jesús Antonio Perdomo y Ofelia Medina por su enorme amor, apoyo, sabiduría. A ellos especialmente les agradezco todo lo que soy, y les dedico este logro con mi alma y corazón.

A mis hermanos Faiber, Melida y Nayibe por sus buenos deseos y por su incondicional apoyo.

A mis sobrinitos Jeisson, Saidy y Karen Natalia por sus sonrisas y alegrías brindadas en todo momento.

A Néstor Mauricio Arias por su amor, paciencia y sus buenos consejos para que este logro se hiciera realidad.

A todos ustedes no me cansare de darles las gracias por estar conmigo siempre y en el momento preciso.

Les dedico este logro, resultado de todos los esfuerzos que hoy se ven reflejados en este trabajo.

DAMARIS

Dedico este trabajo a mis padres, a mi hermano Julio Enrique que ya no nos acompaña, a mi hermano Juan Felipe, a mis sobrinitos Holman Steven y Johan David Mujica y a Jehová Dios por darme salud y entendimiento para alcanzar este logro.

A todas las personas que me ayudaron para juntar esfuerzos en esta carrera de la vida, a mis tías Gloria, Elsa y a mis primos. Y a toda la familia que siempre me ha brindado su apoyo.

EDINSON

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Jehová Dios por darme la vida y la sabiduría.

Agradezco con el corazón a mis padres Emma Rodríguez Perdomo y Julio Enrique Mujica Pico por todo el cariño que me han brindado a lo largo de mi vida. Gracias a mis tías Elsa Mujica P, y Gloria Rodríguez por ser otras madres para mi, y por su preocupación para ayudarme en todo lo que pudieron colaborar.

Agradezco a mi hermano Pipe por ser mi compañía en la casa durante toda la carrera, a mi hermano Julio Enrique Mujica Rodríguez por su buen ejemplo, por enseñarme a tener buenos sentimientos y ser una gran persona.

A Doña Gladys Quino por ser una persona tan querida, dispuesta siempre a colaborar, especialmente y con mucho afecto, por todo lo que me ayudo en mi instancia en la Universidad.

Al Ing. Jaime Izquierdo por ayudarnos en la realización de este trabajo de grado, al profesor Gilberto Alvares L, por su valioso apoyo para la correcta terminación de este documento, al Ing. Miguel Germán Cifuentes por el conocimiento en riegos aportado durante la carrera.

Al grupo de investigación GHIDA, a los profesores Armando Torrente y Rodrigo Pachón por acogerme en el grupo que está en su buena dirección. Por sus consejos y por el conocimiento que compartieron para mi formación profesional.

Al ingeniero Ángel María Tierradentro actual administrador de la granja por colaborarnos con el transporte para movilizarnos a la granja, a nuestros cadeneros que nos colaboraron en el trabajo de campo, Elsa Viviana Quintero, Diana Rocío Medina, Diana Carolina Polania, Wilmer Arbey García, Favio Nelson Martínez.

EDINSON

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la vida y el entendimiento para realizar este trabajo.

Agradezco a mis padres Jesús Antonio Perdomo y Ofelia Medina por todo el amor y la colaboración que me han brindado a lo largo de mi vida. A mis hermanos por todo el apoyo y la comprensión que me han tenido.

A Doña Gladys Quino por ser una persona tan querida, dispuesta siempre a colaborar, especialmente y con mucho afecto, por todo lo que me ayudo en mi instancia en la Universidad.

Al Ing. Jaime Izquierdo por ayudarnos en la realización de este trabajo de grado, al profesor Gilberto Alvares L, por su valioso apoyo para la correcta terminación de este documento, al Ing. Miguel Germán Cifuentes por el conocimiento en riegos aportado durante la carrera.

Al grupo profesor Rodrigo Pachón por sus consejos y por el conocimiento que compartió para mi formación profesional.

Al ingeniero Ángel María Tierradentro actual administrador de la granja por colaborarnos con el transporte para movilizarnos a la granja, a nuestros cadeneros que nos colaboraron en el trabajo de campo, Elsa Viviana Quintero, Diana Rocío Medina, Diana Carolina Polania, Wilmer Arbey García, Favio Nelson Martínez.

A mis compañeros y amigos Helmer Alexis Guzmán alias Chiqui, a Diana Rocío Medina alias Sirena, Diana Katherine Cifuentes alias la rola, Mauricio Perdomo, Favio Nelson Martínez, Luís Enrique Cuellar y a mi compañero de tesis Edinson Mujica R por su compañía y momentos de alegría durante la carrera.

DAMARIS

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
2. MARCO TEÓRICO	21
3. METODOLOGÍA	26
3.1. Localización del proyecto	26
3.1.1. Ubicación General y Características del Área de Estudio	27
3.1.2. Descripción de los suelos	27
3.1.3. Propiedades Físicas	27
3.1.4. Propiedades hidrodinámicas de los suelos	28
3.1.5. Balance hídrico	28
3.2. Desarrollo del Proyecto	29
3.2.1. Trabajo de Campo	30
3.2.1.1. Nivelación	31
3.2.1.2. Aforo Canaletas WSC	33
3.2.1.3. Registro Fotográfico	33
3.2.2. Trabajo de Oficina	34
3.2.2.1. Optimización Abastecimiento Actual	34
3.2.2.2. Diseño de la Conducción para nueva Alternativa de Abastecimiento	34
3.2.2.3. Diseño Compuerta Predial	34
3.2.2.4. Diseño Cárcamo	34
3.2.2.5. Caseta de Bombeo	35
3.2.2.6. Diseño Tanque Disipador de Energía	35
3.2.2.7. Opciones de Revestimiento	35
3.2.2.8. Trazado de Canales Abiertos	35
3.2.2.9. Diseño de Canales Abiertos	35
3.2.2.10. Diseño de Estructuras Hidráulicas	36
3.2.2.11. Cantidades de Obra	36
3.2.2.12. Análisis de Precios Unitarios	36
3.2.2.13. Presupuesto	36
3.2.2.14. Planos	37
4. RESULTADOS	38
4.1. Optimización Abastecimiento Actual	38
4.1.1. Cantidades de Obra	39
4.2. Diseño de la Conducción para Nueva Alternativa de Abastecimiento	40
4.3. Desarenador	43
4.4. Aforador Parshall	44
4.5. Las cajillas de inspección	47

4.6.	Dimensiones de las Zanjas	48
4.7.	Diseño Compuerta Predial	49
4.8.	Diseño Cárcamo	51
4.8.1.	Muros Laterales y Principales	52
4.8.2.	Muros (Cara Interior)	54
4.8.3.	Diseño Placa de Fondo	56
4.9.	Caseta de Bombeo	59
4.10.	Diseño Tanque Disipador de Energía	59
4.11.	Distribución de áreas y utilización del agua	60
4.12.	Modulo de riego	60
4.13.	Opciones de Revestimiento	62
4.13.1.	Opción 1. Canales en Tierra	62
4.13.1.1.	Trazado de Canales Abiertos	62
4.13.1.2.	Diseño de Canales Abiertos	66
4.13.1.3.	Diseño de Estructuras Hidráulicas	68
4.13.1.3.1.	Aforador Parshall	69
4.13.1.3.2.	Aforador Ballofet	69
4.13.1.3.3.	Estructura de caída escalonadas	71
4.13.1.4.	Cantidades de obra	74
4.13.2.	Opción 2. Canales en Suelo - Cemento	75
4.13.2.1.	Trazado de Canales Abiertos	76
4.13.2.2.	Diseño de Canales Abiertos	77
4.13.2.3.	Diseño de Estructuras Hidráulicas	78
4.13.2.3.1.	Aforador Parshall	79
4.13.2.3.2.	Aforador Ballofet	79
4.13.2.3.3.	Estructuras disipadoras de energía	79
4.13.2.4.	Cantidades de Obra	79
4.13.3.	Opción 3. Canales en Concreto	81
4.13.3.1.	Trazado de Canales Abiertos	81
4.13.3.2.	Diseño de Canales Abiertos	82
4.13.3.3.	Diseño de Estructuras Hidráulicas	83
4.13.3.4.	Cantidades de Obra	85
4.14.	Curvas de Aforo Canaletas WSC	86
4.15.	Análisis de Precios Unitarios (APU)	92
4.16.	Presupuesto Optimización Línea de Abastecimiento Actual	96
4.17.	Presupuesto nueva alternativa abastecimiento	96
4.18.	Presupuesto Opción 1 Canales en Tierra	97
4.19.	Presupuesto Opción 2 Canales en Suelo Cemento	98
4.20.	Presupuesto Opción 3 Canales en Concreto	99
	CONCLUSIONES	103
	RECOMENDACIONES	105
	BIBLIOGRAFIA	106

ANEXOS	109
REPORTE FOTOGRAFICO	133

LISTA DE TABLAS

Tabla		Pág.
1	Clasificación agrológica de los suelos de la granja la universidad	28
2	Selección diámetro y n _o de tubería. Alcantarillas 1y 2	41
3	Dimensiones de la canaleta Parshall calculada	45
4	Datos curva de aforo Canaleta Parshall	46
5	Coeficiente experimental c	49
6	Patronamiento de la compuerta de predial	51
7	Datos para el calculo del modulo de riego	61
8	Resultados del modulo de riego para las cuatro series	62
9	Relaciones geométricas de las secciones transversales	63
10	Taludes máximos recomendados para canales sin o con revestimiento	63
11	Coeficiente "n" de manning	64
12	Valores típicos de la permeabilidad	64
13	Velocidades máximas permitidas en canales en (m/seg), de acuerdo al material del lecho y al material transportado por el agua	64
14	Diseño Canal Oriental Opción 1	67
15	Diseño Canal Central Opción 1	67
16	Diseño Canal Occidental Opción 1	67
17	Diseño Canal Triangulo Opción 1	67
18	Diseño Canal Lagos Opción 1	68
19	Estructuras hidráulicas opción 1	68
20	Curva aforo Ballofet.	70
21	Movimientos de tierra; Corte y relleno. Opción 1	74
22	Volumen de tierra para todos los canales. Opción 1	74
23	Localización de los canales en sus diversas series de suelo de la granja	75
24	Diseño Canal Oriental. Opción 2.	77
25	Diseño Canal Central. Opción 2.	77
26	Diseño Canal Occidental. Opción 2	77
27	Diseño Canal Triangulo. Opción 2	78
28	Diseño Canal Lagos. Opción 2.	78
29	Estructuras Hidráulicas. Opción 2	78
30	Movimientos de tierra; Corte y relleno. Opción 2	80
31	Movimientos de tierra para todos los canales. Opción 2	80
32	Diseño Canal Oriental. Opción 3	82
33	Diseño Canal Central. Opción 3	83
34	Diseño Canal Occidental. Opción 3	83
35	Diseño Canal Triangulo. Opción 3	83

36	Diseño Canal Lagos. Opción 3	83
37	Estructuras Hidráulicas. Opción 3	84
38	Movimientos de tierra; Corte y relleno. Opción 3	85
39	Volumen de tierra para todos los canales. Opción 3	85
40	Aforo balde de 10lt (aguja limnimetrica 1)	87
41	Aforo balde de 10lt (aguja limnimetrica 1)	87
42	Aforo Canaleta WSC1	88
43	Aforo Canaleta WSC 2	89
44	Aforo Canaleta WSC 3	90
45	Aforo Canaleta WSC 4	91
46	Aforo Canaleta WSC 5	92
47	Presupuesto optimización línea de abastecimiento actual	96
48	Presupuesto nueva alternativa línea de abastecimiento	96
49	Presupuesto Opción 1. Sin revestir	97
50	Presupuesto Opción 2. Suelo-cemento	98
51	Presupuesto Opción 3. Concreto	99

LISTA DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Localización General de la Granja de la Universidad Surcolombiana	27
2	Balance hídrico cultivo de arroz	29
3	Vista de perfil de una canaleta WSC, con cada una de sus partes	87
4	Canal circular	41
5	Canaleta Parshall	45
6	Cajilla de inspección	47
7	Dimensionamiento de zanjas	48
8	Esquema de una estructura de caída	71
9	Estructura de caída en gaviones con contravertedero	73
10	Régimen de flujo saltante en una estructura escalonada	73
11	Reglilla para determinar la altura del agua en la canaleta WSC.	87
12	Montaje aforo canaletas	88

LISTA DE ANEXOS

Anexo		Pág.
1	Canaleta Aforadora WSC Modificado	110
2	Dimensiones y Capacidades de las Canaletas de Medición. Parshall, para varios anchos de garganta, W	111
3	Evapotranspiración	112
4	Precipitación Efectiva	113
5	Identificación y medición canaletas aforadoras Washington Estate College (WSC)	114
6	Dimensiones de la zanja y carga del terreno sobre la tubería	115
7	Flexión para concreto $f_y = 4200 \text{ kg/cm}$ y $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	117
8	Áreas para varias combinaciones de barras (mm^2)	118
9	Ancho mínimo de vigas (mm)	118
10	Movimientos de tierra. Canal oriental. Opción 1	118
11	Movimientos de tierra. Canal central. Opción 1	119
12	Movimientos de tierra. Canal occidental. Opción 1	120
13	Movimientos de tierra. Canal triangulo. Opción 1	120
14	Movimientos de tierra. Canal lagos. Opción 1	121
15	Movimientos de tierra. Canal oriental. Opción 2	121
16	Movimientos de tierra. Canal central. Opción 2	123
17	Movimientos de tierra. Canal occidental. Opción 2	123
18	Movimientos de tierra. Canal triangulo. Opción 2	124
19	Movimientos de tierra. Canal lagos. Opción 2	124
20	Movimientos de tierra. Canal oriental. Opción 3	125
21	Movimientos de tierra. Canal central. Opción 3	126
22	Movimientos de tierra. Canal occidental. Opción 3	126
23	Movimientos de tierra. Canal triangulo. Opción 3	127
24	Movimientos de tierra. Canal lagos. Opción 3	128
25	Lecturas caudales. Canaleta wsc 1	128
26	Lecturas caudales. Canaleta wsc 2	129
27	Lecturas caudales. Canaleta wsc 3	130
28	Lecturas caudales. Canaleta wsc 4	131
29	Lecturas caudales. Canaleta wsc 5	132

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica		Pág.
1	Curva de aforo Canaleta Parshall	47
2	Curva de calibración compuerta predial	51
3	Curva de aforo Canaleta Ballofet	70
4	Curva de aforo Canaleta 1	89
5	Curva de aforo Canaleta 2	90
6	Curva de aforo Canaleta 3	90
7	Curva de aforo Canaleta 4	91
8	Curva de aforo Canaleta 5	92

LISTA DE PLANOS

Plano

- 1 Clasificación de los suelos de la Granja
- 2 Línea de abastecimiento actual
- 3 Nueva línea de abastecimiento
- 4 Desarenador – Tanque Disipador de Energía
- 5 Canaleta Parshall – Canaleta Ballofet
- 6 Compuertas Tipo 1, Tipo 2 y Tipo 3.
- 7 Cárcamo y caseta de bombeo
- 8 Distribución general
- 9 Canal Oriental. Opción 1, 2 y 3.
- 10 Central. Opción 1, 2 y 3.
- 11 Canal Occidental. Opción 1, 2 y 3.
- 12 Canal Triangulo. Opción 1,2 y 3.
- 13 Canal Lagos. Opción 1, 2 y 3.
- 14 Estructuras de caída. Opción 1,2 y 3.

RESUMEN

La granja de la Universidad tiene actualmente canales abiertos en tierra en malas condiciones, canales con formas irregulares ocasionadas por la erosión, la falta de mantenimiento, el uso indiscriminado del agua y la indebida aplicación del riego por superficie, que le resta eficiencia al sistema. Es por esto, que surgió la necesidad de crear este proyecto que se basa fundamentalmente en el trazado y diseño de la red de canales de la granja, Canal Oriental, Canal Central, Canal Occidental, Canal Triangulo y Canal Lagos, proponer tres opciones de revestimiento y el diseño de sus estructuras hidráulicas que aumenten la eficiencia del riego.

Se plantearon estructuras hidráulicas de control, disipadores de energía, aforo, reparto y caídas de altura, que respectivamente permitirán; disminuirle energía al agua para evitar erosión y tomar lectura en los aforadores, cuantificar el agua que pasa por los canales y que se entrega en las salidas a los lotes, estructuras de reparto (compuertas) para distribuir el agua en las piscinas y melgas, estructuras de caída necesarias por los cambios de altura en la conducción. Para regar el cultivo de arroz que es el cultivo que más demanda agua y cualquier otro tipo de cultivo que se desee sembrar en esta área se puedan también, satisfacer sus requerimientos hídricos.

Para estos canales se propusieron entonces, tres opciones de revestimiento que son en su orden; sin revestimiento, revestimiento con una mezcla de suelo-cemento que es una nueva alternativa, económica, no muy utilizada pero que puede dar resultado en la granja y puede servir de experimentación para nuevas tesis de grado que se desarrollen. Y la tercera y última opción que es el revestimiento en concreto.

Una vez comenzado el trabajo, surgió la necesidad de tener una nueva línea de abastecimiento para ese riego por superficie, entonces se realizó el diseño de una nueva línea de abastecimiento que viene desde el canal OPIA del distrito de riego ASOJUNCAL, en la parte final de este, captando 30 l/s de agua, bordeando la carretera vía Neiva, hasta antes de la granja en el lote vecino que colinda por la parte Sur, donde se propone comprar unos metros cuadrados para realizara el cárcamo; esto con la idea de cambiar la línea de aducción que se encuentra actualmente, porque ya cumplió su vida útil, y está viene presentando problemas de vecindad.

El documento contiene además, las cantidades de obra, presupuesto general, análisis de precios unitarios, planos detallados de la conducción de abastecimiento, canales abiertos, perfiles, estructuras hidráulicas y construcciones adicionales que incluye el proyecto.

Palabras claves: riego por superficie, canal abierto, Abastecimiento.

ABSTRACT

The farm of the University currently has open channels on the ground in poor conditions, irregularly shaped channels caused by erosion, lack of maintenance, the indiscriminate use of water and the inappropriate application of surface irrigation, which reduces efficiency of the system. Because of this, it became necessary to create this project which relies heavily on the layout and design of the network of farm channels, Canal East, Central Canal, Western Canal, Canal and Canal Lakes Triangle, propose three options for coating and design of hydraulic structures to increase irrigation efficiency.

Were raised, water-control structures, dissipating energy, capacity, distribution and falls from height, which respectively allow, reduce energy to water to prevent erosion and make reading in the flumes to quantify the water passing through the channels and is delivered in Outputs lots, delivery structures (gates) to distribute water in pools and Melgar, drop structures required by changes in driving high. To water the rice cultivation is more demand than water and any other type of crop to be planted in this area can also satisfy their water requirements.

For these channels were proposed then, three coating options are in order, without coating, coating with a mixture of soil-cement is a new alternative, economically, not much used but that can work on the farm and can serve testing for new theses to be developed. And the third and final option is the concrete coating.

Once work started, it became necessary to have a new supply line for the irrigation area, then we realized the design of a new supply line coming from the channel OPIA ASOJUNCAL irrigation district, at the end of this, capturing 30 l / s of water, along the road via Neiva, even before the farm in the adjacent lot that borders the southern part, where it intends to buy a few square meters to carry out the sump, that the idea of changing adduction line which is now, because it served its useful life, and because it is presenting problems between neighbors.

The document also contains quantities of work, budget, analysis of unit prices, detailed plans for conducting supply, open channels, profiles, hydraulic structures and additional buildings, including the project.

Key Words: irrigation by surface, open channel, Supplying.

INTRODUCCION

Colombia es un país rico en recursos hídricos pero a su vez muy pobre por el uso irracional de este recurso, por tal motivo las políticas de adecuación de tierras existentes en el país están conduciendo a su optimización.

Los recursos más limitantes en nuestro país son la energía y el capital. El riego por superficie, por ser el que demanda un menor uso de estos recursos limitantes es el método de riego más apropiado para la mayoría de las situaciones de producción y además el de mayor utilización en el departamento del Huila.

Hay entonces, dos circunstancias importantes que hacen retomar el interés del riego por superficie en el Huila y en todo el país y ubicarlo en situación ventajosa respecto a otros métodos que lo sustituyen; el primero de ellos, la crisis energética, que incrementó sustancialmente los costos de operación del riego a presión; segundo, la disponibilidad de equipo de rayos Láser para realizar los trabajos topográficos del movimiento de tierras con alto grado de precisión, o los costos que ameritan la implementación de un riego a presión. Ante tales acontecimientos, se han retomado líneas de investigación en hidráulica de riego por superficie.

Como se sabe, el recurso hídrico es indispensable para la producción agrícola para satisfacer la transpiración de las plantas, la evaporación entre otros y aun más en sectores con periodos de déficit hídrico prolongado como el que se presenta en el sector del valle Huilense del Magdalena donde se encuentra la granja de la Universidad, lugar donde se desarrollará el proyecto.

En el riego por superficie utilizado en la granja y en general en estos sistemas se producen muchos inconvenientes por las pérdidas de agua ocasionadas en su conducción. Luego es indispensable realizar los cálculos para el redimensionamiento de los canales, cálculo de la cantidad de obra para su revestimiento con presupuesto o idear otra forma para minimizar las pérdidas significativas que se presentan.

Además de esto, se hace necesario un mejor control para la utilización efectiva del agua, control que incluye el diseño de estructuras de aforo y reparto para poder cuantificar realmente la cantidad que se está aplicando al cultivo. Se realizará igualmente el presupuesto y planos necesarios para la ejecución y la documentación completa de los resultados obtenidos en los estudios que se adelanten en la investigación.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la granja experimental de la universidad se presenta un uso ineficiente del agua de riego; desde el bombeo en el canal de aducción hasta la conducción en el lote de los 30 l/s que aproximadamente se entregan para el riego por superficie y a presión. Las pérdidas de agua por infiltración en la conducción por los canales abiertos en tierra son grandes debido a la textura gruesa del suelo (Franco arenosa, FA), además, se presenta erosión por la inestabilidad del mismo que ocasiona la forma irregular de los canales y pérdidas por escorrentía.

Esta situación no debería presentarse y por el contrario, la Granja experimental debería ser el modelo a seguir, como un centro de investigación y extensión para promover procesos y prácticas de adecuación de tierras dirigidas al mejoramiento y ampliación de la frontera agrícola e incentivar la realización de actividades de carácter académico, como la debida utilización de suelos.

En la actualidad se deberían estar utilizando métodos de riego cuantificados en donde se controlen los tiempos de riego en función del volumen de agua a aplicar, para de esta manera proteger y conservar el recurso hídrico y los suelos agrícolas. Es por esta razón que las estructuras hidráulicas de aforo y de reparto son necesarias para ayudar a cuantificar el agua que ingresa a la granja y se distribuye en el lote para no seguir realizando el riego corrido incontrolado donde se desperdician grandes volúmenes de agua.

Los sistemas agrícolas de producción y especialmente la relacionada con el cultivo de arroz, demandan altos volúmenes de agua que hacen insostenibles esta actividad. Por lo anterior, se requieren mayores esfuerzos en investigación dirigida a hacer más eficiente la producción agrícola con riego mediante el empleo de láminas estrictamente necesarias en el beneficio del cultivo, evitándose daños a la plantación, a los suelos y como consecuencia mayores costos en producción.

La eficiencia con que se aplica el agua de riego al suelo depende de dos factores fundamentales: las características hidrodinámicas del suelo, que se pueden mejorar pero tarda y cuesta mucho, y el manejo de agua durante el riego. En el manejo del agua se distinguen varios aspectos que interactúan e inciden en forma determinante en la eficiencia de aplicación del agua de riego: el diseño del sistema de riego, los caudales utilizados, la frecuencia y el tiempo de riego.

Pero, ocurre con frecuencia que las características de manejo del agua de riego son tradicionales y tienden a mantenerse en el tiempo transmitidas de un agricultor a otro, como ocurre con el riego del cultivo de arroz en el departamento del Huila donde sin mayores variaciones se imita la forma de riego entre zonas de suelos muy diversos en sus características. Los

métodos utilizados son de riego corrido o riego opita como también se conoce, sin avances ni mejoras significativas que cambien esta concepción y estas malas prácticas.

El objetivo de la adecuación de tierras es entonces, una salida con miras a la optimización de los recursos suelo - agua, a fin de proporcionar a los cultivos un medio adecuado para su normal crecimiento, desarrollo y producción con el buen manejo de los recursos disponibles. En la actualidad, la población sobre la tierra es mayor y la producción de alimentos también debe aumentar, siendo esta situación un reto para la agricultura; por tanto, existe la necesidad urgente de dar soluciones al problema del abastecimiento y control del agua, buscando alternativas prácticas y económicas.

2. MARCO TEORICO

El riego por superficie en el mundo es el sistema que abastece el mayor número de hectáreas de cultivos. Primero por el método tradicional, asociado al desarrollo de la agricultura en las zonas áridas desde los albores de la civilización. Segundo porque se aplica con estructuras e implementos muy simples, siendo la propia superficie del terreno el medio conductor del agua.

El riego por superficie es un método particularmente recomendable en terrenos llanos o con pendientes muy suaves en las que no sea preciso realizar una explanación del suelo, que es costosa y puede afectar negativamente al suelo. Es el método de riego menos costoso en instalación y mantenimiento, y una vez que el agua llega a la parcela no existe coste en la aplicación del agua. Es con diferencia el sistema de riego que utiliza el agua de forma menos eficiente, aun cuando se realiza un adecuado diseño y manejo de los riegos¹.

Sin embargo son muy pocos los avances de ingeniería que se realizan en este campo comparado con el riego a presión. Lo irónico es, que aunque este método es mucho más económico para la instalación y operación no se invierte en corregir los problemas que durante la historia que lleva se vienen presentando por su utilización.

Los canales de riego tienen la función de conducir el agua desde la captación hasta el campo o huerta donde será aplicado a los cultivos. Son obras de ingeniería importantes, que deben ser cuidadosamente pensadas para no provocar daños al ambiente y para que se gaste la menor cantidad de agua posible. Están estrechamente vinculados a las características del terreno, generalmente siguen aproximadamente las curvas de nivel de este, descendiendo suavemente hacia cotas más bajas (dándole una pendiente descendente, para que el agua fluya más rápidamente y se gaste menos líquido)².

El trapecio es la forma más común para canales con banquetas en tierra sin recubrimiento, debido a que proveen las pendientes necesarias para la estabilidad³.

¹ http://www.elriego.com/informa_te/riego_agricola/fundamentos_riego/riego_superficie.htm.
13 de marzo de 2009. 3:00 p.m.

² Artículo: Canal de riego. http://es.wikipedia.org/wiki/Canal_de_riego.
24 de Marzo/2009; 10:00 a.m.

³ El flujo en canales abiertos y su clasificación
<http://www.monografias.com/trabajos14/canales-abiert/canales-abiert.shtml>.
monografias.com. 20 de octubre de 2009. 10:00 a.m.

Según Ojeda (1995), La velocidad del flujo está limitada por la sedimentación y la erosión en el canal. Por lo tanto, la velocidad que se escoja, no debería producir ninguno de estos dos fenómenos. Lograr esto en muchos casos no es posible.

No pueden fijarse valores límites constantes para la velocidad mínima ni para la máxima puesto que cada caso en particular es diferente. Por otra parte, para lograr diseños económicos, es conveniente escoger velocidades de diseño lo más altas que sea posible sin que sean erosivas. Por este motivo se le da más importancia a la velocidad máxima que a la mínima.

Para canales revestidos las velocidades pueden ser altas. Sin embargo debe tenerse presente que aún materiales muy cohesivos como el concreto puede erosionarse. Por lo tanto para canales revestidos en concreto reforzados ó simples se recomiendan los valores máximos siguientes; para canales con funcionamiento permanente velocidad máxima de 4 m/sg, ara canales con funcionamiento esporádico velocidad máxima de 15m/sg.

La rugosidad se determina según el acabado o revestimiento del lecho. Se busca en tablas de manuales u otras fuentes dependiendo de la ecuación que se utilice para el diseño del canal.

Según Silva, dentro de las estructuras hidráulicas, existen diferentes tipos de vertederos que se clasifican de acuerdo con el espesor de la cresta y con la forma de la sección de flujo. En el primer caso se habla de vertederos de pared delgada, vertederos de pared gruesa y vertederos con cresta en perfil de cimacio. En el segundo se clasifican como vertederos rectangulares, trapezoidales, triangulares, circulares, parabólicos, proporcionales, etc.

Las compuertas a su vez se clasifican como deslizantes y radiales. Las rampas, escalones y disipadores de energía para controlar las velocidades en tramos de alta pendiente se pueden utilizar combinaciones de rampas y escalones, siguiendo las variaciones del terreno. Las rampas son canales cortos de pendiente fuerte, con velocidades altas y régimen supercrítico; los escalones se forman cuando se colocan caídas al final de tramos de baja pendiente, en régimen subcritico.

Las pérdidas de energía son ocasionadas por choque contra una pantalla vertical en Disipadores de Impacto, por caídas consecutivas en Canales Escalonados, o por la formación de un resalto hidráulico en Disipadores de Tanque.

Según Pedroza, El aforador Parshall es una estructura hidráulica que permite medir la cantidad de agua que pasa por una sección de un canal. Consta de cuatro partes principales: Transición de entrada, Sección convergente, Garganta, Sección divergente.

En la transición de entrada, el piso se eleva sobre el fondo original del canal, con una pendiente suave y las paredes se van cerrando. Ya sea en línea recta o circular. En la sección convergente, el fondo es horizontal y el ancho va disminuyendo. En la garganta el pico vuelve a bajar para terminar con otra pendiente ascendente en la sección divergente. En cualquier parte del aforador, desde el inicio de la transición de entrada hasta la salida, el aforador tiene una sección rectangular.

Junto a la estructura del aforador se tienen dos pozos laterales o tanques con la misma profundidad, o mayor, que la parte más baja del aforador. El agua que escurre por el aforador pasa a estos tanques por medio de unas perforaciones colocadas en la pared de la sección convergente y en la garganta. Fundamentalmente, el aforador es una reducción de la sección que obliga al agua a elevarse, y volver a caer hasta la elevación que se tenía sin la presencia del aforador.

Las canaletas WSC (Washington State College) es otro aforador de profundidad crítica de un diseño similar al Parshall, que resulta particularmente útil como aforador portátil para mediciones eventuales de pequeños caudales en corrientes o canales sin revestir (Chamberlain 1952). Se puede prefabricar en fibra de vidrio o en láminas finas de metal e instalarse en unos pocos minutos⁶.

Canaleta Ballofet⁷ pertenece a los aforadores de flujo crítico. Este aforador se caracteriza por tener paredes paralelas y fondo plano, por lo cual se hace extremadamente fácil su construcción, a la vez posee características de solidez y resistencia a las condiciones de campo. Además, si se presenta escurrimiento crítico en la garganta, no se ve afectada por problemas de sedimentación.

Su estructura es sencilla, y en el caso de instalarla en un canal rectangular ya construido resulta económica. Cálculo de descarga en condiciones de flujo libre.

Canales sin revestir, el agua se aplica directamente sobre la superficie del suelo por gravedad o escurrimiento. El propio suelo actúa como sistema de distribución dentro de la parcela desde la zona próxima al lugar de suministro, denominado cabecera de la parcela, hasta llegar a todos los puntos de ella. Finalmente el agua alcanza la cola de la parcela.

⁶ Depósito de documentos de la FAO, CAPITULO 4; Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y la escurrimiento. Producido por: dpto. de desarrollo sostenible.
<http://www.fao.org/docrep/T0848S/t0848s06.htm>. 16 Febrero/09; 02:12 p.m.

⁷ Medición de caudales. <http://html.rincondelvago.com/medición-de-caudales.html>. 07 Octubre del 2009, 8:00 a.m.

El agua puede llegar hasta la parcela por medio de cualquier sistema de distribución, bien por tuberías (normalmente a baja presión) o por una red de canales y acequias donde el agua circula por gravedad. Una vez que el agua está en cabecera no es preciso dotarla de presión ya que se vierte sobre el suelo y discurre libremente, lo que supone evitar tener en la parcela un complejo sistema de tuberías y piezas especiales para distribuir el agua a presión así como un ahorro de energía ya que no se precisan sistemas de bombeo.

El suelo-cemento consiste en la mezcla íntima de suelo con cemento compactado en su contenido óptimo de humedad. La función del cemento es aglutinar el material y convertirlo en una masa endurecida de carácter estable. El agua hidrata el cemento y ayuda a obtener la máxima densidad lubricando los granos y partículas de suelo. Una vez que el suelo-cemento ha sido mezclado y compactado, se inicia la acción del cemento que, provoca el endurecimiento de la masa.

El Suelo Cemento es una mezcla de tierra tamizada (malla de 0.5 cm aproximadamente), arena común y cemento, de modo que la relación volumétrica entre los primeros dos sea 2:1.

Las dosis de cemento se calculan como porcentaje en peso del material seco.

La humedad de la tierra durante el apisonamiento puede ser del 18 % base húmeda.

La combinación ideal del suelo es: 70-80% de arena, 20 a 30% de limo, 5 a 10% de arcilla. Si los suelos son muy arenosos, van a requerir la incorporación de más cemento y a los arcillosos hay que agregarles más arena. Los suelos limosos con un 50 % de arena se estabilizan con un 10% de cemento.

La humedad debe ser similar a la que tenía el suelo antes de ser excavado, entre el 8 y 16%. La forma práctica para ver si ya posee la consistencia adecuada consiste en tomar una porción de material en la mano y apretarla. Debe cohesionarse sin ensuciar la palma de la mano y se puede partir en dos. A este método se le conoce como "Medición de la Humedad Óptima en Campo".⁸

El concreto de uso común, o convencional, se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo.

⁸Suelo cemento; Wikipèdia la enciclopedia libre http://es.wikipedia.org/wiki/Suelo_cemento

En cuanto a la calidad de los agregados, es importante adecuarla a las funciones que debe desempeñar la estructura, a fin de que no representen el punto débil en el comportamiento del concreto y en su capacidad para resistir adecuadamente y por largo tiempo los efectos consecuentes de las condiciones de exposición y servicio a que esté sometido.

Finalmente, la compatibilidad y el buen trabajo de conjunto de la matriz cementante con los agregados, depende de diversos factores tales como las características físicas y químicas del cementante, la composición mineralógica y petrográfica de las rocas que constituyen los agregados, y la forma, tamaño máximo y textura superficial de éstos.

Existen otras opciones en revestimiento como el de las empresas Uralita Iberia S.A. y Ceramica Saloni S.A.⁹, que han solicitado una patente PCT, en la que se describe un invento basado en una pieza de revestimiento cuyo resultado final es el de resaltar una placa de material frágil, tal como una lámina cerámica o pétreo de grandes dimensiones, en la cara vista.

La invención resolvería los inconvenientes de colocación de piezas de grandes dimensiones tanto estructuralmente como posicionalmente en el encuentro con otras piezas en la posición final en el revestimiento.

Con este invento las grandes dimensiones de las piezas permitirían que cada pieza colocada implique una gran área cubierta, reduciendo los gastos de instalación. Además, el poco grosor, implica un menor coste de la pieza en el material de mayor valor a la hora de fabricarla.

⁹ Revestimiento para paredes y método del montaje del revestimiento, <http://www.inventosnuevos.com/2009/02/revestimiento-para-paredes-y-metodo-de.html>. 8 de Noviembre de 2009.

3. METODOLOGÍA

3.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

3.1.1. Ubicación general y características del área de estudio

Por solicitud de la Universidad Surcolombiana al Instituto Colombiano de la Reforma Agraria (INCORA), en el año de 1979, se concedió a la Universidad un lote de aproximadamente 30 hectáreas, ubicado en el Distrito de Riego el Juncal municipio de Palermo en el departamento del Huila, aproximadamente a 9 kilómetros de la cabecera municipal de Neiva. Lo anterior obedeció a la necesidad del programa de Ingeniería Agrícola de la Universidad, de contar con un área para el desarrollo de sus actividades académico – practicas y de experimentación. (Guerrero, 1988).

La granja experimental de la Universidad Surcolombiana se halla situada geográficamente a los 2°5' latitud norte y los 75°20' latitud oeste, a una elevación de 450 m.s.n.m. en la zona afloran diferentes capas del grupo Honda y de la formación Mesa reportados por varios autores, los cuales atribuyen a la formación Honda espesores entre 1400 y 2600 metros ubicados al oeste de Campoalegre. (Jaramillo, 1983).

De acuerdo con el diagrama para la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo, por: L. R. Holdridge; presenta unos parámetros para determinar la zona o zonas de vida del área que se quiere clasificar; los cuales son la biotemperatura anual, precipitación total anual y la relación de evapotranspiración potencial, que separa 120 zonas de vida en el mundo, estos parámetros a su vez corresponde a líneas horizontales y oblicuas, que conforman los hexágonos tridimensional; de acuerdo con esto la Granja experimental de la Universidad Surcolombiana está ubicada en la formación vegetal seco tropical (bs-T), con un promedio anual de lluvias de 1328,4 mm y biotemperatura de 25,4°C y pertenece a la Provincia de Humedad SUB-HUMEDO; siendo los meses de mayor precipitación Octubre, Noviembre y Diciembre; el periodo seco corresponde a los meses de Junio, Julio y Agosto. La red hídrica está conformada por el río Magdalena, el cual es la arteria principal del Distrito de Riego ASOJUNCAL y cerca al lote están las quebradas Gallinazo, Pajarito y Sardinata.

En la vegetación natural se encuentran las siguientes especies; Pegapega (*Desmodium* sp.), Mosquero (*Croto-Freeuginens*), Escoba dura (*Malvastum*-sp.), Guácimo (*Guazuma Sulmifolia*), Dinde (*Chlophoratimetoria*), Carbonero (*Callianfra glaberiana*), y algunas especies de cactus. (Jaramillo, 1983)¹².

¹² Tesis; Tafur Cerquera Carlos Alberto, Tovar Medina Ruby Mireya. Suministro y manejo del recurso hídrico en el centro piloto de riego a presión (CEPRAP) de la granja de la Universidad Surcolombiana municipio de Palermo dpto. Huila. 2008.

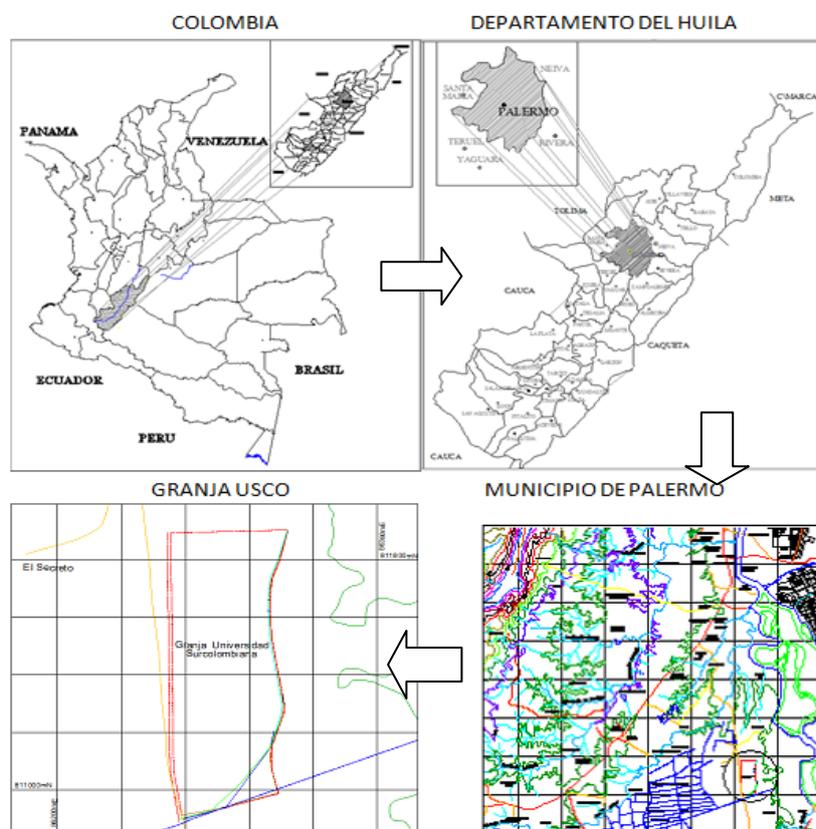


Figura 1. Localización General de la Granja de la Universidad Surcolombiana.

3.1.2. Descripción de los suelos.

Por la gran importancia que reviste la evaluación y clasificación agrológica de los suelos de la Granja La Universidad elaborada por Jaramillo 1983, y utilizada en la tesis Olaya Amaya Diego Fernando (2007), se cita a continuación en la Tabla 1, con las propiedades físicas, hidrodinámicas de los suelos de la granja y el Balance Hídrico para el arroz en la zona del Juncal.

Los suelos se caracterizan por topografía plana a ligeramente inclinada, profundidad efectiva superficial, escasa presencia de materia orgánica, con sectores de pedregosidad ligera a abundante, de texturas medias a livianas afectados por erosión laminar con alguna acumulación de sodio y poca cobertura vegetal, característico de la condición de clima cálido - seco dominante del norte del departamento del Huila.

3.1.3. Propiedades Físicas

La textura predominante en los suelos de la granja son los Franco arenoso "FA" a Arenoso franco "AF", la retención de humedad es baja ($CC = 20.5\%$, $PMP = 14.2\%$), la densidad aparente es alta ($Da = 1.71 \text{ gr/cm}^3$) asociada a procesos de compactación, disminución del espacio poroso por sobremecanización y monocultivo (Olaya Amaya, Diego 2007).

Tabla 1. Clasificación agrologica de los suelos de la Granja La Universidad.

SIGLA	SERIE	CLASIFICACIÓN AGROLÓGICA	CARACTERÍSTICAS
AG	AGUAS	III	Permanece inundado parte del año, el relieve es plano cóncavo, está formado por suelos superficiales con móteos de ligera a moderadamente sódicos.
CÑ	CAÑO	VII	Ocupa las partes más bajas del lote hay evidencia de que son drenaje natural del mismo es obvia la presencia de cauces, presenta pequeños taludes poco inclinados pero con severa erosión laminar y considerable pedregosidad superficial.
PDa	PIEDRAS ALTAS	VII	Ocupa las partes más altas del área y se caracteriza por suelos superficiales livianos y con abundante pedregosidad superficial, afectada por severa erosión laminar, poca cobertura vegetal, (generalmente herbácea).
PDb	PIEDRAS BAJAS	VII	Características muy similares a la anterior pero con disminución apreciable en la cantidad de piedras en superficie.
UD	UNIVERSIDAD	III	Ubicado al centro del lote, son suelos livianos, superficiales, de colores claros de baja fertilidad natural y contenido de sodio. Presenta relieve plano con pendiente menores de 1 %, presenta vegetación herbácea y algunos arbustos.
TR	TERRAZAS	IV	Relieve plano a ligeramente inclinado, texturas medias a livianas, superficiales con contenidos ligero a medio de sodio y afectada por una ligera erosión laminar.
BS	BOSQUE	IV	Similar a las terrazas, los procesos erosivos no se observan debido a su cobertura natural, presenta acumulación de materia orgánica lo cual le da coloración oscura.

Fuente: Olaya Amaya Diego Fernando (2007)

3.1.4. Propiedades hidrodinámicas de los suelos

Las propiedades hidrodinámicas de los suelos en el área de estudio presentan gran variación, además de su importancia al momento del diseño de riego superficial. La conductividad hidráulica media es de 1.105 m/día y la infiltración promedio está calculada en 5.11 cm/hora. (Olaya Amaya Diego 2007)

3.1.5. Balance hídrico

La zona del Juncal presenta dos periodos en donde la cantidad de la precipitación sobrepasa la evaporación, que son en el primer semestre del año en el mes de marzo y el segundo semestre en los meses de octubre, noviembre y diciembre, determinado así que las temporadas en donde los cultivos necesitan más agua debe coincidir con los meses de mayor precipitación, no obstante esta precipitación no es suficiente para suplir la demanda de agua de los cultivos haciéndose necesario la utilización de riego todo el año.

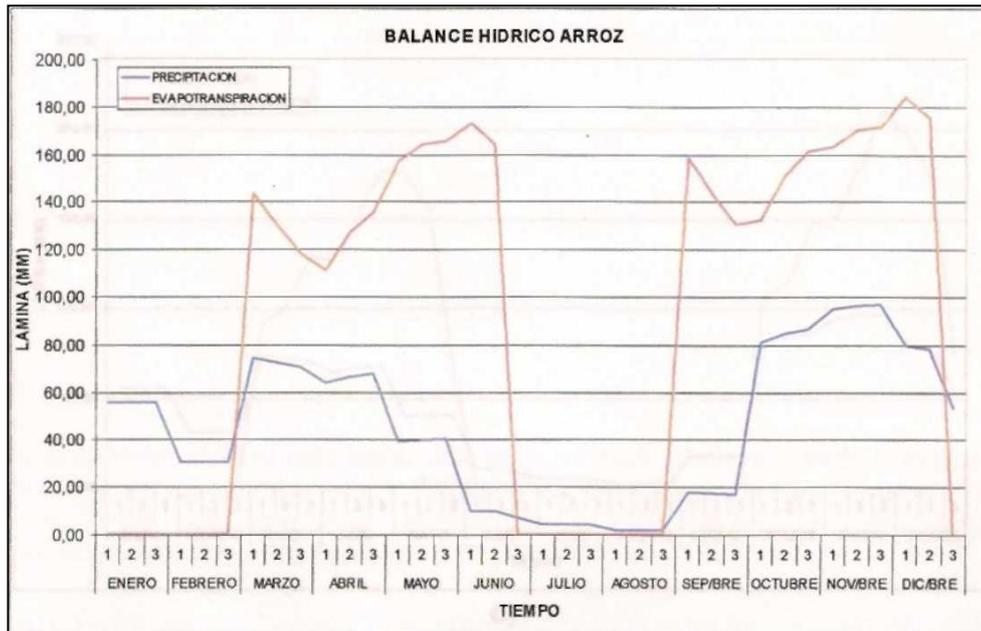


Figura 2. Balance hídrico cultivo de arroz. Fuente: Olaya Amaya Diego Fernando (2007)

En la zona de el juncal existen variedad de cultivos semestrales característicos que son: el arroz, el maíz y el sorgo entre otros, de los cuales el que más necesita agua es el arroz por ser un cultivo de inundación, generalmente son cultivos que se inician su siembra dos o tres semanas antes de que comiencen las precipitaciones, para tratar de usar el mínimo consumo de agua del distrito, ya que su costo es elevado.

El arroz es el cultivo mas sembrado en la zona del Juncal, representando la mayor actividad económica de los agricultores, el maíz y el sorgo se cultiva en menor proporción; ya que son cultivos semestrales se hacen dos cosechas al año, según la fenología y la variedad del cultivo, se determina el tiempo de duración desde la siembra hasta la cosecha.

Para la evapotranspiración del cultivo se tomo en cuenta el factor Kc obtenido de los ensayos experimentales hechos por CORPOICA "Nataima", para una duración total del cultivo del arroz de 110 días, se determinó la evapotranspiración, ver Anexo 3 y la precipitación efectiva, ver Anexo 4, se observó que es necesario implantar riego ya que el agua de la lluvia no suple toda la necesaria para el cultivo. Ver plano 1. Clasificación de los suelos de la Granja.

3.2. DESARROLLO DEL PROYECTO

Debido a las labores que se necesitaban desarrollar en el proyecto se planteó dividir el trabajo en dos etapas, la primera fue el trabajo de campo y la segunda las labores de oficina para análisis y proceso de la información recolectada.

3.2.1. TRABAJO DE CAMPO

Dentro de esta etapa se desarrollaron las siguientes actividades:

Reconocimiento de campo: Se realizó la visita ocular junto con el director del proyecto y uno de los jurados, en donde se observó detalladamente el área de estudio y todas las propuestas para la realización del proyecto y expectativas de este.

El recorrido incluyó el recorrido por la conducción de abastecimiento actual que inicia desde el canal 4C, hasta el cárcamo y la caseta de bombeo. Otra parte del recorrido partió desde el final del canal lateral 4 OPIA que abastece al canal 4C, vía a Neiva hasta la granja. Y, el último dentro de la granja para observar las conducciones por canales abiertos con el objetivo de revisar el estado de los canales, las estructuras, tuberías y los posibles mejoramientos a realizar con el desarrollo del proyecto.

Levantamientos Topográficos: En esta actividad se realizaron los levantamientos topográficos con la estación total referencia AZ2S NIKON, prestada por medio del laboratorio de Topografía de la Universidad Surcolombiana. Correspondientes a los siguientes trazados:

1) Nueva Alternativa de Abastecimiento.

Esta nueva alternativa de aducción parte desde el kilómetro 3k+200m del canal lateral 4OPIA perteneciente al distrito de riego ASOJUNCAL donde se captaran 30 L/s de agua que se vendrá por la margen izquierda de la carretera hasta 580 m de longitud y luego se pasará a la margen derecha de la vía y finalmente llegará a la granja en la parte anterior a los salones del centro experimental; donde se propone construir el cárcamo y la caseta de bombeo.

Para obtener el trazado definitivo se realizó el levantamiento a 1.5 m del lindero de los predios que colindan con la vía, en las márgenes de la carretera vía a Neiva por donde se propone pasará el agua por tubería enterrada.

Se realizó levantamiento topográfico detallando los cambios de dirección del trazado de la poligonal que presenta el eje final de conducción por donde pasará la tubería.

2) Canal Oriental

Ya dentro de los predios de la universidad, este levantamiento partió desde la alberca de distribución cerca a los reservorios hasta llegar a 750 m longitudinalmente a 5 m de separación de la cerca. Este canal se denominó así ya que se encuentra en la parte oeste de la granja de la Universidad.

Los cinco metros de separación que se dejaron se deben al ancho de la carretera prevista para el paso de la maquinaria, mantenimiento de los canales y demás labores culturales realizadas en el cultivo.

3) Canal Central

Este levantamiento parte desde la abscisa K0+240 m en el Canal Oriental, para cruzar la granja, hasta llegar al canal occidental. El canal se denominó Central ya que empieza en el canal oriental atravesando de costado a costado la granja de la Universidad hacia el canal occidental.

4) Canal Occidental

Este levantamiento no se realizó porque se utilizó el trazado actual que, derivando el agua de la parte final del canal central y de allí por todo el contorno occidental de la granja, rodeando los reservorios para vegetación que se han provisto, paralelo a la vía a Neiva.

Este canal se denominó así ya que se encuentra en la parte Este de la granja de la Universidad.

5) Canal Lagos

Este levantamiento se realizó desde la descarga del primer lago o reservorio hasta la unión con el canal Central, a 122.3 m del canal central, tiene una longitud de 257 m.

Este canal se denominó así. Porque por medio de este canal se abastecerá el canal central con el agua de los reservorios, y este a su vez conduce el agua al canal occidental para regar esta parte de lote.

6) Canal Triangulo

Con el mismo procedimiento que se siguió con el resto de canales se realizó el levantamiento desde el tanque disipador de energía, pasando por la salida lateral de este, hasta 220 m, a una separación de 1.5 m de la cerca para no perder espacio útil de esta área de la granja que también se utiliza para cultivo.

Se denominada el triangulo por su forma geométrica que es similar o tiene forma de triangulo.

3.2.1.1. NIVELACIÓN

En esta actividad se realizaron las nivelaciones con el nivel de precisión referencia DTM-410 NIKON, prestado por el laboratorio de Topografía de la Universidad Surcolombiana. Para conocer la variación altimétrica de las líneas de trazado correspondientes ha:

a. Nueva Alternativa de Abastecimiento

Para obtener el perfil definitivo a 1.5 m de separación de la cerca, que es por donde se propone pasará la tubería enterrada, se realizó una nivelación preliminar para estudiar la factibilidad de la alternativa en estudio, después de tener el visto bueno por parte del director y los jurados se procedió a hacer una nivelación más detallada dejando en el recorrido puntos conocidos en los cabezotes de las alcantarilla para posteriormente realizar una contra nivelación de chequeo.

b. Canal Oriental

La nivelación del canal oriental se realizó con el fin, de obtener el perfil del eje por donde se propone pasará este canal, diferente en trazado al que actualmente hay, ya que tiene que romper la contrapendiente que se presenta en el recorrido natural del terreno y en la conducción existente no se vence esta contrapendiente sino que le da la vuelta por la curva de nivel, perdiendo área para cultivo y aumentando su longitud.

c. Canal Central

La nivelación del canal se realizó para obtener el perfil del terreno por donde este canal de conducción conecta el canal oriental con el occidental y llevando el agua hasta este punto para que con este último canal se irrigue la parte del cultivo que no cubre el oriental.

Se realizó la nivelación detallada especificando los puntos de inicio y salida; abscisa 240 m canal oriental e inicio del canal occidental respectivamente. También se registró la cota en el punto que es interceptado por el canal que viene de los lagos y la de los tramos obligados que se deben encofrar para el paso de la maquinaria.

d. Canal Occidental

La nivelación de este canal se realizó sobre el eje por donde pasa actualmente este canal, debido a que se va a dejar el mismo recorrido. Se abscisó cada 20 metros registrando los cambios de altura y detallando los puntos que se proponen encofrar para el paso de la maquinaria.

e. Canal Lagos

La nivelación del canal se realizó para obtener el perfil del eje por donde se propone este pasará. Debido a que no se conocía perfil alguno de este canal, el procedimiento consistió en el abscisado y estacado del canal cada 20 m para tomar la altura con el nivel de precisión colocando la mira en el centro del canal para mirar la pendiente en el fondo.

f. Canal Triangulo

Para obtener el perfil por donde se propone el recorrido de este canal, se abscisó cada 20 metros, comenzando en el tanque disipador de energía que a su vez servirá para la distribución, detallando en el recorrido; la salida lateral en el costado que alimenta el canal, el paso por conducción enterrada de la carretera que queda inmediatamente al lado del tanque hasta los 220 m por el eje del canal donde este termina. El eje se trazó a 1.5 m de separación de la cerca.

3.2.1.2. Aforo canaletas WSC

Debido a la inexistencia de una medida estándar de las canaletas del Washington Estate College que se fabrican en Colombia para la medición de pequeños caudales en riego por superficie, se procedió a identificar y tomar la medida de cada una de las dimensiones de las cinco canaletas del laboratorio de hidráulica de la facultad, para luego aforarlas y de esta forma encontrar la ecuación de la curva características de cada una de las canaletas.

La medición de las dimensiones de cada canaletas se realizó con una regla graduada con y los resultados se presentan en el Anexo 5. Las dimensiones se expresan en milímetros y la ilustración en la margen izquierda indica la ubicación de cada una de las partes de las canaletas medidas. Ver figura 3.

El aforo se realizó mediante un montaje, con dos canecas de abastecimiento en serie, una de 120 Lts que abastecía a otra más pequeña de 50 Lts y que permitían mantener la última caneca llena, garantizando una columna de agua y caudal constante. El caudal que salía de la caneca de 50 Lts se controló con una llave de paso y el agua que pasaba por la canaleta que se estaba aforando se recogió en un balde previamente aforado, cronometrando a la vez el tiempo y tomando la lectura en la altura de la canaleta, se tomaron 4 lecturas de altura en las canaletas que correspondía al mismo número de caudales.

3.2.1.3. Registro fotográfico

Se realizó un reporte fotográfico de la visita de reconocimiento y otros adicionales de posteriores visitas que se realizaron, la evidencia del trabajo de campo; levantamiento y nivelaciones, mostrando el estado actual de la tubería, conducciones de canales y estructuras hidráulicas

Se llevó un registro fotográfico del procedimiento realizado para el aforo de las canaletas WSC, con los materiales que se utilizaron en el montaje y demás partes del proyecto que necesiten de evidencia fotográfica.

3.2.2. TRABAJO DE OFICINA

En esta otra parte del proyecto, finalizado el trabajo de campo, se procedió a ordenar, procesar, tabular, calcular, diseñar, analizar y dibujar los resultados obtenidos.

Dentro de esta etapa se desarrollaron las siguientes actividades:

3.2.2.2. Optimización del abastecimiento actual

Con la visita realizada a la granja se recorrió la línea de abastecimiento actual, desde el canal 4C, en la compuerta hasta el cárcamo y la caseta de bombeo, se revisaron las cajillas de inspección, las tuberías por tramos de cajilla a cajilla, con el objetivo de mirar el estado de estas últimas y el de la tubería. Además se observó con detenimiento que el cárcamo y la bomba para establecer el estado de funcionamiento.

3.2.2.3. Diseño de la conducción para la nueva alternativa de abastecimiento.

La nueva alternativa de abastecimiento propuesta, similar en trazado y lugar de captación a la alternativa propuesta por Cifuentes y Motta 1982. Se diseñó con el mismo principio de funcionamiento de la que se encuentra actualmente en uso. Una compuerta de derivación predial con su respectiva obra de medición de caudal, conducción por tubería de baja presión, con la construcción de cajillas de inspección, un cárcamo y una caseta de bombeo y de allí acoplar esta nueva salida con la tubería de la conducción anterior que pasa cerca a los salones y lleva el agua para el riego a presión y riego por superficie a la granja.

3.2.2.4. Diseño de la compuerta predial

La compuerta predial será el instrumento o la estructura por donde se captara el agua y empezara la conducción hacia el cárcamo. Esta tiene la capacidad de tomar el caudal de 30 l/s que autoriza el distrito de riego ASOJUNCAL para la granja.

3.2.2.5. Diseño del cárcamo

El cárcamo de esta nueva alternativa, va a variar del sistema anterior debido a que el agua ya no llega tan superficial, sino que llega igualmente por tubería, pero a mayor profundidad y adicional a esta altura se le debe dar más capacidad para que el cárcamo pueda almacenar el agua que se va a bombear desde allí a la granja.

3.2.2.6. Caseta de bombeo

Para la caseta de bombeo, que se necesita construir para la bomba en esta nueva alternativa de abastecimiento se adoptó una estructura con las mismas características que tiene la del sistema actual debido a que va a cumplir con el mismo funcionamiento.

3.2.2.7. Diseño del tanque disipador de energía

Para el diseño hidráulico del desarenador o tanque disipador de energía como fue llamado en el proyecto, se tuvo en cuenta la metodología propuesta por Corcho y Duque , citada en Acueductos teoría y diseño, pág.183 – 204 y López , citada en Elementos De Diseño Para Acueductos y Alcantarillados, pág. 153–168.

3.2.2.8. Opciones de revestimiento

Se trabajó con tres opciones de revestimiento, la primera sin revestimiento o canales en tierra, que es como actualmente se maneja el riego por superficie en la granja, estos canales tiene grandes desventajas por su baja estabilidad, erosión, pérdidas por infiltración, crecimiento de arvenses entre otros.

También se consideró Suelo cemento, o suelo estabilizado con cemento que es una mezcla en seco de suelo o tierra con determinadas características granulométricas, cemento y en su caso, aditivos.

A la mezcla se le debe adicionar una cierta cantidad de agua para su fraguado y posteriormente se compacta. Regularmente, el porcentaje de cemento puede variar entre el 7% al 12% dependiendo del tipo de suelo.

La última opción es el revestimiento en concreto. Esta, es la opción con más ventajas, pero con costos de construcción muy superiores a las otras dos opciones propuestas, porque, como se sabe, el concreto es un material durable y resistente.

El concreto de uso común, o convencional, se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo.

3.2.2.9. Trazado de Canales Abiertos

En cuanto al dimensionamiento de la red de conducción y distribución, se sigue la misma que se encuentra actualmente con modificaciones en un tramo del canal oriental, incorporando el trazado de los canales el triangulo

y los lagos, que actualmente se utilizan para el riego por superficie pero no se conocía su trazado.

3.2.2.10. Diseño de Canales Abiertos

Para el diseño de los canales abiertos se debe escoger la forma de la sección recta y definir los parámetros básicos de diseño. Calcular las dimensiones de la sección del canal, calcular y determinar la pendiente de la solera necesaria, si ésta no hace parte de los parámetros básicos del diseño. Hacer los chequeos y ajustes que sean necesarios; de tal forma que no exceda la velocidad mínima y/o máxima permisible, todo lo anterior basado en la metodología propuesta por Chow 1995.

3.2.2.11. Diseño de Estructuras Hidráulicas

Con base en estudios topográficos realizados en la granja y la orientación del director del proyecto, se procedió a la ubicación y diseño de las estructuras hidráulicas necesarias para el correcto funcionamiento del sistema.

3.2.2.12. Cantidades de obra

Las cantidades de obra se calculan de tal forma que se pueda medir o cuantificar las actividades pertinentes al desarrollo del proyecto por ítem, y de esta forma conocer más fácilmente el presupuesto que conlleva su ejecución.

3.2.2.13. Análisis de precios unitarios (APU)

El análisis de precios unitarios es un procedimiento detallado que se realiza para conocer el costo por unidad de las actividades que lo ameritan por tener una mayor participación en el desarrollo del proyecto, como son: las excavaciones, la preparación de concreto a todo costo, la preparación de la mezcla suelo-cemento, la tubería, revestimiento de canales y otras incluidas en la construcción de obras de mampostería como levantamiento de muros, y pañete.

3.2.2.14. Presupuesto

Para la realización de los estudios requeridos en los aspectos técnicos y financieros se cuantifico la cantidad de obra, presupuesto y análisis de precios unitarios de las actividades que se deben hacer, necesarios para la realización del proyecto.

Finalmente, para el presupuesto detallado del proyecto se contó con la asesoría del director de este, en el cual se utilizaron los costos para el año 2009 y se encuentra disponible en el capítulo 5 Resultados.

3.2.2.15. Planos

Después se elaboraron los planos pertinentes de la línea de abastecimiento, el sistema de riego con cada una de las opciones de revestimiento de los canales y las estructuras hidráulicas propuestas dentro de este.

4. RESULTADOS

4.1. Optimización abastecimiento actual

La compuerta predial donde se toma el agua para la granja se encuentra en buen estado cumpliendo la función de pasar los 30 l/s que capta del canal 4C del distrito de riego ASOJUNCAL.

A continuación se describe el estado de las cajillas de inspección que se encuentran en la conducción de abastecimiento cada 100 m, iniciando con la cajilla que se encuentra a los primeros cien metros de la compuerta predial, hasta la última que se encuentra cerca al cárcamo:

- **Cajilla 1:** La cajilla se encuentra en buen estado.
- **Cajilla 2:** La cajilla se encuentra destruida totalmente y solo sirve la tapa.
- **Cajilla 3:** La cajilla se encuentra en buen estado pero destapada, con la tapa al lado.
- **Cajilla 4:** La cajilla se no tiene tapa ni piso.
- **Cajilla 5:** La cajilla se encuentra en buen estado con la tapa. Cerca de ella, hay un árbol de leguminosa utilizado para silvopastoreo, que abraza con sus raíces la tubería. Desde esta cajilla la tubería se encuentra destapada.
- **Cajilla 6:** La cajilla se encuentra en buen estado pero destapada, con la tapa al lado.
- **Cajilla 7:** La cajilla se encuentra en mal estado con presencia de sedimentos.
- **Cajilla 8:** Por su estado La cajilla parece haberse hecho hace poco tiempo, pero al parecer desprovista de tapa, porque no se le encontró a la hora de la visita.
- **Cajilla 9:** La cajilla está en buen estado, con su respectiva tapa puesta y sellada.
- **Cajilla 10:** La cajilla se encuentra en perfecto estado, aparentemente con poco tiempo de construcción, pero destapada con su tapa a un lado.
- **Cajilla 11:** La cajilla se encuentra en buen estado y con su tapa puesta.
- **Cajilla 12:** La cajilla y su tapa se encuentran dañadas, al parecer por discos de maquinaria, debido a la ampliación del lote de arroz que está al lado.
- **Cajilla 13:** La cajilla se encuentra dentro de un cultivo de arroz, en buen estado pero sin tapa.
- **Cárcamo:** se encuentra aparentemente en buen estado en cuanto a su estructura, pero le hace falta limpieza.
- **Caseta de bombeo:** la caseta se encuentra en buen estado. Pero la unión entre la bomba, presentándose un escape de agua por la parte de abajo, ayudado por el hecho de que el cheque parece estar dañado. Ver anexo fotográfico.

Con los resultados que se observaron en la visita, se propuso cuantificar las cantidades de obra y el presupuesto que se necesita para poner a funcionar correctamente esta línea de abastecimiento, para ello es necesario realizar las siguientes actividades:

- a. Enumerar y marcar las cajillas de inspección que se encuentran en la conducción como se enumeraron para presentar los resultados de la observación, comenzando con la cajilla que está más cerca de la compuerta predial que se marcara como la cajilla 1 y de allí en adelante respectivamente hasta la cajilla 13. Esto, para facilitar su ubicación a los operadores encargados del mantenimiento del sistema.
- b. Encofrar la tubería en las partes donde se encuentra descubierta y en otras partes, por efecto del agua que transportan los canales de descoles con el tiempo han ido desenterrando, principalmente en el tramo comprendido entre la cajilla 5 a la cajilla 6, donde además la tubería se encuentra desviada.
- c. Talar algunos árboles que se encuentran sobre la tubería para evitar roturas que ocasionen escape de agua.
- d. Reconstruir las tapas que se encuentren en mal estado y construir otras para ponerle a las cajillas que aun no tienen, además se le debe adicionar a estas tapas dos mangos en varilla para sujetarla y facilitar desmontarlas cuando se les haga mantenimiento. Estas mismas varillas se le colocaran a la cajilla para asegurarlas con un candado. Con el fin de darle más vida útil a estas estructuras.
- e. Se debe realizar mantenimiento periódicamente a toda la conducción para evitar daños en la aducción, compuerta, tubería, cajillas de inspección, cárcamo y bomba, que ocasionen deterioros en la estructura, escapes de agua y pérdidas de funcionalidad. Ver Plano 2, línea de abastecimiento actual, con su respectiva planta y perfil.

4.1.1. Cantidades de obra

Se estimaron las cantidades de obra, para reconstruir las cajillas que se encuentran en mal estado, se calculó, de igual manera los materiales necesarios para la construcción de cada tapa, el piso para una alcantarilla, y el encofrado de los tramos de tubería que se encontraban descubiertos por la erosión hídrica que le ejercen los canales de descoles de los lotes vecinos.

4.2. Diseño de la conducción para la nueva alternativa de abastecimiento

Mediante la visita ocular se determinó la posible nueva línea de aducción que partiría desde el canal OPIA lateral 4 del distrito de riego ASOJUNCAL, derivando 30 l/s de agua mediante una compuerta tipo 1 como se observa en el plano 3; para bordear la carretera por la margen izquierda hasta 580m y después pasar a la margen derecha hasta llegar a la parte anterior de los salones, antes de la entrada a la granja, con tubería enterrada de asbesto cemento.

Luego se realizó el levantamiento topográfico con estación total y la nivelación con nivel de precisión de la universidad Surcolombiana.

Para corroborar la información de las carteras de campo se realizó una nivelación preliminar, una nivelación detallada y una contra nivelación.

Todas estas nivelaciones fueron amarradas del mojón con coordenadas arbitrarias y cota arbitraria 400 msnm, que se encuentra al lado del patio de secado de la granja.

El trazado fue difícil de realizar ya que las alcantarillas que se encuentran al borde de la carretera obstaculizaban el paso de la línea; para decidir la línea de aducción final se hicieron varias alternativas, entre las cuales se pretendía realizar sifones para pasar las alcantarillas, o darle más pendiente a la línea de abastecimiento para pasar por debajo de ellas; pero estas alternativas no se consideraron viables ya que los sifones quedaban muy pequeños y para hacerles mantenimiento era muy difícil, y la otra opción de darle más pendiente pero se profundiza mucho.

Por lo tanto se decidió realizar toda la conducción con una sola pendiente de 0.001 teniendo que demoler las alcantarillas 1 y 2. Se realizó el cálculo hidráulico para verificar el diámetro de la tubería requerido para que no ocurriera sedimentación, por la pendiente tan pequeña de la conducción.

A continuación se muestra el procedimiento para la selección del diámetro de las tuberías y la cantidad que se necesita. Ver Tabla 2.

Mediante la comparación que se realizó, se escogió reemplazar la tubería de la alcantarillas 1 y 2 actuales de 24" de diámetro, por 6 tubos de 12" que cumplen con la capacidad de caudal que transportaba la anterior con una profundidad hidráulica del 80% y el espacio disponible para pasar por debajo de la cota roja por donde se pasará la tubería de conducción, para que la tubería no obstaculice la salida del agua en las alcantarilla.

Tabla 2. Selección del diámetro y N_o de tubos. Alcantarillas 1y 2.

TUBERIA ALCANTARILLAS 1,2						
DIAMETRO		V (m/s)	A (m ²)	Q (m ³ /s)	No tubos	Q total (m ³ /s)
pulgadas	m					
8	0,2032	0,3083	0,032429354	0,00999797	19	0,18996143
10	0,254	0,3577	0,050670866	0,01812497	10	0,181249689
12	0,3048	0,404	0,072966048	0,02947828	6	0,176869699
16	0,4064	0,4894	0,129717418	0,0634837	3	0,190451113
24	0,6096	0,6413	0,29186419	0,18717251	1	0,187172505

Se escogió la tubería de 12", con una velocidad de 0.3m/s, que es la velocidad por encima de la cual no hay sedimentación en conducción por tubería parcialmente llena según Línea de alcantarillado serie métrica; <http://www.haes.com.mx/disenio1.jpg>. El procedimiento para determinar la velocidad a 80% de llenado de la tubería se muestra a continuación, por la ecuación de Manning y Chezy:

Según ecuación de Manning.

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

Donde:

Q = Caudal (m³/s)

n = Rugosidad

A = Área (m²)

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

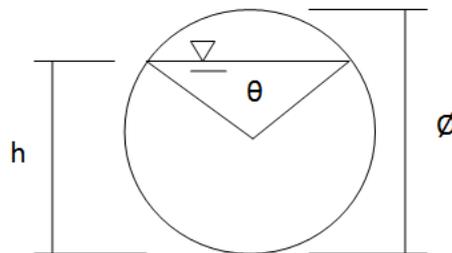


Figura 4. Canal circular. Ojeda 1995.

Se siguió el siguiente procedimiento.

1. Encontrar el valor de(θ)

θ = Angulo al centro formado por los radios que unen los extremos de la

superficie libre

$$\cos \theta = (r - h)/r$$

Nota: Solo para $h > r$

$$\begin{aligned}\varnothing &= 0,2032 \text{ m} \\ r &= 0,1016 \text{ m} \\ h &= 0,16256 \text{ m} \\ (r - h)/r &= -0,6 \\ \theta &= 126,8698976\end{aligned}$$

8" Diámetro tubería
radio tubería
Profundidad
hidráulica

2. Calculo del área mojada (A)

$$\begin{aligned}A &= (\varnothing^2)/8 * (\theta - \text{sen } \theta) \\ \text{sen } \theta &= 0,934264729 \\ A &= 0,649989063 \text{ m}^2\end{aligned}$$

3. Perímetro húmedo (P)

$$\begin{aligned}P &= (1/2)(\theta)(\varnothing) \\ P &= 12,8899816 \text{ m}\end{aligned}$$

4. Radio hidráulico- R

$$\begin{aligned}R &= (A/P) \\ R &= 0,050425911 \text{ m}\end{aligned}$$

5. Velocidad en tubería

$$\begin{aligned}R &= 0,050425911 \text{ m} && \text{radio hidráulico} \\ n &= 0,014 && \text{n de Manning} \\ S &= 0,001 && \text{Pendiente longitudinal}\end{aligned}$$

$$V = (1/n) * (R^{2/3}) * (S^{1/2})$$

$$V = 0,308300668 \text{ (m/s)}$$

Según ecuación de Chezy

$$V = C * (R * S)^{1/2}$$

$$R = 0,050425911 \text{ m} \quad \text{Radio hidráulico}$$

$$S = 0,001$$

$$n = 0,014$$

Pendiente longitudinal

$$C = (1/n) * (R^{(1/6)})$$

$$C = 43,41577818$$

$$V = 0,308300668 \text{ (m/s)}$$

La conducción final quedó con pendiente de 0.001 teniendo que demoler las alcantarillas 1 y 2, por lo tanto hay que reemplazarlas por 6 tubos de 12". La nueva línea de aducción con su respectiva planta y perfil se puede observar en el Plano 3.

4.3. Desarenador

El diseño hidráulico del desarenador, se tuvo en cuenta la metodología propuesta por Corcho Romero Freddy Hernán, Duque Serna José Ignacio, citada en Acueductos teoría y diseño, pág.183 – 204 y López Cualla Ricardo Alfredo, citada en Elementos De Diseño Para Acueductos y Alcantarillados, pág. 153–168.

El objetivo es bajar la presión a la atmosférica en la salida de la tubería que viene de la captación para disipar la energía que tenía el agua dentro de la tubería, de tal forma que el agua pase de flujo supercritico, a critico y finalmente salga del tanque con flujo subcritico que permita la medición del caudal con una canaleta aforadora que se pondrá inmediatamente después.

Según (Cualla, 1995) la relación de la longitud/ancho, debe ser de 5/1 o 3/1, para el presente diseño, la relación escogida fue de 3/1:

3m de largo por 1m de ancho.

La profundidad hidráulica (H) de 0.5m.

El diámetro de la tubería de llegada \varnothing 6".

Las alturas de las pantallas de salida y entrada (H/2) serán de 0.3m.

La velocidad sobre la cresta del vertedero debe ser, en teoría, mayor de 0,3 m/s para poder aplicar en rigor la ecuación del alcance horizontal de la vena vertiente.

$$H_v = (Q/(1,84*B))^{(2/3)} = 0,0643 \text{ m} \quad \text{m}$$

$$V_v = (Q/B*H_v) = 0,00193 \text{ m/s} \quad \text{m/s}$$

$$X_s = (0,36 *(V_v)^{(2/3)})+(0,60*(H_v)^{(4/7)})= 0,13061\text{m}$$

Dist. Pantalla salida al vertedero de salida	0,9645 m	(15 H _v)
Dist. Pantalla entrada a cámara de quietamiento	0,75 m	(L/4)

Pantalla de salida

Profundidad = H/2 = 0,25 m

Distancia al vertedero de salida = 15 H_v = 0,40 m

Pantalla de entrada

Profundidad = H/2 = 0,75 m

Distancia a la cámara de quietamiento = L/4 = 2,84 m

Almacenamiento de lodos

Pendiente transversal = 3,0%, En sentido de la tubería de lavado.

Pendiente longitudinal = 2,0% En ambas direcciones hacia el centro de la cámara de disipación.

Tubería de excesos

Debido a la magnitud de los caudales, esta tubería es de un diámetro mínimo de 6", pero para este caso será de 8" y estará en una cajilla provista para la salida pasando por un lado del desarenador a la canaleta aforadora Parshall.

Tubería de lavado

Además del funcionamiento hidráulico de esta tubería, un criterio importante para la selección del diámetro es el tiempo de vaciado del tanque, esta tubería, recomienda López debe ser de un diámetro mínimo de 6" por lo tanto, se escogió este diámetro. Para mantenimiento esta tubería se dirige a los lagos. Ver Plano 4.

Cada mes es recomendable hacer mantenimiento al tanque, para evacuar la sedimentación que se halla acumulado en el uso; para la evacuación de los lodos se dejó un tapón de lavado que conduce estos sedimentos a la alcantarilla de descoles número 4.

4.4. Aforador Parshall

Ejemplo de cálculo 1:

$$Q = 0.03 \frac{m^3}{s} * \frac{1 ft^3}{(0.3048m)^3} = 1.0594 ft^3 / s$$

En el Anexo 2 se compilan las dimensiones y capacidades de las canaletas de medición Parshall, para varios anchos de garganta, W ; se buscó el ancho de garganta que se acomodaba al ancho de la solera del canal, en este caso $b = 0.25 \text{ m} = 9.84 \text{ pulg}$. Para este caso se asume $W = 9.0 \text{ pulg}$.

En la siguiente Tabla se presentan las dimensiones de la canaleta Parshall.

Tabla 3. Dimensiones de la canaleta Parshall calculada.

W		A		$\frac{2}{3}A$		B		C		D		E		F		G		K		N		R		M		P		X		Y	
pie	pulg	pie	pulg	pie	pulg	pie	pulg	pie	pulg	pie	pulg	pie	pulg	pie	pulg	pie	pulg	pie	pulg	pie	pulg	pie	pulg	pie	pulg	pie	pulg	pie	pulg	pie	pulg
0	9	2	10.5/8	1	11 1/8	2	10	1	3	1	10.5/8	2	6	1	0	1	6	0	3	0	4 1/2	1	4	1	0	3	6 1/2	0	2	0	3
mts		mts		mts		mts		mts		mts		mts		mts		mts		mts		mts		mts		mts		mts		mts		mts	
0.228		0.879		0.587		0.863		0.381		0.574		0.761		0.304		0.457		0.076		0.114		0.406		0.304		1.079		0.050		0.076	

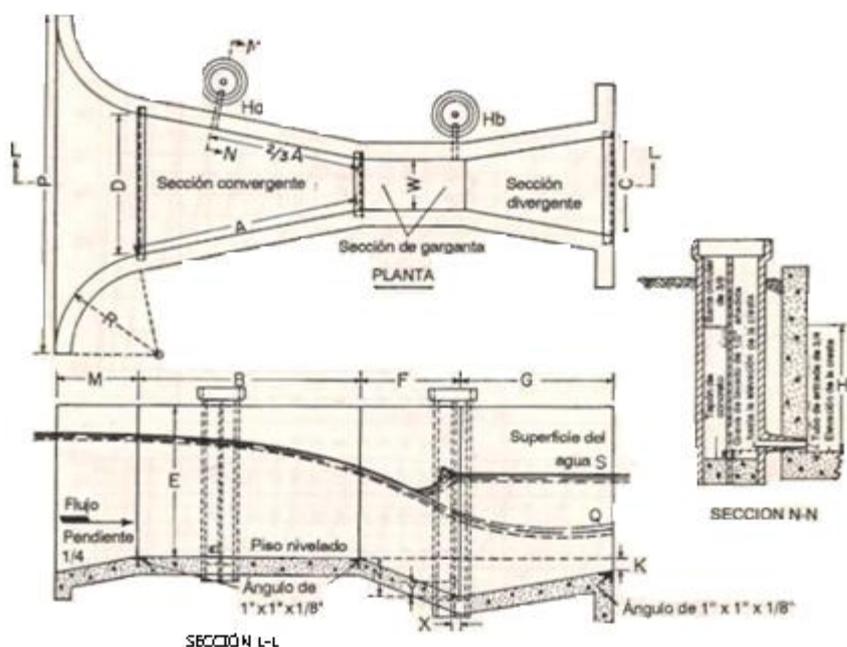


Figura 5. Canaleta Parshall, tomado de Vente Chow.1995.

Donde:

w = Tamaño de la canaleta

A= Longitud de la pared lateral de la sección convergente

$\frac{2}{3}A$ = Distancia desde el final de la cresta hasta el punto de medición.

B = Longitud axial de la sección convergente.

C = Ancho del extremo de aguas abajo de la canaleta.

D = Ancho del extremo de aguas arriba de la canaleta.

E = Profundidad de la canaleta.

F = longitud de la garganta.

G = Longitud de la sección divergente.

K = Diferencia de nivel entre el punto más debajo de la canaleta y la cresta

m = Longitud del fondo de la aproximación

N = Profundidad de la presión en la garganta debajo de la cresta.

P = Ancho entre los extremos de las paredes curvadas.

R = Radio de curvatura de las paredes curvas.

X= Distancia horizontal desde el punto más bajo de la garganta hasta el punto de medición Hb.

Y = Distancia vertical desde el punto más bajo de la garganta hasta el punto de medición Hb

$$Q = 1.0594 \text{ pies}^3/\text{s} = 0.0299\text{m}^3/\text{s} = 29.99 \text{ l/s}$$

$$Q = 3.07Ha^{1.53} \quad Ha = \left(\frac{Q}{3.07}\right)^{1/1.53}$$

$$Ha = \left(\frac{1.0594}{3.07}\right)^{1/1.53}$$

$$\frac{Hb}{Ha} = 0.6$$

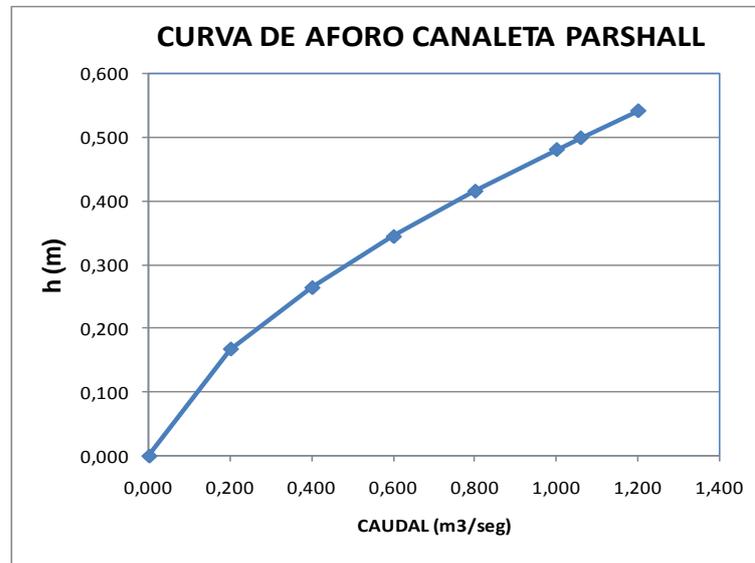
$$Ha = 0.498 \text{ pies}$$

$$Hb = 0.299 \text{ pies}$$

Tabla 4. Datos curva de aforo Canaleta Parshall.

Q(pie ³ /s)	0.00	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.059	1.2
H(pies)	0.00	0.168	0.264	0.344	0.415	0.480	0.499	0.541

Gráfica 1. Curva aforo Canaleta Parshall.



Ver Plano 5

4.5. Las cajillas de inspección

Se colocarán cada 100 m, las paredes se harán en mampostería y el piso en concreto simple. Estas estructuras cumplen varias funciones, como permitir que el flujo esté a la presión atmosférica y para realizar limpieza de sedimentos y para poder arreglar posibles daños.

Las dimensiones de las cajillas serán de 1 m x1 m y la profundidad (h) es variable, pues es igual a la distancia entre la cota negra y la cota roja mas 0.30 m como borde libre. Ver Figura 6.

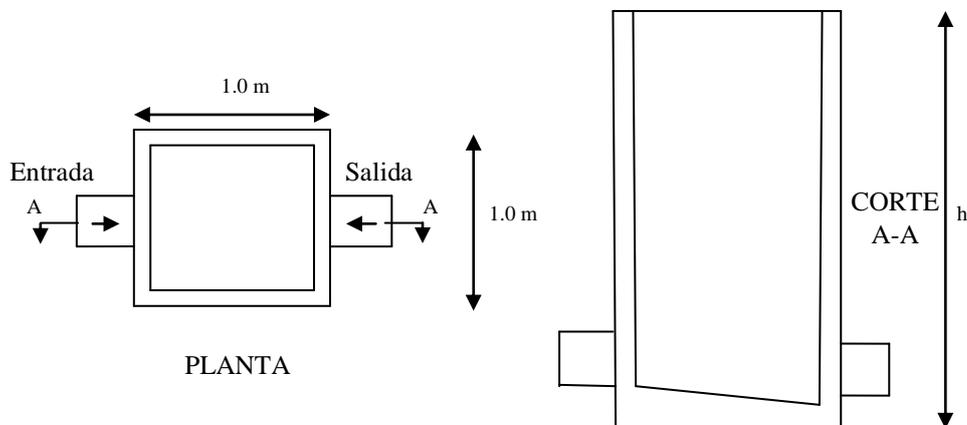


Figura 6. Cajilla de inspección.

4.6. Dimensiones de las Zanjas

La conducción de agua debe hacerse enterrada, con el fin de evitar cargas inadecuadas, choques o actos de vandalismo. Para ello, debe excavarse una zanja como la indicada en la figura 7.

Se puede adoptar como criterio general que la profundidad mínima a la cota clave de la tubería (parte superior de la tubería) debe ser de 1,0 m, aunque este valor puede ser menor, como en el caso de las tuberías de hierro fundido (0,60 m) y el de las tuberías de plástico o PVC (0,80 m). (López, 1995). El criterio de 1,0 m también puede modificarse, según las condiciones de la carga esperada sobre la tubería enterrada.

El ancho de la zanja puede tomarse como el diámetro del tubo más 30 cm o 50 cm, de acuerdo con las especificaciones del diseño y con la carga sobre la tubería.

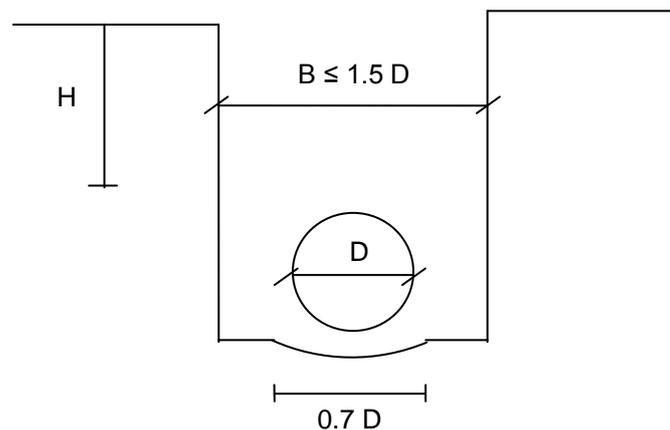


Figura 7. Dimensionamiento de zanjas. López 1995

La tubería debe asentarse sobre una capa de material de relleno, el cual debe estar exento de materia orgánica.

La carga del terreno sobre la tubería puede calcularse con la siguiente ecuación:

$$P = CyB^2$$

Donde:

- P = carga vertical (kg/m)
- C = coeficiente experimental (Tabla10)
- Y = peso específico del material de relleno húmedo
- B = ancho de la zanja

Tabla 5. Coeficiente experimental C

Material de relleno	H/B					
	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0
Tierra ordinaria saturada	0.8	1.5	2.2	2.6	2.8	2.9
Arena y grava	0.8	1.5	2.3	2.8	3.1	3.2
Arcilla saturada	0.8	1.5	2.6	3.3	3.8	4.1

Fuente. López Cualla Ricardo Alfredo. Citada en Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados.

Las dimensiones de las zanjas y la carga del terreno de la nueva alternativa de aducción se observan en el Anexo 6.

zanja	CORTE (m3)	RELLENO (m3)	TOTAL (m3)
Nueva alternativa	- 464.437	5.492	- 458.945

4.7. Diseño de la compuerta predial

La compuerta predial para esta nueva opción será la misma que se encuentra actualmente en el canal 4C.

En el canal Lateral 4 OPIA del distrito ASOJUNCAL antes del último pontón se colocará una compuerta rectangular debidamente graduada; con ella se derivaran 30 l/s de agua que se conducirán hasta la granja de la Universidad.

Para graduar la compuerta se utiliza la siguiente expresión según Cifuentes y Motta 1982.

$$Q = A * V$$

$$V = \sqrt{2 * g * H}$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$Q = \frac{\pi * D^2}{4} \sqrt{2 * g * H}$$

$$Q = 0.0749 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Este caudal se toma por el tubo de 8 pulg de diámetro teniendo una lamina de agua de 0.29 m por encima de la cota clave.

$$A = \frac{\pi * r^2 n}{360} - \frac{c(r - h)}{2}$$

$$c = \frac{\pi * r n}{180}$$

$$A = \frac{\pi * r n}{360} * h$$

$$A = 8.73 * 10^{-4} n h$$

Y para determinar el gasto:

$$Q = Cd * A \sqrt{2gh}$$

Donde Cd está determinado por la velocidad de salida en el plano del orificio y por la sección contraída.

Azevedo Neto propone el valor práctico usual para Cd de 0.67 para “compuertas con contracción incompleta, por influencia del fondo o de las paredes laterales”. Además dice: “para orificios abiertos, junto al fondo o las paredes laterales, es indispensable una corrección”.

En orificios circulares se utiliza:

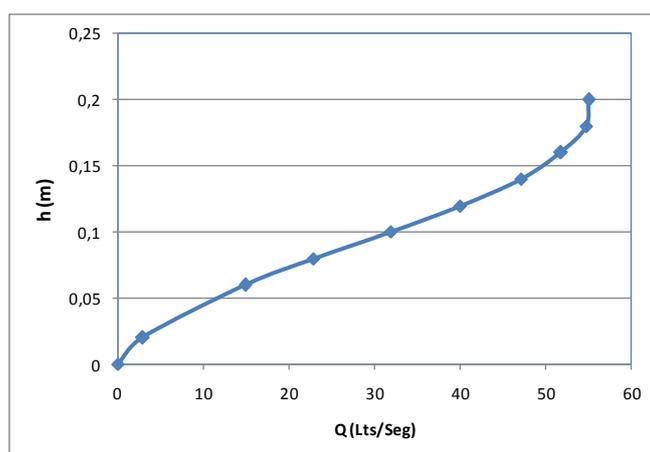
$$Cd = Cd (1 + 0.13K)$$

Donde K para orificios junto al fondo y a dos paredes laterales es 0.75. Entonces:

La formula queda para determinar el caudal para diferentes aberturas de la compuerta es:

$$Q = 0.735 * 8.73 * 10^{-4} n h \sqrt{2gh}$$

Para determinar la curva de calibración se grafica el caudal Q contra la abertura de la compuerta (ver Grafica 1 y Tabla 6). La ubicación en la derivación y la forma de la compuerta se observan en el plano 6.



Grafica 2. Curva de calibración compuerta predial.

Tabla 6. Patronamiento de la compuerta de Predial

h (m)	n	Cd	A (m2)	H (m)	V (m/s)	Q (m3/s)
0,2	360	0,735	0,03142	0,29	2,38	0,055
0,18	286	0,735	0,03013	0,31	1,47	0,0547
0,16	254	0,735	0,02772	0,33	2,59	0,0518
0,14	227	0,735	0,2445	0,35	2,62	0,0471
0,12	203	0,735	0,02045	0,37	2,69	0,04
0,1	180	0,735	0,01571	0,39	2,76	0,0319
0,08	157	0,735	0,01097	0,41	2,83	0,0228
0,06	133	0,735	0,00697	0,43	2,9	0,0149
0,04	106	0,735	0,00237	0,45	2,97	0,0181
0,02	74	0,735	0,00129	0,47	3,04	0,0029
0	0	0,735	0	0,49	3,1	0

4.8. Diseño del cárcamo

El cárcamo se construirá a 3 m de profundidad debido a que la línea de aducción que viene del canal principal llega con 2 m por debajo de la cota del terreno y además se le dará 1m para poder almacenar el agua que se bombeará para los sistemas de riego a presión y riego superficial de la granja de la USCO.

El metro más de profundidad que se le da al cárcamo es para el almacenamiento, no se puede profundizar más porque elevaría los costos. El cárcamo va a tener 3m de largo por 3 m de ancho, el fondo de este depósito tendrá una pendiente de 0,25 % para obligar que el agua se desplace hacia el lugar donde se encuentra la succión.

Se le dejará una salida hacia la alcantarilla que se encuentra cerca a los salones en la carretera, con el objetivo de utilizarla para evacuar los

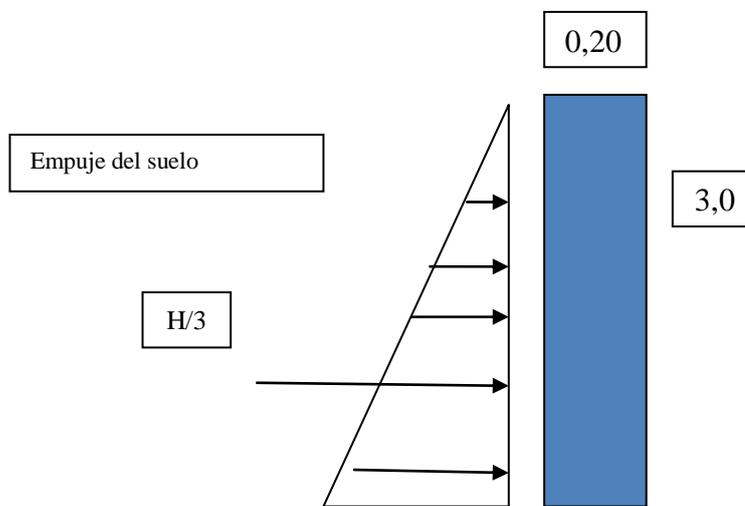
sedimentos que se almacenen en el cárcamo. Ver Plano 7. Cárcamo y caseta de bombeo.

Los muros del cárcamo se construirán en concreto reforzado para soportar las fuerzas de empuje del agua y del suelo.

A continuación se muestran el cálculo estructural de los muros y el piso que conforman el cárcamo.

4.8.1. MUROS LATERALES Y PRINCIPALES

El caso más crítico se presenta cuando el cárcamo está vacío.



$$E_s = k_a * \frac{\gamma * h^2}{2}$$

Donde:

$$k_a = \frac{1 - \text{sen}\phi}{1 + \text{sen}\phi}, \phi = 30$$

$$\gamma = 1,8 \text{ Ton}/\text{m}^3$$

h= altura del cárcamo

$$E_s = 0,333 * \frac{1,8 \text{ Ton}/\text{m}^3 * (3,0\text{m})^2}{2}$$

$$E_s = 2,69 \text{ Ton}/\text{ml}$$

$$M_{ext} = E_s * \frac{H}{3}$$

$$M_{ext} = 2,69 \frac{Ton}{ml} * \frac{3,0}{3,0}$$

$$M_{ext} = 2,69 Ton - ml$$

$$M_{ext} = 269 Ton - cm$$

$$M_u = 1,8 * 269 Ton - cm$$

$$M_u = 484,2 Ton - cm$$

$$M_u = K * b * d^2$$

Donde:

b= Ancho de la franja 100 cm

d= Altura efectiva de la viga 16 cm

$$K = \frac{484,2 Ton - cm}{100 * (16)^2}$$

$$K = 0,01891 Ton - cm^2$$

Según tablas de flexión para $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ y $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (N.S.R, 98) (Ver Anexo 7).

$$K = 0,01891 Ton - cm^2 \quad \rightarrow \quad p = 0.0050$$

Área de Refuerzo (A_s); ver Anexo 8 y 9. Área y peso de las barras

$$A_s = p * b * d$$

$$A_s = 0,0050 * 100 * 16$$

$$A_s = 8,0 \text{ cm}^2$$

Hierro de 5/8" = 2,00 cm²

$A_s = 5,00$ Cantidad de Varillas por metro lineal

$A_s = 8,00 \text{ cm}^2$

1 No 5 @ 25 cm

Refuerzo de retracción y fraguado: con cuantía mínima de 0,002

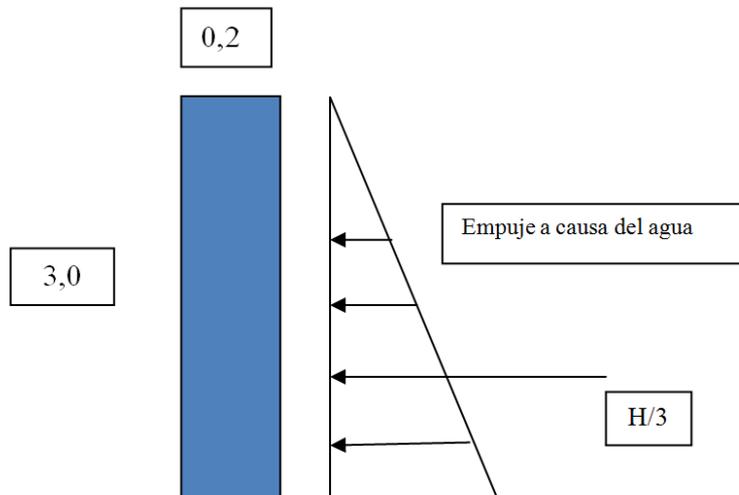
$$A_s = p * b * d$$

$$A_s = 0,0020 * 100 * 16$$

$$A_s = 3,2 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow \quad 1 \text{ No } 3 @ 20 \text{ cm}$$

4.8.2. MUROS (CARA INTERIOR)

Caso crítico cuando el tanque está lleno, el empuje se produce por la cara interior.



Donde:

$$\gamma = 1,0 \text{ Ton}/\text{m}^3$$

h= altura del cárcamo

$$E_s = \frac{1,0 \text{ Ton}/\text{m}^3 * (3,0\text{m})^2}{2}$$

$$E_s = 4,5 \text{ Ton}/\text{ml}$$

$$M_a = E_s * \frac{H}{3}$$

$$M_a = 4,5 \frac{\text{Ton}}{\text{ml}} * \frac{3,0}{3,0}$$

$$M_a = 4,5 \text{ Ton} - \text{ml}$$

$$M_u = 1,8 * 4,5 \text{ Ton} - \text{ml}$$

$$M_u = 8,1 \text{ Ton} - \text{m}$$

$$M_u = 810 \text{ Ton} - \text{cm}$$

$$M_u = K * b * d^2$$

Donde:

b= Ancho de la franja 100 cm

d= Altura efectiva de la viga 16 cm

$$K = \frac{810 \text{ Ton} - \text{cm}}{100 * (16)^2}$$

$$K = 0,03164 \text{ Ton} - \text{cm}^2$$

Según tablas de flexión para $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ y $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (N.S.R, 98)

$$K = 0,03164 \text{ Ton} - \text{cm}^2 \quad \rightarrow \quad p = 0.0095$$

Área de Refuerzo (A_s)

$$A_s = p * b * d$$

$$A_s = 0,0095 * 100 * 16$$

$$A_s = 15,2 \text{ cm}^2$$

Hierro de 5/8" = 2,00 cm²

$A_s = 8,00$ Cantidad de Varillas por metro lineal

$$A_s = 15,2 \text{ cm}^2$$

1 No 5 @ 13 cm

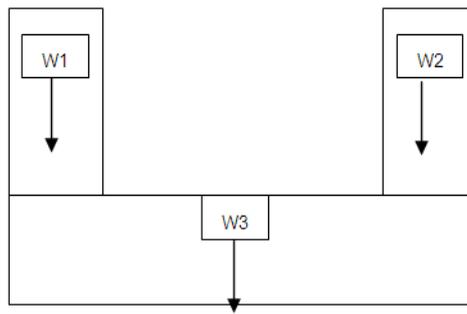
Refuerzo de retracción y fraguado: con cuantía mínima de 0,002

$$A_s = p * b * d$$

$$A_s = 0,0020 * 100 * 16$$

$$A_s = 3,2 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow \quad 1 \text{ No } 3 @ 20 \text{ cm}$$

4.8.3. DISEÑO DE LA PLACA DE FONDO



Carga Muerta, $W_1 = W_2$

$$W_1 = \frac{2,40 * 0,20 * 1,00 * 3,0}{3,0}$$

$$W_1 = 0,48 \text{ Ton/ml}$$

Carga viva, presión hidrostática

$$P = p_s * h * 1,00m$$

$$P = 1,0 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} * 3,0m * 1,00m$$

$$P = 3,0 \frac{\text{Ton}}{\text{m}} = W_I$$

Peso propio de la losa (W_3)

$$W_3 = (2,40 * 0,20 * 3,0)$$

$$W_3 = 1,44 \text{ Ton/ml}$$

Carga muerta total (W_t)

$$W_t = 0,48 + 0,48 + 1,44$$

$$W_t = 2,4 \frac{\text{Ton}}{\text{ml}} = W_d$$

Carga de diseño (W)

$$W = 1,4 * W_d + 1,7 * W_I$$

$$W = 1,4 * 2,4 + 1,7 * 3,0$$

$$W = 8,46 \text{ Ton/ml}$$

El sistema se asemeja a una viga simplemente apoyada, el momento máximo será:

$$M_{\text{máx}} = \frac{W * L^2}{8}$$

$$M_{m\acute{a}x} = 9,5175 \text{ Ton} - \text{ml}$$

$$M_{m\acute{a}x} = 951,75 \text{ Ton} - \text{cm}$$

$$M_u = K * b * d^2$$

Donde:

b= Ancho de la franja 100 cm

d= Altura efectiva de la viga 16 cm

$$K = \frac{951,75 \text{ Ton} - \text{cm}}{100 * (16)^2}$$

$$K = 0,03717 \text{ Ton} - \text{cm}^2$$

Según tablas de flexión para $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ y $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
(N.S.R, 98)

$$K = 0,03717 \text{ Ton} - \text{cm}^2 \quad \rightarrow \quad p = 0.0115$$

Área de Refuerzo (A_s)

$$A_s = p * b * d$$

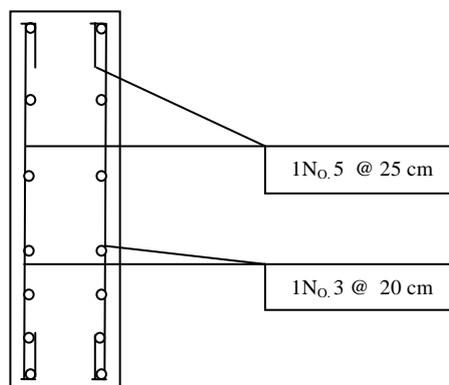
$$A_s = 0,0115 * 100 * 16$$

$$A_s = 18,4 \text{ cm}^2 \rightarrow 1\text{No } 5 @ 11\text{cm}$$

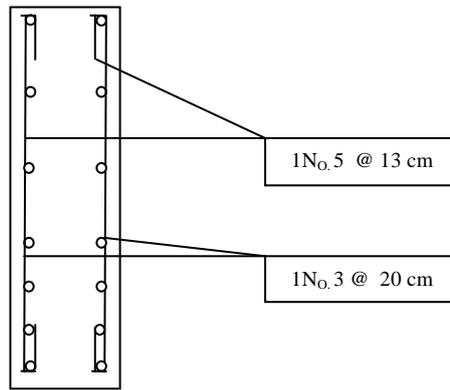
El refuerzo se ubicará en la parte inferior en ambos sentido de la placa.

Resumen Diseño Estructural del Cárcamo.

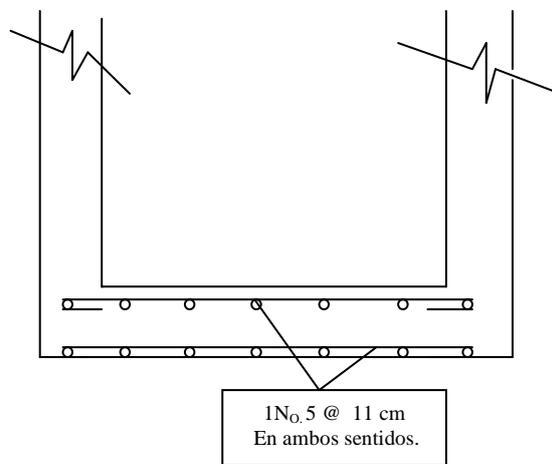
Muros laterales y principales



Cara interior



Placa de fondo



4.9. Caseta de bombeo

Para la caseta de bombeo, que se necesita construir para proteger la bomba en esta nueva alternativa de abastecimiento se adoptaron con las mismas características que tiene la del sistema actual debido a que va a cumplir con el mismo funcionamiento.

Se utilizará la misma válvula de pie, bomba, los filtros y los accesorios que estén en buen estado; además la puerta, la ventana, cerchas y tejas que se puedan reutilizar de la caseta de bombeo actual.

La caseta de bombeo tiene 3m x 2m x 2 m con cubierta en asbesto cemento en una sola agua, cerchas de madera, puerta y ventana metálica. Ver Plano 7.

4.10. Diseño del tanque disipador de energía

El diseño hidráulico del tanque disipador de energía como fue llamado por su funcionalidad dentro del proyecto, se tuvo en cuenta la metodología propuesta por Corcho Romero Freddy Hernán, Duque Serna José Ignacio, citada en Acueductos teoría y diseño, pág.183 – 204 y López Cualla Ricardo Alfredo, citada en Elementos De Diseño Para Acueductos y Alcantarillados, pág. 153–168. Se siguieron los mismos parámetros de diseño del desarenador con la diferencia que la función principal de este no será la de evacuar lodos sino de disipar la energía con la que llega el agua de la tubería que viene del bombeo.

El objetivo es bajar la presión a la atmosférica en la salida de la tubería que viene del bombeo y disipar la energía que traiga el agua dentro de la tubería, para que el agua pase de flujo supercritico, a critico y finalmente salga del tanque con flujo subcritico que permita la medición del caudal con una canaleta aforadora que se pondrá inmediatamente después.

Según (Cualla, 1995) la relación de la longitud/ancho, debe ser de 5/1 o 3/1, para el presente diseño, la relación escogida fue de 3/1:

3m de largo por 1m de ancho.

La profundidad hidráulica (H) de 0.5m.

El diámetro de la tubería de llegada \varnothing 6”.

Las alturas de las pantallas de salida y entrada (H/2) serán de 0.3m.

El tamaño y la profundidad de las pantallas, las pendientes longitudinales y transversales así como el vertedero de salida son las mismas del desarenador.

El tanque está provisto de una válvula de paso para controlar el agua que sale de este, para las ocasiones en que se debe elevar el nivel en el interior del tanque para el abastecimiento del canal que riega el lote el triangulo, o para cuando se necesite llenar los reservorios.

Tubería de excesos

Debido a la magnitud de los caudales, esta tubería es de un diámetro mínimo de 6" y estará en una cajilla provista para la salida de estos excesos.

Tubería de lavado

Además del funcionamiento hidráulico de esta tubería, un criterio importante para la selección del diámetro es el tiempo de vaciado del tanque, esta tubería, recomienda López debe ser de un diámetro mínimo de 6" por lo tanto, se escogió este diámetro. Para mantenimiento esta tubería se dirige a los lagos. Ver Plano 4.

Cada mes es recomendable hacer mantenimiento al tanque, para evacuar la sedimentación que se halla acumulado en el uso; para la evacuación de los lodos se dejó un tapón de lavado que conduce estos sedimentos a los lagos.

Además, se le debe hacer mantenimiento a los lagos o reservorios para que no pierdan su capacidad de almacenamiento de agua, retirándole la vegetación y los sedimentos del fondo.

4.11. DISTRIBUCION DE AREAS Y UTILIZACION DEL AGUA

El tanque disipador de energía que sirve también para la distribución del caudal en el riego por superficie, se diseñó para un caudal de 30 l/s, este caudal a su vez se distribuirá para regar la totalidad del área cultivada en arroz en la granja (13.88Ha). Ver Plano 8. Distribución general.

La forma de distribuir el agua se hace por periodos de riego, distribuidos de la siguiente forma: En la primera parte se conducirá el agua por el canal oriental para llevar los 30 l/s hasta la intersección con el canal central, donde se hará una derivación de 10l/s , para llevar el agua hasta el canal occidental y regar 4.73 ha (34.08%), las restantes 9.15 ha (65.92%) se regaran por los siguientes tramos del canal oriental después de la derivación, con los 20 l/s.

Un último sector de menor tamaño es el que comprende el área del triangulo, con 1,1347 ha, este lote se riega en otro periodo de riego, más corto por el tamaño del cultivo a irrigar.

4.12. MODULO DE RIEGO

Se calculó el modulo de riego para las series de suelos: Universidad, Piedras altas y Aguas, que son las que predominan en el área donde se encuentra sembrado el cultivo de arroz; la serie Bosque aplica solo para el área del triangulo, tomando los siguientes datos de Olaya Amaya Diego 2007.

Tabla 7. Datos para el cálculo del modulo de riego

SERIE	TEXTURA	CC	PMP	Da	Pre	Na
Universidad	FA	14.55	8.05	1.66	150	0.2
Piedras Altas	FA	20.02	13.23	1.72	150	0.2
Aguas	FA	22.20	16.19	1.71	150	0.2
Bosque	AF	24.96	20.45	1.77	150	0.2

Con estos datos se halló la lámina neta, con la siguiente ecuación:

$$Ln = (CC - PMP) / 100 * Da * Pre * Na$$

Donde:

LN = Lamina neta (mm)

CC = Capacidad de campo (%)

PMP = Punto de marchitez permanente (%)

Da = Densidad aparente (gr/cm³)

Pre = Profundidad radicular efectiva (mm)

Na = Nivel de agotamiento

$$LN = (14.55 - 8.05) / 100 * 1.66 * 150 * 0.2$$

$$LN = 3.24 \text{ mm}$$

Luego, se calculó la lámina bruta con una eficiencia de aplicación del 50%

$$LB = \frac{LN}{Ea}$$

Donde:

LB = Lamina bruta (mm)

Ea = Eficiencia de aplicación

$$LB = \frac{3.24 \text{ mm}}{0.5}$$

$$LB = 6.47 \text{ mm en m}^3 \text{ serán } 64.72 \text{ en una hectárea o } 10000 \text{ m}^2$$

Para hallar la frecuencia de riego, se consideró la evapotranspiración de la semana más crítica y se dividió por los 7 días de la semana para calcular la evapotranspiración diaria, que es llamada uso consumo (Uc); en este caso se tomó 180 mm/semana y 25.71 mm/día.

$$FR = \frac{Ln}{Uc}$$

$$FR = \frac{3.24mm}{25.71mm / dia}$$

$$FR = 0.126 \text{ días}$$

En la siguiente tabla se resumen los resultados de las cuatro series:

Tabla 8. Resultados del modulo de riego para las cuatro series

SERIE	LN	LB	FR
Universidad	3.24	6.47	0.126
Piedra Altas	3.51	7.01	0.136
Aguas	3.09	6.17	0.120
Bosque	2.39	4.79	0.093

La segunda parte, después de haber regado el lote grande de arroz es para regar el área del triangulo, para ello se cierra la válvula que abastece de agua el canal oriental en el tanque, y se abre la del triangulo con un caudal de 15 l/s que irrigará esta pequeña área de aproximadamente 1 ha.

Cuando no se necesite el agua para regar, se puede utilizar el caudal que llega al tanque para llenar los lagos que después pueden aportar los 10 l/s al canal occidental, por medio del canal los lagos que intercepta el canal central y que serviría como otra forma de regar.

4.13. OPCIONES DE REVESTIMIENTO

4.13.1. OPCIÓN 1. CANALES EN TIERRA

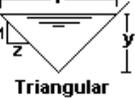
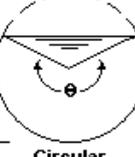
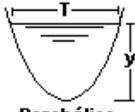
Esta opción es como actualmente se maneja el riego por superficie en la granja, se cambió el trazado y además se diseñaron algunas estructuras hidráulicas que serán construidas en concreto, tanto la estructura como 2 m a aguas arriba y abajo, esto para evitar la erosión del canal y así mantener la sección y la funcionalidad de la estructura.

Estos canales tienen grandes desventajas por su baja estabilidad, erosión, pérdidas por infiltración, crecimiento de arvenses entre otros. Pero también ventajas como el bajo costo en construcción.

4.13.1.1. Trazado de Canales Abiertos

Para el trazado y diseño de los canales se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

Tabla 9. Relaciones geométricas de las secciones transversales

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

Fuente: Diseño de canales. <http://www.monografias.com/trabajos19/canales/canales.shtml>
monografias.com.

Tabla 10. Taludes máximos recomendados para canales sin o con revestimiento.

Material de excavación del lecho	Talud (1:m)
Rocas compactadas	Vertical
Rocas estratificadas	1: 0.50
Mampostería de piedra común	1: 0.50
Tierra muy compacta. Paredes rocosas	1: 1.25
Tierras compactas sin revestimiento	1: 1.50
Cantos rodados	1: 1.75
Tierra porosa arenosa	1: 200
Tierra en general sin revestir	1: 2.50

Fuente: Ojeda, 1995.

Tabla 11. Coeficiente "n" de Manning

Tipo de conducto	Valor de n
Canales enlucidos en cemento bien liso	0.010
Canales con acabado en mortero de cemento	0.011
Canales de hormigón moldeado en el sitio	0.016
Tuberías de hormigón premoldeados	0.014
Canales en tierra compacta y paredes lisas	0.020
Canales en roca	0.025
Canales en grava fina	0.024
Canales en grava gruesa	0.028

Fuente: Ojeda, 1995.

Tabla 12. Valores típicos de la permeabilidad

Tipo de suelo	K (cm/sg)
Grava limpia	1.0 o mas
Arena gruesa limpia	1.0 a 0.01
Arena mezclada	0.01 a 0.05
Arena fina	0.05 a 0.001
Arena limosa	0.002 a 0.0001
Limos	0.0005 a 0.00001
Arcillas	0.000001 o menos
Arcillas bien compactadas	0.00

Fuente: Ojeda, 1995.

Tabla 13. Velocidades máximas permitidas en canales en (m/seg), de acuerdo al material del lecho y al material transportado por el agua. (FORTIER Y SCOBNEY)

MATERIAL DEL LECHO	MATERIAL TRANSPORTADO		
	Aguas claras	Limos coloides	Arenas, cascajos, fragmentos de roca
Arena fina no coloidal	0.45	0.75	0.45
Material franco-arenoso	0.50	0.75	0.60

Material franco-limoso	0.60	0.90	0.60
Limos aluviales no coloides	0.60	1.10	0.60
Material franco ordinario firme	0.75	1.10	0.70
Cenizas volcánicas	0.75	1.10	0.60
Grava fina	0.75	1.50	1.15
Arcilla firme	1.15	1.50	0.90
Cascajos bien proporcionados	1.15	1.50	0.90
Limos aluviales	1.15	1.50	0.90
Material limoso	1.20	1.70	1.50
Cascajo grueso	1.20	1.80	1.95
Piedras redondas	1.50	1.70	1.95
Esquistos arcillosos	1.80	1.80	1.50
Arcilla compacta	1.80	1.80	1.50

Fuente: Ojeda, 1995.

Teniendo ya el trazado del perfil del terreno se realizó el trazado de la pendiente definitiva que va a llevar el canal y estos fueron los resultados de los respectivos canales.

- Canal oriental:

Este canal se dividió en tres tramos, el primer tramo desde la abscisa 0 m (tanque disipador) con cota 403.21 hasta la 58 m con cota 403.094, quedando con pendiente topográfica de 0.2%; el segundo tramo desde la abscisa 60 m con cota 402.594 hasta la 420 m con cota 401.874, quedando con pendiente topográfica de 0.2%; el tercer tramo desde la abscisa 430 m con cota 400.274 hasta la 750 m con cota 399.794, quedando con pendiente topográfica de 0.15%. Ver plano 9. Planta y perfil trazado canal oriental.

- Canal central:

Este canal empieza en la abscisa 240 m del canal oriental con cota 400.734 hasta la 262 m sobre el eje del canal con cota 400.210, quedando con pendiente topográfica de 0.2%. Ver plano 10. Planta y perfil trazado canal central.

- Canal occidental:

Este canal empieza en el final del canal central con cota 400.21 hasta la 480 m sobre el eje del canal con cota 399.730, quedando con pendiente topográfica de 0.1%. Ver plano 11. Planta y perfil trazado canal occidental.

- Canal triangulo:

Este canal se dividió en tres tramos; el primer tramo desde la abscisa 7 m sobre el eje del canal (tanque disipador) con cota 403.073 hasta la 40 m con cota 403.019, quedando con pendiente topográfica de 0.2%; el segundo tramo desde la abscisa 40 m con cota 402.119 hasta la 80 m con cota 402.039,

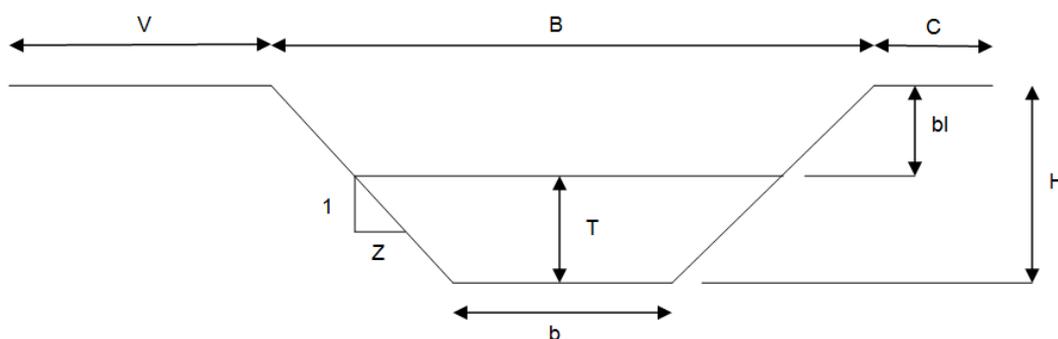
quedando con pendiente topográfica de 0.2%; el tercer tramo desde la abscisa 80 m con cota 401.139 hasta la 120 m con cota 401.059, quedando con pendiente topográfica de 0.2%. Ver plano 12. Planta y perfil trazado canal triangulo.

- Canal lagos:

Este canal empieza en la abscisa 0 m en la descarga del primer lago con cota 400.734 hasta la 257 m sobre el eje del canal con cota 400.210, quedando con pendiente topográfica de 0.2%. Ver plano 13. Planta y perfil trazado canal lagos.

4.13.1.2. Diseño de Canales Abiertos

Se escogió la sección trapezoidal para el dimensionamiento de los canales por ser esta la forma más estable y de mayor eficiencia hidráulica.



Donde:

B = Ancho superior del canal

b = Ancho solera

z = Valor horizontal de la inclinación del talud

C = Berma del camino, puede ser: 0,5; 0,75; 1,00 m., según el canal sea de tercer, segundo o primer orden respectivamente.

V = Ancho del camino de vigilancia, puede ser: 3; 4 y 6 m., según el canal sea de tercer, segundo o primer orden respectivamente.

T = Tirante hidráulico.

bl = Borde libre.

H = Altura de caja o profundidad de rasante del canal.

En algunos casos el camino puede ir en ambos márgenes, según las necesidades del canal, igualmente la capa de rodadura de 0,10 m. a veces no será necesaria, dependiendo de la intensidad del tráfico.

El diseño de los canales se realizó mediante la metodología de propuesta por Chow en Hidráulica de canales Abiertos pág. 25-32, donde se utiliza la ecuación de Manning; por medio de iteraciones, teniendo en cuenta varios

parámetros como el caudal, la rugosidad, la pendiente, y la velocidad se escoge el ancho de la solera (b) y la altura (h) de los canales.

En las iteraciones se le dan valores a la altura (h) y el ancho de la solera (b) y se chequea hasta que, tanto la velocidad como el caudal que arroje sean los requeridos.

A continuación se mostrara las secciones de los canales:

Tabla 14. Diseño Canal Oriental Opción 1.

TRAMOS	UBICACIÓN		S	DATOS CALCULADOS				CONSTRUCTIVOS	
	Inicial	Final		h (m)	b (m)	V (m/s)	Q (m3/seg)	h (m)	b (m)
TRAMO 1.									
Δx	0	58	0.002	0.2	0.22	0.3597	0.03022	0.3	0.25
Δy	403.21	403.094							
TRAMO 2-3.									
Δx	60	420	0.002	0.18	0.17	0.3273	0.02062	0.25	0.2
Δy	402.594	401.874							
TRAMO 4.									
Δx	430	750	0.0015	0.17	0.25	0.2934	0.02095	0.25	0.25
Δy	400.274	399.794							

Tabla 15. Diseño Canal Central Opción 1.

TRAMOS	UBICACIÓN		S	DATOS CALCULADOS				CONSTRUCTIVOS	
	Inicial	Final		h (m)	b (m)	V (m/s)	Q (m3/seg)	h (m)	b (m)
TRAMO 1.									
Δx	0	262	0.002	0.15	0.19	0.3039	0.015	0.2	0.2
Δy	400.734	400.21							

Tabla 16. Diseño Canal Occidental Opción 1.

TRAMOS	UBICACIÓN		S	DATOS CALCULADOS				CONSTRUCTIVOS	
	Inicial	Final		h (m)	b (m)	V (m/s)	Q (m3/seg)	h (m)	b (m)
TRAMO 1.									
Δx	0	480	0.001	0.17	0.21	0.2326	0.0150	0.25	0.20
Δy	400.21	399.73							

Tabla 17. Diseño Canal Triangulo Opción 1.

TRAMOS	UBICACIÓN		S	DATOS CALCULADOS				CONSTRUCTIVOS	
	Inicial	Final		h (m)	b (m)	V (m/s)	Q (m3/seg)	h (m)	b (m)
TRAMO 1.									
Δx	7	40	0.002	0.15	0.19	0.30397207	0.01550258	0.2	0.25

Δy	403.073	403.019							
TRAMO 2.									
Δx	40	80	0.002	0.15	0.19	0.30397207	0.01550258	0.2	0.25
Δy	402.074	401.954							
TRAMO 3.									
Δx	80	120	0.002	0.15	0.19	0.30397207	0.01550258	0.2	0.25
Δy	401.054	400.934							

Tabla 18. Diseño Canal Lagos Opción 1.

TRAMOS	UBICACIÓN		S	DATOS CALCULADOS				CONSTRUCTIVOS	
	Inicial	Final		h (m)	b (m)	V (m/s)	Q (m3/seg)	h (m)	b (m)
TRAMO1.									
Δx	0	257	0.002	0.15	0.19	0.3039	0.0155	0.2	0.25
Δy	400.734	400.210							

4.13.1.3. Diseño de Estructuras Hidráulicas

Las estructuras hidráulicas que se diseñaron fueron:

- Estructuras de aforo: la canaleta Parshall y la canaleta Ballofet
- Estructuras de reparto: las compuertas Tipo 2 y Tipo 3. (Ver plano 6)
- Estructuras de caída: los escalones

Estas estructuras son necesarias para cuantificar el agua que es transportada por los canales, realizar las derivaciones hacia otros canales, hacer los cambios de altura; con el fin de tener un control del agua utilizada en el riego, y evitar que se erosionen o se sedimenten los canales.

A continuación se muestra el cuadro detallado de las estructuras a utilizar, también se pueden observar en el plano 5 y 14.

Tabla 19. Estructuras hidráulicas opción 1.

ABSCISA		TRAMOS			s (%)	ESTRUCUTURAS		
Inicial	Final		V (m/s)	Q (m3/seg)		AFORO	REPARTO	CAIDA
CANAL ORIENTAL								
0	58	TRAMO 1	0,3597	0,0302	0,2	Parshall		0,5
60	240	TRAMO 2	0,3597	0,0302	0,2		Compuerta Tipo2	
240	430	TRAMO 3	0,3273	0,2062	0,2			2 x 0,8
430	750	TRAMO 4	0,2934	0,0210	0,15			
CANAL CENTRAL								
0	262	TRAMO 1	0,3039	0,0150	0,2	Ballofet		1,5
CANAL OCCIDENTAL								
0	480	TRAMO 1	0,2327	0,0150	0,1			
CANAL LAGOS								

0	257	TRAMO 1	0,3040	0,0155	0,2	Parshall	Válvula	
CANAL TRIANGULO								
7	40	TRAMO 1	0,3040	0,0155	0,2	Ballofet		0,9
40	80	TRAMO 2	0,3040	0,0155	0,2			0,9
80	120	TRAMO 3	0,3040	0,0155	0,2		Compuerta Tipo2	0,7

4.13.1.3.1. AFORADOR PARSHALL

Los aforadores Parshall son calculados de la misma forma que el de la línea de abastecimiento, luego, las dimensiones son las mismas del anterior. Ver ejemplo de cálculo 1.

En este caso $b = 0.25 \text{ mts} = 9.84 \text{ pulg}$. Para este caso se asume $W = 9.0 \text{ pulg}$.

4.13.1.3.2. AFORADOR BALLOFET

Ejemplo de cálculo 2:

$$Q = 15 \text{ Lt/s}; \quad 15 \text{ Lt/s} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ Lt}} = 0.015 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Se considera $r = \frac{2}{3}$ ya que causa menor sobre elevación del agua.

$$\mu = 0.434 \qquad C = 0.96$$

$b = 0.20 \text{ mts}$; se obtiene B ;

$$r = \frac{b}{B} \longrightarrow B = \frac{b}{r} \longrightarrow \frac{0.20 \text{ m}}{\frac{2}{3}} = 0.299 \text{ m} \quad B = 0.299 \text{ m}$$

De la igualdad $\frac{V^2}{2g} * \frac{b}{A} = 1$ se halla Y_c para conservar el equilibrio y obtener la altura.

$$\frac{V^2}{2g} * \frac{b}{A} = 1 \longrightarrow \frac{(Q/A)^2}{g} * \frac{b}{A} = 1 \longrightarrow \frac{Q^2}{A^2 * g} = \frac{b}{A} = 1$$

$$A = \sqrt[3]{\frac{(0.015 \text{ m}^3/\text{s})^2 * (0.20 \text{ m})}{9.81 \text{ m/s}^2}}; \quad A = 0.016615 \text{ m}^2$$

$$A = b * Y_c \longrightarrow Y_c = \frac{A}{b} \longrightarrow \frac{0.016615 \text{ m}^2}{0.20 \text{ m}} = 0.08 \text{ m}; \quad Y_c = 0.08 \text{ m}$$

Para que se cumplan las funciones de proporción se tiene $\frac{V^2}{g} * \frac{b}{A} = 1$

$$V = \frac{0.015m^3/s}{0.016615m^2}; \quad V = 0.9027 \text{ m/s}$$

$$\frac{(0.9027m/s)^2}{9.81m/s^2} * \frac{0.20m}{0.016615m^2} = 1$$

1 = 1 Se cumple

$$\frac{V^2}{g.Yc} = 1 \longrightarrow \frac{(0.9027m/s)^2}{(9.81m/s^2).(0.08m)} = 1$$

Con la formula $Q = b.Yc\sqrt{g.Yc}$ se obtiene Yc.

$$Yc = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{b^2.g}}; \quad \sqrt[3]{\frac{(0.015m^3/s)^2}{(0.20m)^2 * (9.81m/s^2)}} \quad Yc = 0.08 \text{ m}$$

Longitud total $3B = 3 * 0.3m = 0.9 \text{ m}$

Longitud sección de acceso $2B = 2*0.3m = 0.6m$

Longitud de sección contraída o de garganta $B = 0.3 \text{ m}$

Ancho de la sección de acceso $B = 0.3 \text{ m}$

Ancho de la sección contraída $rB = 2/3*0.3 \text{ m} = 0.2 \text{ m}$

Relación de la contracción $b/B = 0.20/0.3m = 0.667m$

Altura máximo $2B = 2*0.3m = 0.6m$

Ancho de abultamiento $(1-r/2)*B = (\frac{1-2/3}{2})*0.375m = 0.05m$

Se obtiene y1 de la ecuación:

$$Q = b.Yc\sqrt{g.Yc} \longrightarrow Q^2 = \mu^2 b^2 * 2gy \longrightarrow y = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{\mu^2 b^2 2g}}$$

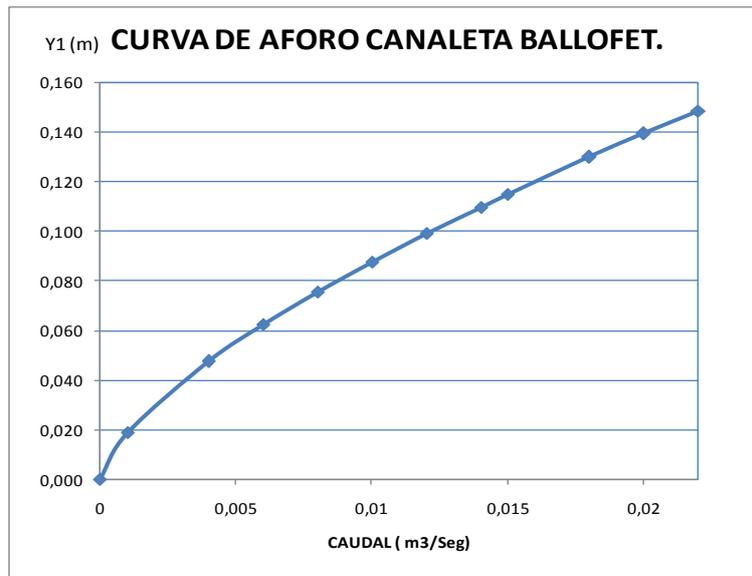
$$y1 = \sqrt[3]{\frac{(0.015m^3/s)^2}{(0.434)^2 * (0.20m)^2 * 19.62m/s^2}}; \quad y1 = 0.115 \text{ m}$$

$$E = y + \frac{Q^2}{b^2 y^2 2g} \longrightarrow E = 0.12m + \frac{(0.015m^3/s)^2}{(0.20m)^2 * (0.31m)^2 * 19.62m/s^2} \quad E = 0.11649 \text{ m}$$

Tabla 20. Datos curva de aforo canaleta Ballofet.

Q(m ³ /s)	0.00	0.001	0.004	0.006	0.008	0.01	0.012	0.014	0.015	0.018	0.02	0.022
H(m)	0.00	0.019	0.048	0.062	0.076	0.088	0.099	0.110	0.115	0.130	0.139	0.148

Gráfica 3 . Curva aforo Ballofet.



Ver Plano 5.

4.13.1.3.3. ESTRUCTURA DE CAIDA ESCALONADAS

Los aspectos importantes de las estructuras de caída son la caída libre ver Figura 8, el impacto de la lamina vertiente y el resalto hidráulico, aguas abajo. La disipación de energía ocurre en el impacto de la lamina vertiente y en el resalto hidráulico.

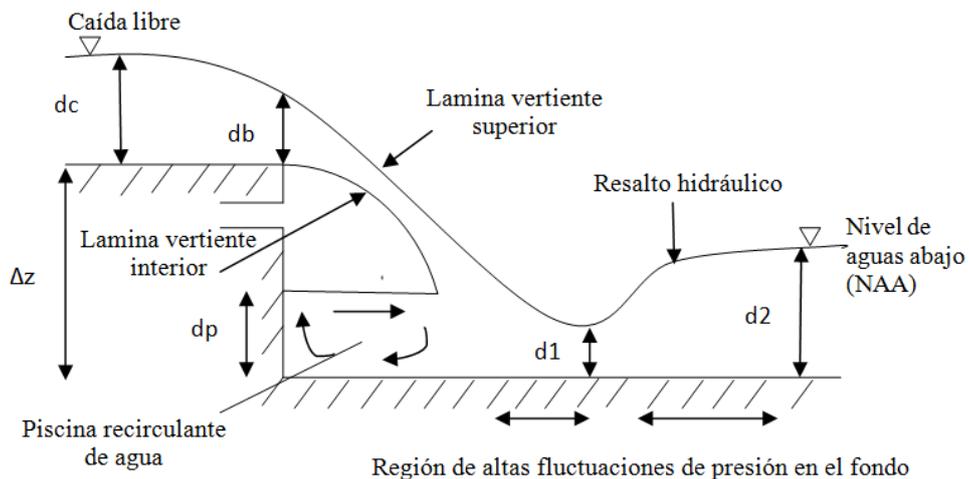


Figura 8. Esquema de una estructura de caída.

La estructuras de caída libre del canal oriental para esta opción 1. Tienen las siguientes dimensiones, cálculo del comportamiento del flujo.

$$Q_{dis} = 0,02 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$dc = ((Qdis^2)/(g)^{1/3})$$

$$dc = 0,0344189$$

$$\Delta z = 0,8 \text{ m}$$

$$db = 0,7 \text{ dc} = 0.02409$$

$$ld/\Delta z = 4,3 (dc/\Delta z)^{0,81}$$

$$ld/\Delta z = 0,33633428$$

$$ld = 0,2690674 \text{ m}$$

$$d1/\Delta z = 0,54 (dc/\Delta z)^{1,275}$$

$$d1/\Delta z = 0,00978071$$

$$d1 = 0,0078246 \text{ m}$$

$$d2/\Delta z = 1,66 (dc/\Delta z)^{0,81}$$

$$d2/\Delta z = 0,12984067$$

$$d2 = 0,1038725 \text{ m}$$

$$dp/\Delta z = (dc/\Delta z)^{0,66}$$

$$dp/\Delta z = 0,07821727$$

$$dp = 0,0625738 \text{ m}$$

Se ubicará un contravertedero que actúe como disipador de energía después del segundo escalón, aguas abajo de estas estructuras de caída en el canal oriental, para mermarle energía al agua y darle más vida útil a la estructura.

Como esta opción es para canales en tierra o sin revestir, se revestirán 3 m de canal aguas arriba y abajo de la estructura, es decir, 3 m antes del primer escalón y 3 m después del segundo, para una longitud total de la estructura de 16 m.

Una forma relacionada de las estructuras de caída es el vertedero escalonado con escalones amplios, en el cual el flujo rebota hacia abajo desde un escalón hacia el siguiente, como una sucesión de estructuras de caída Ver figura 11. Este tipo de flujo se conoce como el régimen de flujo saltante. La estructura del canal central en la derivación del canal oriental presenta este régimen de flujo, con las siguientes dimensiones.

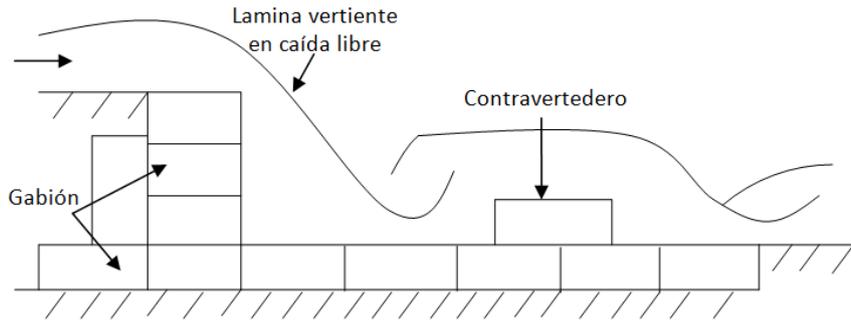


Figura 9. Estructura de caída en gaviones con contravertedero.

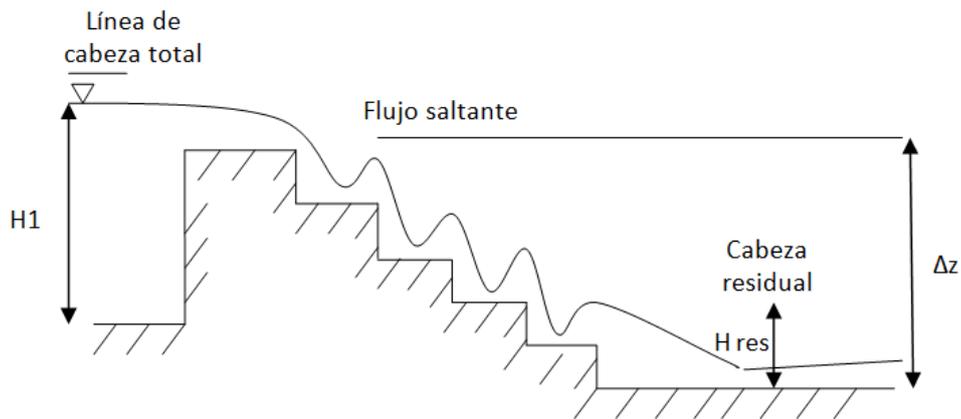


Figura 10. Régimen de flujo saltante en una estructura escalonada.

Q = 0,02 m³/s Caudal
 B = 0,5 m Ancho y alto del escalón

$$d_c = ((Qd^2)/(g*(B^2)))^{1/3}$$

$$d_c = 0,054636599$$

Δz = 1,5m Cabeza total

$$l_d/\Delta z = 4,3 (d_c/\Delta z)^{0,81}$$

$$l_d/\Delta z = 0,293897776 \quad l_d = 0,4408467 \quad m$$

$$d_1/\Delta z = 0,54 (d_c/\Delta z)^{1,275}$$

$$d_1/\Delta z = 0,007909865 \quad d_1 = 0,0118648 \quad m$$

$$d2/\Delta z = 1,66 (dc/\Delta z)^{0,81}$$

$$d2/\Delta z = 0,113458211$$

$$d2 = 0,1701873 \text{ m}$$

$$dp/\Delta z = (dc/\Delta z)^{0,66}$$

$$dp/\Delta z = 0,06834832$$

$$dp = 0,1025225 \text{ m}$$

4.13.1.4. Cantidades de obra

Con la información obtenida con la nivelación y la nueva opción de pendiente propuesta, se calcula el movimiento de tierra (corte/relleno) que se debe hacer para llevar el agua por gravedad a la totalidad del área cultivada con arroz en la Granja. Ver Anexo 10, 11, 12,13 y 14. Movimientos de tierra para cada canal. Opción 1

Tabla 21. Movimientos de tierra; Corte y relleno. Opción 1.

CANALES	CORTE (m3)	RELLENO (m3)	RESULTADO (m3)
Oriental	- 48.921	462.627	424.374
Central	- 91.155	1.721	- 89.434
Occidental	- 109.845	0	- 109.845
Lagos	- 37.186	0.942	- 36.244
Triangulo	- 50.747	0	- 50.747
TOTAL			- 138.104

Para los movimientos de tierra que se deben hacer previos a la construcción de los canales, nos da una cantidad de tierra a favor de 138.104 m³, tierra que se puede distribuir por el lote homogéneamente para aportarle volumen de suelo fundamental en el desarrollo radicular de las plantas de arroz.

Se muestra también, el volumen de tierra que se debe mover para la construcción de cada uno de los canales y las cantidades de obra para los revestimientos expresados en m³.

Tabla 22. Volumen de tierra para todos los canales. Opción 1.

OPCION 1. CANALES SIN REVESTIR									
Tramo	FINALES		ABCISAS		LONGIT UD	B (m)	AREA (m2)	MOV.TIERRA (m3)	CANTIDAD DE OBRA (m3)
	h (m)	b (m)	Inicial	Final					
CANAL ORIENTAL									

Tramo 1	0,3	0,25	0	58	58	0,85	0,165	9,57	0
Tramo 2	0,3	0,25	58	240	182	0,85	0,165	30,03	0
Tramo 3	0,25	0,2	240	420	180	0,7	0,1125	20,25	0
Tramo 4	0,25	0,25	420	750	330	0,75	0,125	41,25	0
SUB-TOTAL								101.1	0
CANAL CENTRAL									
Tramo 1	0,2	0,2	0	262	262	0,6	0,08	20,96	0
SUB-TOTAL								20,96	0
CANAL OCCIDENTAL									
Tramo 1	0,25	0,2	0	480	480	0,7	0,1125	54	0
								54	0
CANAL LAGOS									
Tramo 1	0,2	0,2	0	257	257	0,6	0,08	20,56	0
SUB-TOTAL								20,56	0
CANAL TRIANGULO									
Tramo 1	0,2	0,25	0	40	40	0,65	0,09	3,6	0
Tramo 2	0,2	0,25	40	80	40	0,65	0,09	3,6	0
Tramo 3	0,2	0,25	80	120	40	0,65	0,09	3,6	0
SUB-TOTAL								10.8	0
TOTAL								207.42	0

Para esta opción, como se propone sin revestimiento, las cantidades de obra son iguales a cero y el movimiento de tierra es igual a 207.42 m³. Este volumen de suelo que sobra, se esparcirá por los lotes.

4.13.2. OPCIÓN 2. CANALES EN SUELO-CEMENTO

Esta opción es una mezcla de suelo con cemento compactado en su contenido óptimo de humedad; esta es una nueva alternativa para la construcción y conservación de los canales abiertos.

Estos canales tienen grandes ventajas por la buena resistencia de la mezcla, y los bajos costos de construcción, ya que se puede utilizar para la mezcla el suelo del sitio o simplemente agregarle de otra parte la porción de suelo que complementa las características ideales de la mezcla.

Los suelos de la granja tienen texturas gruesas, con porcentajes de arena mayores a 72% adecuados para la realización de la mezcla suelo-cemento, solo en la parte final del canal central y parte inicial del canal Occidental en la serie el Caño este valor es de 69.9%. Para este caso, y debido a que la diferencia en porcentaje no es muy grande, se debe adicionar el 2.1% restante en arena fina, para satisfacer la exigencia de porcentaje de arena que se necesita para la mezcla.

Tabla 23. Localización de los canales en sus diversas series de suelo de la Granja.

CANAL	SERIES
Oriental	Piedras altas, Terraza
Central	Piedras altas, Terraza, el Caño, Universidad
Occidental	Caño, Piedras bajas
Lagos	Terraza, Universidad
Triangulo	Piedras altas

4.13.2.1. Trazado de Canales Abiertos

Teniendo ya el trazado del perfil del terreno se realizó el trazado de la pendiente definitiva que va a llevar el canal, y estos fueron los resultados de los respectivos canales.

- Canal oriental:

Este canal se dividió en tres tramos, el primer tramo desde la abscisa 0 m (tanque disipador) con cota 403.255 hasta la 58 m con cota 403.081, quedando con pendiente topográfica de 0.3%; el segundo tramo desde la abscisa 60 m con cota 402.594 hasta la 420 m con cota 401.514, quedando con pendiente topográfica de 0.3%; el tercer tramo desde la abscisa 430 m con cota 400.114 hasta la 750 m con cota 399.634, quedando con pendiente topográfica de 0.15%. Ver plano 9. Planta y perfil trazado canal oriental.

- Canal central:

Este canal se dividió en dos tramos, el primer tramo empieza en la abscisa 240 m del canal oriental con cota 401.154 hasta la 60 m sobre el eje del canal con cota 401.004, quedando con pendiente topográfica de 0.25%; el segundo tramo desde la abscisa 60 m con cota 400.604 hasta la 262 m con cota 399.992, quedando con pendiente topográfica de 0.3%. Ver plano 10. Planta y perfil trazado canal central.

- Canal occidental:

Este canal empieza en el final del canal central con cota 399.998 hasta la 480 m sobre el eje del canal con cota 399.518, quedando con pendiente topográfica de 0.1%. Ver plano 11. Planta y perfil trazado canal occidental.

- Canal triangulo:

Este canal se dividió tres tramos; el primer tramo desde la abscisa 7 m sobre el eje del canal (tanque disipador) con cota 403.073 hasta la 40 m con cota 402.974, quedando con pendiente topográfica de 0.3%; el segundo tramo desde la abscisa 40 m con cota 402.074 hasta la 80 m con cota 401.954, quedando con pendiente topográfica de 0.3%; el tercer tramo desde la abscisa 80 m con cota 401.054 hasta la 120 m con cota 400.934, quedando con pendiente topográfica de 0.3%. Ver plano 12. Planta y perfil trazado canal triangulo.

- Canal lagos:

Este canal empieza en la abscisa 0 m en la descarga del primer lago con cota 401.188 hasta la 257 m sobre el eje del canal con cota 400.417, quedando con pendiente topográfica de 0.3%. Ver plano 13. Planta y perfil trazado canal lagos.

4.13.2.2. Diseño de Canales Abiertos

El diseño se hizo bajo la ecuación de Manning y la metodología de Chow, tal como se mostró anteriormente. A continuación se mostrara las secciones de los canales para esta opción.

Tabla 24. Diseño Canal Oriental. Opción 2.

TRAMOS	UBICACIÓN		S	DATOS CALCULADOS				CONSTRUCTIVOS	
	Inicial	Final		h (m)	b (m)	V (m/s)	Q (m3/s)	h (m)	b (m)
TRAMO 1.									
Δx	0	58	0.003	0.15	0.23	0.5382	0.03	0.22	0.22
Δy	403.255	403.081							
TRAMO 2.									
Δx	60	420	0.003	0.1	0.34	0.468	0.02	0.15	0.35
Δy	402.594	401.514							
TRAMO 3.									
Δx	430	750	0.0015	0.12	0.25	0.3454	0.015	0.18	0.18
Δy	400.114	399.634							

Tabla 25. Diseño Canal Central. Opción 2.

TRAMOS	UBICACIÓN		S	DATOS CALCULADOS				CONSTRUCTIVOS	
	Inicial	Final		h (m)	b (m)	V (m/s)	Q (m3/s)	h (m)	b (m)
TRAMO 1.									
Δx	0	60	0.002	0.13	0.13	0.45586	0.015408	0.2	0.2
Δy	401.154	401.004							
TRAMO 2.									
Δx	60	262	0.002	0.13	0.13	0.45586	0.015408	0.2	0.2
Δy	400.604	399.992							

Tabla 26. Diseño Canal Occidental. Opción 2.

TRAMOS	UBICACIÓN		S	DATOS CALCULADOS				CONSTRUCTIVOS	
	Inicial	Final		h (m)	b (m)	V (m/s)	Q (m3/s)	h (m)	b (m)
TRAMO 1.									
Δx	0	480	0.001	0.16	0.16	0.302	0.015	0.22	0.20

Δy	399.998	399.518							
------------	---------	---------	--	--	--	--	--	--	--

Tabla 27. Diseño Canal Triangulo. Opción 2.

TRAMOS	UBICACIÓN		S	DATOS CALCULADOS				CONSTRUCTIVOS	
	Inicial	Final		h (m)	b (m)	V (m/s)	Q (m3/s)	h (m)	b (m)
TRAMO 1.									
Δx	7	40	0.002	0.15	0.19	0.3039	0.0155	0.2	0.25
Δy	403.073	402.974							
TRAMO 2.									
Δx	40	80	0.002	0.15	0.19	0.3039	0.0155	0.2	0.25
Δy	402.074	401.954							
TRAMO 3.									
Δx	80	120	0.002	0.15	0.19	0.3039	0.015	0.2	0.25
Δy	401.054	400.934							

Tabla 28. Diseño Canal Lagos. Opción 2.

TRAMOS	UBICACIÓN		S	DATOS CALCULADOS				CONSTRUCTIVOS	
	Inicial	Final		h (m)	b (m)	V (m/s)	Q (m3/s)	h (m)	b (m)
TRAMO 1.									
Δx	0	257	0.003	0.13	0.13	0.4558	0.0154	0.2	0.2
Δy	401.188	400.417							

4.13.2.3. Diseño de Estructuras Hidráulicas

Las estructuras hidráulicas que se diseñaron fueron son las mismas de la opción anterior, pero con diferentes dimensiones, por que tienen pendientes longitudinales distintas.

Estas estructuras son necesarias para cuantificar el agua que es transportada por los canales, realizar las derivaciones hacia otros canales, hacer los cambios de altura; con el fin de tener un control del agua utilizada en el riego, y evitar que se erosionen o se sedimenten los canales.

En esta opción las estructuras se revestirán en concreto 2 m aguas arriba y abajo, se pueden realizar en suelo cemento pero para mayor viabilidad de los canales se construirán en concreto.

A continuación se muestra la tabla detallada de las estructuras a utilizar.

Tabla 29. Estructuras hidráulicas opción 2.

ABSCISA	TRAMOS			ESTRUCUTURAS
---------	--------	--	--	--------------

Inicial	Final		V (m/s)	Q (m ³ /s)	S (%)	AFORO	REPARTO	CAIDA
CANAL ORIENTAL								
0	58	TRAMO 1	0,5382	0,0300	0,3	Parshall		0,5
60	240	TRAMO 2	0,5382	0,0300	0,3		Compuerta Tipo2	
240	430	TRAMO 3	0,4680	0,0200	0,3			2 x 0,7
430	750	TRAMO 4	0,3454	0,0153	0,15			
CANAL CENTRAL								
0	60	TRAMO 1	0,4559	0,0154	0,3	Ballofet		0,87
60	262	TRAMO 2	0,4559	0,0154	0,3			0,4
CANAL OCCIDENTAL								
0	480	TRAMO 1	0,3023	0,0155	0,1			
CANAL LAGOS								
0	257	TRAMO 1	0,4559	0,0154	0,3	Parshall	Válvula	
CANAL TRIANGULO								
7	40	TRAMO 1	0,455861	0,015503	0,3	Ballofet		0,9
40	80	TRAMO 2	0,455861	0,015503	0,3			0,9
80	120	TRAMO 3	0,455861	0,015503	0,3		Compuerta Tipo2	0,6

4.13.2.3.1. AFORADOR PARSHALL

Todos los aforadores Parshall son calculados de la misma forma luego, las dimensiones son las mismas del anterior. Ver ejemplo de cálculo 1.

En este caso $b = 0.25 \text{ m} = 9.84 \text{ pulg.}$ Para este caso se asume $W = 9.0 \text{ pulg.}$

4.13.2.3.2. AFORADOR BALLOFET

El aforador Ballofet se cálculo de la misma forma, las dimensiones del ancho de la solera y el caudal conducido es el mismo del ejemplo anterior.

Ancho de la solera $b = 0.2 \text{ m}$ y caudal $Q = 15 \text{ l/s}$.

Ver ejemplo cálculo 2. Aforador Ballofet.

4.13.2.3.3. ESTRUCTURAS DISIPADORAS DE ENERGÍA

Todas las estructuras de caída se diseñaron como estructuras de caída libre, excepto la primera estructura del canal central que se diseño como una estructura escalonada. En esta estructura, el flujo rebota hacia abajo desde un escalón hacia el siguiente, como una sucesión de estructuras de caída Ver figura10. Este tipo de flujo se conoce como el régimen de flujo saltante.

Debido a que la caída total es de 0.9m, se diseñaron 3 escalones de 0.3 m de largo y de caída cada uno. El cálculo se realizo como una estructura de caída libre para cada escalón como se muestra en la opción 1.

Se ubicara un contravertedero que actúe como disipador de energía después del último escalón, aguas abajo de estas estructuras, para mermarle energía al agua y darle más vida útil a la estructura y al canal. El contravertedero, será de 0.1m menos que la altura del canal donde está ubicado a una distancia igual a la altura del escalón.

Para los dos tipos de estructuras de caída que se proponen se pondrán pantallas a lado y lado, durante toda la caída, con el fin de evitar que el agua salga de la estructura.

4.13.2.4. Cantidades de obra

De la información obtenida con la nivelación y la nueva opción de pendiente propuesta, se calcula el movimiento de tierra (corte/relleno) que se debe hacer para llevar el agua por gravedad en los canales hasta el final del lote, para de esta forma regar la totalidad del área cultivada con arroz en la granja. Ver Anexo 15, 16, 17,18 y 19. Movimientos de tierra para cada canal. Opción 2. Los resultados, de la sumatoria de los cortes y rellenos que se deben hacer en cada canal se presentan a continuación, para tener una cifra del movimiento de tierra por opción de revestimiento.

Tabla 30. Movimientos de tierra; Corte y relleno. Opción 2.

CANALES	CORTE (m3)	RELLENO (m3)	RESULTADO (m3)
Oriental	- 306.479	65.165	- 241.3141
Central	- 59.516	4.217	- 55.300
Occidental	- 60.721	0	- 60.721
Lagos	- 26.420	2.11	- 24.304
Triangulo	- 37.169	0	- 37.169
TOTAL			- 418.808

En este cuadro se especifica el movimiento de tierra que se debe hacer para la construcción del canal, con las dimensiones del diseño, además se presenta la cantidad de obra que se requiere de material de revestimiento para cada uno de los tramos por canal, con un recubrimiento de 5cm.

Tabla 31. Volumen de tierra para todos los canales. Opción 2

OPCION 2. CANALES CON REVESTIMIENTO EN SUELO-CEMENTO									
Tramo	FINALES		ABCISAS		LONGITU D	B (m)	AREA (m2)	MOV.TIERRA (m3)	CANTIDA DE OBRA (m3)
	h (m)	b (m)	Inicial	Final					
CANAL ORIENTAL									
Tramo 1	0,22	0,25	0	58	58	0,69	0,1034	5,9972	2,224582459
Tramo 2	0,22	0,25	58	240	182	0,69	0,1034	18,8188	6,980586338
Tramo 3	0,15	0,35	240	420	180	0,65	0,075	13,5	6,32309768
Tramo 4	0,18	0,25	420	750	330	0,61	0,0774	25,542	11,1058149
SUB-TOTAL								63,858	26,63408137
CANAL CENTRAL									
Tramo 1	0,2	0,2	0	60	60	0,6	0,08	4,8	2,010265636
Tramo 2	0,2	0,2	60	262	202	0,6	0,08	16,16	6,767894307

SUB-TOTAL								20,96	8,778159943
CANAL OCCIDENTAL									
Tramo 1	0,22	0,2	0	480	480	0,64	0,0924	44,352	17,21033759
SUB-TOTAL								44,352	17,21033759
CANAL LAGOS									
Tramo 1	0,2	0,2	0	257	257	0,6	0,08	20,56	8,610637807
SUB-TOTAL								20,56	8,61064
CANAL TRIANGULO									
Tramo 1	0,2	0,2	0	40	40	0,6	0,08	3,2	1,340177091
Tramo 2	0,2	0,2	40	80	40	0,6	0,08	3,2	1,340177091
Tramo 3	0,2	0,2	80	120	40	0,6	0,08	3,2	1,340177091
SUB-TOTAL								9,6	4,020531272
TOTAL								159,33	65,24

Para esta opción necesitamos 65.24 m³ de volumen de mezcla suelo-cemento, sin tener en cuenta los desperdicios, el mismo suelo que se retira para el paso del canal sirve para su revestimiento y sobra suelo, 94,09 m³ para agregar a los lotes.

4.13.3. OPCIÓN 3. Canales en concreto

El concreto se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, que al ser revueltos se incorpora un tercer elemento que es el aire; esta composición de elementos se caracteriza por ser durable, y resistente y así mismo tener una vida útil bastante larga.

Los canales abiertos y las estructuras con esta opción serán construidos en concreto; los canales tendrán un espesor de 0.05 m y las paredes de las estructuras tendrán un espesor de 0.15 m.

Estos canales tienen grandes ventajas por no presentar pérdidas por infiltración, el crecimiento de arvenses es casi nulo si se le hace un buen mantenimiento a los canales, no presenta erosión entre otros. Pero también desventajas como el alto costo en construcción.

4.13.3.1. Trazado de Canales Abiertos

Teniendo ya el trazado del perfil del terreno se realizó el trazado de la pendiente definitiva que va a llevar el canal, y estos fueron los resultados de los respectivos canales.

A continuación se muestra el trazado de las pendientes de los canales:

- Canal oriental:

Este canal se dividió en tres tramos, el primer tramo desde la abscisa 0 m (tanque disipador) con cota 403.255 hasta la 58 m con cota 402.994, quedando con pendiente topográfica de 0.45%; el segundo tramo desde la

abscisa 60 m con cota 402.594 hasta la 420 m con cota 401.334, quedando con pendiente topográfica de 0.35%; el tercer tramo desde la abscisa 430 m con cota 400.334 hasta la 750 m con cota 399.854, quedando con pendiente topográfica de 0.15%. Ver plano 9. Planta y perfil trazado canal oriental.

- Canal central:

Este canal empieza en la abscisa 240 m del canal oriental con cota 400.964 hasta la 262 m sobre el eje del canal con cota 399.916, quedando con pendiente topográfica de 0.4%. Ver plano 10. Planta y perfil trazado canal central.

- Canal occidental:

Este canal empieza en el final del canal central con cota 399.716 hasta la 480 m sobre el eje del canal con cota 399.236, quedando con pendiente topográfica de 0.1%. Ver plano 11. Planta y perfil trazado canal occidental.

- Canal triangulo:

Este canal se dividió tres tramos; el primer tramo desde la abscisa 7 m sobre el eje del canal (tanque disipador) con cota 403.073 hasta la 40 m con cota 402.913, quedando con pendiente topográfica de 0.5 %; el segundo tramo desde la abscisa 40 m con cota 402.013 hasta la 80 m con cota 401.853, quedando con pendiente topográfica de 0.4%; el tercer tramo desde la abscisa 80 m con cota 400.953 hasta la 120 m con cota 400.793, quedando con pendiente topográfica de 0.4%. Ver plano 12. Planta y perfil trazado canal triangulo.

- Canal lagos:

Este canal empieza en la abscisa 0 m en la descarga del primer lago con cota 401.245 hasta la 257 m sobre el eje del canal con cota 400.475, quedando con pendiente topográfica de 0.3%. Ver plano 13. Planta y perfil trazado canal lagos.

4.13.3.2. Diseño de Canales Abiertos

A continuación se mostrara las secciones de los canales:

Tabla 32. Diseño Canal Oriental. Opción 3.

TRAMOS	UBICACIÓN		S	DATOS CALCULADOS				CONSTRUCTIVOS	
	Inicial	Final		h (m)	b (m)	V (m/s)	Q (m3/s)	h (m)	b (m)
TRAMO 1.									
Δx	0	58	0.0045	0.12	0.15	0.94	0.03	0.18	0.2
Δy	403.255	402.994,000							
TRAMO 2-3.									
Δx	60	420	0.002	0.18	0.17	0.3273	0.0206	0.25	0.2
Δy	402.594	401.334,000							
TRAMO 4.									
Δx	430	750	0.0015	0.17	0.25	0.2934	0.0209	0.25	0.25

Δy	400.334	399.854,000							
------------	---------	-------------	--	--	--	--	--	--	--

Tabla 33. Diseño Canal Central. Opción 3.

TRAMOS	UBICACIÓN		S	DATOS CALCULADOS				CONSTRUCTIVOS	
	Inicial	Final		h (m)	b (m)	V (m/s)	Q (m3/s)	h (m)	b (m)
TRAMO 1.									
Δx	0	262	0.004	0.1	0.1	0.8035	0.016	0.15	0.2
Δy	400.964	399.916							

Tabla 34. Diseño Canal Occidental. Opción 3.

TRAMOS	UBICACIÓN		S	DATOS CALCULADOS				CONSTRUCTIVOS	
	Inicial	Final		h (m)	b (m)	V (m/s)	Q (m3/s)	h (m)	b (m)
TRAMO 1.									
Δx	0	480	0.001	0.13	0.12	0.4725	0.0153	0.2	0.2
Δy	399.716	399.236,000							

Tabla 35. Diseño Canal Triangulo. Opción 3.

TRAMOS	UBICACIÓN		S	DATOS CALCULADOS				CONSTRUCTIVOS	
	Inicial	Final		h (m)	b (m)	V (m/s)	Q (m3/s)	h (m)	b (m)
TRAMO 1.									
Δx	7	40	0.005	0.1	0.09	0.7902	0.0150	0.15	0.2
Δy	403,073	402.913							
TRAMO 2.									
Δx	40	80	0.004	0.1	0.09	0.7902	0.0150	0.2	0.2
Δy	402.013	401.853							
TRAMO 3.									
Δx	80	120	0.004	0.1	0.09	0.7902	0.0150	0.2	0.2
Δy	400.953	400.793							

Tabla 36. Diseño Canal Lagos. Opción 3.

TRAMOS	UBICACIÓN		S	DATOS CALCULADOS				CONSTRUCTIVOS	
	Inicial	Final		h (m)	b (m)	V (m/s)	Q (m3/s)	h (m)	b (m)
TRAMO1.									
Δx	0	257	0.003	0.1	0.12	0.7167	0.0157	0.15	0.25
Δy	401.245	400.475							

4.13.3.3. Diseño de Estructuras Hidráulicas

Las estructuras hidráulicas que se diseñaron fueron las mismas de las otras dos opciones, estas estructuras son necesarias para cuantificar el agua que es transportada por los canales, realizar las derivaciones hacia otros canales y hacer los cambios de altura; con el fin de tener un control del agua utilizada en el riego, y evitar que se erosionen o se sedimenten los canales. A continuación se muestra la tabla detallada de las estructuras a utilizar.

Tabla 37. Estructuras hidráulicas opción 3.

ABSCISA		TRAMOS				ESTRUCUTURAS		
Inicial	Final		V (m/s)	Q (m3/s)	S (%)	AFORO	REPARTO	CAIDA
CANAL ORIENTAL								
0	58	TRAMO 1	0,9400	0,0300	0,45	Parshall		0,4
60	240	TRAMO 2	0,8987	0,0310	0,35		Compuerta Tipo2	
240	430	TRAMO 3	0,8121	0,0205	0,35			2 x 0,5
430	750	TRAMO 4	0,5400	0,0150	0,15			
CANAL CENTRAL								
0	262	TRAMO 1	0,8035	0,0160	0,4	Ballofet		1
CANAL OCCIDENTAL								
0	480	TRAMO 1	0,4725	0,0154	0,1			
CANAL LAGOS								
0	257	TRAMO 1	0,7167363	0,0157682	0,3	Parshall	Válvula	
CANAL TRIANGULO								
7	40	TRAMO 1	0,7903	0,0150	0,5	Ballofet		0,9
40	80	TRAMO 2	0,7903	0,0150	0,4			0,9
80	120	TRAMO 3	0,7903	0,0150	0,4		Compuerta Tipo2	0,5

Todos los aforadores Parshall son calculados de la misma forma y las dimensiones son las mismas del anterior. Ver ejemplo de cálculo 1 aforador Parshall opción 1. $b = 0.25 \text{ m} = 9.84 \text{ pulg}$. Para este caso se asume $W = 9.0 \text{ pulg}$.

Como las dimensiones del ancho de la solera y el caudal conducido es el mismo del ejemplo anterior. Se cálculo de la misma forma. Las dimensiones; ancho de la solera $b = 0.2 \text{ m}$ y caudal $Q = 15 \text{ l/s}$. Ver ejemplo de cálculo 2 aforador Ballofet opción 1.

La estructura de caída libre en los canales para esta opción se diseñaron con las medidas que se muestran en la tabla 18, el cálculo de comportamiento del flujo se realizó igual a la opción 1.

Solo la estructura que se ubicará en el canal central después de la derivación del canal oriental presenta régimen de flujo saltante. Debido a que la caída total es de 1m y se diseñaran 4 escalones de 0.25 m de largo y de caída cada uno. El procedimiento es igual al realizado para la opción 1.

Aunque esta opción, el material tiene, mucha más resistencia a la erosión, se ubicara un contravertedero que actúe como disipador de energía después del último escalón, aguas abajo de estas estructuras de caída con el objetivo de disminuirle energía al agua y darle más vida útil al canal. El contravertedero, será de 0.1m menos que la altura del canal siguiente ubicado a una distancia igual a la altura del escalón.

Para los dos tipos de estructuras de caída que se proponen se pondrán pantallas a lado y lado, durante toda la caída, con el fin de evitar que el agua salga de la estructura.

4.13.3.4. Cantidades de obra

Con la información obtenida de la nivelación y la nueva opción de pendiente propuesta (cota roja), se calcula el movimiento de tierra (corte/relleno) que se debe hacer para llevar el agua por gravedad para regar la totalidad del área cultivada con arroz en la granja. Ver Anexo 20, 21, 22, 23 y 24. Movimientos de tierra para cada canal. Opción 3.

Las cantidades del movimiento de tierra no se realizaron como un chaflán, sino considerando el terreno homogéneo, como si mantuviera una sola cota transversalmente. Si se realiza relleno, se debe hacer un terraplén y el canal pasará por encima del nivel de la carretera, y si se realiza corte, el canal pasará por debajo de este nivel. En cualquiera de las dos opciones, la pendiente del talud es de 1:1.

Tabla 38. Movimientos de tierra; Corte y relleno. Opción 3.

CANALES	CORTE (m3)	RELLENO (m3)	RESULTADO (m3)
Oriental	- 621.465	32.715	- 588.751
Central	- 74.835	4.217	- 73.556
Occidental	- 109.845	0	- 109.845
Lagos	- 38.485	1.57	- 36.911
Triangulo	- 58.072	0	- 58.072
TOTAL			- 867.135

También se muestra el cálculo de la cantidad de obra para revestir los canales con la mezcla de concreto simple, y el análisis de precios unitarios para preparar 1 metro cubico (m3) de mezcla a todo costo.

Tabla 39. Volumen de tierra para todos los canales. Opción 3.

OPCION 3. CANALES CON REVESTIMIENTO EN CONCRETO									
Tramo	FINALES		ABCISAS		Longitud	B (m)	AREA (m2)	MOV.TIERRA (m3)	CANTIDA DE OBRA (m3)
	h (m)	b (m)	Inicial	Final					
CANAL ORIENTAL									
TRAMO 1	0,18	0,2	0	58	58	0,56	0,0684	3,9672	1,806931103

TRAMO 2	0,18	0,25	58	240	182	0,61	0,0774	14,0868	6,125025186
TRAMO 3	0,18	0,2	240	420	180	0,56	0,0684	12,312	5,607717217
TRAMO 4	0,18	0,25	420	750	330	0,61	0,0774	25,542	11,1058149
SUB-TOTAL								55,908	24,6454884
CANAL CENTRAL									
TRAMO 1	0,15	0,2	0	262	262	0,5	0,0525	13,755	7,238619957
SUB-TOTAL								13,755	7,238619957
CANAL OCCIDENTAL									
Tramo 1	0,2	0,2	0	480	480	0,6	0,08	38,4	16,08212509
SUB-TOTAL								38,4	16,08212509
CANAL LAGOS									
TRAMO 1	0,15	0,2	0	257	257	0,5	0,0525	13,4925	7,100478355
SUB-TOTAL								13,4925	7,10048
OPCION 3. CANALES CON REVESTIMIENTO EN CONCRETO									
Tramo	FINALES		ABCISAS		Longitud	B (m)	AREA (m2)	MOV.TIERRA (m3)	CANTIDA DE OBRA (m3)
	h (m)	b (m)	Inicial	Final					
CANAL TRIANGULO									
TRAMO 1	0,15	0,2	0	40	40	0,5	0,0525	2,1	1,105132818
TRAMO 2	0,15	0,2	40	80	40	0,5	0,0525	2,1	1,105132818
TRAMO 3	0,15	0,2	80	120	40	0,5	0,0525	2,1	1,105132818
SUB-TOTAL								6,3	3,315398454
TOTAL								127.8555	58.375

Esta opción con revestimiento en concreto, requiere un total de mezcla de 58.375 m³, sin contar el desperdicio.

4.14. Aforo canaletas WSC

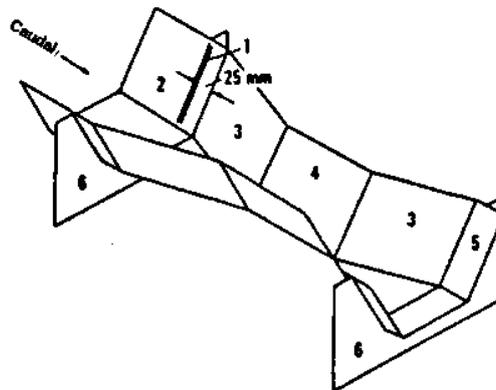


Figura 3. Vista de perfil de una canaleta WSC, con cada una de sus partes.

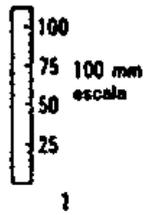


Figura 11. Reglilla para determinar la altura del agua en la canaleta WSC.

Mediante una aguja limnimetrica se realizo el aforo del balde de 10 lt, luego utilizado para aforar las canaletas WSC.

Tabla 40. Aforo balde de 10Lt (aguja limnimetrica 1).

Altura (cm)	Volumen (ml)
6.0	1620
6.46	1820
6.95	2020
7.30	2220
7.89	2420
8.45	2620
8.80	2820
9.321	3020
9.813	3220
10.283	3420
10.781	3620
11.259	3820
11.730	4020
12.261	4220
12.799	4420
13.246	4620
13.681	4820

Tabla 41. Aforo balde de 10Lt (aguja limnimetrica 1).

Altura Aguja (cm)	Altura (cm)	Caudal (ml)	Altura Aguja (cm)	Altura (cm)	Caudal (ml)
24.88	0	0	39.27	14.39	6500
26.99	2.11	1000	40.30	15.42	7000
29.27	4.39	2000	41.44	16.56	7500
31.57	6.69	3000	42.62	17.74	8000
33.72	8.84	4000	43.70	18.82	8500
35.97	11.09	5000	44.80	19.92	9000
37.04	12.16	5500	45.93	21.05	9500
30.07	13.19	6000			

Una vez aforado el balde de 10 Lts, se procedió a la realización del montaje para el aforo de las canaletas WSC. Ver Figura 12. El montaje se basaba en una caneca de 50 Lts que suministraba el agua a las canaletas, este tanque tenía una válvula de paso rápida y a su vez tenía un suministro de agua en la parte superior por otro tanque de 120 Lts que mantenía el tanque rebosando de tal manera que durante la medición del caudal la presión hidrostática en el

tanque de 50 Lts fuera constante para que no nos afectara las lecturas que se iban a tomar.

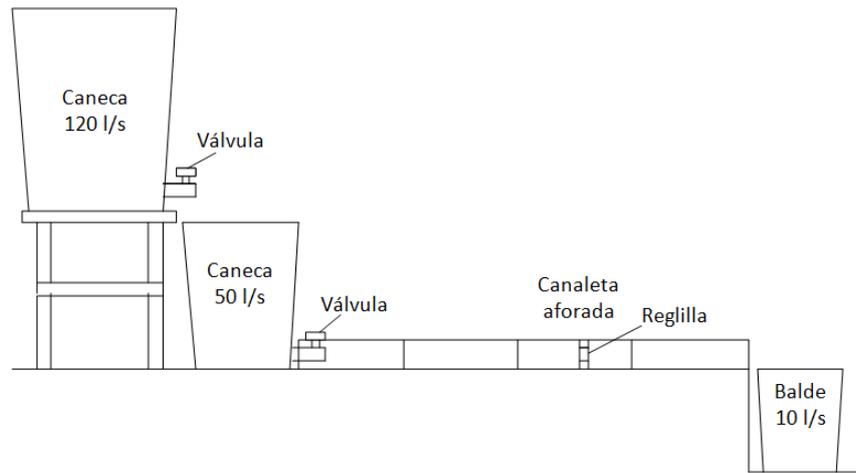


Figura 12. Montaje aforo canaletas.

Para cuantificar el caudal que pasaba por determinadas alturas de la canaleta se mediría con la reglilla interna de las canaletas, se utilizó un cronometro y el balde aforado de 10 litro que permitió la toma de cuatro alturas en las canaletas con sus respectivos caudales que sirvió para encontrar la curva característica de cada canaleta.

Una vez encontradas las curvas de aforo características de cada canaleta, se procedió a realizar una tabla como la que se muestra a continuación la variación del caudal por cada milímetro en la reglilla de la canaleta, nivel en cm y caudal en l/s.

Tabla 42.CANALETA 1.

H canaleta (cm)	Tiempo (seg)	Vol. Probeta (ml)	H balde (cm)	Caudal (L/S)
3	5,0	640	1,4	0,13
4,5	7,29	1705	4,0	0,23
6	14,49	5100	11,7	0,35
8,5	3,12	2860	7,0	0,92

La curva que arrojó los resultados obtenidos durante el aforo de la canaleta WSC 1, nos indica que a mayor caudal mayor será la elevación del nivel de la lámina de agua en la canaleta. La gráfica que más se ajusta a los resultados es de orden potencial y se presenta junto a la ecuación que se ajusto. La tabla completa de nivel Vs caudal para esta canaleta se muestran en Anexo 25.

Grafica 4. Canaleta WSC 1.

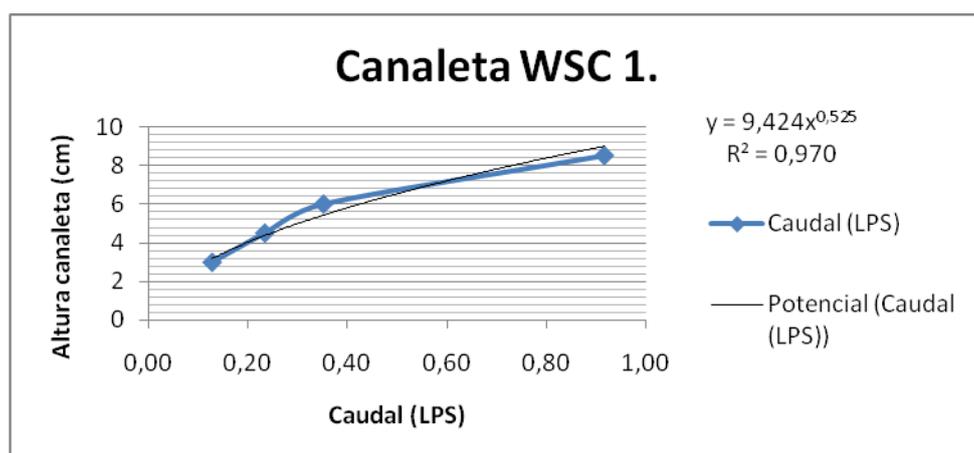
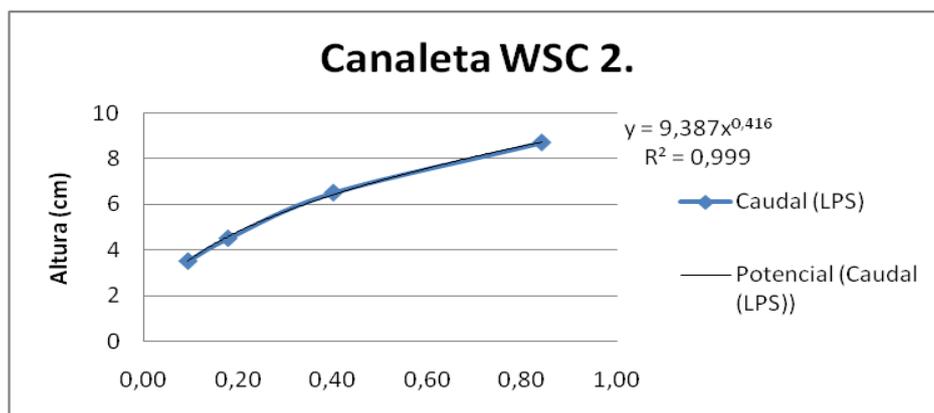


Tabla 43.CANALETA 2.

H canaleta (cm)	Tiempo (seg)	Vol. Probeta (ml)	H balde (cm)	Caudal (L/S)
3,5	2,92	270	0,8	0,09
4,5	2,82	500	1,2	0,18
6,5	2,37	950	2,4	0,40
8,7	3,02	2545	6	0,84

Para la canaleta WSC 2, se realizó el mismo procedimiento encontrando valores muy similares al de la canaleta anterior, 0,1l/s en esta canaleta pasan cuando la canaleta marca 3.5 cm en la reglilla y para la canaleta WSC 1 es en 3.0 cm, similar a las alturas para 0.4 l/s, que para las dos es alrededor de 6.0cm.

La ecuación que describe el comportamiento y que mejor se ajusta es $y = 9.387 X^{0.416}$, con una porcentaje de aproximación del 99.9%, que nos permite conocer el caudal en cada altura de la reglilla interna de la canaleta con una mayor precisión. La tabla completa donde aparecen los caudales por altura o nivel de agua se presentan en Anexo 26.



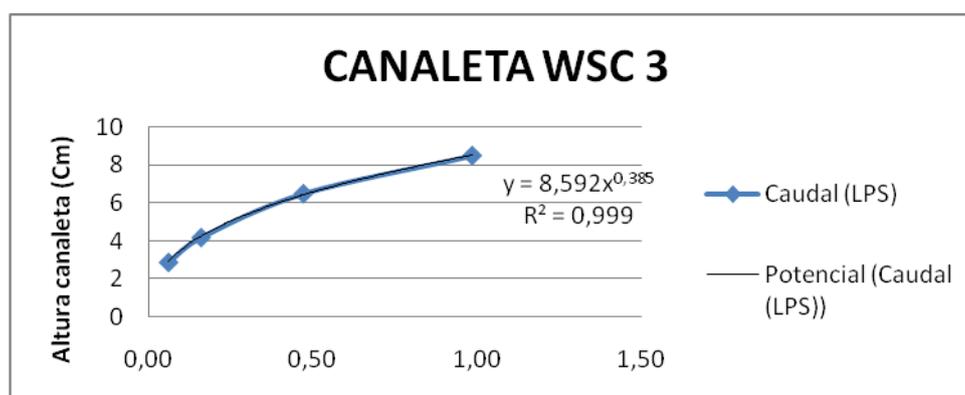
Gráfica 5. Canaleta WSC 2.

Tabla 44. CANALETA 3.

H canaleta (cm)	Tiempo (seg)	Vol. Probeta (ml)	H balde (cm)	Caudal (L/S)
2,9	2,95	175	0,6	0,06
4,2	2,99	475	1,3	0,16
6,5	2,58	1215	3	0,47
8,5	2,19	2160	5	0,99

Los resultados obtenidos del aforo para la canaleta WSC 3, nos indica que cuando el nivel del agua este en 8.5cm de altura en la garganta de la canaleta, por allí estarán pasando 0.99 l/s. La cantidad de agua por tiempo que caía al balde aforado además se midió con una probeta graduada de 1000ml del laboratorio de suelos de la universidad.

Gráfica 6. Canaleta WSC 3.



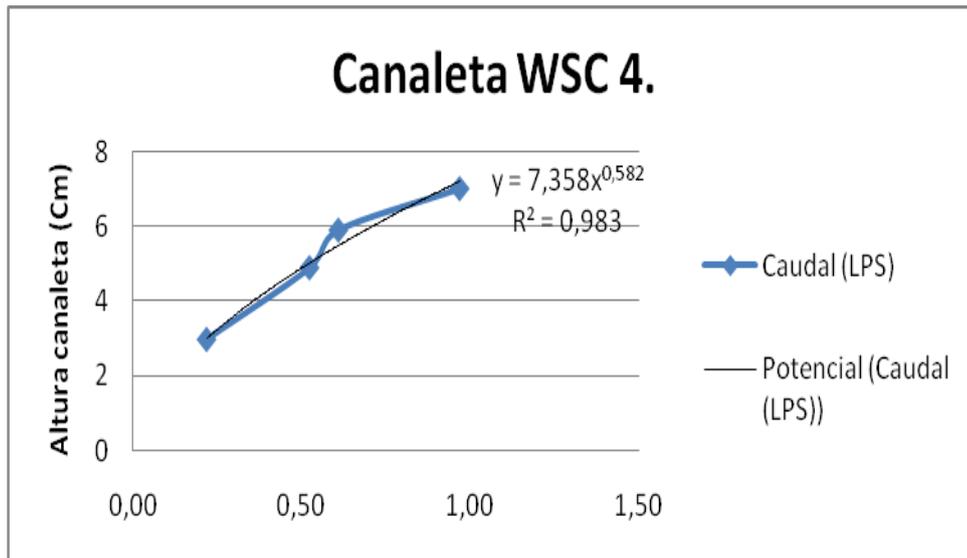
Por no tener todas las canaletas las mismas dimensiones cada canaleta se aforo por aparte, para encontrar la ecuación específica que se ajustara a cada canaleta utilizando los resultados obtenidos en la prueba, la ecuación para la canaleta WSC 3. Con una aproximación de 99.9% a los resultados obtenidos

es $y = 8.592X^{0.385}$, la tabla completa de los niveles en la reglilla con caudales se encuentra en Anexo 27.

Tabla 45.CANALETA 4.

H canaleta (cm)	Tiempo (seg)	Vol. Probeta (ml)	H balde (cm)	Caudal (L/S)
3	2,34	510	0,8	0,22
4,9	2,41	1260	3,3	0,52
5,9	2,53	1539	3,6	0,61
7	2,14	2070	4,9	0,97

Esta canaleta presenta diferencia con las otras ya descritas, debido que para un nivel de 3cm en esta canaleta, según la prueba pasan 0.22 l/s, mientras para las anteriores canaleta para esta misma altura pasan alrededor de 0,1 l/s. Y 1lps pasa a 7cm y en las otras este caudal pasa para niveles iguales y mayores a 8.5cm.



Gráfica 7. Canaleta WSC 4.

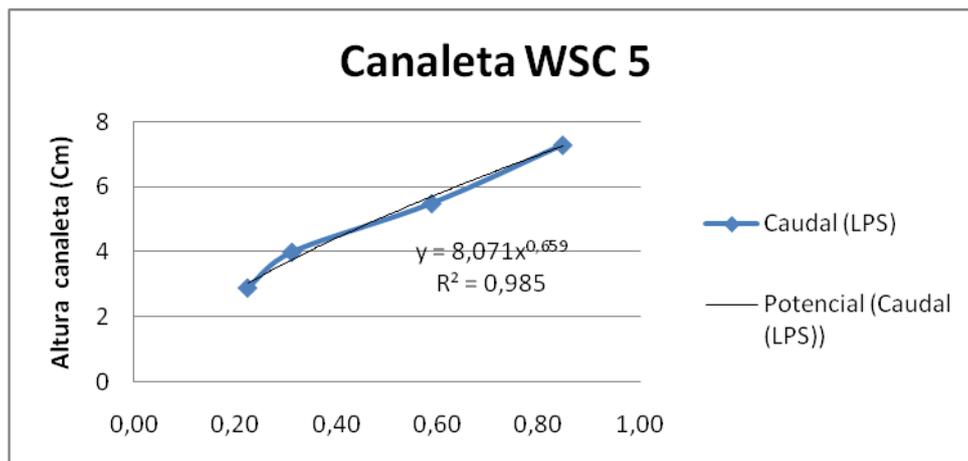
Por las diferencias encontradas de esta canaleta con las otras canaletas, difiere también en valor del coeficiente y exponente de la ecuación, pero con un valor menor de precisión de la ecuación con los resultados de la prueba, de 98.3% con respecto a las anteriores que eran del 99.9%. La tabla completa de nivel Vs Caudal para esta canaleta están en Anexo 28.

Tabla 46.CANALETA 5.

H canaleta (cm)	Tiempo (seg)	Vol. Probeta (ml)	H balde (cm)	Caudal (L/S)
2,9	2,4	540	1,1	0,23
4	2,67	835	2,1	0,31
5,5	3,38	1990	4,7	0,59
7,3	2,46	2085	4,8	0,85

Los resultados de la prueba de aforo de la canaleta WSC 5, tienen gran similitud con los de la canaleta WSC 4, con un caudal de 0.2 a 3cm de altura del nivel de agua en la canaleta. La lectura más alta, registrada a 7.3cm si difieren, pues para esta canaleta es de 0.85, mientras para la anterior, para 7.0cm que es una altura similar es de 0.97, lo que refuerza la idea de que las canaletas tienen dimensiones diferentes.

Gráfica 8. Canaleta WSC 5.



La ecuación que mejor refleja el comportamiento de la altura en la canaleta es $y = 8.071 X^{0.659}$, con una aproximación a los resultados de 98.5%. La tabla completa donde se expresan todas las alturas del nivel del agua (cm) Vs caudal (l/s) utilizando esta ecuación se encuentra en el Anexo 29.

4.15. Análisis de precios unitarios (APU)

A continuación se presentan los precios del personal a utilizar para la construcción de los canales y sus estructuras, distribuido por cuadrillas. Con precios del año 2009.

CUADRILLA	PRECIO DIA
TIPO A	
1 oficial-1 ayudante	\$ 70.000
TIPO B	
1 oficial-2 ayudantes	\$ 95.000
TIPO C	
1 oficial - 3 ayudantes	\$ 120.000

A continuación se presentan los análisis de precios unitarios (APU) que permitirá encontrar el valor global de la actividad por unidad longitudinal, de área o volumen; explicando detalladamente los precios para la mano de obra, herramientas, equipos con sus rendimientos, y a su vez, los materiales con las cantidades que se necesiten multiplicadas por sus correspondientes valores unitarios.

EXCAVACION: Tubería

Unidad: ML

Materiales	Unidad	Rendimiento	Cantidad	V. unitario	V. parcial
Mano de obra					
Cuadrilla B	Día	0,05		\$ 95.000,00	\$ 4.750,00
Equipos y herramientas					
Herramientas menores	Día	0,05	4	8000	\$ 1.600,00
Retroexcavadora	Día	0,02	1	300000	\$ 6.000,00
TOTAL					\$ 2.350,00

EXCAVACION: Cárcamo

Unidad: M3

Materiales	Unidad	Rendimiento	Cantidad	V. unitario	V. parcial
Mano de obra					
Cuadrilla B	Día	0,05		\$ 95.000,0	\$ 4.750,0
Equipos y herramientas					
Herramientas menores	Día	0,05	4	8000	\$ 1.600,0
Retroexcavadora	Día	0,1428	1	300000	\$ 42.840
TOTAL					\$ 49.420

EXCAVACION: Canal

Unidad: ML

Materiales	Unidad	Rendimiento	Cantidad	V. unitario	V. parcial
Mano de obra					
Cuadrilla C	Día	0,05		\$ 95.000,00	\$ 4.750
Equipos y herramientas					
Herramientas menores	Día	0,05		8000	\$ 400,00
TOTAL					\$ 5.150

MEZCLA: simple (MANUAL)

Unidad: M3

Materiales	Unidad	Rendimiento	Cantidad	V. unitario	V. parcial
Arena	M3		1	\$ 26.000	\$ 26.000
Cemento	KG		200	\$ 450,00	\$ 90.000
Agua	LTS		200	\$ 6,00	\$ 1.200,0
Mano de obra					
Cuadrilla B	Día	0,125		\$ 95.000	\$ 11.875
Equipos y herramientas					
Herramientas menor	Día	0,05		8000	\$ 400,00
SUB-TOTAL					\$ 129.475

MEZCLA: Concreto 3000 PSI

Unidad: M3

Materiales	Unidad	Rendimiento	Cantidad	V. unitario	V. parcial
Grava	M3		1,5	\$ 45.000,00	\$ 67.500
Arena	M3		1,5	\$ 25.000,00	\$ 37.500
Cemento	KG		400	\$ 450,00	\$ 180.000
Mano de obra					
Cuadrilla C	Día	0,125		\$ 120.000,0	\$ 15.000
Equipos y herramientas					
Mezcladora	Día	0,125		\$ 30.000,00	\$ 3.750
Herramientas menores	Día	0,05		\$ 8.000,00	\$ 400,00
TOTAL					\$ 304.150

**MEZCLA: Suelo cemento
(MANUAL)**

Unidad: M3

Materiales	Unidad	Rendimiento	Cantidad	V. unitario	V. parcial
Suelo	M3		1	\$ 0,00	\$ 0,00
Cemento	KG		150	\$ 450,00	\$ 67.500,0
Agua	LTS		200	\$ 6,00	\$ 1.200,00
Mano de obra					
Cuadrilla B	Día	0,125		\$ 95.000,00	\$ 11.875,0
Equipos y herramientas					
Herramientas menores	Día	0,05		8000	\$ 400,00
TOTAL					\$ 80.975,0

PARED

Unidad: M2

Materiales	Unidad	Rendimiento	Cantidad	V. unitario	V. parcial
Concreto simple	M3		0,15	\$ 129.000	\$ 19.350
Ladrillo tolete	UN		17,45	\$ 450,00	\$ 7.852,50

Agua	LTS		50	\$ 6,00	\$ 300,00
Mano de obra					
Cuadrilla B	Día	0,125		\$ 95.000	\$ 11.875
Equipos y herramientas					
Herramientas menores	Día	0,05		8000	\$ 400,00
TOTAL					\$ 39.777,5

MEZCLA: Cajillas de
inspección Con tapa

Unidad: UND

Materiales	Unidad	Rendimiento	Cantidad	V. unitario	V. parcial
Concreto simple	M3		0,4	\$ 129.475	\$ 51.790
Pared	KG		5,04	\$ 39.777,00	\$ 200.476,
Varilla 1/2"	UND		2	\$ 10.800,00	\$ 21.600,00
Excavación	M3		1,26	\$ 49.420,00	\$ 62.269,20
Mano de obra					
Cuadrilla B	Día	0,25		\$ 95.000,00	\$ 23.750
Equipos y herramientas					
Herramientas menores	Día	0,05		8000	\$ 400,00
TOTAL					\$ 360.285,28

Encofrado

Unidad: M3

Materiales	Unidad	Rendimiento	Cantidad	V. unitario	V. parcial
Concreto simple	M3		0,8	\$ 129.475,00	\$ 103.580,00
Tubería 8"	ML		5	\$ 22.777,00	\$ 113.885,0
Excavación	M3		1	\$ 49.420,00	\$ 49.420,00
Mano de obra					
Cuadrilla B	Día	0,25		\$ 95.000,00	\$ 23.750,00
Equipos y herramientas					
Herramientas menores	Día	0,05		8000	\$ 400,00
TOTAL					\$ 267.065,0

Alcantarilla

Unidad: UND

Materiales	Unidad	Rendimiento	Cantidad	V. unitario	V. parcial
Concreto simple	M3		2,58	\$ 129.475,00	\$ 334.045,50
Tubería 12"	ML		6	\$ 36.777,00	\$ 220.662
Excavación	ML		3,2	\$ 2.350,00	\$ 7.520, 0
Mano de obra					
Cuadrilla B	Día	0,25		\$ 95.000,00	\$ 23.750,00
Equipos y herramientas					
Herramientas menores	Día	0,05		8000	\$ 400,00
TOTAL					\$ 586.377,0

4.16. Presupuesto optimización línea de abastecimiento actual

Tabla 47. Línea de abastecimiento actual

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT	VAL/UNIT	VAL/TOTAL
1,0	CONDUCCION DE AGUA				
1,1	encofrados	M3	30	\$ 267.065	\$ 8.011.950
1,2	pisos	UND	1	\$ 6.473	\$ 6.473
1,3	Tapas	UND	1	\$ 46.422	\$ 46.422
1,4	Cajillas de inspección	UND	9	\$ 360.000	\$ 3.240.390
1,5	Candado y cadena	GLB	13	\$ 5.000	\$ 65.000
				SUBTOTAL	\$ 5.990.692

4.17. Presupuesto nueva alternativa abastecimiento

Tabla 48. Nueva alternativa de abastecimiento.

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT	VAL/UNIT	VAL/TOTAL
1.0	TOMA DE AGUA				
1,1	Excavación	ML	1,5	\$ 30.000	\$ 45.000
1,2	Compuerta	UND	1,0	\$ 150.000	\$ 150.000
1,3	Desarenador ^x	UND	1,0	\$ 357.137	\$ 357.137
1,4	Aforador Parshall ^t	UND	1,0	\$ 103.580	\$ 103.580
				SUBTOTAL	\$ 655.717
2,0	CONDUCCION DE AGUA				
2,1	Tubos asbesto cemento 8"	UND	180	\$136.662	\$ 24.599.000
2,2	Uniones ermetic-abesto cemento-8"	UND	171,2	\$ 5.300	\$ 907.360
2,3	Excavación tubería	M3	1027,4	\$ 2.350	\$ 2.414.390
2,4	Cajillas de inspección	UND	9	\$ 360.000	\$ 3.240.390
2,5	Demolición alcantarillas	GLB	2	\$ 150.000	\$ 300.000
2,5	Alcantarillas	GLB	2	\$ 586.377	\$ 1.172.754
				SUBTOTAL	\$ 32.633.894
3,0	TANQUE DE ALMACENAMIENTO				
3,1	Excavación	M3	27	\$ 49.420	\$ 1.334.340
3,2	Concreto 3000psi	M3	6,84	\$ 304.150	\$ 2.080.386
3,3	Hierro 3/8"	UND	27,75	\$ 6.000	\$ 166.500
3,4	Hierro 5/8"	UND	59,9	\$ 12.800	\$ 766.118
				SUBTOTAL	\$ 4.347.344
4,0	CASA DE BOMBA				
4,1	Concreto simple	M3	13,6	\$ 129.475	\$1.760.860
4,2	pared	M2	26,8	\$ 39.777	\$ 1.066.023

4,3	piso	M2	6,0	\$ 129.475	\$ 776.850
4,4	cimiento (0.4x0,45m)	UND	4	\$ 70.000	\$ 280.000
4,5	Teja Eternit	UND	6	\$ 0	\$ 0
4,6	Doble ancho 6	UND	2	\$ 0	\$ 0
4,7	Medio ancho 2	UND	2	\$ 0	\$ 0
4,8	ventana 1,5X2,0m	UND	1	\$ 0	\$ 0
4,9	puerta de metal 1,2x1,8m	UND	1	\$ 0	\$ 0
SUBTOTAL					\$ 3.883.733
5,0	BOMBEO				
5,1	Bomba	UND	1	\$ 0	\$ 0
5,2	Válvula de pie y rejilla 6"	UND	1	\$ 0	\$ 0
5,3	Válvula de retención 6"	UND	1	\$ 0	\$ 0
5,4	Codo 90-6"	bultos	1	\$ 0	\$ 0
5,5	Ampliación 5" - 6"	UND	1	\$ 0	\$ 0
5,6	Válvula tipo compuerta 6"	UND	1	\$ 0	\$ 0
5,7	Codo 45-6"	UND	1	\$ 0	\$ 0
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT	VAL/UNIT	VAL/TOTAL
5,8	Tubería de acero 6"	ML	10	\$ 137.000	\$ 1.370.000
5,9	Motor eléctrico trifásico. 30HP, 1800 RPM	UND	1	\$ 0	\$ 0
SUBTOTAL					\$ 1.370.000
6,0	TANQUE LLEGADA(DISIPADOR DE ENERGIA)				
6,1	Concreto	M3	0,5	\$ 129.475	\$64.737,0
6,2	paredes	M2	6,7	\$ 39.777	\$266.505
6,3	piso	M3	0,2	\$ 129.475	\$ 25.895,0
SUBTOTAL					\$ 357.137
TOTAL					\$ 43.247.825

^x, tanque disipador de energía, ^t Aforador Ballofet canales.

4.18. Presupuesto Opción 1; CANAL EN TIERRA

Tabla 49. Opción 1. Canales en tierra

7,0	CONDUCCION EN EL LOTE				
OPCION 1- CANALES SIN REVESTIR					
7,1	CANAL ORIENTAL				
7,1,1	Excavación	ML	750	\$ 2.350	\$ 1.762.000
7,1,2	Estructuras caída	M3	3	\$ 120.000	\$ 360.000
7,1,3	Salida disipador energía	M3	1	\$ 129.475	\$ 129.475
7,1,4	Aforador Parshall	M3	0.8	\$ 129.475	\$ 103.580
7,1,5	Encofrado	M3	1,0125	\$ 267.065	\$270.403,3
SUBTOTAL					\$ 2.625.458
7,2	CANALCENTRAL				
7,2,1	Excavación	ML	262	\$ 2.350	\$ 615.700

7,2,2	Compuerta Tipo 2	UND	1	\$ 75.000	\$ 75.000
7,2,3	Estructura caída	UND	1	\$ 120.000	\$ 120.000
7,2,4	Aforador Ballofet	M3	0,25	\$ 129.475	\$ 32.368
	Encofrado	M3	1,0125	\$ 267.065	\$270.403,3
SUBTOTAL					\$1.113.471
7,3	CANAL OCCIDENTAL				
7,3,1	Excavación	ML	480	\$ 2.350	\$ 1.128.000
	Encofrado	M3	1,0125	\$ 267.065	\$270.403,3
SUBTOTAL					\$1.398.403
7,4	CANAL LAGOS				
7,4,1	Excavación	ML	257	\$ 2.350	\$ 603.950
7,4,2	Válvula	UND	1	\$ 20.000	\$ 20.000
7,4,3	Salida lagos	M3	1	\$ 129.475	\$ 129.475
7,4,4	Aforador Parshall	M3	0,8	\$ 129.475	\$ 103.580
	Encofrado	M3	1,0125	\$ 267.065	\$270.403,3
3,3SUBTOTAL					\$ 1.127.408
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT	VAL/UNIT	VAL/TOTAL
7,5	CANAL TRIANGULO				
7,5,1	Excavación	ML	120	\$ 2.350	\$ 282.000
7,5,2	Válvula	UND	1	\$ 20.000	\$ 20.000
7,5,3	Estructura caída	M3	3	\$ 120.000	\$ 360.000
7,5,4	Aforador Ballofet	M3	0,25	\$ 129.475	\$ 32.368
SUBTOTAL					\$ 694.368
TOTAL					\$6.959.108

4.19. Presupuesto Opción 2; SUELO-CEMENTO

Tabla 50. Opción 2. Revestimiento con Suelo-cemento.

OPCION 2- CANALES SUELO-CEMENTO						
7,2	CANAL ORIENTAL					
7,2,1	Excavación	ML	750,0	\$ 2.350	\$ 1.762.500	
7,2,2	Estructura caída	UND	3,0	\$ 120.000	\$ 360.000	
7,2,3	Compuertas prediales Tipo 3	UND	25,0	\$ 8.000	\$ 200.000	
7,2,4	Suelo-cemento	M3	26,634	\$ 80.975	\$ 2.156.688	
7,2,5	Aforador Parshall	M3	0,8	\$ 129.475	\$ 103.580	
7,2,6	Encofrado	M3	1,0125	\$ 267.065	\$270.403,3	
	SUBTOTAL					\$ 4.853.171
7,3	CANALCENTRAL					
7,3,1	Excavación	ML	262,0	\$ 2.350	\$ 615.700	
7,3,2	Compuerta Tipo 2	UND	1	\$ 75.000	\$ 75.000	
7,3,3	Estructura caída	UND	2,0	\$ 120.000	\$ 240.000	
7,3,4	suelo-cemento	M3	8,8	\$ 80.975	\$ 710.799	
7,3,5	Aforador Ballofet	M3	0,25	\$ 129.475	\$ 32.368	

	Encofrado	M3	1,0125	\$ 267.065	\$270.403,3
SUBTOTAL					\$ 1.944.270
7,4	CANAL OCCIDENTAL				
7,4,1	Excavación	ML	480,0	\$ 2.350	\$ 1.128.000
7,4,2	Compuertas prediales Tipo 3	UND	16	\$ 8.000	\$ 128.000
7,4,3	Suelo-cemento	M3	17,2	\$ 80.975	\$ 1.393.580
	Encofrado	M3	1,0125	\$ 267.065	\$270.403,3
SUBTOTAL					\$ 2.919.983
7,5	CANAL LAGOS				
7,5,1	Excavación	ML	257,0	\$ 2.350	\$ 603.950
7,5,2	Válvula	UND	1,0	\$ 20.000	\$ 20.000
7,5,3	Salida primer lago	M3	1,0	\$ 120.000	\$ 120.000
7,5,4	Suelo-cemento	M3	8,6	\$ 80.975	\$ 697.195
7,5,5	Aforador Parshall	M3	0,8	\$ 129.475	\$ 103.580
	Encofrado	M3	1,0125	\$ 267.065	\$270.403,3
SUBTOTAL					\$ 1.815.128
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT	VAL/UNIT	VAL/TOTAL
7,6	CANAL TRIANGULO				
7,6,1	Excavación	ML	120,0	\$ 2.350	\$ 282.000
7,6,2	Válvula	UND	1,0	\$ 75.000	\$ 75.000
7,6,3	Estructura caída	UND	3,0	\$ 120.000	\$ 360.000
7,6,4	Compuertas prediales Tipo 3	UND	6,0	\$ 8.000	\$ 48.000
7,6,5	Suelo-cemento	M3	4,0	\$ 80.975	\$ 325.520
7,6,6	Aforador Ballofet	M3	0,25	\$ 129.475	\$ 32.368
SUBTOTAL					\$ 1.122.888
TOTAL					\$ 12.655.440

4.20. Presupuesto Opción 3; CANAL EN CONCRETO

Tabla 51. Opción 3. Revestimiento con concreto.

OPCION 3- CANALES REVEST. CONCRETO					
7,3	CANAL ORIENTAL				
7,3,1	Excavación	ML	750,0	\$ 2.350	\$ 1.762.500
7,3,2	Estructura caída	M3	3,0	\$ 120.000	\$ 360.000
7,3,3	compuertas prediales Tipo 3	UND	25,0	\$ 8.000	\$ 200.000
7,3,4	Concreto	M3	24,6	\$ 129.475	\$ 3.190.911
7,3,5	Aforador Parshall	M3	0,8	\$ 129.475	\$ 103.580
	Encofrado	M3	1,0125	\$ 267.065	\$270.403,3
SUBTOTAL					\$ 5.887.394
7,4	CANAL CENTRAL				
7,4,1	Excavación	ML	262,0	\$ 2.350	\$ 615.700
7,4,2	Compuerta	UND	1,0	\$ 75.000	\$ 75.000
7,4,3	Estructura caída	M3	1,0	\$ 120.000	\$ 120.000
7,4,4	Concreto	M3	7,2	\$ 129.475	\$ 936.104
7,4,5	Aforador Ballofet	M3	0,25	\$ 129.475	\$ 32.368

	Encofrado	M3	1,0125	\$ 267.065	\$270.403,3
SUBTOTAL					\$ 2.049.575
7,5	CANAL OCCIDENTAL				
7,5,1	Excavación	ML	480,0	\$ 2.350	\$ 1.128.000
7,5,2	compuertas prediales Tipo 3	UND	16,0	\$ 8.000	\$ 128.000
7,5,3	Concreto	M3	16,1	\$ 129.475	\$ 2.081.958
	Encofrado	M3	1,0125	\$ 267.065	\$270.403,3
SUBTOTAL					\$ 3.608.361
7,6	CANAL LAGOS				
7,6,1	Excavación	ML	257,0	\$2.350	\$ 603.950
7,6,2	Válvula	UND	1,0	\$20.000	\$ 20.000
7,6,3	Concreto	M3	7,1	\$129.475	\$ 919.273
7,6,4	Aforador Parshall	M3	0,8	\$129.475	\$ 103.580
	Encofrado	M3	1,0125	\$ 267.065	\$270.403,3
SUBTOTAL					\$ 1.917.206
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT	VAL/UNIT	VAL/TOTAL
7,7	CANAL TRIANGULO				
7,7,1	Excavación	ML	120,0	\$ 2.350	\$ 282.000
7,7,2	Válvula	UND	1,0	\$ 20.000	\$ 20.000
7,7,3	Estructura caída	M3	3,0	\$ 120.000	\$ 360.000
7,7,4	compuertas prediales Tipo 3	UND	6,0	\$ 8.000	\$ 48.000
7,7,5	Concreto	M3	3,3	\$ 129.475	\$ 429.210
7,7,6	Aforador Ballofet	M3	0,25	\$ 129.475	\$ 32.368
SUBTOTAL					\$ 1.171.578
TOTAL					\$ 14.634.114

No	OPCIONES	Valor	Línea de abastecimiento	Valor total	Valor/ha
1	Sin revestir	\$6.959.108	\$ 43.247.825	\$ 50.206.933	\$3.347.128
2	Suelo-cemento	\$ 12.655.440	\$ 43.247.825	\$ 55.903.265	\$3.726.884
3	Concreto	\$ 14.634.114	\$ 43.247.825	\$ 57.881.939	\$3.858.795

La opción más económica, es la opción sin revestir, debido a solo se realizará la excavación con las secciones trapezoidales de los canales, la opción 2 de suelo-cemento, que aparentemente era la más aceptable por ser la más económica de los dos tipos de revestimiento, realmente no es la más recomendable por que la diferencia con respecto a la opción 3 no es muy grande, y la diferencia de durabilidad es inferior con respecto a la del concreto.

La inversión del proyecto es de \$3.327.305 por ha, para la opción recomendada, suponiendo que se reducirán los costos de producción en un 15%.

Relación beneficio – costo: forma tradicional

$$\frac{7.559.900}{5.631.890} = 1.34$$

Relación beneficio costo: suponiendo que la producción del cultivo se mantenga y reduciendo los costos de producción en la cantidad que se ahorraría con la adecuación propuesta en el proyecto.

$$\frac{7.559.900}{4.787.106} = 1.58$$

La tasa interna de retorno (TIR), debe ser igual o mayor al depósito a término fijo (DTF = 9.73) + 5, siendo la utilidad anual en 5 años igual a la inversión inicial del proyecto.

$$DTF = 9.73 + 5 = 14.3\%$$

$$3.839.173 = \frac{1.133.985}{(1+0.16)} + \frac{1.133.985}{(1+0.16)^2} + \frac{1.133.985}{(1+0.16)^3} + \frac{1.133.985}{(1+0.16)^4} + \frac{1.133.985}{(1+0.16)^5}$$

$$3.839.173 = 3.718.172$$

El valor del TIR es de 16% satisfaciendo la ecuación, además cumple con la condición de ser este valor mayor o igual al índice DTF mas la utilidad del banco, es decir que implementando la adecuación propuesta estarían generando utilidades de \$1.133.985 que serían recuperables en un término de 5 años y además generarían mayor utilidad comparada con el índice DTF de la economía Colombiana.

Presentando además beneficios de tipo social, porque quedarán las obras que tienen una vida útil de 25 años, para prácticas académicas. Los costos utilizados son reales arrojados de la producción de arroz en el año 2008 en la granja, los datos fueron suministrados por el Ing. Ángel María Tierradentro actual administrador de la granja.

El bajo costo de conservación de los mejorados de suelo-cemento se ha comprobado por la experiencia obtenida de las obras. Los estudios que se han realizado, arrojan excelentes resultados, particularmente en comparación con la experiencia común en la construcción de otros caminos de bajo costo inicial. Esta es una opción de revestimiento, que aunque aún no tiene mucho estudio, podría ser una ayuda para los agricultores que tienen riego por superficie para sus cultivos, para que disminuyan las pérdidas que tienen en sus sistemas actuales.

Los resultados son claros en arrojar que el revestimiento en concreto es la mejor opción, por la vida útil de las estructuras, por la alta eficiencia que le da

al sistema, y porque en comparación a la opción suelo-cemento que se planteo en este proyecto es mínima en comparación de los beneficios.

CONCLUSIONES

En la nueva alternativa de abastecimiento se diseñaron un desarenador de 3m de largo por 1m de ancho y 0.7m de alto con cajilla de excesos y tubería de lavado que dirige estos sedimentos a la alcantarilla numero 1, un cárcamo de 3m de largo por 3m de ancho y 3m de profundidad en la parte más alta, con su respectiva tubería para lavado hacia la alcantarilla 4 y caseta de bombeo.

La conducción en el lote diseñada consta de un tanque dissipador de energía que sirve a su vez de distribución, válvulas, compuertas, estructuras de medición aforadores Parshall y Ballofet, estructuras de caída libre y escalonada. Los canales que se diseñaron tienen secciones trapezoidales por ser las que presentan mayor eficiencia y las dimensiones varían por tramos, debido a la opción del material de revestimiento, la pendiente y el caudal a conducir.

La opción 1 sin revestimiento, es la más económica en la construcción \$49.912.583 La opción 2. Revestimiento en suelo cemento \$ 55.608.915, la opción 3. Revestimiento con concreto \$ 57.587.589. Para las 15 ha que se cultivan en arroz en la granja. Con un costo por ha para cada opción de \$3.327.305/ha para la opción 1, \$3.707.621/ha y \$3.839.172/ha para la opción 2 y 3 respectivamente. Los precios no incluyen Administración Impuestos y Utilidades (AIU) ni el 10% por imprevistos debido al tipo de proyecto.

Los suelos de la granja presentan porcentajes de arena mayores al 72%, por lo tanto son un buen material a utilizarse en la opción de revestimiento con suelo cemento. Solo la serie el caño en la parte final del canal central y inicio del occidental presenta un valor inferior pero no muy retirado al requerido con 69%.

Las canaletas aforadoras WSC, aunque presentaron curvas similares a las teóricas todas son diferentes, lo que corrobora que cada una debe tener su curva de aforo o de calibración para tener más precisión al momento de saber cuál es el caudal que realmente está pasando en la canaleta.

Los planos que se presentan de las conducciones contienen, planta y perfil, resultado del levantamiento y las nivelaciones topográficas. El plano final del perfil longitudinal de los canales, presenta: Abscisa, cota terreno (cota negra), cota rasante (cota roja), pendiente, ubicación de las estructuras hidráulica, indicación de las deflexiones del trazo con los elementos de curva.

Las pendientes de los canales, en la opción 1 sin revestir son del 2%, la opción 2 revestimiento con suelo cemento del 3% y la opción 3 revestimiento con concreto del 4%, debido a la diferencia de material para su construcción, las secciones transversales y las velocidades que soportan.

La optimización de la conducción actual, tiene un precio muy inferior al presupuestado para la construcción de la nueva alternativa, con la diferencia, que para este presupuesto de optimización no se tuvo en cuenta el cambio de tubería por encontrarse aparentemente en buen estado, pero, hay que

considerar que la vida útil de estas ya ha pasado y pronto habrá que reemplazarla.

Con la nueva alternativa, la tubería del sistema de abastecimiento, no tendrá que pasar por lotes vecinos, el cárcamo y la caseta de bombeo se ubicarán dentro de la granja, pero para ello se debe comprar por lo menos doscientos metros cuadrados (200m^2) del lote que colinda en la parte sur de la granja. La construcción de la nueva alternativa de abastecimiento, aunque sale costosa, independizará el sistema de riego, evitando problemas de vecindad y deterioro de las estructuras por la acción de los descoles de los lotes vecinos.

Los movimientos de tierra más grandes que se encontraron, fueron en el canal oriental iguales a 588.751 m^3 para la opción 3 de revestimiento en concreto, debido a la longitud del canal, a la topografía que se presenta en el eje que se nivela para el paso del canal, y por ser esta la opción que presenta mayor pendiente 0.4%. Representando el 67.89% del movimiento a realizar en esta opción. El otro 32.11% es el necesario para nivelar los restantes 4 canales que conforman la red de distribución del riego por superficie en la granja.

En general, se puede decir que la cantidad de suelo que se corta se utiliza para hacer los terraplenes, sobrando en algunos canales tierra que se puede adicionar a los suelos de los lotes.

RECOMENDACIONES

Se recomienda la implementación de la nueva alternativa de abastecimiento con la opción 3, de revestimiento en concreto, porque aunque esta es la opción más costosa \$57.587.589 la diferencia en precio con la otra opción de revestimiento suelo-cemento opción 2, no es muy grande \$1.978.674, mientras la durabilidad, eficiencia y demás ventajas de la opción 3 es considerablemente mayor. La opción 1 sin revestimiento, es la más económica en la construcción \$49.912.583 pero tiene mayores costos de mantenimiento y el sistema es ineficiente.

La construcción del cárcamo, el tanque dissipador de energía y del conjunto de los canales de riego es una de las partes más significativas en el costo de la inversión inicial del sistema de riego, por lo tanto su adecuado mantenimiento es una necesidad imperiosa.

Se recomienda, actualizar los precios unitarios, para la ejecución del proyecto, principalmente por la variación del precio del cemento y el valor que se cancela por concepto de mano de obra, para evitar inconvenientes por sobrecostos o precios inferiores al precio real para la fecha de ejecución del proyecto.

Se recomienda utilizar los accesorios que posee el bombeo actual, para el nuevo sistema propuesto, en caso de encontrarse averiados, que no se puedan utilizar, se deben anexar estos precios al valor presupuestado para ajustar este.

Se recomienda implementar este proyecto para mejorar el método convencional de riego por superficie que se realiza en la granja, con el fin de racionalizar el recurso hídrico mediante la utilizando de menores volúmenes de agua.

Se recomienda formular e implementar propuestas novedosas de investigación tales como, automatización del riego por superficie, variabilidad espacial y temporal de los suelos de la granja, agricultura específica por sitio y mapas de rendimiento con el fin de validar, ajustar y transferir tecnologías de punta a todos los agricultores del Juncal y demás áreas de influencia.

BIBLIOGRAFIA

- ❖ **AZEVEDO NETO, Jh y ACOSTA ALVAREZ, Guillermo.** Manual de hidráulica. Sexta edición. México, Harla, 1976. Pág.578
- ❖ **CIFUENTES PERDOMO, Miguel Germán.** Instalación, administración, operación y mantenimiento proyecto de irrigación a pequeña escala. Ingeniería de riegos y obras civiles. Neiva.2006. págs. 30, 31,42.
- ❖ **CORCHO ROMERO, Freddy Hernán y DUQUE SERNA, José Ignacio.** Acueductos teoría y diseño. 1993. Medellín. Pág. 183 - 204.
- ❖ **LÓPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo.** Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Editorial: Escuela Colombiana de Ingeniería. Febrero de 1995. Pág. 153 -168.
- ❖ **MOSQUERA MENDOZA, José Leonardo.** Diseño de riego para la granja Villa Luz de la institución educativa San Luis Beltrán en el corregimiento de San Luis Municipio de Neiva departamento del Huila. Universidad Surcolombiana. Neiva, 2007.
- ❖ **MOTTA DELGADO, Ever y CIFUENTES PERDOMO, Miguel Germán.** Abastecimiento de agua para riego del lote “La Universidad”. Universidad Surcolombiana. Neiva. 1982.
- ❖ **OLAYA AMAYA, Diego Fernando.** Variabilidad espacial para la adecuación de tierras con riego superficial en la granja La Universidad Distrito Juncal- municipio de Palermo. Universidad Surcolombiana, Neiva. 2007.
- ❖ **OJEDA O, Adolfo León.** Hidráulica. Conductos con flujo libre canales. Universidad del Cauca. Popayán 1995. Pág. 3-5, 10, 25-32.
- ❖ **PEDROZA GONZÁLEZ, Edmundo.** IMTA. Canal Parshall. (consultado el 21 de Octubre2009). Disponible en: http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/canal_parshall.pdf.
- ❖ **SILVA MEDINA, Gustavo A.** Estructuras en canales. (consultado el 20 de Octubre 2009). Disponible en: <http://www.geocities.com/gsilvam/estructuras.htm>.
- ❖ **TORRENTE, SAMPAYO, ÑAÑES Y AMEZQUITA.** Evaluación comparativa del manejo de agua en dos sistemas de producción de Arroz (Oriza Sativa L.) Campoalegre-Huila. Revista Ingeniería y Región 4; Artículo. USCO, 2007. Págs. 29-36.

- ❖ **TORRENTE T. ARMANDO.** Riego por Surcos. Universidad Surcolombiana. Neiva, Febrero 1999.
- ❖ **TORRES NIETO, Álvaro y VILLATE BONILLA, Eduardo.** Topografía. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- ❖ **VEN TE CHOW.** Hidráulica de canales Abiertos. Mc Graw Hill.1995.
- ❖ **WITHERS, Bruce y VIPOND, Stanley.** El riego diseño y práctica. México: Diana, 1982. Pág. 343.

- ❖ Aguja Limnometrica. (consultado el 18 de Marzo 2009). Disponible en: <http://www.agua.uji.es/pdf/leccionRH06.pdf>.
- ❖ Canal de riego. (consultado el 24 de Marzo 2009). Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Canal_de_riego.
- ❖ Canales. (consultado el 07 de Agosto 2009). Disponible en: <http://www.eia.edu.co/sitios/webalumnos/laderas%20andinas/paginas/canales.htm>.
- ❖ Compuertas. (consultado el 16 de Abril 2009). Disponible en: <http://fluidos.eia.edu.co/obrashidraulicas/articulos/compuertas/compuertas.html>.
- ❖ Curvas de infiltración. (consultado el 18 de Marzo 2009). Disponible en: <http://eias.utralca.cl/Publicaciones/Modulo%203%20.pdf>.
- ❖ Diseño de canales. (consultado el 20 de Octubre 2009). Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos19/canales/canales.shtml> monografías.com.
- ❖ El cultivo de arroz 1ra parte. (consultado el 21 de Octubre2009). Disponible en: <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>.
- ❖ El flujo en canales abiertos y su clasificación. (consultado el 20 de Octubre 2009). Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos14/canales-abiert/canales-abiert.shtml>. monografías.com.
- ❖ **FAO.** Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y la escorrentía. Producido por: dpto. de desarrollo sostenible. (consultado el 16 de Febrero 2009). Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/T0848S/t0848s06.htm>.

- ❖ Fundamentos de riego. (consultado el 13 Marzo 2009) disponible en: http://www.elriego.com/informa_te/riego_agricola/fundamentos_riego/riego_superficie.htm.
- ❖ Infiltración. El cultivo de arroz 1ra parte. (consultado el 22 de Octubre 2009). Disponible en: <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>.
- ❖ Línea de alcantarillado serie métrica. (consultado el 07 de Agosto 2009). Disponible en: <http://www.haesa.com.mx/disen01.jpg>.
- ❖ Medición de caudales. (consultado el 07 de Octubre 2009). Disponible en: http://html.rincondelvago.com/medici0n_de-caudales.html.
- ❖ Modelos de Infiltración. (consultado el 18 de Marzo 2009). Disponible en: www.suelos.org.ar/publicaciones/vol_25n2/25_2_landini_123_131.pdf.
- ❖ Suelo cemento. (consultado el 18 de Marzo 2009). Disponible en: wikipedia la enciclopedia libre: http://es.wikipedia.org/wiki/Suelo_cemento.
- ❖ Variabilidad espacial y temporal de la infiltración. (consultado el 18 de Marzo 2009). Disponible en: http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-88022000000200001&lng=es&nrm=iso.

ANEXOS

Anexo 1. CANALETA AFORADORA WSC MODIFICADO

Nivel (cm)	Caudal (L/s)						
0,6	0,002	3,6	0,129	6,6	0,586	9,6	1,46
0,7	0,002	3,7	0,139	6,7	0,606	9,7	1,498
0,8	0,003	3,8	0,149	6,8	0,628	9,8	1,537
0,9	0,004	3,9	0,159	6,9	0,652	9,9	1,576
1	0,005	4	0,17	7	0,674	10	1,618
1,1	0,007	4,1	0,181	7,1	0,698	10,1	1,661
1,2	0,009	4,2	0,192	7,2	0,722	10,2	1,697
1,3	0,011	4,3	0,204	7,3	0,746	10,3	1,738
1,4	0,012	4,4	0,216	7,4	0,772	10,4	1,78
1,5	0,015	4,5	0,228	7,5	0,798	10,5	1,824
1,6	0,018	4,6	0,241	7,6	0,823	10,6	1,867
1,7	0,02	4,7	0,254	7,7	0,85	10,7	1,911
1,8	0,024	4,8	0,267	7,8	0,873	10,8	1,951
1,9	0,027	4,9	0,28	7,9	0,904	10,9	1,998
2	0,031	5	0,295	8	0,932	11	2,044
2,1	0,035	5,1	0,309	8,1	0,96	11,1	2,088
2,2	0,039	5,2	0,325	8,2	0,99	11,2	2,136
2,3	0,043	5,3	0,34	8,3	1,019	11,3	2,182
2,4	0,048	5,4	0,346	8,4	1,05	11,4	2,23
2,5	0,053	5,5	0,373	8,5	1,082	11,5	2,273
2,6	0,059	5,6	0,391	8,6	1,113	11,6	2,326
2,7	0,065	5,7	0,409	8,7	1,142	11,7	2,375
2,8	0,071	5,8	0,426	8,8	1,174	11,8	2,423
2,9	0,077	5,9	0,444	8,9	1,208	11,9	2,475
3	0,083	6	0,462	9	1,244	12	2,529
3,1	0,09	6,1	0,48	9,1	1,28		
3,2	0,096	6,2	0,5	9,2	1,318		
3,3	0,104	6,3	0,522	9,3	1,357		
3,4	0,112	6,4	0,553	9,4	1,39		
3,5	0,123	6,5	0,572	9,5	1,425		

Fuente: Torrente Trujillo, Armando. Riego por Surcos. Especialización en ingeniería de Irrigación 1999.

Anexo 2. DIMENSIONES Y CAPACIDADES DE LAS CANALETAS DE MEDICIÓN. PARSHALL, PARA VARIOS ANCHOS DE GARGANTA, W

W	A		2/3 A		B	C		D	E	F		G	K	N		R	M	P		X	Y
	pie	pulg	pie	pulg		pie	pulg			pie	pulg			pie	pulg			pie	pulg		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	7	7	6	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	0	8	4	0	4	8	2	0	11 1/8	4	5/16	1/4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	7	6	6	6	6	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
10 1/8	4 1/4	10 3/8	4 1/2	10 5/8	4 3/4	10 7/8	7 7/8	4 7/8	10	0	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
9	8	7	6	5	4	3	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3 1/2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	9	8	7	6	5	3	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 3/4	11 3/8	9	6 5/8	4 1/4	1 7/8	11 1/2	4 3/8	9 1/4	10 5/8	3 5/8	10 3/16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	4 1/2	4 1/2	2 1/4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	9	9	9	9	9	9	9	9	4 1/2	4 1/2	2 1/4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	6	6	6	6	6	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	12	11	10	8	7	6	5	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8 1/4	6	3 1/2	1 1/4	10 3/4	3 1/2	1	6	10 3/4	6 1/2	1 1/2	6 1/4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Anexo 3. Evapotranspiración para el Arroz (método BLANEY CRIDDLE).

	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Brillo solar (%)	9,67	9,67	9,67	7,95	7,95	7,95	7,36	7,36	7,36	7,15	7,15	7,15	8,20	8,20	8,20	8,46	8,46	8,46
Temperatura (°C)	26,60	26,60	26,60	26,8	26,80	26,80	26,7	26,70	26,70	26,4	26,40	26,40	26,4	26,40	26,40	26,9	26,90	26,90
(8,12+0,457 T)	20,28	20,28	20,28	20,37	20,37	20,37	20,32	20,32	20,32	20,18	20,18	20,18	20,18	20,18	20,18	20,41	20,41	20,41
P (8,12+0,457 T)	196,07	196,07	196,07	161,92	161,92	161,92	149,57	149,57	149,57	144,32	144,32	144,32	165,52	165,52	165,52	172,70	172,70	172,70
Kcp Decadal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96	0,87	0,79	0,77	0,88	0,94	0,95	0,99	1,00	1,00	0,95	0,00
EVT (mm/decadal)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	143,59	130,13	118,16	111,13	127,00	135,66	157,24	163,86	165,52	172,70	164,06	0,00
EVT (mm/dia)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,36	13,01	11,82	11,11	12,70	13,57	15,72	16,39	16,55	17,27	16,41	0,00
EVT (mm/dia)	0,00			0,00			13,06			12,46			16,22			16,84		

	JULIO			AGOSTO			SEP/BRE			OCT/BRE			NOV/BRE			DIC/BRE		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Brillo solar (%)	8,36	8,36	8,36	8,78	8,78	8,78	7,99	7,99	7,99	8,41	8,41	8,41	8,52	8,52	8,52	9,15	9,15	9,15
Temperatura (°C)	26,8	26,80	26,80	27,3	27,30	27,30	27,4	27,40	27,40	26,9	26,90	26,90	26,3	26,30	26,30	26,3	26,30	26,30
(8,12+0,457 T)	20,37	20,37	20,37	20,60	20,60	20,60	20,64	20,64	20,64	20,41	20,41	20,41	20,14	20,14	20,14	20,14	20,14	20,14
P (8,12+0,457 T)	170,27	170,27	170,27	180,83	180,83	180,83	164,93	164,93	164,93	171,68	171,68	171,68	171,59	171,59	171,59	184,27	184,27	184,27
Kcp Decadal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96	0,87	0,79	0,77	0,88	0,94	0,95	0,99	1,00	1,00	0,95	0,00
EVT (mm/decadal)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	158,33	143,49	130,29	132,19	151,07	161,38	163,01	169,87	171,59	184,27	175,06	0,00
EVT (mm/dia)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,83	14,35	13,03	13,22	15,11	16,14	16,30	16,99	17,16	18,43	17,51	0,00
EVT (mm/mes)	0,00			0,00			14,40			14,82			16,82			17,97		

P = Brillo solar (%)
T = Temperatura (°C)
F= P (8,12+0,457 T)
K = Factor de cultivo
U.C. (EVT) = KF

Anexo 4. Precipitación efectiva (método SERVICIO DE CONSERVACIÓN DE SUELOS DE LOS ESTADOS UNIDOS).

	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P (75%)	105,80	105,80	105,80	54	54,00	54,00	103,4	103,40	103,40	94,6	94,60	94,60	48,6	48,60	48,60	12,1	12,10	12,10
U.C.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	143,59	130,13	118,16	111,13	127,00	135,66	157,24	163,86	165,52	172,70	164,06	0,00
P.E.	55,45	55,45	55,45	30,60	30,60	30,60	74,53	72,36	70,48	64,23	66,51	67,79	39,30	39,88	40,02	10,00	9,81	6,84

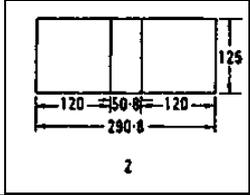
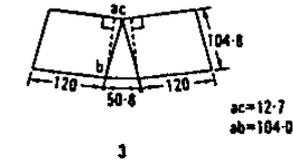
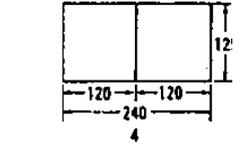
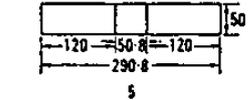
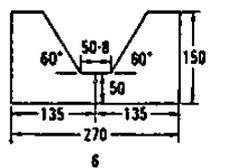
	JULIO			AGOSTO			SEP/BRE			OCT/BRE			NOV/BRE			DIC/BRE		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P (75%)	8,3	8,30	8,30	5,4	5,40	5,40	21,3	21,30	21,30	117,1	117,10	117,10	130	130,00	130,00	100,6	100,60	100,60
U.C.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	158,33	143,49	130,29	132,19	151,07	161,38	163,01	169,87	171,59	184,27	175,06	0,00
P.E.	4,23	4,23	4,23	2,09	2,09	2,09	17,91	17,33	16,84	80,96	84,39	86,33	94,81	96,25	96,61	79,58	77,99	53,07

P = lluvia con 75% de probabilidad de que ocurra (mm)

U.C. = Uso Consumo (mm/10 días)

P.E. = Precipitación efectiva (mm)

Anexo 5. Identificación y medición canaletas aforadoras Washington Estate College (WSC). Dimensiones en mm.

Parte	letra	Ejemplo*	1	2	3	4	5
 <p>2</p>	a	125	51	38.40	50.5	48	52
	b	120	120	117	120	130	122
	c	51	51	49	50.5	43	52
 <p>3</p>	a	104.8	112	120	112.5	105.5	104
	b	120	115.5	115	119.5	126	121
	c	50.8	51	49	50.5	43	52
	ac	12.7	8.5	7	8	8	7.8
	ab	104.0	108.5	124	100	112.5	101
 <p>4</p>	a	125	125	120	126	120.5	130
	b	120	115.5	109	107	108	108
 <p>5</p>	a	50	126.8	128	128	127	130
	b	120	121	119	119	126	123
	c	50.8	50	50	51	45.5	41
 <p>6</p>	a	150	130	129	128.5	142.2	130.5
	b	135	229	232	230	224.5	227.5
	c	50	28	32	29	32.5	30
	d	50.8	54	53	54	49	44

Anexo 6. Dimensiones de las zanjas

ABSCISA	COTA NEGRA	COTA ROJA	ø (8")	H	B	H/B	C	y	P
0	397,16	396,42	0,2032	0,54	0,50	1,07	0,80	1600,00	324,11
20	396,78	396,40	0,2032	0,18	0,50	0,35	0,80	1600,00	324,11
40	396,46	396,38	0,2032	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
60	396,22	396,36	0,2032	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
80	396,27	396,34	0,2032	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
100	396,33	396,32	0,2032	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
120	396,47	396,30	0,2032	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
140	396,28	396,28	0,2032	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
160	396,04	396,26	0,2032	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
180	396,47	396,24	0,2032	0,02	0,50	0,05	0,80	1600,00	324,11
200	396,27	396,22	0,2032	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
220	396,8	396,20	0,2032	0,39	0,50	0,78	0,80	1600,00	324,11
240	396,55	396,18	0,2032	0,16	0,50	0,33	0,80	1600,00	324,11
260	396,45	396,16	0,2032	0,08	0,50	0,17	0,80	1600,00	324,11
280	396,85	396,14	0,2032	0,50	0,50	1,00	0,80	1600,00	324,11
300	397,09	396,12	0,2032	0,76	0,50	1,52	1,00	1600,00	405,14
320	397,15	396,10	0,2032	0,84	0,50	1,68	1,50	1600,00	607,70
340	396,98	396,08	0,2032	0,69	0,50	1,38	1,00	1600,00	405,14
360	397,14	396,06	0,2032	0,87	0,50	1,73	1,50	1600,00	607,70
380	397,2	396,04	0,2032	0,95	0,50	1,89	1,50	1600,00	607,70
400	396,68	396,02	0,2032	0,46	0,50	0,91	0,80	1600,00	324,11
420	396,47	396,02	0,2032	0,24	0,50	0,48	0,80	1600,00	324,11
440	396,07	396,01	0,2032	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
460	396,21	396,01	0,2032	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
480	395,46	395,97	0,2032	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
500	395,71	395,95	0,2032	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
520	395,7	395,93	0,2032	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
540	395,88	395,91	0,2032	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
560	396,2	395,89	0,2032	0,11	0,50	0,22	0,80	1600,00	324,11
580	396,27	395,89	0,2032	0,18	0,50	0,36	0,80	1600,00	324,11
600	396,39	395,85	0,2032	0,34	0,50	0,68	0,80	1600,00	324,11
620	396,43	395,83	0,2032	0,40	0,50	0,79	0,80	1600,00	324,11
640	396,64	395,81	0,2032	0,63	0,50	1,25	1,00	1600,00	405,14
660	396,69	395,79	0,2032	0,70	0,50	1,39	1,00	1600,00	405,14
680	396,86	395,77	0,2032	0,89	0,50	1,77	1,50	1600,00	607,70
700	396,93	395,75	0,2032	0,98	0,50	1,94	1,50	1600,00	607,70
720	396,99	395,73	0,2032	1,06	0,50	2,10	1,50	1600,00	607,70
740	397,08	395,71	0,2032	1,17	0,50	2,32	1,50	1600,00	607,70
760	397,26	395,69	0,2032	1,37	0,50	2,72	1,80	1600,00	729,25
780	397,44	395,67	0,2032	1,57	0,50	3,11	1,80	1600,00	729,25
800	397,56	395,65	0,2032	1,71	0,50	3,39	1,80	1600,00	729,25
820	397,65	395,63	0,2032	1,82	0,50	3,61	1,80	1600,00	729,25

840	397,75	395,61	0,2032	1,94	0,50	3,85	1,80	1600,00	729,25
860	397,68	395,59	0,2032	1,89	0,50	3,75	1,80	1600,00	729,25
880	397,73	395,57	0,2032	1,96	0,50	3,89	2,20	1600,00	891,30
900	397,74	395,55	0,2032	1,99	0,50	3,95	2,20	1600,00	891,30
920	397,66	395,53	0,2032	1,93	0,50	3,83	2,20	1600,00	891,30
940	397,48	395,51	0,2032	1,77	0,50	3,51	1,80	1600,00	729,25
960	397,38	395,49	0,2032	1,69	0,50	3,35	1,80	1600,00	729,25
980	397,3	395,47	0,2032	1,62	0,50	3,23	1,80	1600,00	729,25
1000	397,05	395,45	0,2032	1,39	0,50	2,77	1,80	1600,00	729,25
1020	397,16	395,43	0,2032	1,52	0,50	3,03	1,80	1600,00	729,25
1027,4	397,41	395,42	0,2032	1,78	0,50	3,54	1,80	1600,00	729,25

Anexo 7. FLEXIÓN PARA CONCRETO $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}$ $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

p	a/d	K
0,0018	0,0424	0,0067
0,0020	0,0471	0,0074
0,0025	0,0588	0,0092
0,0030	0,0706	0,0109
0,0033	0,0776	0,0120
0,0035	0,0824	0,0127
0,0040	0,0941	0,0144
0,0045	0,1059	0,0161
0,0050	0,1176	0,0178
0,0055	0,1294	0,0194
0,0060	0,1412	0,0211
0,0065	0,1529	0,0227
0,0070	0,1647	0,0243
0,0075	0,1765	0,0258
0,0080	0,1882	0,0274
0,0085	0,2000	0,0289
0,0090	0,2118	0,0304
0,0095	0,2235	0,0319
0,0100	0,2353	0,0334
0,0105	0,2471	0,0348
0,0110	0,2588	0,0362
0,0115	0,2706	0,0376
0,0120	0,2824	0,0390
0,0125	0,2941	0,0403
0,0130	0,3059	0,0416
0,0135	0,3176	0,0429
0,0140	0,3294	0,0442
0,0145	0,3412	0,0455
0,0150	0,3529	0,0467
0,0155	0,3647	0,0479
0,0160	0,3741	0,0489

Fuente (N.S.R.1998)

Anexo 8. ÁREAS PARA VARIAS COMBINACIONES DE BARRAS (mm²)

		DIAMETRO EN OCTAVOS DE PULGADA											
CANTIDAD DE BARRAS		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	14	18
	1	32	71	129	200	284	387	510	645	819	1006	1452	2581
	2	64	142	258	400	568	774	1020	1290	1638	2012	2904	5162
	3	96	213	387	600	852	1161	1530	1935	2457	3018	4356	7743
	4	128	284	516	800	1136	1548	2040	2580	3276	4024	5808	10324
	5	160	355	645	1000	1420	1935	2550	3225	4095	5030	7260	12905
	6	192	426	774	1200	1704	2322	3060	3870	4914	6036	8712	15486
	7	224	497	903	1400	1988	2709	3570	4515	5733	7042	10164	18067
	8	256	568	1032	1600	2272	3096	4080	5160	6552	8048	11616	20648
	9	288	639	1161	1800	2556	3483	4590	5805	7371	9054	13068	23229
	10	320	710	1290	2000	2840	3870	5100	6450	8190	10060	14520	25810

Anexo 9. ANCHO MÍNIMO DE VIGAS (mm)

		DIAMETRO EN OCTAVOS DE PULGADA											
CANTIDAD DE BARRAS		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	14	18
	2	118	124	131	137	144	150	156	163	169	175	194	220
	3	150	159	169	178	188	197	207	217	226	236	264	302
	4	182	194	207	220	232	245	258	271	283	296	334	385
	5	213	229	245	261	277	293	309	324	340	356	404	467
	6	245	264	283	302	321	340	359	378	398	417	474	550
	7	277	299	321	344	366	388	410	432	455	477	544	632
	8	309	334	359	385	410	436	461	486	512	537	613	715
	9	340	369	398	426	455	483	512	540	569	598	683	798
	10	372	404	436	467	499	531	563	594	626	658	753	880

MOVIMIENTOS DE TIERRA. CANAL ORIENTAL. OPCIÓN 1.

ABSCISA	CN	CR	(C/R) (-/+)	S	B	ÁREA (m2)	MOV.TIERRA (m3)
0	403,35	403,21	-0,14	0,002	1,49	-0,18	3,21
20	403,29	403,17	-0,12	0,002	1,44	-0,14	2,53
40	403,22	403,13	-0,09	0,002	1,38	-0,11	-2,44
58	402,96	403,09	0,13	0	1,46	0,16	0,70
60	402,96	402,59	-0,37	0,002	1,94	-0,54	11,96
80	402,98	402,55	-0,43	0,002	2,06	-0,65	7,03
100	402,56	402,51	-0,04	0,002	1,29	-0,05	-5,16
120	402,15	402,47	0,33	0,002	1,85	0,47	7,46
140	402,04	402,43	0,40	0,002	0,41	0,28	10,13
160	401,93	402,39	0,47	0,002	2,14	0,73	10,51
180	402,12	402,35	0,24	0,002	1,67	0,32	13,09
200	401,73	402,31	0,59	0,002	2,38	0,99	23,00
220	401,56	402,27	0,72	0,002	2,64	1,31	22,09
240	401,69	402,23	0,55	0,002	2,29	0,90	12,34
260	401,95	402,19	0,25	0,002	1,69	0,33	6,59
280	402,40	402,15	-0,24	0,002	1,69	-0,33	16,19
300	402,83	402,11	-0,71	0,002	2,63	-1,29	24,49
320	402,73	402,07	-0,66	0,002	2,52	-1,16	21,84
340	402,64	402,03	-0,60	0,002	2,41	-1,03	18,82
360	402,52	401,99	-0,53	0,002	2,25	-0,86	13,32
380	402,29	401,95	-0,33	0,002	1,87	-0,48	14,49

400	402,49	401,91	-0,58	0,002	2,36	-0,97	-13,90
420	401,58	401,87	0,30	0,002	1,80	0,42	0,00
420	401,58	401,07	-0,50	0	2,20	-0,80	7,09
430	401,48	401,07	-0,41	0	2,02	-0,62	0,00
430	401,48	400,27	-1,21	0	3,62	-2,79	26,56
440	401,39	400,26	-1,13	0,0015	3,46	-2,52	-27,42
460	400,06	400,23	0,17	0,0015	1,54	0,22	13,37
480	399,56	400,20	0,64	0,0015	2,48	1,12	22,58
500	399,52	400,17	0,65	0,0015	2,50	1,14	22,77
520	399,49	400,14	0,65	0,0015	2,50	1,14	21,67
540	399,51	400,11	0,60	0,0015	2,41	1,03	23,81
560	399,34	400,08	0,74	0,0015	2,67	1,35	23,26
580	399,47	400,05	0,58	0,0015	2,36	0,97	19,81
600	399,43	400,02	0,59	0,0015	2,39	1,01	17,18
620	399,53	399,99	0,46	0,0015	2,11	0,71	10,25
640	399,72	399,96	0,23	0,0015	1,67	0,31	6,45
660	399,68	399,93	0,25	0,0015	1,69	0,33	3,31
680	399,90	399,90	0,00	0,0015	1,20	0,00	2,57
700	400,07	399,87	-0,20	0,0015	1,60	-0,26	5,57
720	400,07	399,84	-0,23	0,0015	1,65	-0,30	4,84
740	399,96	399,81	-0,15	0,0015	1,50	-0,18	2,41
750	400,02	399,79	-0,22	0,0015	1,65	-0,30	
TOTAL							424,374
CORTE (-)							-48,921
RELLENO (+)							462,627

Anexo 11. MOVIMIENTOS DE TIERRA. CANAL CENTRAL. OPCIÓN 1.

ABSCISA	CN	CR	(C/R) (-/+)	S	B	ÁREA (m2)	MOV. TIERRA (m3)
0	401,66	402,23	0,58	0	2,15	0,91	0,00
0	401,66	400,73	-0,70	0	2,41	-1,20	20,10
20	401,44	400,69	-0,53	0,002	2,06	-0,81	11,73
40	401,23	400,65	-0,28	0,002	1,56	-0,36	4,14
60	400,94	400,61	-0,05	0,002	1,10	-0,05	-1,72
80	400,67	400,57	0,11	0,002	1,21	0,12	3,27
100	400,47	400,53	0,18	0,002	1,35	0,21	3,64
120	400,36	400,49	0,14	0,002	1,27	0,16	3,27
122,3	400,31	400,42	0,11	0,002	1,22	0,12	6,92
140	400,21	400,45	0,15	0,002	1,30	0,17	4,14
160	400,15	400,41	0,20	0,002	1,40	0,24	5,20
180	400,05	400,37	0,23	0,002	1,45	0,28	6,50
200	399,99	400,33	0,29	0,002	1,58	0,37	7,71
220	399,93	400,29	0,30	0,002	1,61	0,40	8,30
240	399,88	400,25	0,33	0,002	1,65	0,43	5,18
258	399,91	400,01	0,13	0,002	1,25	0,14	1,06

262	399,91	400,21	0,30	0,002	1,60	0,39		
							TOTAL	89,434
							CORTE (-)	-1,721
							RELLENO (+)	91,155

Anexo 12. MOVIMIENTOS DE TIERRA. CANAL OCCIDENTAL. OPCIÓN 1.

ABSCISA	CN	CR	(C/R) (-/+)	S	B	ÁREA (m2)	MOV.TIERRA (m3)	
0	399,86	400,21	0,35	0,001	1,70	0,48	6,64	
20	400,03	400,19	0,16	0,001	1,32	0,19	4,42	
40	399,96	400,17	0,21	0,001	1,42	0,25	4,56	
60	399,98	400,15	0,17	0,001	1,34	0,20	4,06	
80	399,96	400,13	0,17	0,001	1,35	0,20	2,59	
100	400,06	400,11	0,05	0,001	1,10	0,05	1,46	
120	400,01	400,09	0,08	0,001	1,17	0,09	1,75	
140	399,99	400,07	0,08	0,001	1,16	0,08	2,71	
160	399,89	400,05	0,16	0,001	1,32	0,19	4,05	
180	399,85	400,03	0,18	0,001	1,37	0,22	3,79	
200	399,87	400,01	0,14	0,001	1,28	0,16	3,45	
220	399,83	399,99	0,16	0,001	1,32	0,18	2,95	
240	399,87	399,97	0,10	0,001	1,20	0,11	3,37	
260	399,76	399,95	0,19	0,001	1,38	0,23	3,96	
280	399,78	399,93	0,15	0,001	1,30	0,17	2,48	
300	399,84	399,91	0,07	0,001	1,15	0,08	1,57	
320	399,82	399,89	0,07	0,001	1,15	0,08	1,26	
340	399,82	399,87	0,05	0,001	1,09	0,05	1,22	
360	399,78	399,85	0,07	0,001	1,14	0,07	2,19	
380	399,70	399,83	0,13	0,001	1,26	0,15	1,58	
400	399,80	399,81	0,01	0,001	1,02	0,01	0,58	
420	399,75	399,79	0,04	0,001	1,09	0,05	0,46	
440	399,85	399,85	0,00	0,001	1,00	0,00	0,06	
460	399,74	399,75	0,01	0,001	1,01	0,01	0,63	
480	399,68	399,73	0,05	0,001	1,11	0,06		
							TOTAL	61,798
							CORTE (-)	0,000
							RELLENO (+)	61,798

Anexo 13. MOVIMIENTOS DE TIERRA. CANAL TRIANGULO. OPCIÓN 1.

ABSCISA	CN	CR	(C/R) (-/+)	S	B	ÁREA (m2)	MOV.TIERRA (m3)
0	403,35	403,35	0,00	0,002	1,00	0,00	0,00
1,65	403,11	403,11	0,00	0,002	1,00	0,00	0,15
7	403,13	403,07	0,05	0,002	1,10	0,05	0,68
20	403,10	403,05	0,05	0,002	1,10	0,05	0,73
40	403,00	403,02	-0,02	0	1,04	-0,02	0,00

40	403,00	402,12	0,88	0	2,76	1,65	21,15
60	402,43	402,08	0,35	0,002	1,69	0,47	11,07
80	401,60	402,04	-0,44	0,002	1,89	-0,64	0,00
80	401,60	401,14	0,46	0	1,91	0,66	2,43
100	400,78	401,10	-0,32	0	1,64	-0,42	14,54
120	400,43	401,06	-0,63	0,002	2,27	-1,03	0,00
120	400,43	400,36	0,07	0,002	1,13	0,07	
TOTAL							50,748
CORTE (-)							0,000
RELLENO (+)							50,748

Anexo 14. MOVIMIENTOS DE TIERRA. CANAL LAGOS. OPCIÓN 1.

ABSCISA	CN	CR	(C/R) (-/+)	S	B	ÁREA (m2)	MOV.TIERRA (m3)
0	401,34	401,00	-0,34	0,002	1,67	-0,45	8,34
20	401,26	400,96	-0,30	0,002	1,59	-0,38	2,27
29,5	401,03	400,94	-0,09	0,002	1,17	-0,09	1,95
40	401,15	400,92	-0,23	0,002	1,45	-0,28	4,59
60	401,04	400,88	-0,16	0,002	1,31	-0,18	2,19
80	400,88	400,84	-0,04	0,002	1,07	-0,04	-0,94
100	400,75	400,80	0,05	0,002	1,11	0,06	1,47
120	400,68	400,76	0,08	0,002	1,17	0,09	1,69
140	400,65	400,72	0,07	0,002	1,15	0,08	1,58
160	400,61	400,68	0,07	0,002	1,15	0,08	1,58
180	400,57	400,64	0,07	0,002	1,15	0,08	1,81
200	400,51	400,60	0,09	0,002	1,19	0,10	2,04
220	400,47	400,56	0,09	0,002	1,19	0,10	3,19
240	400,34	400,52	0,18	0,002	1,37	0,22	4,49
257	400,24	400,49	0,25	0,002	1,50	0,31	
TOTAL							36,244
CORTE (-)							-0,942
RELLENO (+)							37,186

Anexo 15. MOVIMIENTOS DE TIERRA. CANAL ORIENTAL. OPCIÓN 2.

ABSCISA	CN	CR	(C/R) (-/+)	S	B	ÁREA (m2)	MOV.TIERRA (m3)
0	403,35	403,26	-0,10	0,003	1,40	-0,12	2,23
20	403,29	403,20	-0,09	0,003	1,38	-0,11	1,98
40	403,22	403,14	-0,08	0,003	1,36	-0,09	-2,12
58	402,96	403,08	0,12	0	1,44	0,14	0,69
60	402,96	402,59	-0,37	0,003	1,94	-0,54	12,36
80	402,98	402,53	-0,45	0,003	2,10	-0,69	7,92
100	402,56	402,47	-0,08	0,003	1,37	-0,10	-4,63
120	402,15	402,41	0,27	0,003	1,73	0,36	8,14
140	402,04	402,35	0,32	0,003	1,83	0,45	9,89
160	401,93	402,29	0,37	0,003	1,94	0,54	6,83

180	402,12	402,23	0,12	0,003	1,43	0,14	8,36
200	401,73	402,17	0,45	0,003	2,10	0,69	16,21
220	401,56	402,11	0,56	0,003	2,32	0,93	14,66
240	401,69	402,05	0,37	0,003	1,93	0,54	5,92
260	401,95	401,99	0,05	0,003	1,29	0,05	7,78
280	402,40	401,93	-0,46	0,003	2,13	-0,72	26,80
300	402,83	401,87	-0,95	0,003	3,11	-1,96	-1,04
320	402,73	401,81	-0,92	0,003	3,04	-1,85	-1,02
340	402,64	401,75	-0,88	0,003	2,97	-1,75	-1,60
360	402,52	401,69	-0,83	0,003	2,85	-1,59	-4,46
380	402,29	401,63	-0,65	0,003	2,51	-1,14	7,11
400	402,49	401,57	-0,92	0,003	3,04	-1,86	-17,85
420	401,58	401,51	-0,06	0,003	1,32	-0,07	0,00
420	401,58	401,51	-0,06	0	1,32	-0,07	16,53
430	401,48	400,11	-1,37	0	3,94	-3,38	0,00
430	401,48	400,11	-1,37	0	3,94	-3,38	-1,45
440	401,39	400,10	-1,29	0,0015	3,78	-3,09	-31,00
460	400,06	400,07	0,01	0,0015	1,22	0,01	7,76
480	399,56	400,04	0,48	0,0015	2,16	0,76	15,44
500	399,52	400,01	0,49	0,0015	2,18	0,78	15,60
520	399,49	399,98	0,49	0,0015	2,18	0,78	14,65
540	399,51	399,95	0,44	0,0015	2,09	0,69	16,51
560	399,34	399,92	0,58	0,0015	2,35	0,97	16,04
580	399,47	399,89	0,42	0,0015	2,04	0,64	13,04
600	399,43	399,86	0,43	0,0015	2,07	0,67	10,81
620	399,53	399,83	0,30	0,0015	1,79	0,41	5,03
640	399,72	399,80	0,08	0,0015	1,35	0,09	1,90
660	399,68	399,77	0,09	0,0015	1,37	0,10	3,04
680	399,90	399,74	0,16	0,0015	1,52	0,20	7,24
700	400,07	399,71	-0,36	0,0015	1,92	-0,52	10,96
720	400,07	399,68	-0,39	0,0015	1,97	-0,57	10,07
740	399,96	399,65	-0,31	0,0015	1,82	-0,43	5,02
750	400,02	399,63	-0,38	0,0015	1,97	-0,57	
						TOTAL	241,314
						CORTE (-)	-65,165
						RELLENO (+)	306,479

Anexo 16. MOVIMIENTOS DE TIERRA. CANAL CENTRAL. OPCIÓN 2.

ABSCISA	CN	CR	(C/R) (-/+)	S	B	ÁREA (m2)	MOV.TIERRA (m3)
0	401,66	402,05	0,40	0	1,79	0,55	0,00
0	401,66	401,15	-0,50	0	2,01	-0,76	12,00
20	401,44	401,10	-0,33	0,003	1,67	-0,44	6,44
40	401,23	401,05	-0,17	0,003	1,34	-0,20	-2,74
60	400,94	401,00	0,07	0	1,14	0,07	0,00
60	400,94	400,60	-0,06	0	1,12	-0,06	-1,48
80	400,67	400,54	0,08	0,003	1,15	0,08	2,26
100	400,47	400,48	0,13	0,003	1,25	0,14	2,76
120	400,36	400,42	0,12	0,003	1,24	0,13	3,08
122,3	400,31	400,42	0,20	0,003	1,41	0,25	8,06
140	400,21	400,36	0,15	0,003	1,30	0,18	3,55
160	400,15	400,30	0,16	0,003	1,31	0,18	4,19
180	400,05	400,24	0,20	0,003	1,40	0,24	4,72
200	399,99	400,18	0,19	0,003	1,39	0,23	4,67
220	399,93	400,12	0,20	0,003	1,39	0,23	4,48
240	399,88	400,06	0,18	0,003	1,36	0,21	2,90
258	399,91	400,01	0,10	0,003	1,20	0,11	0,40
262	399,91	399,99	0,08	0,003	1,16	0,09	
						TOTAL	55,300
						CORTE (-)	-4,217
						RELLENO (+)	59,516

Anexo 17. MOVIMIENTOS DE TIERRA. CANAL OCCIDENTAL. OPCIÓN 2.

ABSCISA	CN	CR	(C/R) (-/+)	S	B	ÁREA (m2)	MOV.TIERRA (m3)
0	399,86	400,00	0,14	0,001	1,28	0,16	2,12
20	400,03	399,98	-0,05	0,001	1,10	-0,05	0,55
40	399,96	399,96	0,00	0,001	1,00	0,00	0,44
60	399,98	399,94	-0,04	0,001	1,08	-0,04	0,81
80	399,96	399,92	-0,04	0,001	1,08	-0,04	2,25
100	400,06	399,90	-0,16	0,001	1,32	-0,19	3,30
120	400,01	399,88	-0,13	0,001	1,26	-0,14	2,96
140	399,99	399,86	-0,13	0,001	1,27	-0,15	2,06
160	399,89	399,84	-0,05	0,001	1,10	-0,05	0,82
180	399,85	399,82	-0,03	0,001	1,06	-0,03	1,05
200	399,87	399,80	-0,07	0,001	1,14	-0,08	1,32
220	399,83	399,78	-0,05	0,001	1,11	-0,06	1,79
240	399,87	399,76	-0,11	0,001	1,22	-0,12	1,46
260	399,76	399,74	-0,02	0,001	1,04	-0,02	0,91
280	399,78	399,72	-0,06	0,001	1,13	-0,07	2,26
300	399,84	399,70	-0,14	0,001	1,28	-0,16	3,17
320	399,82	399,68	-0,14	0,001	1,28	-0,16	3,52
340	399,82	399,66	-0,17	0,001	1,33	-0,19	3,57

360	399,78	399,64	-0,14	0,001	1,29	-0,16	2,53
380	399,70	399,62	-0,08	0,001	1,17	-0,09	3,30
400	399,80	399,60	-0,20	0,001	1,40	-0,24	4,36
420	399,75	399,58	-0,17	0,001	1,34	-0,20	5,67
440	399,85	399,56	-0,29	0,001	1,58	-0,37	6,19
460	399,74	399,54	-0,21	0,001	1,41	-0,25	4,31
480	399,68	399,52	-0,16	0,001	1,32	-0,18	
TOTAL							60,721
CORTE (-)							0,000
RELLENO (+)							60,721

Anexo 18. MOVIMIENTOS DE TIERRA. CANAL TRIANGULO. OPCIÓN 2.

ABSCISA	CN	CR	(C/R) (-/+)	S	B	ÁREA (m2)	MOV.TIERRA (m3)
0	403,35	403,35	0,00	0,003	1,00	0,00	0,00
1,65	403,11	403,11	0,00	0,003	1,00	0,00	0,15
7	403,13	403,07	0,05	0,003	1,10	0,05	0,81
20	403,10	403,03	0,07	0,003	1,13	0,07	0,94
40	403,00	402,97	0,02	0	1,05	0,02	0,00
40	403,00	402,07	0,92	0	2,85	1,77	23,55
60	402,43	402,01	0,41	0,003	1,82	0,58	0,92
80	401,60	401,95	-0,36	0	1,72	-0,49	0,00
80	401,60	401,05	0,54	0	2,08	0,83	5,74
100	400,78	400,99	-0,21	0,003	1,43	-0,26	5,06
120	400,43	400,93	-0,51	0,003	2,02	-0,77	0,00
120	400,43	400,33	0,09	0,003	1,18	0,10	
TOTAL							37,169
CORTE (-)							0,000
RELLENO (+)							37,169

Anexo 19. MOVIMIENTOS DE TIERRA. CANAL LAGOS. OPCIÓN 2.

ABSCISA	CN	CR	(C/R) (-/+)	S	B	ÁREA (m2)	MOV.TIERRA (m3)
0	401,34	401,19	-0,15	0,003	1,30	-0,17	3,24
20	401,26	401,13	-0,13	0,003	1,26	-0,15	-1,06
29,5	401,03	401,10	0,07	0,003	1,14	0,07	0,85
40	401,15	401,07	-0,08	0,003	1,16	-0,09	1,22
60	401,04	401,01	-0,03	0,003	1,06	-0,03	-1,06
80	400,88	400,95	0,07	0,003	1,14	0,07	2,30
100	400,75	400,89	0,14	0,003	1,28	0,16	3,27
120	400,68	400,83	0,15	0,003	1,30	0,17	3,02
140	400,65	400,77	0,12	0,003	1,24	0,13	2,40
160	400,61	400,71	0,10	0,003	1,20	0,11	1,92
180	400,57	400,65	0,08	0,003	1,16	0,08	1,68
200	400,51	400,59	0,08	0,003	1,16	0,08	1,46
220	400,47	400,53	0,06	0,003	1,12	0,06	2,06

240	400,34	400,47	0,13	0,003	1,26	0,14	3,00	
257	400,24	400,42	0,18	0,003	1,35	0,21		
							TOTAL	24,304
							CORTE (-)	-2,116
							RELLENO (+)	26,420

Anexo 20. MOVIMIENTOS DE TIERRA. CANAL ORIENTAL. OPCIÓN 3.

ABSCISA	CN	CR	(C/R) (-/+)	S	B	ÁREA (m2)	MOV.TIERRA (m3)
0	403,35	403,26	-0,10	0,002	1,40	-0,12	2,68
20	403,29	403,17	-0,12	0,002	1,45	-0,15	3,34
40	403,22	403,08	-0,15	0,002	1,49	-0,18	-1,97
58	402,96	402,99	0,03	0	1,26	0,04	0,58
60	402,96	402,59	-0,37	0,002	1,94	-0,54	12,56
80	402,98	402,52	-0,46	0,002	2,12	-0,71	8,37
100	402,56	402,45	-0,10	0,002	1,41	-0,12	-4,41
120	402,15	402,38	0,24	0,002	1,67	0,32	6,98
140	402,04	402,31	0,28	0,002	1,75	0,38	8,32
160	401,93	402,24	0,32	0,002	1,84	0,45	5,17
180	402,12	402,17	0,06	0,002	1,31	0,07	6,25
200	401,73	402,10	0,38	0,002	1,96	0,56	13,15
220	401,56	402,03	0,48	0,002	2,16	0,76	11,38
240	401,69	401,96	0,28	0,002	1,75	0,38	4,43
260	401,95	401,89	-0,05	0,002	1,31	-0,06	10,20
280	402,40	401,82	-0,57	0,002	2,35	-0,96	32,90
300	402,83	401,75	-1,07	0,002	3,35	-2,33	45,83
320	402,73	401,68	-1,05	0,002	3,30	-2,25	44,23
340	402,64	401,61	-1,02	0,002	3,25	-2,17	41,98
360	402,52	401,54	-0,98	0,002	3,15	-2,03	35,81
380	402,29	401,47	-0,81	0,002	2,83	-1,56	39,39
400	402,49	401,40	-1,09	0,002	3,38	-2,38	27,07
420	401,58	401,33	-0,24	0,002	1,68	-0,32	0,00
420	401,58	400,83	-0,74	0	2,68	-1,36	12,48
430	401,48	400,83	-0,65	0	2,50	-1,13	0,00
430	401,48	400,33	-1,15	0	3,50	-2,58	24,53
440	401,39	400,32	-1,07	0,0015	3,34	-2,33	-26,34
460	400,06	400,29	0,23	0,0015	1,66	0,31	15,74
480	399,56	400,26	0,70	0,0015	2,60	1,27	25,53
500	399,52	400,23	0,71	0,0015	2,62	1,29	25,73
520	399,49	400,20	0,71	0,0015	2,62	1,29	24,56
540	399,51	400,17	0,66	0,0015	2,53	1,17	26,81
560	399,34	400,14	0,80	0,0015	2,79	1,51	26,23
580	399,47	400,11	0,64	0,0015	2,48	1,11	22,61
600	399,43	400,08	0,65	0,0015	2,51	1,15	19,83

620	399,53	400,05	0,52	0,0015	2,23	0,84	12,48
640	399,72	400,02	0,30	0,0015	1,79	0,41	8,42
660	399,68	399,99	0,31	0,0015	1,81	0,43	5,00
680	399,90	399,96	0,06	0,0015	1,32	0,07	2,40
700	400,07	399,93	-0,14	0,0015	1,48	-0,17	3,81
720	400,07	399,90	-0,17	0,0015	1,53	-0,21	3,15
740	399,96	399,87	-0,09	0,0015	1,38	-0,10	1,56
750	400,02	399,85	-0,16	0,0015	1,53	-0,21	
TOTAL							588,751
CORTE (-)							-32,715
RELLENO (+)							621,465

Anexo 21. MOVIMIENTOS DE TIERRA. CANAL CENTRAL. OPCIÓN 3.

ABSCISA	CN	CR	(C/R) (-/+)	S	B	ÁREA (m2)	MOV.TIERRA (m3)
0	401,66	401,96	0,31	0	1,61	0,40	0,00
0	401,66	400,96	-0,69	0	2,39	-1,17	20,32
20	401,44	400,88	-0,55	0,004	2,11	-0,86	14,57
40	401,23	400,80	-0,42	0,004	1,84	-0,60	8,54
60	400,94	400,72	-0,21	0,004	1,42	-0,26	2,77
80	400,67	400,64	-0,02	0,004	1,04	-0,02	-1,28
100	400,47	400,56	0,10	0,004	1,19	0,11	2,50
120	400,36	400,48	0,13	0,004	1,25	0,14	0,31
122,3	400,31	400,42	0,11	0,004	1,22	0,12	3,13
140	400,21	400,40	0,19	0,004	1,38	0,23	4,36
160	400,15	400,32	0,18	0,004	1,35	0,21	4,46
180	400,05	400,24	0,20	0,004	1,40	0,24	4,44
200	399,99	400,16	0,18	0,004	1,35	0,21	3,86
220	399,93	400,08	0,16	0,004	1,31	0,18	3,16
240	399,88	400,00	0,12	0,004	1,24	0,14	2,20
258	399,91	400,01	0,10	0,004	1,20	0,11	0,23
262	399,91	399,92	0,01	0,004	1,01	0,01	
TOTAL							73,556
CORTE (-)							-1,279
RELLENO (+)							74,835

Anexo 22. MOVIMIENTOS DE TIERRA. CANAL OCCIDENTAL. OPCIÓN 3.

ABSCISA	CN	CR	(C/R) (-/+)	S	B	AREA (m2)	MOV.TIERRA (m3)
0	399,86	399,92	0,06	0,001	1,12	0,06	2,11
20	400,03	399,90	-0,13	0,001	1,26	-0,15	2,40
40	399,96	399,88	-0,08	0,001	1,17	-0,09	2,28
60	399,98	399,86	-0,12	0,001	1,24	-0,14	2,71
80	399,96	399,84	-0,12	0,001	1,24	-0,13	4,35
100	400,06	399,82	-0,24	0,001	1,48	-0,30	5,55

120	400,01	399,80	-0,21	0,001	1,42	-0,25	5,17
140	399,99	399,78	-0,22	0,001	1,43	-0,26	4,13
160	399,89	399,76	-0,13	0,001	1,27	-0,15	2,73
180	399,85	399,74	-0,11	0,001	1,22	-0,12	2,99
200	399,87	399,72	-0,15	0,001	1,31	-0,18	3,30
220	399,83	399,70	-0,13	0,001	1,27	-0,15	3,83
240	399,87	399,68	-0,19	0,001	1,39	-0,23	3,45
260	399,76	399,66	-0,10	0,001	1,21	-0,11	2,82
280	399,78	399,64	-0,15	0,001	1,29	-0,17	4,37
300	399,84	399,62	-0,22	0,001	1,44	-0,27	5,40
320	399,82	399,60	-0,22	0,001	1,44	-0,27	5,79
340	399,82	399,58	-0,25	0,001	1,50	-0,31	5,85
360	399,78	399,56	-0,23	0,001	1,45	-0,28	4,68
380	399,70	399,54	-0,17	0,001	1,33	-0,19	5,54
400	399,80	399,52	-0,28	0,001	1,56	-0,36	6,74
420	399,75	399,50	-0,25	0,001	1,50	-0,31	8,19
440	399,85	399,48	-0,37	0,001	1,74	-0,51	8,78
460	399,74	399,46	-0,29	0,001	1,58	-0,37	6,69
480	399,68	399,44	-0,24	0,001	1,48	-0,30	
TOTAL							109,845
CORTE (-)							0,000
RELLENO (+)							109,845

Anexo 23. MOVIMIENTOS DE TIERRA. CANAL TRIANGULO. OPCIÓN 3.

ABSCISA	CN	CR	(C/R) (-/+)	S	B	ÁREA (m2)	MOV.TIERRA (m3)
0	403,35	403,35	0,00	0,004	1,00	0,00	0,00
1,65	403,11	403,11	0,00	0,004	1,00	0,00	0,15
7	403,13	403,07	0,05	0,005	1,10	0,05	0,99
20	403,10	403,01	0,09	0,005	1,18	0,10	1,89
40	403,00	402,91	0,08	0	1,17	0,09	0,00
40	403,00	402,01	0,98	0	2,97	1,95	26,86
60	402,43	401,93	0,49	0,004	1,98	0,73	10,59
80	401,60	401,85	-0,26	0	1,52	-0,32	0,00
80	401,60	400,95	0,64	0	2,28	1,05	11,56
100	400,78	400,87	-0,09	0,004	1,19	-0,10	6,03
120	400,43	400,79	-0,37	0,004	1,73	-0,50	0,00
120	400,43	400,29	0,13	0,004	1,27	0,15	
TOTAL							58,072
CORTE (-)							0,000
RELLENO (+)							58,072

Anexo 24. MOVIMIENTOS DE TIERRA. CANAL LAGOS. OPCIÓN 3.

ABSCISA	CN	CR	(C/R) (-/+)	S	B	ÁREA (m2)	MOV.TIERRA (m3)
0	401,34	401,25	-0,09	0,003	1,19	-0,10	1,83
20	401,26	401,19	-0,07	0,003	1,15	-0,08	-1,06
29,5	401,03	401,16	0,13	0,003	1,25	0,14	0,88
40	401,15	401,13	-0,02	0,003	1,05	-0,02	-0,51
60	401,04	401,07	0,03	0,003	1,05	0,03	1,68
80	400,88	401,01	0,13	0,003	1,25	0,14	3,76
100	400,75	400,95	0,20	0,003	1,39	0,23	4,82
120	400,68	400,89	0,21	0,003	1,41	0,25	4,55
140	400,65	400,83	0,18	0,003	1,35	0,21	3,87
160	400,61	400,77	0,16	0,003	1,31	0,18	3,34
180	400,57	400,71	0,14	0,003	1,27	0,15	3,08
200	400,51	400,65	0,14	0,003	1,27	0,15	2,83
220	400,47	400,59	0,12	0,003	1,23	0,13	3,50
240	400,34	400,53	0,19	0,003	1,37	0,22	4,34
257	400,24	400,47	0,23	0,003	1,47	0,29	
						TOTAL	36,911
						CORTE (-)	-1,574
						RELLENO (+)	38,485

Anexo 25. LECTURA CAUDALES. CANALETA WSC 1.

Nivel (cm)	Caudal (L/s)	Nivel (cm)	Caudal (L/s)	Nivel (cm)	Caudal (L/s)
0,8	0,01	6,3	0,46	10,4	1,2
1,2	0,02	6,4	0,48	10,5	1,22
1,5	0,03	6,5	0,49	10,6	1,25
1,7	0,04	6,6	0,51	10,7	1,27
2,0	0,05	6,7	0,52	10,8	1,29
2,2	0,06	6,8	0,53	10,9	1,31
2,3	0,07	6,9	0,55	11,0	1,34
2,5	0,08	7,0	0,56	11,1	1,36
2,7	0,09	7,1	0,58	11,2	1,38
2,8	0,1	7,2	0,6	11,3	1,41
3,0	0,11	7,3	0,61	11,4	1,43
3,1	0,12	7,4	0,63	11,5	1,46
3,2	0,13	7,5	0,64	11,6	1,48
3,4	0,14	7,6	0,66	11,7	1,51
3,5	0,15	7,7	0,68	11,8	1,53
3,6	0,16	7,8	0,69	11,9	1,56
3,7	0,17	7,9	0,71	12,0	1,59
3,8	0,18	8,0	0,73		
3,9	0,19	8,1	0,75		
4,0	0,2	8,2	0,76		

4,2	0,21	8,3	0,78
4,3	0,22	8,4	0,8
4,4	0,23	8,5	0,82
4,5	0,24	8,6	0,84
4,6	0,25	8,7	0,85
4,7	0,27	8,8	0,87
4,8	0,28	8,9	0,89
4,9	0,29	9,0	0,91
5,0	0,3	9,1	0,93
5,1	0,31	9,2	0,95
5,2	0,32	9,3	0,97
5,3	0,34	9,4	0,99
5,4	0,35	9,5	1,01
5,5	0,36	9,6	1,03
5,6	0,37	9,7	1,05
5,7	0,38	9,8	1,07
5,8	0,4	9,9	1,09
5,9	0,41	10,0	1,11
6,0	0,42	10,1	1,14
6,1	0,44	10,2	1,16
6,2	0,45	10,3	1,18

Anexo 26. LECTURA CAUDALES. CANALETA WSC 2.

Nivel (cm)	Caudal (L/s)	Nivel (cm)	Caudal (L/s)	Nivel (cm)	Caudal (L/s)
1,4	0,01	7,0	0,49	10,9	1,43
1,8	0,02	7,1	0,51	11,0	1,46
2,2	0,03	7,2	0,52	11,1	1,5
2,5	0,04	7,3	0,54	11,2	1,53
2,7	0,05	7,4	0,56	11,3	1,57
2,9	0,06	7,5	0,58	11,4	1,58
3,1	0,07	7,6	0,6	11,4	1,6
3,3	0,08	7,7	0,62	11,5	1,63
3,4	0,09	7,8	0,64	11,6	1,66
3,6	0,1	7,9	0,66	11,7	1,7
3,7	0,11	8,0	0,68	11,8	1,74
3,9	0,12	8,1	0,7	11,9	1,78
4,0	0,13	8,2	0,72	12,0	1,81
4,1	0,14	8,3	0,74		
4,3	0,15	8,4	0,76		
4,4	0,16	8,5	0,78		
4,5	0,17	8,6	0,81		
4,6	0,18	8,7	0,83		
4,7	0,19	8,8	0,85		
4,8	0,2	8,9	0,88		

4,9	0,21	9,0	0,91
5,0	0,22	9,1	0,93
5,1	0,23	9,2	0,95
5,2	0,24	9,3	0,98
5,3	0,25	9,4	1
5,4	0,26	9,5	1,03
5,5	0,28	9,6	1,05
5,6	0,29	9,7	1,08
5,7	0,3	9,8	1,11
5,8	0,31	9,9	1,14
5,9	0,33	10,0	1,16
6,0	0,34	10,0	1,17
6,1	0,35	10,1	1,19
6,2	0,37	10,2	1,22
6,3	0,38	10,3	1,25
6,4	0,4	10,4	1,28
6,5	0,41	10,5	1,31
6,6	0,43	10,6	1,34
6,7	0,44	10,7	1,36
6,8	0,46	10,7	1,38
6,9	0,47	10,8	1,4

Anexo 27. LECTURA CAUDALES. CANALETA WSC 3.

Nivel (cm)	Caudal (L/s)	Nivel (cm)	Caudal (L/s)	Nivel (cm)	Caudal (L/s)
1,5	0,01	6,8	0,54	10,8	1,82
1,9	0,02	6,9	0,56	10,9	1,86
2,2	0,03	7,0	0,58	11,0	1,9
2,5	0,04	7,0	0,59		
2,7	0,05	7,1	0,61		
2,9	0,06	7,2	0,64		
3,1	0,07	7,3	0,65		
3,2	0,08	7,4	0,68		
3,4	0,09	7,5	0,7		
3,5	0,1	7,6	0,72		
3,7	0,11	7,7	0,75		
3,8	0,12	7,8	0,78		
3,9	0,13	7,9	0,8		
4,0	0,14	8,0	0,83		
4,1	0,15	8,1	0,86		
4,2	0,16	8,2	0,88		
4,3	0,17	8,3	0,91		
4,4	0,18	8,4	0,94		
4,5	0,19	8,5	0,97		
4,6	0,2	8,6	1		

4,7	0,21	8,7	1,03
4,8	0,22	8,8	1,06
4,9	0,23	8,9	1,09
5,0	0,24	9,0	1,13
5,1	0,26	9,1	1,16
5,2	0,27	9,2	1,2
5,3	0,28	9,3	1,23
5,4	0,3	9,4	1,27
5,5	0,31	9,5	1,3
5,6	0,33	9,6	1,34
5,7	0,34	9,7	1,36
5,8	0,36	9,8	1,41
5,9	0,37	9,9	1,45
6,0	0,39	10,0	1,5
6,1	0,41	10,1	1,53
6,2	0,42	10,2	1,57
6,3	0,44	10,3	1,61
6,4	0,46	10,4	1,65
6,5	0,48	10,5	1,69
6,6	0,5	10,6	1,73
6,7	0,52	10,7	1,77

Anexo 28. LECTURA CAUDALES. CANALETA WSC 4.

Nivel (cm)	Caudal (L/s)	Nivel (cm)	Caudal (L/s)	Nivel (cm)	Caudal (L/s)
0,5	0,01	5,1	0,54	9,0	1,42
0,8	0,02	5,2	0,55	9,1	1,44
1,0	0,03	5,3	0,57	9,2	1,47
1,1	0,04	5,4	0,59	9,3	1,5
1,3	0,05	5,5	0,61	9,4	1,52
1,4	0,06	5,6	0,63	9,5	1,55
1,6	0,07	5,7	0,65	9,6	1,58
1,7	0,08	5,8	0,67	9,7	1,61
1,8	0,09	5,9	0,69	9,8	1,64
1,9	0,1	6,0	0,71	9,9	1,67
2,0	0,11	6,1	0,73	10,0	1,69
2,1	0,12	6,2	0,75	10,1	1,72
2,2	0,13	6,3	0,77	10,2	1,75
2,3	0,14	6,4	0,79	10,3	1,78
2,4	0,15	6,5	0,81	10,4	1,81
2,5	0,16	6,6	0,83	10,5	1,84
2,6	0,17	6,7	0,86	10,6	1,87
2,7	0,18	6,8	0,88	10,7	1,9
2,8	0,19	6,9	0,9	10,8	1,93
2,9	0,2	7,0	0,92	10,9	1,96

3,0	0,22	7,1	0,94	11,0	1,99
3,1	0,23	7,2	0,96		
3,2	0,24	7,3	0,98		
3,3	0,25	7,4	1,01		
3,4	0,27	7,5	1,04		
3,5	0,28	7,6	1,06		
3,6	0,29	7,7	1,08		
3,7	0,31	7,8	1,11		
3,8	0,32	7,9	1,13		
3,9	0,34	8,0	1,16		
4,0	0,35	8,1	1,18		
4,1	0,37	8,1	1,19		
4,2	0,38	8,2	1,21		
4,3	0,4	8,3	1,23		
4,4	0,42	8,4	1,26		
4,5	0,43	8,5	1,28		
4,6	0,45	8,6	1,31		
4,7	0,47	8,7	1,34		
4,8	0,48	8,8	1,36		
4,9	0,5	8,9	1,38		
5,0	0,52	8,9	1,4		

Anexo 29. LECTURA CAUDALES. CANALETA WSC 5.

Nivel (cm)	Caudal (L/s)	Nivel (cm)	Caudal (L/s)	Nivel (cm)	Caudal (L/s)
0,4	0,01	4,9	0,47	8,9	1,16
0,6	0,02	5,0	0,49	9,0	1,18
0,8	0,03	5,1	0,5	9,1	1,2
1,0	0,04	5,2	0,52	9,2	1,22
1,1	0,05	5,3	0,53	9,3	1,24
1,3	0,06	5,4	0,55	9,4	1,27
1,4	0,07	5,5	0,56	9,5	1,29
1,5	0,08	5,6	0,58	9,6	1,31
1,7	0,09	5,7	0,59	9,7	1,33
1,8	0,1	5,8	0,61	9,8	1,35
1,9	0,11	5,9	0,62	9,9	1,37
2,0	0,12	6,0	0,64	10,0	1,39
2,1	0,13	6,1	0,66	10,1	1,41
2,2	0,14	6,2	0,67	10,2	1,43
2,3	0,15	6,3	0,69	10,3	1,45
2,4	0,16	6,4	0,7	10,4	1,47
2,5	0,17	6,4	0,71	10,5	1,49
2,6	0,18	6,5	0,72	10,6	1,52
2,7	0,19	6,6	0,74	10,7	1,54
2,8	0,2	6,7	0,76	10,8	1,56

2,9	0,21	6,8	0,77	10,9	1,58
3,0	0,22	6,9	0,79	11,0	1,6
3,1	0,23	7,0	0,81	11,1	1,63
3,2	0,24	7,1	0,83	11,2	1,65
3,2	0,25	7,2	0,84	11,3	1,67
3,3	0,26	7,3	0,86	11,4	1,69
3,4	0,27	7,4	0,88	11,5	1,72
3,5	0,28	7,5	0,9	11,6	1,74
3,6	0,29	7,6	0,92	11,7	1,76
3,7	0,31	7,7	0,94	11,8	1,78
3,8	0,32	7,8	0,95	11,9	1,81
3,9	0,33	7,9	0,97	12,0	1,83
4,0	0,35	8,0	0,99		
4,1	0,36	8,1	1,01		
4,2	0,37	8,2	1,03		
4,3	0,39	8,3	1,05		
4,4	0,4	8,4	1,07		
4,5	0,41	8,5	1,09		
4,6	0,43	8,6	1,11		
4,7	0,44	8,7	1,13		
4,8	0,46	8,8	1,15		

REPORTE FOTOGRAFICO

1. VISITA RECONOCIMIENTO DE CAMPO, MARZO 7/2009, GRANJA USCO.



Foto 2. Vista canal sin revestir, salida de los lagos hacia los lotes,



Foto 3. Ausencia de estructura de control en la salida de los lagos hacia el canal principal que conduce a los lotes.

2. AFORO DE CANALETAS



Foto 8. Registro de tiempo y toma de altura del agua en canaleta WSC y balde,



a)



b)



c)

Foto 9. Canaleta WSC a) vista lateral, c) parte final con reglilla de medida, c) entrada de agua.



Foto 10. Caneca de 50Lt.



Foto 11. Balde de 10Lt, con regla de medición en cm.



Foto 12. Aguja limnimetrica 2.

3. RECORRIDO LINEA DE ABASTECIMIENTO ACTUAL



Conducción canal 4C,
ASOJUNCAL.



Cajilla 1



Compuerta predial



Cajilla No 2



Cajilla No 3



Cajilla No 6



Cajilla No 4



Cajilla No 7



Cajilla No 5



Cajilla No 7



Cajilla No 8



Cajilla No 10



Cajilla No 8



Cajilla No 11



Cajilla No 9



Cajilla No 12



Cajilla No 13



Erosión en la tubería.



Raíces abrazando la tubería.



Erosión en los soportes de amarre de la tubería



Guácimo sobre la tubería de conducción.



Desviación en la tubería.



Entrada al cárcamo.



Bomba, interior caseta de bombeo.



Cárcamo, tubería de succión para el bombeo.



Actual caseta de bombeo.

RECORRIDO Y NIVELACIÓN NUEVA ALTERNATIVA DE ABASTECIMIENTO



Punto para compuerta en la nueva alternativa de abastecimiento.



Derivación del canal lateral 4 OPIA al canal 4C.



Canal lateral 4 OPIA y carretera veredal.



Toma de lectura.



Observación por el nivel de precisión.



Cadenero, abcisado y trazado (margen derecha vía a la Granja).

PLANOS