



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRICOLA
PROYECTO DE GRADO



**AMPLIACION DEL LAGO PRINCIPAL Y DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO
POR ASPERSION Y SUPERFICIE EN LA HACIENDA LA PRADERA DEL FODO
GANADERO DEL HUILA S.A. PARA PLANTACIÓN DE PASTURAS.**

JHON EDER OROZCO NARVAEZ

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA AGRÍCOLA
NEIVA – HUILA
2011**



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRICOLA
PROYECTO DE GRADO



**AMPLIACION DEL LAGO PRINCIPAL Y DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO
POR ASPERSION Y SUPERFICIE EN LA HACIENDA LA PRADERA DEL FODO
GANADERO DEL HUILA S.A. PARA PLANTACIÓN DE PASTURAS.**

JHON EDER OROZCO NARVAEZ

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Agrícola.**

**Director:
Ing. JAIME IZQUIERDO BAUTISTA**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA AGRÍCOLA
NEIVA – HUILA
2011**

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, Enero de 2011

DEDICATORIA

Este proyecto y sus frutos están dedicados en general a todas aquellas personas que de una manera u otra aportaron en mi formación personal y profesional durante el recorrido en la universidad, pero especialmente:

A mis padres Nubia Narvárez y Orlando Orozco, por su apoyo incondicional, su esfuerzo y gran amor que me han brindado durante toda mi vida.

A mis hermanos Laura Marcela y Alex Orlando, porque me han acompañado en todos los momentos buenos.

A Sandra Julieth Claros, por ser mí guía, mi apoyo y por estar conmigo en las buenas y malas.

A mi familia, ya que sin la presencia de ellos no hubiera aprendido muchas cosas que de verdad son importantes para el desempeño en la vida.

JHON EDER

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE TABLAS.....	10
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	15
2. OBJETIVOS.	16
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.	16
3. MARCO CONCEPTUAL	17
3.1 Definición de riego.....	17
3.2 Riego por superficie.....	17
3.2.1 Riego por surcos.	18
3.3 RIEGO POR ASPERSION.	19
3.3.1 Definición.....	19
3.3.2 Ventajas y desventajas.....	20
3.3.3 Caracterización y clasificación.....	21
3.3.4 Componentes de un equipo de riego por aspersión.	23
3.3.5 Definición del ETP y Kc.	25
3.3.6 Grado y volumen de aplicación.....	25
3.3.7 Lamina de riego.....	25
3.3.8 Lámina neta de riego.	25
3.3.9 Frecuencia de riego.	26
3.3.10 Periodo de riego.	26
3.3.11 Balance hídrico.....	26
3.3.12 Requerimiento hídrico de las plantas.....	27
3.3.13 Transpiración vegetal.	27
3.3.14 Coeficiente de uniformidad.	27
4. DESCRIPCION DEL PROYECTO.	29
4.1 Generalidades.	29

4.2 Localización del proyecto.	30
4.3 Área de influencia.	31
5. METODOLOGIA.	32
5.1 Visita de campo.	32
5.2 Recopilación de información.	32
5.2.1 Pastos.	32
5.2.2 Suelos.	33
5.2.3 Climatología.	34
5.2.4 Calculo del requerimiento hídrico,	34
5.2.5 Diseño de los sistemas de riego.	34
5.3 Levantamiento topográfico.	37
6. RESULTADOS	39
6.1 Ampliación del lago principal	39
6.1.1 Excavación.	41
6.2 Diseño de los sistemas de riego por aspersión.	42
6.2.1 Caracterización de los análisis de suelos.	43
6.2.2 Calculo de Requerimiento Hídrico teórico o necesidad de agua para pastos (Riego por aspersión).	43
6.2.2.1 Datos generales para el cálculo de requerimiento hídrico.	43
6.2.2.2 Calculo de la Evapotranspiración (EVT) mm/día y uso consumo (UC) mm/día.	44
6.2.2.3 Calculo de la lámina neta (LN) o cantidad de agua a aplicar.	44
6.2.2.4 Calculo de la lámina bruta LB.	45
6.2.2.5 Frecuencia de riego (FR).	45
6.2.2.6 Tiempo de riego por unidad de riego (TRur):	45
6.2.2.7 Posiciones de riego por turno.	46
6.2.2.8 Turnos de riego.	46
6.2.2.9 Turnos de riego por Día.	47
6.2.2.11 Determinación del caudal de mínima presión.	47
6.2.3 Selección unidad de riego.	50
6.2.3.1 Características de la unidad de riego.	50
6.2.4 Levantamiento topográfico.	51
6.2.5 Trazado de los sistemas de riego por aspersión.	51

6.2.6 Cálculos hidráulicos.....	52
6.2.7 Calculo de pérdidas en el lateral crítico del sistema de riego.	53
6.2.7.1 Muestra de cálculo.....	53
6.2.8 selección de la unidad de bombeo.	57
6.2.9 Unidad de filtrado.....	59
6.2.10 Programación de riego.	59
6.2.11 Manejo de válvulas para la operación del sistema.	59
6.2.12 Costo total del proyecto.	61
6.3 Diseño sistemas de riego por surcos.....	62
6.3.1 Caracterización de los suelos.	62
6.3.2 Parámetros de diseño.....	62
6.3.3 Requerimiento hídrico para sistemas de riego por superficie utilizando surcos.	66
6.3.3.1 Perímetro.	66
6.3.3.2 Infiltración acumulada ajustada.	67
6.3.3.3 Lamina neta.	67
6.3.3.4 Tiempo 1 (t1). Tiempo que demora en llegar al final del surco.	67
6.3.3.5 Tiempo 2 (t2). Tiempo que demora en absorber la lámina neta.	67
6.3.3.6 Tiempo de avance (tav).	68
6.3.3.7 Tiempo de contacto (tc).	68
6.3.3.8 Lamina de infiltración (dl).....	68
6.3.3.9 Lamina bruta (Lb).	68
6.3.3.11 Lamina por percolación (Lp).	68
6.3.3.12. Perdidas por percolación (%).....	69
6.3.3.12 Lamina por escorrentía (Ls).....	69
6.3.3.13 Perdidas por escorrentía (%).	69
6.3.3.14 Eficiencia de riego.	69
6.3.3.15 Frecuencia de riego.	69
6.3.4 Características para el trazado y diseño de surcos.	71
6.3.5 Estructuras hidráulicas de control.....	72
6.3.5.1 Aforador Parshall.	72
CONCLUSIONES.....	75
RECOMENDACIONES.....	76

BIBLIOGRAFIA.....	77
ANEXOS.....	79

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. RIEGO SUPERFICIAL POR SURCOS.	19
FIGURA2.RIEGO POR ASPERSIÓN (SISTEMA PIVOT).	22
FIGURA 3. CARACTERIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN.	23
FIGURA 4. UBICACIÓN GENERAL HACIENDA LA PRADERA	30
FIGURA 5. UBICACIÓN ÁREAS DE INFLUENCIADOS EN LA HACIENDA LA PRADERA.	31
FIGURA 6. DIAGRAMA DE PROCESO DE DISEÑO.	35
FIGURA 7. ESQUEMA DEL ENSAYO	36
FIGURA 8. IMPLEMENTOS DE TOPOGRAFIA.	39
FIGURA 9. RESULTADO OBTENIDO EN SOFTWARE TOPOCAL.	40
FIGURA 10. DIBUJO DE PLANO EN AUTOCAD 2007.	40
FIGURA 11. INICIO DE LA EXCAVACIÓN Y EXTRACCIÓN DE SEDIMENTOS.	41
FIGURA 12. GRAFICO PORCENTUAL DE DISTRIBUCIÓN DE SISTEMAS DE RIEGO.	42
FIGURA 13. CURVA DEL EMISOR.	50
FIGURA 14. DISTRIBUCIÓN DE LOS EMISORES.	51
FIGURA 15. DISEÑO HIDRAULICO PARA RIEGO POR ASPERSION MANGAS.	52
FIGURA 16. PRUEBA DE INFILTRACIÓN CON ANILLO INFILTRÓMETRO.	63
FIGURA 17. GRÁFICO DE CURVA DE INFILTRACIÓN.	64
FIGURA 18. CURVAS DE AVANCE.	65
FIGURA 19. ECUACIONES DE AVANCE.	65
FIGURA 20. VALORES DE P PARA ECUACIÓN DE AVANCE.	66
FIGURA 21. GRAFICO PERDIDAS VS CAUDAL.	70
FIGURA 22. GRAFICO PÉRDIDAS TOTALES VS LONGITUD.	70
FIGURA 23. DISEÑO TIPO DE SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CANAL DE RIEGO.	71
FIGURA 24. PERFIL DE HUMEDECIMIENTO DEL SUELO.	72
FIGURA 25. CANALETA PARSHALL, TOMADO DE VENITE CHOW.1995.	73

LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1. DISTRIBUCIÓN DE LOS CULTIVOS Y SISTEMAS DE RIEGO.	31
TABLA 2. FICHA TÉCNICA TANZANIA.	32
TABLA 3. FICHA TECNICA TOLEDO.	33
TABLA 4. FICHA TECNICA KING GRASS MORADO.	33
TABLA 5. DISTRIBUCIÓN DE ÁREA SEGÚN TIPO DE RIEGO.	42
TABLA 6. PROPIEDADES FÍSICAS E HIDRODINÁMICAS DE LOS SUELOS.	43
TABLA 7. VALORES RECOMENDADOS DE CU.	48
TABLA 8. CAUDALES Y PRESIONES DE TRABAJO DE LA UNIDAD DE RIEGO.	49
TABLA 9. PÉRDIDAS TOTALES EN TUBERÍA PRINCIPAL.	56
TABLA 10. PERDIDAS EN LATERAL.	57
TABLA 11. PERDIDAS POR ACCESORIOS.	57
TABLA 12. SELECCIÓN DE LA UNIDAD DE BOMBEO.	58
TABLA 13. OPCIONES PARA UNIDAD DE BOMBEO.	58
TABLA 14. PROGRAMACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO.	59
TABLA 15. OPERACIÓN DE LAS VÁLVULAS PARA REALIZAR LOS TURNOS DE RIEGO.	60
TABLA 16. VALORES DE Q, P Y R.	66

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO. 1 ANÁLISIS FÍSICO DE LOS SUELOS.	80
ANEXO. 2 INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA, ESTACIÓN LOS ROSALES CAMPOALEGRE.	85
ANEXO. 3 COEFICIENTE PROMEDIO KC PARA ALGUNOS CULTIVOS.	88
ANEXO. 4 CATALOGO UNIDAD DE RIEGO PARA ASPERSIÓN (PAVCO SERIE 70)	89
ANEXO. 5 SELECCIÓN DE TUBERÍA.	90
ANEXO. 6 DETERMINACIÓN DE ESPACIAMIENTO ENTRE EMISORES. MÉTODO DE LA DIAGONAL.	92
ANEXO. 7 CALCULO HIDRÁULICO SECTORES DE RIEGO.	93
ANEXO. 8 SELECCIÓN DEL FILTRO.	94
ANEXO. 9 PRUEBA DE AVANCE E INFILTRACIÓN EN SURCOS.	100
ANEXO. 10 COEFICIENTE DE MANING.	102
ANEXO. 11 MEDIDAS ESTÁNDAR DE LOS AFORADORES PARSHALL.	103
ANEXO. 12 CARTERAS DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS.	104
ANEXO. 13. PLANOS.	113

RESUMEN

Palabras claves: Lago, Riego, pastos, aspersion, superficie,

Este trabajo se realiza con el fin de implementar sistemas de riego en 13,48 has que serán utilizadas para cultivos de pasto los cuales se manipularan como alimento en la industria ganadera del FONDO GANADERO DEL HUILA S,A en la hacienda La Pradera en el municipio de Rivera, Departamento del Huila, Se utilizaran dos tipos de sistema de riego (aspersion y riego por superficie), debido a los especímenes de pasto que se cultivan, las zonas de la hacienda que son utilizables, la forma en que se suministran a los animales y a la disponibilidad presupuestal de la empresa. Aplicar el uso de los sistemas de riego tecnificados en pasturas se hace debido al déficit de agua en la hacienda para mantener alimento suficiente para los animales en época de verano, por esto muchos terrenos no son utilizables para establecer cultivos que complementen la cantidad necesaria para el gran número de bovinos.

Con el fin de garantizar el suministro de agua para los sistemas de riego, se hará uso del lago principal, debido a que cuenta con la mejor ubicación en cuanto a fuentes hídricas para abastecer gran parte del área de la hacienda. Con un área aproximada de 1,8 has, la capacidad del lago se limita por su profundidad, lo que hace que se realice una ampliación que consiste en remover los residuos vegetales que se han sedimentado a través de los años, y profundizar la zona en la que se encuentra la válvula de salida tratando de que el agua ejerza mayor presión sobre esta y además no se desperdicie quedando empozada, en áreas de poca profundidad.

ABSTRACT

Key words: Lake, Irrigation, pastures, aspersion, surface.

This work is make to implement a irrigation systems in 13,48 has, that will be used for growing pasture that will be manipulated as food in the cattle industry of FONDO GANADERO DEL HUILA SA, in La Pradera farm, in Rivera-Huila, there will be two types of irrigation system (aspersion and irrigation for surface), due to the specimens of pasture that will be cultivated, the farm zones that are usable, the way they are supplied to the animals and the presupuestal availability of the company. To application and the use of the tecnified irrigation systems in pastures will be done due to the water deficit to support enough food for the animals in summer time, for that reason many of this areas are not usable to grow pastures for the hugh amount of animals.

In order to guarantee the water supply for the irrigation systems, we are going to use a principal lake, due to the fact that it is located in the best place, near to the water to supply hugh part of the farm area, With an approximate area of 1,8 has, the lake capacity is limited by it depth, it make an extension that consists in removing the vegetable residues that are settled throught the past of the years, and deepening the zone where the exit valve is located, doing a major water pressure on it, and in addition avoid the water waste, repressing it in areas of little depth.

INTRODUCCIÓN

La producción ganadera en el Huila conlleva el uso de suelos y recurso hídrico, para la obtención de alimento en la proporción necesaria para compensar la demanda ocasionada por la población bovina. En la hacienda La Pradera del FONDO GANADERO DEL HUILA S,A, ubicada en la vereda Rio frio en del municipio de rivera Departamento del Huila e mantiene gran cantidad de ganado, y en la actualidad no se cuenta con la comida suficiente para ocasionar una buena manutención de los animales que en su mayoría son insignia de la ganadería Huilense, Esto hace que se estudie la posibilidad de implementar la siembra de pastos forrajeros y de corte, como primera opción para la alimentación del ganado, Para adelantar labores en el establecimiento del cultivo es necesario definir la forma en que se abastecerá de agua, y por economía y comodidad para el FONDO GANADERO S,A la mejor opción es el riego por superficie, que ya se ha implementado, pero sin tener idea del requerimiento hídrico y las condiciones del suelo, es decir sin tener ningún tipo de diseño tecnificado que brinde una eficiencia de riego aceptable, por esto el desperdicio de agua, además de los daños ocasionados al suelo, El riego por superficie es la principal opción, pero no funciona en todos los tipos de cultivo, ya que en pastos forrajeros como las gramíneas (Toledo, Tanzania), la semilla es pequeña, y el agua la arrastra, perdiendo uniformidad en la distribución sobre el terreno, otro de los factores que hace que el riego por superficie no sea el indicado en estos casos es que el animal come directamente en el terreno en que se encuentra la planta, y el pisoteo dañaría cualquier trazado de riego que se encuentre en la zona, de ahí la necesidad de implementar riego por aspersion en este tipo de cultivo.

El Huila es una región que tiene gran cantidad de afluentes, y es muy común el mal uso de las mismas, por el manejo desmesurado en cultivos como arroz, Por la hacienda La Pradera, pasan dos afluentes de las cuales ninguna tiene la cota necesaria para el riego de las 13,48 hectáreas que hacen parte de los potreros que serán utilizados para establecer praderas, por este motivo se utiliza un lago, que es llenado con un sistema de bombeo que conduce agua desde el rio Magdalena, lo que es muy costoso, y hace aún más necesario la implementación de sistemas de riego que hagan uso racional del recurso hídrico, brinde un porcentaje de eficiencia bueno, evite problemas de encharcamiento y erosión de suelo.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El FONDO GANADERO DEL HUILA S.A. Es una empresa que se especializa en la cría y comercialización de ganado vacuno, además de la venta de pajillas para inseminación artificial, Por esta razón dentro de sus inmuebles cuentan con haciendas destinadas para la ganadería,

La hacienda La Pradera, ubicada en el Km 12 que desde Neiva se dirige al sur del Huila, sobre la vía Nacional, pertenece al FONDO GANADERO DEL HUILA S.A y es utilizada como instalación para albergar rumiantes, Cuenta con un área aproximada de 398 hectáreas, de las cuales tan solo un área de 8 hectáreas están establecidas en praderas que se puedan utilizar de forma apropiada para soportar la producción de pastos que se hace necesaria para alimentar la gran cantidad de bovinos,

Uno de los problemas de la hacienda es que su principal fuente de agua para la zona administrativa y de manejo de animales es un lago que no cuenta con la capacidad para soportar la demanda, El agua para los bebederos, para el lavado de las instalaciones en fin para todas las actividades propias de la hacienda es extraída de esta fuente hídrica produciendo que el nivel de la misma descienda rápidamente y si no hay lluvia la única alternativa para llenarlo es utilizando el bombeo de la hacienda, haciendo dispendioso mantener el suministro de agua en época de verano, produciendo problemas para el mantenimiento de los animales,

Radicar las pasturas hace necesario sistemas de riego que se adapten a cada una de las características de los cultivos además del sistema de producción al que van a ser sometidos, ya que se implementaran pastos forrajeros (Gramíneas) en asociación son leguminosas, y de corte (King grass),

El objetivo es implementar riego por aspersión y superficie, con el fin de establecer las nuevas praderas para complementar la alimentación de los animales en cuanto a cantidad y nutrición, para cada uno de los sistemas de producción ganadera, ya sea levante, leche o ceba, además se hace indispensable aumentar la capacidad de la fuente de agua, para que compense el gasto adicional que demandaran los sistemas de riego, que se instalaran con el propósito de mantener abastecimiento en todas las épocas del año y así evitar disminuciones notorias en el alimento para la ganadería y también evitar el desperdicio de agua,

2. OBJETIVOS.

2.1 OBJETIVO GENERAL.

Aumentar el área en zonas productoras de alimento para ganado en la hacienda La Pradera del FONDO GANADERO DEL HUILA S.A, para compensar la necesidad del mismo en épocas de verano, por medio de la implementación de sistemas de riego como alternativa para habilitar terrenos que no se han utilizado para generar comida.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- ▶ Realizar un levantamiento topográfico de los lotes que se van a utilizar para implementar los sistemas de riego y del lago principal para determinar la forma en que se realizara su ampliación.
- ▶ Investigar acerca de los sistemas de producción ganadera y de los métodos de suministro de alimento.
- ▶ Realizar un estudio de las plantas que se van a cultivar para determinar sus características en cuanto a requerimiento hídrico.
- ▶ Cuantificar la cantidad adicional de alimento que se generara haciendo uso de los lotes que implementaran los sistemas de riego.
- ▶ Evaluar y analizar los planos de la hacienda, con el fin de establecer la mejor alternativa para el trazado de la línea de conducción del recurso hídrico.

3. MARCO CONCEPTUAL

Tratar de reducir la pérdida de agua utilizada para riego es una labor que hace que se cree la necesidad de perfeccionar día tras día las técnicas utilizadas para regar, exigiendo cada vez más precisión en los diseños.

3.1 Definición de riego.

El riego se define como la aplicación artificial de agua al terreno con el fin de suministrar a las especies vegetales la humedad necesaria para su desarrollo¹.

Según Gurovich², el riego es la aplicación oportuna y uniforme de agua a un perfil del suelo para reponer en este el agua consumida por los cultivos entre dos riegos consecutivos; se advierte que no se riega la superficie del suelo, sino que se está regando el perfil en profundidad: es dentro del perfil del suelo donde se encuentran las raíces de la planta, órganos encargados de absorber el agua que necesitan estas para el desarrollo de sus funciones vitales, especialmente la transpiración.

3.2 Riego por superficie.

El sistema de riego por superficie es el más conocido a nivel mundial, debido a su tradición, fácil establecimiento y bajos costos de instalación y mantenimiento. Este sistema de riego en un principio no crea problemas para agricultores con experiencia, pero puede producir pérdidas de abonos por lavados y arrastre, además de erosión si no se sabe dosificar el agua.

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 o lote 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 parcela³.

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. Para distribuir el

¹ ORSON W., Israelsen. Principios y aplicaciones del riego. 1975. p. 10.

² LUIS A., Gurovich. Fundamentos y diseño de sistemas de riego. San José, Costa Rica 1985. p. 14

³ http://www.elriego.com/informa_te/riego_agricola/fundamentos_riego/riego_superficie.htm Consultado el 8 de agosto de 2010

agua adecuadamente es muy frecuente disponer de surcos o caballones que favorezcan la circulación o escurrimiento del agua sobre el suelo, a lo que también contribuye la pendiente que suelen tener las parcelas de riego en la dirección de escurrimiento del agua, aun cuando existen parcelas a nivel en las que la pendiente es cero.

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 del sistema de riego.

Dada la gran variedad de sistemas diferentes dentro de la aplicación del agua por gravedad, el riego por superficie puede aplicarse casi a la totalidad de los cultivos, tanto anuales como leñosos, sembrados en línea (maíz, algodón, etc.), en marco amplio (árboles) u ocupando la totalidad del terreno (alfalfa por ejemplo)

El riego por superficie se puede aplicar:

- Inundación: Se inunda completamente la superficie del terreno creando piscinas, en donde la pendiente del suelo suele ser igual a cero, El agua tiene un movimiento descendente total, Solo es aconsejable en cultivos muy específicos (arroz).
- Calles: El agua tiene un movimiento descendente y lateral, Se reducen las pérdidas y arrastres de los abonos,
- Surcos: El agua tiene un movimiento descendente y lateral hacia los lomos⁴.

3.2.1 Riego por surcos.

En el riego por surcos el agua se mueve por gravitación, es decir el agua se desliza siguiendo la pendiente y no requiere de energía extra para darle movimiento, La calidad del riego depende en un principio de la sistematización del terreno y por eso es muy importante realizar un buen levantamiento planialtimétrico del lote a regar y un correcto diseño de los surcos especialmente en orientación y en longitud⁵.

Un sistema de riego por surcos está compuesto básicamente por: un canal o tubo de conducción (manguera de polietileno, tubo de PVC o de aluminio) que se ubica en la cabecera de los surcos, y boquillas, válvulas o ventanas para verter el agua en los surcos, Si es el caso se hace uso de una persona que abra paso al agua en los canales o surcos que se deben utilizar dependiendo lo establecido en los sectores y tiempos de riego.

⁴ http://www.elriego.com/informa_te/riego_agricola/fundamentos_riego/riego_superficie.htm Consultado el 8 de agosto de 2010

⁵ http://www.agrobit.com/Info_tecnica/agricultura/Riego/AG_000009ri.htm Consultado el 8 de agosto del 2010



Figura 1. Riego superficial por surcos⁶.

3.3 RIEGO POR ASPERSION.

3.3.1 Definición.

Según Cifuentes (1998): Es un sistema de riego a presión por medio del cual se aplica el agua sobre una superficie del suelo con un cultivo, en una forma de lluvia artificial, Generalmente, la presión se obtiene por bombeo o por gravedad⁷.

Por medio de este sistema se controlan las condiciones de humedad, fertilidad y adecuación del terreno, Este método hace que el agua se pulverice en el aire y caiga dividida finalmente sobre el terreno de una manera uniforme, Este efecto es conseguido gracias a la presión que fluye en el agua dentro de un sistema de tuberías y es expulsada al exterior a través de las boquillas de un aspersor⁸.

De acuerdo a Gurovich el riego por aspersión debido a su flexibilidad de uso y el eficiente control de la aplicación del agua, permite el riego de una amplia gama de suelos que no pueden ser regados adecuada y eficientemente con métodos de riegos superficiales, El sistema es utilizado como alternativa en zonas donde las condiciones topográficas y de suelo dificultan la aplicación de sistema de riego por superficie⁹

⁶ http://abest.secyt.gov.ar/SECYT/spanish/ina/ina_07e.htm. Consultado el 25 de octubre de 2010

⁷ Tesis: SALASAR BARRAGAN ROYER RICARDO. DISEÑO, CONSTRUCCION Y EVALUACION DEL RIEGO POR ASPERSION EN SEMILLEROS DE TABACO EN LOS MUNICIPIOS DE RIVERA, CAMPOALEGRE Y GARZON DPTO DEL HUILA. 2008. CIFUENTES, Op. Cit, p. 26

⁸ JARAMILLO B. JAVIER. Ingeniero agrícola .CURSO: RIEGOS Y DERNAJE.. Palmira 2008. Pág. 127

⁹ GUROVICH, Op. Cit., p. 15.

3.3.2 Ventajas y desventajas.

Ventajas:

- No requiere labores de nivelación, no es necesario el movimiento de tierras, Por eso es recomendable en suelos con pendientes fuerte y erodables.
- Dosifica y reparte con regularidad el agua, se tiene un menor gasto de esta y mejor índice de eficacia, Además el agua es oxigenada al ser esparcida sobre el terreno permitiendo utilizar aguas acidas y residuales.
- Aplicable en cultivos que poseen sistema radicular superficial¹⁰.
- El adecuado diseño y uso de un sistema de riego por aspersión, disminuye la escorrentía superficial y con ello el peligro de erosión del suelo.
- Puede usarse apropiadamente en suelos con cualquier textura (desde suelos arenosos hasta bastante arcillosos), Es necesario que el sistema de riego por aspersión utilizado, sea adecuado a las características y condiciones hidrodinámicas del suelo.
- Se puede utilizar para lavar sales del suelo.
- Suelos muy superficiales (capa arable de poco espesor) pueden ser regados óptimamente.
- Pueden regarse suelos con fuertes pendientes (es necesario que el sistema funcione en óptimas condiciones, para evitar problemas de erosión),
- Riego frecuentes y con poca cantidad de agua pueden ser aplicados eficientemente.
- Se utiliza con gran éxito en la germinación de cultivos que posteriormente se riegan por superficie.
- Se puede utilizar el sistema para aplicar fertilizantes (fertirrigación).
- Permite obtener altas eficiencias en el uso del agua, Por ello es preciso evaluar periódicamente las condiciones de distribución y aplicación del sistema.
- En algunos casos hay economía de mano de obra (equipos fijos de gran radio o área de acción).
- Facilita el control de heladas¹¹.

Desventajas:

- Elevado costo de instalación en especial cuando se toma un equipo de buena calidad.

¹⁰ JARAMILLO B. JAVIER. Ingeniero agrícola .CURSO: RIEGOS Y DERNAJE.. Palmira 2008. Pág. 128

¹¹ Tesis: SALASAR BARRAGAN ROYER RICARDO. DISEÑO, CONSTRUCCION Y EVALUACION DEL RIEGO POR ASPERSION EN SEMILLEROS DE TABACO EN LOS MUNICIPIOS DE RIVERA, CAMPOALEGRE Y GARZON DPTO DEL HUILA. 2008

- El viento puede distorsionar por completo la distribución del agua en el suelo,
- Algunas veces se pueden crear condiciones favorables para el desarrollo de patógenos.
- El tamaño de las gotas puede causar pérdidas de semillas, si el sistema no es calibrado correctamente.
- Los gastos de funcionamiento son altos al igual que los de energía.
- En cultivos con tallos altos se requieren aspersores altos siendo estos difíciles de conseguir.
- Cuando se emplea agua con una composición química desfavorable se puede producir corrosión en las partes metálicas de los aspersores y accesorios de este material.
- Se pueden presentar averías en los empalmes de las conducciones, desperdiciándose el agua¹².

3.3.3 Caracterización y clasificación.

Los sistemas de riego por aspersión se pueden clasificar de la siguiente manera:

Equipos estacionarios: que son aquellos que una vez puestos en funcionamiento se mantienen en el mismo sitio.

- Portátiles: tanto el equipo de bombeo como las tuberías de distribución y los ramales laterales en los que se instalan los aspersores son todos trasladables.
- Semiportátiles: el equipo de bombeo es fijo mientras que las tuberías de distribución y los ramales laterales con sus aspersores son trasladables.
- Semifijos: el equipo de bombeo y las tuberías de distribución permanecen fijos, mientras que los ramales laterales con sus aspersores son trasladables.
- Fijo: además de ser fijos el equipo de bombeo y las tuberías de distribución también los ramales laterales permanecen inmóviles en el terreno durante el periodo de riego, así los únicos elementos que se trasladan de una posición a otra son los aspersores. Las tuberías principales van enterradas, mientras que las tuberías secundarias y los ramales laterales pueden estar sobre el terreno o enterradas.
- Cobertura total: además de ser fijos los equipos de bombeo y las tuberías de distribución también los ramales laterales y los aspersores permanecen inmóviles, No es necesario trasladar ningún elemento y en su caso el cambio de posición se efectúa mediante válvulas que al abrir o cerrar accionan o interrumpen el funcionamiento de los aspersores, Es

¹² JARAMILLO B. JAVIER. Ingeniero agrícola .CURSO: RIEGOS Y DERRAJE.. Palmira 2008. Pág. 128

normal que los ramales que actúan simultáneamente estén agrupados en bloques¹³.

Equipos de desplazamiento continuo:

- Cañón móvil: es un aspersor de gran caudal que utiliza hidrantes instalados en la red de tuberías por la cual se distribuye el agua, siendo conectado por periodos de tiempo cortos, para así cambiar su posición en el terreno.
- Pívor: consiste en una serie de aspersores colocados en una estructura que cubre a lo largo o ancho el cultivo, y se mueve constantemente de forma automática.

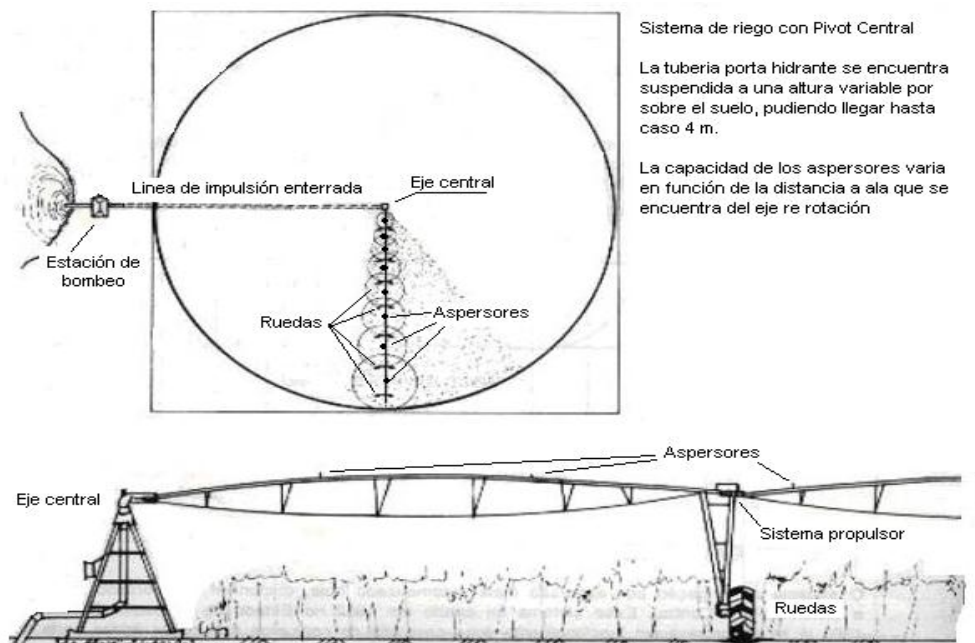


Figura2.Riego por aspersion (SISTEMA PIVOT)¹⁴.

¹³ JARAMILLO B. JAVIER. Ingeniero agrícola .CURSO: RIEGOS Y DERRAJE.. Palmira 2008. Pág. 132

¹⁴ http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ea/Riego_aspersi%C3%B3n_pivot_central.PNG Consulta hecha el 25 de octubre de 2010.

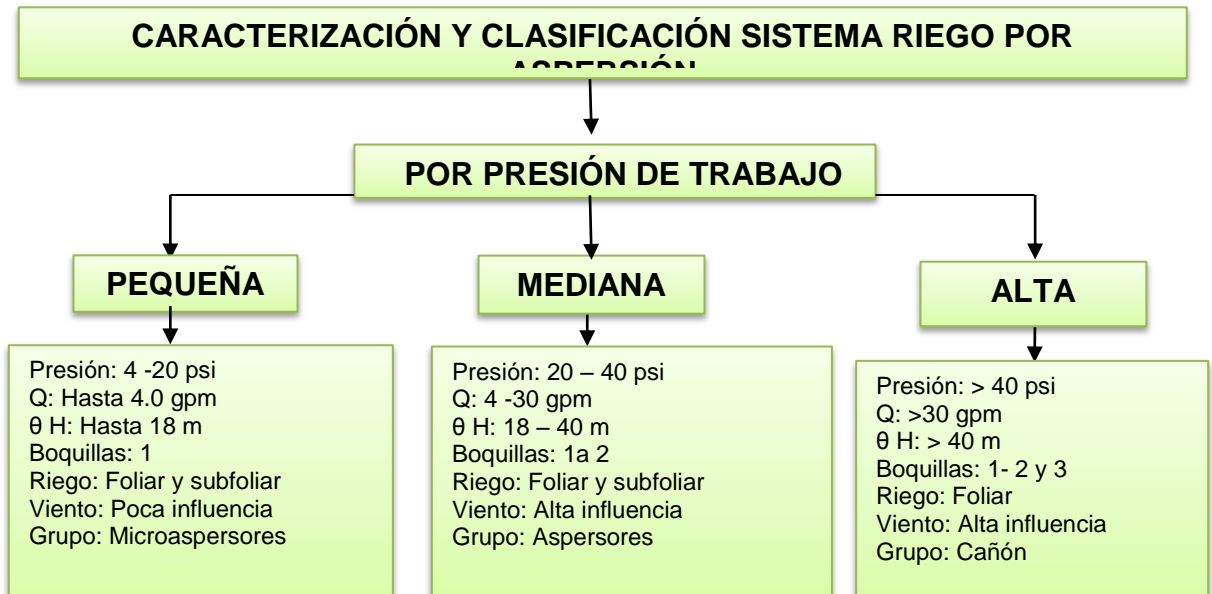


FIGURA 3. Caracterización y clasificación sistema de riego por aspersión¹⁵.

3.3.4 Componentes de un equipo de riego por aspersión.

Un equipo de riego por aspersión tiene cuatro unidades básicas que son:

- a) **Fuente de energía:** Es necesaria una fuente de energía que garantice la presión óptima para que los aspersores alcancen una normal movilidad y distribución del caudal; por otra parte debe cubrir las pérdidas de presión que se presentan por el paso del agua (perdidas por fricción) y las pérdidas por presión que se presentan al paso del agua por los diferentes accesorios, Como fuentes de energía se utilizan las bombas movidas por un motor (motobombas); es posible aprovechar la diferencia de nivel entre la fuente de agua y el área a regar, con el fin de obtener la energía necesaria para operar el sistema¹⁶.
- b) **Tuberías:** por medio de esta se conduce el recurso hídrico hasta los aspersores.

¹⁵ Tesis: SALASAR BARRAGAN ROYER RICARDO. DISEÑO, CONSTRUCCION Y EVALUACION DEL RIEGO POR ASPERSION EN SEMILLEROS DE TABACO EN LOS MUNICIPIOS DE RIVERA, CAMPOALEGRE Y GARZON DPTO DEL HUILA. 2008

¹⁶ Tesis: SALASAR BARRAGAN ROYER RICARDO. DISEÑO, CONSTRUCCION Y EVALUACION DEL RIEGO POR ASPERSION EN SEMILLEROS DE TABACO EN LOS MUNICIPIOS DE RIVERA, CAMPOALEGRE Y GARZON DPTO DEL HUILA 2008.

- c) **Aspersores:** Un aspersor, es un dispositivo mecánico que en la mayoría de los casos transforma un flujo líquido presurizado en rocío, asperjándolo para fines de riego¹⁷.

Los factores físicos condicionantes de la capacidad o las características de un aspersor son:

- El caudal de un aspersor va estar determinado por el diámetro de las boquillas y la presión de funcionamiento.
- El alcance de un aspersor que determina el radio húmedo, depende del ángulo de inclinación del aboquilla y de la presión de funcionamiento. El valor máximo del radio de húmedo, se obtiene con un ángulo de inclinación de 45°, el cual debe ser seleccionado si el viento no es importante, Sin embargo bajo condiciones de viento, deben seleccionarse aspersores de bajo ángulo, siendo los más recomendados aquellos aspersores con ángulos de ataque entre 25° y 27°.
- Pulverización: Este parámetro depende del diámetro de la boquilla y de la presión de funcionamiento, Para un determinado diámetro de boquilla, el tamaño de las gotas es mayor cuando la presión de funcionamiento, el tamaño de las gotas es mayor al aumentar el diámetro de la boquilla.
- Pluviometría: expresa la intensidad del riego por aspersión y se mide por la altura de la lámina de agua recibida en el terreno en un tiempo determinado, normalmente se expresa en mm/h, como criterio de diseño la pluviometría de un aspersor debería ser igual o ligeramente inferior a la infiltración básica del suelo para evitar el escurrimiento.

Los aspersores limitan su eficiencia por errores en la separación entre ellos, por errores en el cálculo de la lámina de riego, las depresiones topográficas a salvar entre ellos y la fuerza del viento que, para un sistema presurizado a 90 libras por pulgada cuadrada, pierde eficiencia a una velocidad de viento de 15 km/h siendo el sistema de aspersión ineficiente por completo a los 30 km/h de velocidad del viento¹⁸.

- d) **Accesorios:** Es el conjunto de piezas moldeadas o mecanizadas que unidas a los tubos mediante un procedimiento determinado forman las líneas estructurales de tuberías de una planta de proceso¹⁹.

¹⁷ <http://es.wikipedia.org/wiki/Aspersor>. Consultado el día 15 de agosto del 2010

¹⁸ http://es.wikipedia.org/wiki/Aspersor#Factores_f.C3.ADsicos_condicionantes_de_la_capacidad_C3.B3_las_caracter.C3.ADsticas_de_un_aspersor. Consultado el 18 de agosto del 2010

¹⁹ <http://www.arqhys.com/tuberias-accesorios.html>. Consultado el día 15 de agosto del 2010

3.3.5 Definición del ETP y Kc.

La evapotranspiración potencial ETP, es un valor que indica el consumo de agua de un cultivo referencial (pasto cultivado) está en función de los factores climáticos incluyendo (en orden de importancia) insolación, temperatura promedio diaria, humedad relativa, viento, y se expresa en milímetros por día (mm/día).

Con los coeficientes de cultivo (Kc) se puede determinar los requerimientos de agua de un cultivo en cada etapa de su ciclo vegetativo, el Kc es un factor que corrige la evapotranspiración potencial para un cultivo, tomando en cuenta características específicas del cultivo y las etapas de su ciclo vegetativo²⁰.

Para diseñar un sistema de riego normalmente se toma la fase de desarrollo del cultivo con el requerimiento más alto, a fin de estar seguro que el cultivo no carezca de agua. Sin embargo, en la práctica campesina, en situaciones con limitada disponibilidad de agua, y además condiciones sub óptimas del desarrollo de los cultivos por otros factores (fertilidad del suelo, calidad de semillas, condiciones fitosanitarias), conviene disminuir ligeramente los niveles de requerimiento hídrico calculados con las tablas de FAO. Para ello, podemos tomar como referencia el requerimiento promedio de los cultivos sobre su ciclo vegetativo para estimar el consumo de agua en las parcelas²¹.

3.3.6 Grado y volumen de aplicación.

El grado de aplicación es la velocidad con que se aplica el agua por el aspersor; lo determinan, el tipo de suelo, la cubierta que forma el cultivo y la pendiente del terreno, debe ser tal que no produzca ni encharcamientos ni escurrimientos.

El volumen de aplicación del agua en cada riego está determinado por la capacidad de retención del suelo en las zonas ocupadas por las raíces efectivas del cultivo que se considera.

3.3.7 Lamina de riego.

Es el volumen de agua en mm a aplicar por ciclo de riego, La lámina de riego dependerá no solo de las características físicas del suelo y de la profundidad de las raíces, como en los sistemas tradicionales; sino también el porcentaje de suelo humedecido y del nivel de agotamiento (**NA**) permitido en el porcentaje del agua aprovechable para que la planta no se resista.

3.3.8 Lámina neta de riego.

La lámina neta de aplicación de agua es la cantidad de agua que debe ser aplicada durante el riego con el fin de cubrir el agua que ha utilizado el cultivo

²⁰ Aten Michiel y Willet Has. DISEÑO DE PEQUEÑOS SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSION EN LADERA. Cajamarca abril del 2000. Pág. 22.

²¹ Aten Michiel y Willet Has. DISEÑO DE PEQUEÑOS SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSION EN LADERA. Cajamarca abril del 2000. Pág. 22.

durante la evapotranspiración. Para calcular la lámina neta de aplicación de agua, se requiere conocer los siguientes datos:

1. La humedad disponible del suelo. (CC - PMP)
2. El agotamiento de la humedad disponible del suelo.
3. La profundidad radical efectiva del cultivo.

Se deben realizar ciertas pruebas para determinar la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente del suelo, en ausencia del equipo y el tiempo para realizar estas pruebas, es posible utilizar estudios previos para el cultivo y tipo de suelo, preferiblemente realizados en la misma zona, una vez que se sepa la textura del suelo, sin embargo los datos publicados sobre humedad disponible de diferentes tipos de suelo, no siempre coinciden. En la siguiente tabla se presentan los datos de dos fuentes diferentes²².

3.3.9 Frecuencia de riego.

El tiempo que transcurre entre una y otra aplicación de riego, es denominada frecuencia de riego, Está determinada por los factores ambientales, propiedad de suelo y área que se debe regar, ya que según esto el lapso de tiempo para regar y mantener el nivel hídrico adecuado puede ser prolongado o corto.

3.3.10 Periodo de riego.

Es el número de días necesarios para la aplicación de un riego en un área determinada durante el periodo de máximo consumo.

3.3.11 Balance hídrico.

El balance hídrico se establece para un lugar y un período dados, por comparación entre los aportes y las pérdidas de agua en ese lugar y para ese período. Se tienen también en cuenta la constitución de reservas y las extracciones ulteriores sobre esas reservas, las aportaciones de agua se efectúan gracias a las precipitaciones. Las pérdidas se deben esencialmente a la combinación de la evaporación y la transpiración de las plantas, lo cual se designa bajo el término evapotranspiración. Las dos magnitudes se evalúan en cantidad de agua por unidad de superficie, pero se traducen generalmente en alturas de agua; la unidad más utilizada es el milímetro, Al ser estas dos magnitudes físicamente homogéneas, se las puede comparar calculando, ya sea su diferencia (precipitaciones menos evaporación), ya sea su relación (precipitaciones sobre

²² <http://knol.google.com/k/lamina-neta-ln-de-aplicaci%C3%B3n-de-agua#>. Consultado el 25 de septiembre de 2010.

evaporación). El balance es evidentemente positivo cuando la diferencia es positiva o cuando la relación es superior a uno²³.

3.3.12 Requerimiento hídrico de las plantas.

Por requerimiento hídrico en las plantas se entiende que es la cantidad de agua necesaria para producir una cosecha determinada. Dentro del concepto general así definido es necesario establecer una diferencia entre la capacidad de agua realmente consumida por las plantas, en su mayor parte fuera de control humano, y la cantidad total de agua usada en el terreno, que incluye la primera y que depende mucho de la eficiencia en los métodos de aplicación del agua en el terreno. La primera porción puede denominarse consumo de agua, en tanto que la segunda puede denominarse dotación de riego.

3.3.13 Transpiración vegetal.

A las hojas de la planta llega gran cantidad de agua absorbida por las raíces, pero de la misma, sólo una pequeña parte se utiliza en la fotosíntesis, El resto, pasa al exterior en forma de vapor, proceso conocido como transpiración, Normalmente es muy difícil distinguir la transpiración de la evaporación proveniente del suelo por lo que al fenómeno completo se le denomina “evapotranspiración”, siendo éste un parámetro importante en el diseño de las técnicas de regadío que se utilizarán²⁴,

Su principal función es eliminar en forma de vapor el agua que no es utilizada por las plantas, Además, el agua transpirada permite el enfriamiento de la planta, debido al elevado calor de vaporización del agua (para evaporarse necesita consumir muchas calorías).

3.3.14 Coeficiente de uniformidad.

El coeficiente de uniformidad de riegos se define de acuerdo con la ecuación:

$$CU = \frac{Q_{25}}{Q_m}$$

Dónde: Q_m = caudal medio de todos los emisores de la instalación.

Q_{25} = caudal medio de los emisores que constituyen el 25% de caudal más bajo.

En el diseño de un sistema de riego la uniformidad es una condición impuesta por factores agronómicos, se puede elegir el valor del coeficiente de uniformidad que se desee pero el resto del diseño tiene que ser consecuente y mantener ese valor.

Los factores que interviene en el coeficiente de uniformidad son los siguientes:

²³ <http://www.hypergeo.eu/spip.php?article300>. Consultado el 29 de octubre de 2010.

²⁴ http://es.wikipedia.org/wiki/Transpiraci%C3%B3n_vegetal. Consultado el 29 de octubre de 2010.

- Factores constructivos: Los procesos de fabricación y los materiales utilizados causan diferencias de los caudales finales de los emisores. El efecto de los factores constructivos se engloba en el llamado coeficiente de variación por fabricación.
- Factores hidráulicos: Las pérdidas de energía (cabeza) ocurridas a lo largo de todas las tuberías que conforman un sistema de riego y la topografía del terreno afectan el caudal final de cada emisor.
- Envejecimiento y obturaciones que ocurran a los emisores.
- Diferencias de en los diferentes laterales de riego y de un lateral en sí.

En general, a nivel del diseño del sistema de riego solo se tienen en cuenta los dos primeros factores cuyo efecto debe ser calculado²⁵.

²⁵ Saldarriaga V. Juan G. HIDRAULICA DE TUBERIAS. Mc Graw Hill 1998. Págs. 477,478.

4. DESCRIPCION DEL PROYECTO.

4.1 Generalidades.

El Fondo Ganadero del Huila, creado mediante decreto 193 del 19 de Abril de 1955, siendo gobernador del Departamento el Coronel Gilberto Montoya Gaviria, es una organización que se dedica al fomento, mejoramiento y sostenibilidad del sector agropecuario aplicado a la actividad Ganadera, la preservación y selección de las razas, dentro de su área de acción, contribuyendo al mejoramiento genético de la Ganadería nacional²⁶.

La hacienda La Pradera, perteneciente al Fondo Ganadero del Huila S.A, mantiene en sus predios gran cantidad de ganado, que en su mayoría son animales de razas puras, y que requieren de un cuidado especial en el que se incluye una buena alimentación con el objetivo de que estos no pierdan valor o perezcan.

Dentro de los servicios prestados por la empresa se encuentra el asesoramiento directo a los ganaderos sobre la producción y manejo del ganado acerca de alimentación, pastos y producción forrajera, calidad higiénica de administración y mejora de instalaciones. Para que la empresa pueda ofrecer estos servicios con satisfacción, debe mostrar en sus instalaciones claros ejemplos de lo que se ofrece a los ganaderos.

En busca de mejorar la producción de pastos en la hacienda, y de garantizar una buena vitrina para los clientes que visitan la hacienda, se implementa el cultivo tecnificado de pastos, no solo con el fin de aumentar la cantidad de alimento disponible, si no para mostrar el debido establecimiento de pasturas para ganadería y su uso adecuado.

Mediante este proyecto se habilitaran 13,48 has aproximadamente, de las cuales 6 has 3428,26 m² tendrán aspersion y 7 has 1397,7 m² tendrán riego superficial por surcos, para la producción permanente de pastos de corte King grass morado (*Pennisetum purpureum*, cv king grass), y gramíneas como Tanzania (*Panicum máximum*, cv, Tanzania) y Toledo (*Brachiaria brizantha*, cv Toledo), que estarán asociadas con leucaena (*Leucaena leucocephala*), que cumple su función como banco de proteínas, Se utilizan estos tipos de pasto debido a la forma en que son suministrados a los animales, y a las necesidades nutricionales de los bovinos, El pasto de corte se suministra a los animales que mantienen en establos, y las gramíneas con su asociación son consumidas directamente del sitio en que se encuentran plantadas.

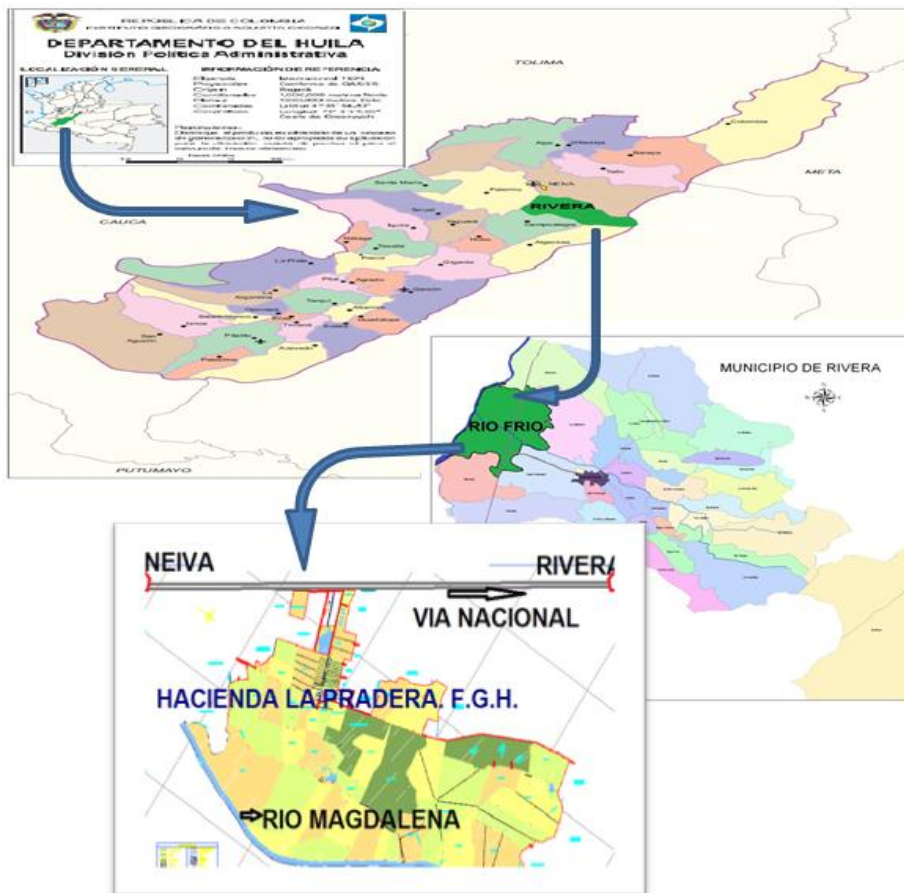
²⁶ <http://fondoganaderodelhuila.com/home.html>. Consultado el día 29 de octubre de 2010.

Adaptándose al presupuesto de la empresa se opta por utilizar sistemas de riego por aspersión solo en los potreros que se ubican en la entrada de la hacienda que a su vez son la vitrina de la misma, Y las demás áreas cultivadas tendrán riego por superficie.

4.2 Localización del proyecto.

El proyecto de riego se realizará en la hacienda La Pradera del Fondo Ganadero del Huila S,A, que se encuentra ubicada en el Km 12 al costado derecho de la vía, que de Neiva conduce al sur del Huila, en la vereda rio frio del municipio de Rivera (Huila) en Colombia, Geográficamente la entrada de la hacienda se encuentra situada en las coordenadas $2^{\circ}49'22,93''$ de Latitud Norte y $75^{\circ}17'37,12''$ de Longitud Oeste a una elevación de 488 metros sobre el nivel del mar. (Ver. Anexo 13. Plano # 1)

Figura 4. Ubicación general hacienda la pradera



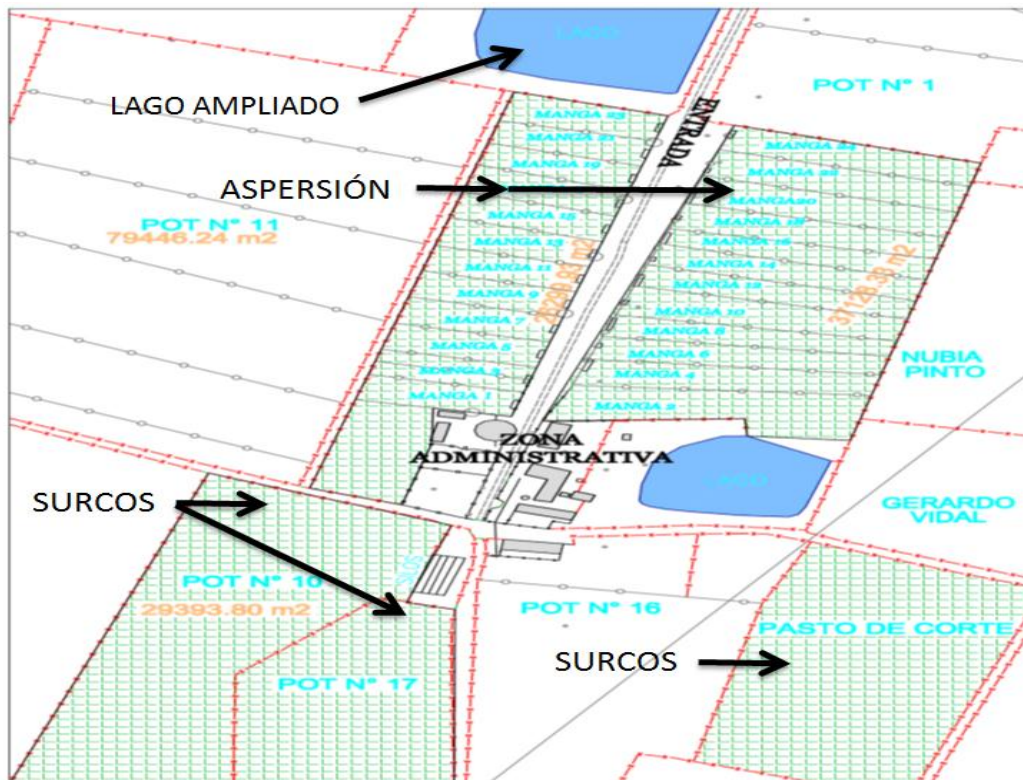
4.3 Área de influencia.

El área que será intervenida por el proyecto se encuentra ubicada en la zona rural del municipio de Rivera (Huila), en la vereda Rio Frio, en donde se encuentra la hacienda La Pradera que tiene un área de 397 Has 4210,25 m², de la cual se tomaran 24 mangas o secciones de potrero, que están dispuestas de esa forma para facilitar el ,mantenimiento del ganado, y que a su vez son la vitrina de la Hacienda, aparte de esta área se toman 3 potreros creando así la siguiente distribución:

Tabla 1. Distribución de los cultivos y sistemas de riego.

CULTIVO	NOMBRE DE POTRERO	AREA	TIPO DE RIEGO.
King grass morado	PASTO DE CORTE	2 hectáreas 1261,5 m ²	Surcos.
Tanzania y Toledo	MANGAS 1-24	6 has 3428,26 m ²	Aspersión
Tanzania, Toledo y Leucaena	POTRERO 10,	2 has 9393,80 m ²	Surcos
Tanzania y Toledo	POTRERO 17	1 ha 7424,71 m ²	Surcos,

Figura 5. Ubicación áreas de influenciados en la hacienda la pradera.



5. METODOLOGIA.

5.1 Visita de campo.

Para observar las características del terreno, el estado de los sistemas de riego existentes, ubicar las fuentes hídricas y crear así una perspectiva del trabajo a realizar en la hacienda, se realizó un recorrido en compañía de la gerente encargada de la empresa CECILIA VARGAS MENDEZ y el director de producción ganadera DIEGO ORLANDO GRISALES, debido a la experiencia y el conocimiento que ellos tienen en cuanto a las necesidades de la Hacienda relacionadas con la distribución del recurso hídrico.

Durante la visita, se transita por todos los potreros de la hacienda y se hace una estimación de las zonas que pueden ser aprovechadas con facilidad, además de la necesidad de hacer mantenimiento y ampliar el lago principal.

5.2 Recopilación de información.

5.2.1 Pastos.

Para obtener información acerca de las características de los pastos, se aprovechó la asesoría realizada a la hacienda por parte de Agrosemillas del Huila, esta asesoría suministrada por el señor RENÉ ALBERTO VILLAMIZAR, proporciono información, acerca de las densidades de siembra, características apropiadas de los suelos, y relación entre área cultivada y cantidad de materia seca obtenida.

Tabla 2. Ficha técnica Tanzania.

	Tanzania (<i>Panicum máximo</i>)
	Crecimiento: Cespitoso en matojos
	Adaptación: O- 1.600 m.s.n.m Se desarrolla en suelos de alta fertilidad Buena tolerancia a la sequía No soporta encharcamiento Tolerante al ataque del MION
	Densidad de siembra: 8-10 Kg/Ha
	Calidad nutricional: Alta Pastorear antes de la floración Producción de forraje alto
	Materias seca/ha/año: 25,2 y 33,2 ton,

Tabla 3. FICHA TECNICA TOLEDO.

	Brachiaria brizantha Toledo victoria MG5.
	Crecimiento: Macolla, semierecto
	Adaptación: O- 1.800 m.s.n.m Soporta condiciones de media/alta fertilidad Muy buena tolerancia a la sequía Soporta suelos mal drenados Tolerante al ataque del MION
	Densidad de siembra: 5 -8 Kg/Ha
	Calidad nutricional: Alta
	Materias seca/ha/año: 26 ton,

Tabla 4. FICHA TECNICA KING GRASS MORADO.

	Pennisetum purpureum, cv King grass
	Crecimiento: caña.
	Adaptación: 1000- 1.500 m.s.n.m
	Densidad de siembra: 400 Kg/Ha
	Calidad nutricional: Alta
	Materias seca/ha/año: 69.94 ton,

5.2.2 Suelos.

Para caracterizar los suelos de la hacienda se tomó como referencia estudios realizados por los laboratorios AGRILAB (Servicios ambientales y agrícolas) de la ciudad de Bogotá, y los análisis de suelos realizados por CLONNR (Laboratorios de Suelos y plantas), ambos realizados en el año 2008, teniendo en cuenta que se realizaron con objetivo de establecer cultivos de pasturas. Los análisis físicos para determinar capacidad e campo y punto de marchites permanente se realizaron el laboratorio de Suelos de la Universidad Surcolombiana. (Ver ANEXO 1.)

5.2.3 Climatología.

Se obtuvieron datos climatológicos por medio del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), estación los Rosales, ubicada en el municipio de Campoalegre, en series de 21 años (1989-2009), ya que esta es la única de la zona que brinda esta información. Los parámetros climáticos que inciden en el proceso de evapotranspiración, tales como evaporación mensual, utilizada para el cálculo del consumo diario y la precipitación media mensual para identificar las épocas de lluvia en el área. Aparte se tuvo en cuenta la dirección y velocidad de vientos. (Ver ANEXO 2.)

5.2.4 Calculo del requerimiento hídrico,

El requerimiento hídrico se calcula utilizando la metodología RASPLAS Relación Agua Suelo Planta para riego por aspersion, que utiliza parámetros como:

LN = Lamina Neta

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

CC = Capacidad de Campo (%)

PMP = Punto de Marchitez Permanente (%)

Da = Densidad aparente (gr/cm³)

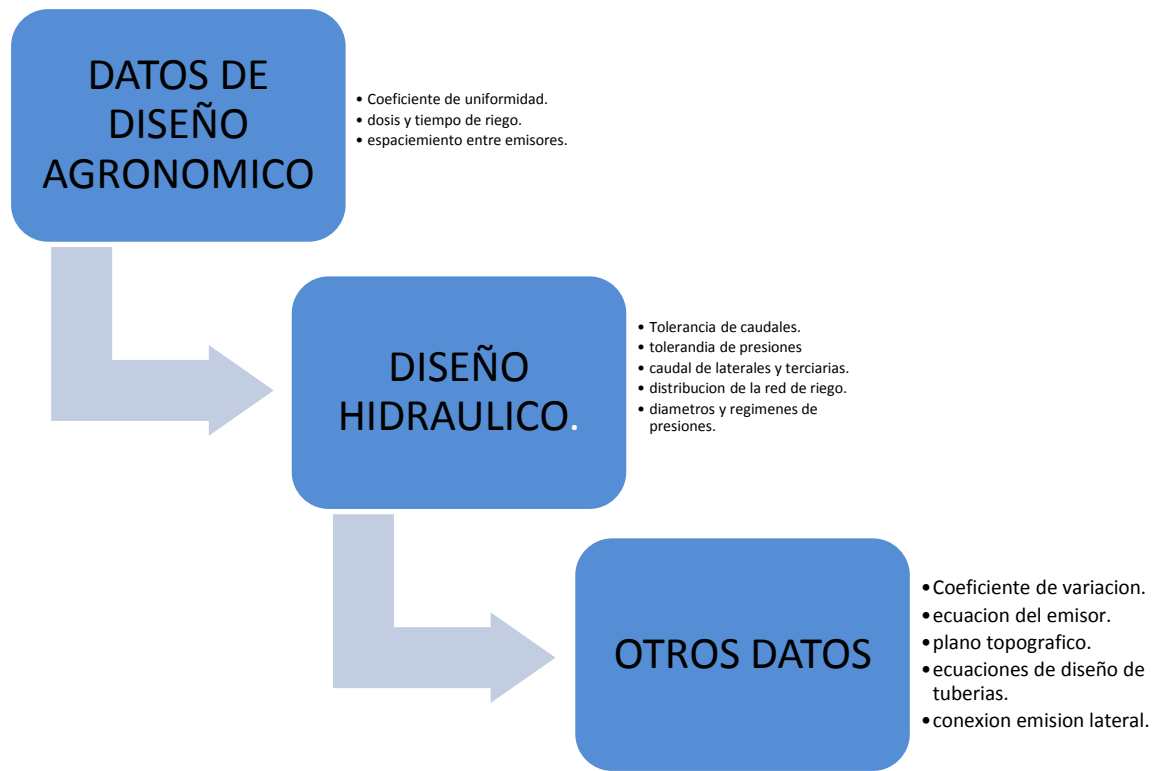
Pre = Profundidad radicular Efectiva del Cultivo, se adopta (75%) de la profundidad total.

Na = Nivel de Agotamiento, hasta donde el cultivador quiere estresar su cultivo; se recomienda que no sea superior al 50%, es decir 0.5.

5.2.5 Diseño de los sistemas de riego.

El diseño del sistema de riego por aspersion se hará teniendo en cuenta lo estipulado por Juan Saldarriaga (1998), donde la secuencia del diseño hidráulico se da de la siguiente manera:

Figura 6. Diagrama de proceso de diseño.



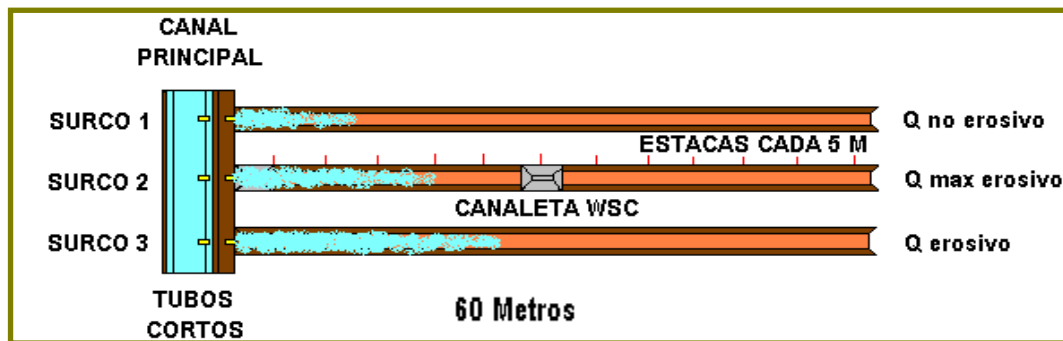
El diseño del sistema de riego por superficie implementando surcos, llevara el siguiente procedimiento para determinar los parámetros de diseño.

- Construcción de tres surcos para ensayos de avances e infiltración.
- Colocación de estacas cada 5 m a lo largo del surco.
- Instalación de dos canaletas aforadoras al inicio y a 30 m en el surco central.
- Estimación del contenido de agua aprovechable (AA) del suelo con el fin de calcular la lámina a aplicar.
- El caudal máximo no erosivo (Q_{max}) se aplica en el surco intermedio. En un surco lateral se aplica un caudal más grande que el Q_{max} calculado, con el fin de apreciar la erosión en el surco. En el tercer surco se aplica un caudal menor que satisfaga la capacidad de infiltración del terreno.
- Registro del tiempo en el momento en que el agua comienza a fluir en cada surco y cuando el frente de avance del agua llegue a cada una de las estaciones señaladas por las estacas.
- Registro periódico del caudal de entrada (Q_e) en cada surco, procurando que sea constante durante el ensayo.

- Inspección periódica de los surcos para establecer el grado de erosión,
- Cuando el frente de avance llegue a la canaleta localizada al final, se lleva un registro de la lámina alcanzada dentro de la canaleta al cabo de 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30 así hasta los 60 minutos.
- A las 48 horas de transcurrido el ensayo se procede a barrenar en seis (6) puntos a lo largo del surco para establecer las profundidades alcanzadas por el agua infiltrada.

Terminado el ensayo en campo de los surcos infiltrómetros se realizan las curvas de avance, de infiltración y se calculan los parámetros de diseño, posteriormente se hará el levantamiento topográfico con curvas a nivel cada 10 metros en campo e interpoladas cada 20 cm en el plano, conociendo las cotas del lote se diseñan los canales principales, secundarios y canales de drenaje; luego se procede a estacar en el lote los canales y las curvas matrices a distancias relativas según la topografía.

FIGURA 7. ESQUEMA DEL ENSAYO



Variables de respuesta.

Para la fase de ensayo en los surcos infiltrómetros se tendrán en cuenta las siguientes variables de respuesta:

- Función de avance.
- Tiempo de avance.
- Tiempo de aplicación de la lámina.
- Caudal óptimo.
- Lamina neta.
- Lamina bruta.
- Frecuencia de riego.
- Función de infiltración.
- Perdidas por percolación.
- Caudal máximo no erosivo.
- Longitud optima del surco.

- Tiempo total de riego.
- Perdidas por escorrentía.
- Nivel de erosión.

Para la fase de cultivo se tendrán en cuenta las siguientes variables de respuesta:

- Porcentaje de disminución de la mano de obra en riego.
- Periodicidad de mantenimiento del sistema.
- Rendimientos del cultivo.
- Calidad de la cosecha.
- Cantidad de agua gastada por cosecha.

Además del tipo de suelo, para determinar la distancia entre surcos se debe considerar el suelo, las recomendaciones de distancia de siembra del cultivo, y la posibilidad de ajustar la máquina sembradora a la distancia que se necesita. Así, por ejemplo, en cultivos de chacarería posiblemente sea la distancia de siembra lo que predomine en la definición de la distancia entre surcos; en cambio, en frutales predominan las características texturales del suelo.

El espaciamiento se puede estimar mediante la siguiente expresión:

$$E = Pr * Cs$$

Dónde:

E = espaciamiento de los surcos. m
 Pr = profundidad radicular del cultivo. m
 Cs = factor que depende del tipo de suelo:
 Cs = 2,5 para suelos arcillosos
 Cs = 1,5 para suelos francos
 Cs = 0,52 para suelos arenosos²⁷

5.3 Levantamiento topográfico.

Se realizan levantamientos topográficos (Altimétrico y planímetro), con estación total NIKON (suministrada por el laboratorio de topografía de la Universidad Surcolombiana), con el fin de obtener precisión en los perfiles del terreno para efectos de cálculo para los sistemas de riego y la ampliación del lago principal. La topografía realizada al lago ayudo para determinar la manera en que sería

²⁷RIVERA TOLEDO JHON FREDY. TECNIFICACION DEL RIEGO SUPERFICIAL MEDIANTE LA IMPLEMENTACION DE SURCOS EN CURVAS A NIVEL PARA EL CULTIVO DE TABACO.INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO U.A.G. rivera. NOV 5 DE 2009.

conveniente la ubicación de desagües y la ampliación del mismo, además de trazar los niveles para tomar las pendientes de tal forma que se dirigieran hacia la válvula de salida.

6. RESULTADOS

6.1 Ampliación del lago principal

La ampliación del lago se inicia haciendo un levantamiento topográfico con estación total NIKON DTM 410, proporcionada por la Universidad Surcolombiana del municipio de Neiva, por medio de la actividad desarrollada como parte de pasantía en el área de ingeniería Agrícola, Esta topografía se realiza con el fin de obtener datos para determinar las zonas del lago que deben ser intervenidas principalmente, con el fin de aumentar su capacidad trabajando en función de su profundidad, mas no ampliando la distancia entre sus orillas.

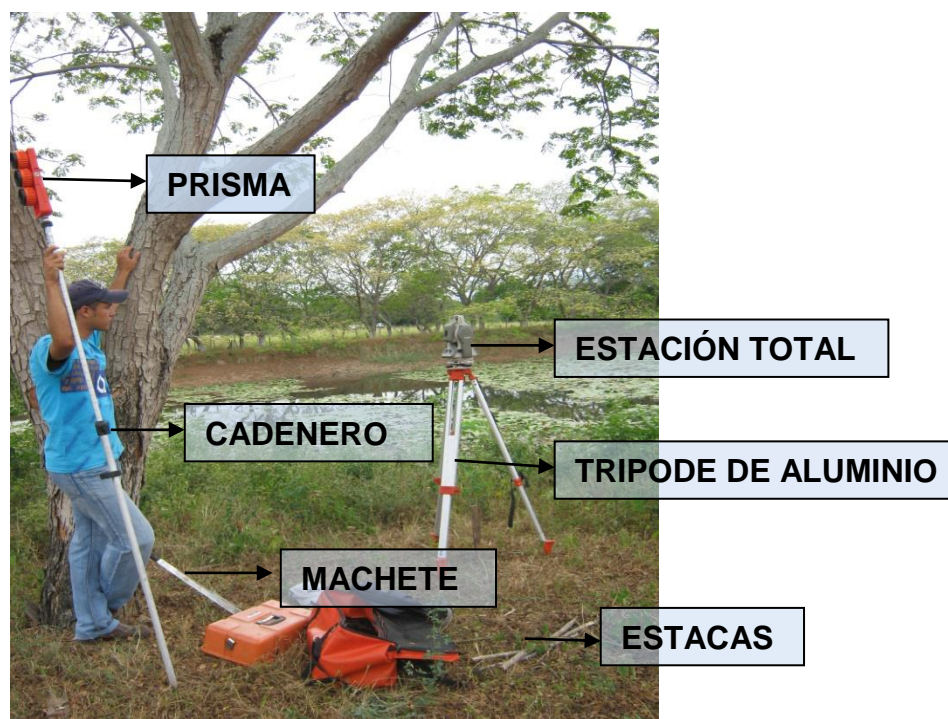


FIGURA 8. IMPLEMENTOS DE TOPOGRAFIA.

La topografía se realizó tratando de tomar detalle del lago, es decir crear un modelo digital del terreno utilizando software como el topocal v3.0.270 (versión 2010-licencia libre), para el trazado de las curvas de nivel, trazar la cuadrícula para facilitar la búsqueda de coordenadas y AutoCAD 2007 para crear un solo plano con toda la información (Ver Anexo 13. Plano # 2). Con los planos se estableció la forma de trabajar las zonas del lago, estas zonas serían asemejadas con una serie de estacas que por su numeración permitirían identificar posteriormente en campo

y según el diseño de la ampliación si se debería o no intervenir en la parte de su ubicación, y cuál sería la magnitud de la remoción de suelo.

Para determinar la cantidad de suelo que se debería remover en cada zona, se tomaron las cotas de cada una, y se realizó una triangulación, para crear tortas y facilitar el cálculo de los volúmenes, teniendo en cuenta que el desnivel sea siempre hacia el centro y hacia la compuerta de salida del lago.

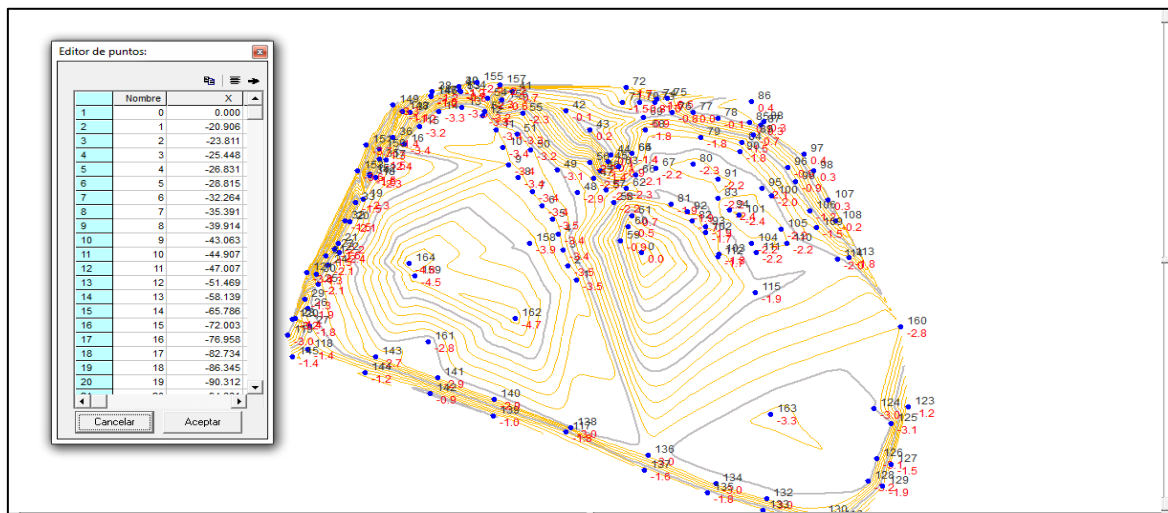


Figura 9. Resultado obtenido en software Topocal.

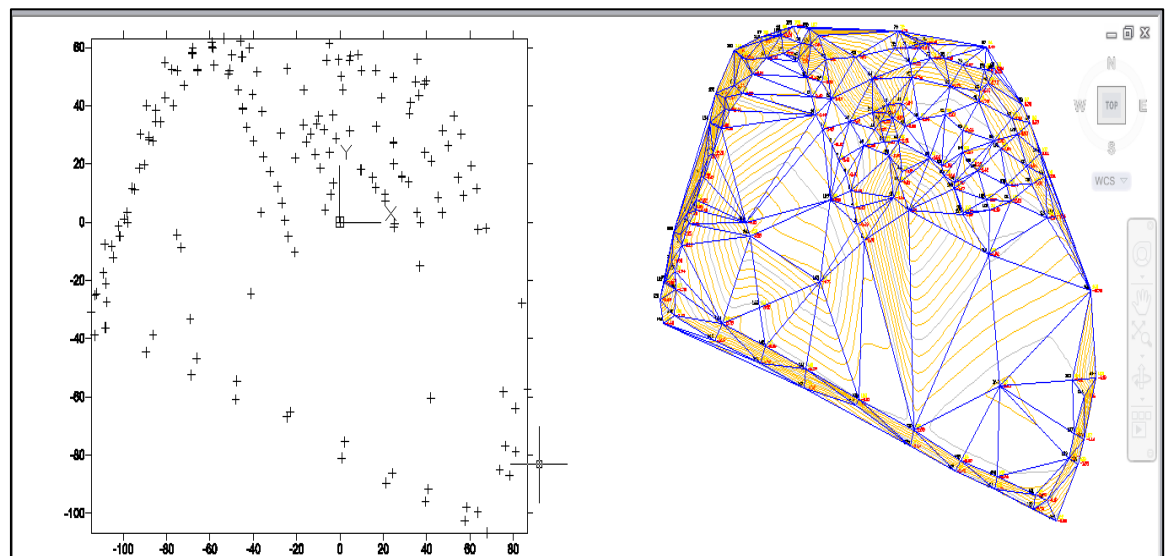


Figura 10. Dibujo de plano en AutoCAD 2007.

Debido a que no se podía secar el lago para realizar las actividades, se precisa iniciar en la parte que se encuentra más bajo el nivel del agua. Teniendo en

cuenta los datos obtenidos en la topografía, se utilizan las estacas colocadas para referenciar la cota del terreno y así determinar qué tan profundo se debe escavar.

6.1.1 Excavación.

La maquinaria, que fue proporcionada en acuerdo con la Alcaldía del municipio de Rivera, estaba constituida por una retroexcavadora Caterpillar 420 E y tres volquetas. El material extraído del fondo del lago se depositó en la vereda Rio Frio con fines de relleno para vías y construcciones. El FONDO GANADERO DEL HUILA S,A asumió el costo del combustible en días laborales, y los fines de semana sumaria el costo de los operarios.

Se inició el proceso de excavación y remoción de sedimentos en el lago el día 27 de febrero del 2010, trabajando de forma intermitente hasta el día 7 de marzo del mismo año, Debido a inconvenientes por el préstamo de la maquinaria el tiempo que era requerido.



Figura 11. Inicio de la excavación y extracción de sedimentos.

Con los datos de la topografía, se calcula el área que fue intervenida por la maquinaria, y se un promedio para la aproximación del espesor de suelo removido para obtener el valor del volumen de suelo retirado.

El área trabajada aproximada es de 3556,9254 m², calculada utilizando las coordenadas referenciadas por medio de estacas en el levantamiento topográfico.

El espesor de la capa de suelo que fue removida se halla tomando los nuevos niveles del terreno y promediándolos para obtener un valor de 0,8 metros.

El volumen retirado seria:

$$V = \text{area} * \text{espesor}$$

$$V = 3556,9254 * ,80 = 2845,54m^3$$

La capacidad del lago aumento entre dos mil ochocientos (2800) y tres mil (3000) metros cúbicos (m³), que serán de ayuda para la sostenibilidad de los cultivos.

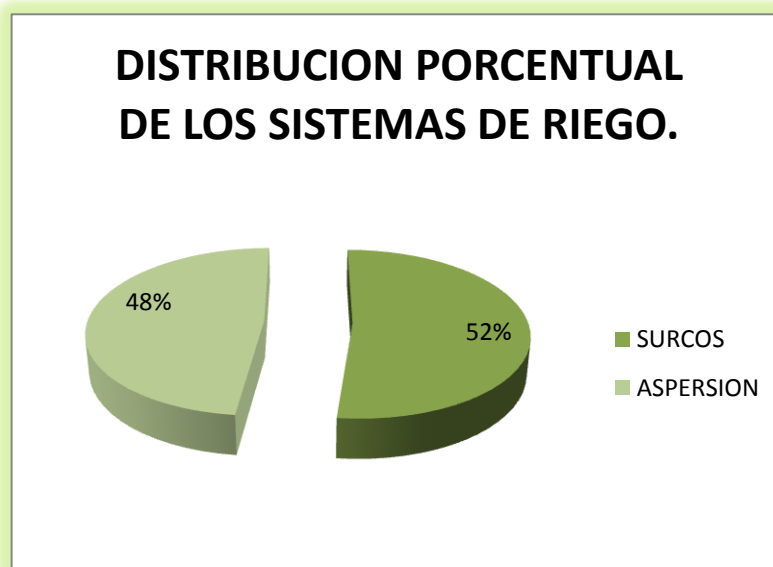
6.2 Diseño de los sistemas de riego por aspersión.

Los sistemas de riego se diseñaron siguiendo las características de los cultivos, la forma es que se suministran a los animales, la disponibilidad presupuestal de la empresa y las necesidades de la misma, Teniendo en cuenta estos factores, se implementaran dos tipos de sistemas de riego, uno será aspersión que ocupara la zona utilizada por la empresa como vitrina, y en la cual permanecen la mayoría de los mejores ejemplares bovinos, el resto de área dispuesta para este proyecto que es conformada por los potreros diecisiete (17), dieciocho (18) y “Pasto de corte” estará cubierta por riego por superficie en surcos, creando la siguiente distribución de área:

Tabla 5. Distribución de área según tipo de riego.

METODO DE RIEGO	SISTEMA DE RIEGO	AREA
GRAVEDAD	SURCOS	6 has 8080,01 m ²
PRESION	ASPERSION	6 has 3428,26 m ²

Figura 12. Grafico porcentual de distribución de sistemas de riego.



6.2.1 Caracterización de los análisis de suelos.

Tabla 6. Propiedades físicas e hidrodinámicas de los suelos.

POTRERO	PROFUNDIDAD (cm)	FRACCION MINERAL (%)	PROPIEDADES FÍSICAS				
			TEXTURA	Da (gr/cm ³)	Dr (gr/cm ³)	CC (%)	PMP (%)
MANGAS	30	A:62,00 L:29,00 Ar:9,00	FRANCO ARENOSO	1,39	2,13	21,33	11,49
10-17 Pasto de corte.	30	A:70,00 L:18,00 Ar:12,00	FRANCO ARENOSO	1,53	2,21	21,12	11,31

Da= Densidad aparente.

Dr= Densidad real.

PMP= Punto de marchites permanente.

CC= Capacidad de campo.

A: Arena

L: Limo

Ar: Arcilla

6.2.2 Calculo de Requerimiento Hídrico teórico o necesidad de agua para pastos (Riego por aspersión).

El cálculo de requerimientos hídricos se realiza analizando los datos tomando en cuenta el mes de mayor evaporación y en consecuencia menor precipitación, que en nuestro caso es el mes de agosto según las series de datos de 21 años obtenidas por medio del IDEAM (ver ANEXO 2.).

6.2.2.1 Datos generales para el cálculo de requerimiento hídrico.

Localización.

Lote: Mangas 1-24

Hacienda La Pradera F.G.H.

Vereda: Rio Frio

Municipio de Rivera en el departamento del Huila (Colombia).

Cultivo.

Tipo de cultivo: Asociación de pastos (Gramíneas forrajeras).

Variedades: Toledo (Brachiaria Brizantha) y Tanzania (Panicum máximum).

Edad: adulta.

Área: 6 has 3428,26 m²

Profundidad radicular (PR): 0.5 m

Profundidad radicular efectiva (PRE): 0.30 m

Distancia entre surcos: 0.50 m

Coefficiente del cultivo (Kc): 1 adimensional (Ver Anexo 3.)

Climatología.

Evaporación: 258.6 mm/mes para el mes de agosto, (serie de 21 años).

Características de los suelos.

POTRERO	AREA	FRACCION MINERAL (%)	PROPIEDADES FÍSICAS				
			TEXTURA	Da (gr/cm ³)	Dr (gr/cm ³)	CC (%)	PMP (%)
MANGAS	AREA(6 has 3428,26 m ²)	A:62,00 L:29,00 Ar:9,00	FRANCO ARENOSO	1,39	2,13	21,33	11,49

6.2.2.2 Calculo de la Evapotranspiración (EVT) mm/día y uso consumo (UC) mm/día.

$$EVT = (EVP * \text{mes crítico}) / (\text{días del mes crítico})$$

$$EVT = (258,6\text{mm/mes} * 1\text{mes}) / (31\text{días}) = 8,34 \text{ mm/día}$$

Uso consumo (UC)

$$UC = EVT * Kc$$

Kc: coeficiente del cultivo

$$UC = (8,34\text{mm/día} * 1,0) = 8,34\text{mm/día}$$

6.2.2.3 Calculo de la lámina neta (LN) o cantidad de agua a aplicar.

$$LN = \frac{C, C - P, M, P}{100} * Da * PRe * NA$$

LN: Lámina Neta

CC: Capacidad de campo (%)

PMP: Punto de marchitez permanente (%)

Da: Densidad aparente (gr/cm³)

Pre: Profundidad radicular efectiva del cultivo, se adopta el 75% de la profundidad total.

Na: Nivel de agotamiento, hasta donde el cultivador quiere estresar su cultivo; se recomienda que no sea superior al 50%, o sea 0,5.²⁸

$$LN = \frac{(21,33 - 11,49)}{100} * 1,39 * 300 * 0,5$$

$$LN = 20,51\text{mm} = 205,1 \text{ m}^3/\text{ha}$$

²⁸http://www.elriego.com/informa_te/riego_agricola/fundamentos_riego/programacion_riegos/calendario_riego.htm

6.2.2.4 Calculo de la lámina bruta LB

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

LB: Lámina bruta

LN: Lámina neta

Ea= eficiencia de aplicación (0,8 o mayor para RLAF y 0,5 o menores para riego por superficie).

$$LB = \frac{205,1 \text{ m}^3/\text{ha}}{0,95}$$

$$LB = 215,895 \text{ m}^3/\text{ha}$$

6.2.2.5 Frecuencia de riego (FR).

$$FR = \frac{LN}{UC}$$

FR = frecuencia de riego, días.

Uc = uso consumo (8,34 mm/día), valor que corresponde a la máxima evaporación y transpiración del cultivo en un día, teniendo en cuenta el mes crítico o con mayor presencia de sol.

LN: Lámina Neta

UC= uso consumo (ETP) mm/dia

$$FR = \frac{20,51}{8,34}$$

$$FR = 2,45 \text{ dias}$$

6.2.2.6 Tiempo de riego por unidad de riego (TRur):

$$Tur = \frac{LBur}{Qur}$$

Tur: tiempo de riego en horas.

LBur (m³): lámina bruta para el área de humedecimiento de la unidad de riego.

$$LBur = (Ah * LB) / (\text{m}^2 \text{ de } 1 \text{ hectárea})$$

LB (m³): lámina bruta

Ah: Área de humedecimiento $Ah = \pi r^2$

Qur: Caudal de descarga de la unidad de riego.

Según catalogo $Q_{ur} = 1,65 \text{ L/s}$ se hace conversión a m^3/h para uniformidad de unidades

$$Q_{ur} = \frac{1,65 \text{ L/s} * 3600}{1000} = 5,94 \text{ m}^3/\text{h}$$

Du: diámetro húmedo, 49.4 m. (Ver Anexo 4. Selección unidad de riego)

$$A_h = \pi * (24,7)^2 = 1916,65 \text{ m}^2$$

$$L_{Bur} = \frac{(1916,65 \text{ m}^2 * 215,895 \text{ m}^3)}{10000 \text{ m}^2} = 41,379 \text{ m}^3$$

$$T_{ur} = \frac{41,379 \text{ m}^3}{5,94 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$T_{ur} = 6,96 \text{ hr} \approx 7 \text{ hr}$$

6.2.2.7 Posiciones de riego por turno.

$$P_{Rtu} = \frac{Q_d}{Q_{ur}}$$

$Q_d =$ Caudal disponible

$$P_{Rtu} = \frac{4,65 \text{ lps}}{1,65 \text{ lps}}$$

$$P_{Rtu} = 3 \text{ posiciones}$$

6.2.2.8 Turnos de riego

$$T_{uRP} = \frac{PTP}{P_{Rtu}}$$

$$PTP = \frac{63428 \text{ m}^2}{(24,7 \text{ m} * 24,7 \text{ m} * 2 \text{ emisores})}$$

$$PTP = 51,98 \approx 52 \text{ posiciones totales}$$

$$T_{uRP} = \frac{52}{3}$$

$$T_{uRP} = 11,6 \text{ turnos}$$

$$TuRP = 11.6 = 12 \text{ Turnos}$$

6.2.2.9 Turnos de riego por Día.

$$TuRDia = \frac{JDO}{TuR}$$

$$TuRDia = \frac{24 \text{ hr}}{7 \text{ hr}}$$

$$TuRDia = 3,42 = 3 \text{ Turnos/dia}$$

6.2.2.10 Tiempo de riego de Parcela.

$$TRP = \frac{TuRP}{TuRDia}$$

$$TRP = \frac{12 \text{ turnos}}{3 \text{ turnos/dia}}$$

$$TRP = 4 \text{ Dias}$$

Alcanzara a regarse toda la parcela

$$TRP \leq FR$$

$$4 \text{ dias} \leq 3 \text{ dias} \quad \text{No}$$

Como la frecuencia de riego es menor que el tiempo de riego de la parcela, es necesario igualar la frecuencia de riego, al tiempo de riego de la parcela.

6.2.2.11 Determinación del caudal de mínima presión.

$$Qmp = \frac{Cu * Qm}{1 - \frac{1,27 * Cv}{\sqrt{ne}}}$$

Cu= coeficiente de uniformidad

Cv= coeficiente de variación por fabricación

Ne= número de emisores=1

Qm= caudal medio

El coeficiente de uniformidad se obtiene referenciando que el riego a presión por aspersión y microaspersión, tienen un alto valor en su uniformidad según se observa en la siguiente tabla:

Tabla 7. Valores recomendados de Cu.

Emisores	pendiente	C. árido	C. húmedo.
Espaciados más de 4 m.	i<2%	0,90-0,95	0,80-0,85
Cultivos permanentes.	i>2%	0,85-0,90	0,75-0,80
Emisores espaciados 2.5 m o más.	i<2%	0,85-0,90	0,75-0,80
Cultivos permanentes.	i>2%	0,80-0,90	0,70-0,80
Mangueras o cintas exudación.	i<2%	0,80-0,90	0,70-0,80

Fuente: hidráulica de tuberías. Juan g. Saldarriaga V. Mc Graw- Hill interamericana 1998.

Se toma $C_u = 0,95$, por el espaciamiento entre emisores y las características de los mismos.

El $Q_m = 1,65$ l/s que corresponde al caudal proporcionado por el emisor, y sugerido por el fabricante.

El coeficiente de variación por fabricación de los emisores finales (C_v), se define mediante la siguiente ecuación.

$$C_v = \frac{\sigma}{Q_m}$$

Donde σ es igual a la desviación es a la desviación estándar.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q_m)^2}{n}}$$

Q_i = caudal del emisor i de prueba.

Q_m = caudal medio ($\sum Q/n$).

n = número de emisores de prueba.

Los emisores finales se clasifican en dos categorías según criterio de ensayo realizado con 25 emisores finales para determinar la uniformidad.

Según Saldarriaga J. 1998.

- Categoría A= emisores de elevada uniformidad ($C_v < 0.05$)
- Categoría B = emisores de baja uniformidad ($0.05 \leq C_v < 0.1$)

En este caso por ser emisores de alta uniformidad de buena fabrica tomamos Cv= 3%.

$$Q_{mp} = \frac{0.95 * 1,65 \text{ l/s}}{1 - \frac{1,27 * 0.03}{\sqrt{1}}} = 1,62 \text{ l/s}$$

El caudal de mínima presión junto con la curva del emisor final generalmente arrojada por los fabricantes, determina la mínima presión a la que puede trabajar el emisor.

Como no se tiene la curva del emisor, se realiza son los datos de presiones y caudales a los cuales trabaja el emisor según el fabricante.

Tabla 8. Caudales y presiones de trabajo de la unidad de riego.

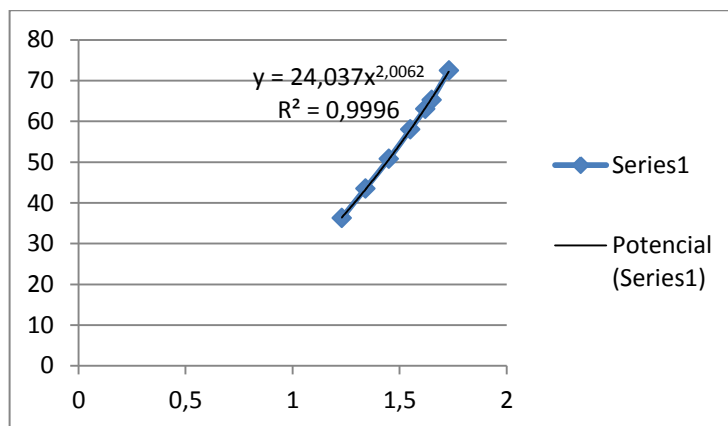
CAUDAL(L/S)	PRESION (PSI)
1,23	36,25
1,34	43,5
1,45	50,75
1,55	58
1,65	65,25
1,73	72,5

Como se observa no se encuentra el caudal de mínima presión, entonces se realiza una interpolación.

Obteniendo:

CAUDAL(L/S)	PRESION (PSI)
1,62	63,075

FIGURA 13. Curva del emisor.



Lo que quiere decir que el emisor trabajara bien con una presión mínima de 63,075 PSI.

6.2.3 Selección unidad de riego.

La unidad de riego se seleccionó por medio del catálogo de sistemas de riego tecnificado Pavco aspersion del año 2010, en el que observando los aspersores pertenecientes a la serie setenta (70), donde se encuentran emisores con las propiedades necesarias para la exigencia de los diseños, que a su vez se rigen por las características del terreno, el tipo de cultivo y la forma como se maneja el cultivo, ya que en este caso los animales se alimentan en el mismo lugar en que se encuentra el pasto.

6.2.3.1 Características de la unidad de riego.

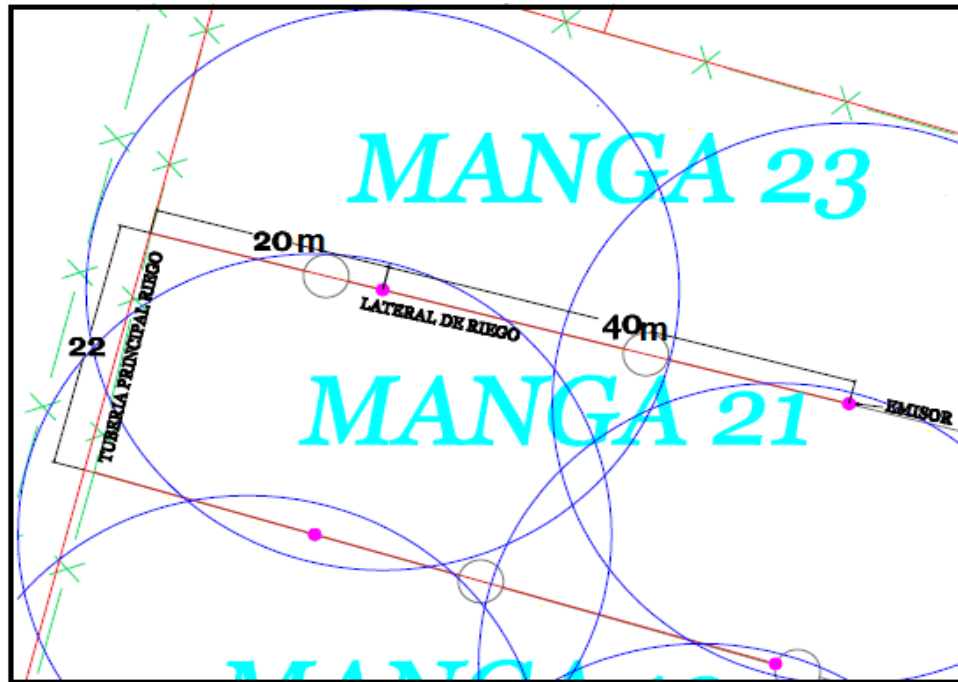
La unidad de riego seleccionada de la serie setenta (70) distribuye el agua en grandes cantidades y diámetros de forma uniforme, según el fabricante sus materiales son económicos y duraderos, cuenta con una llave hexagonal incorporada para facilitar su mantenimiento, acople estándar de una pulgada (1”), con adaptador hembra o macho según sea necesario, trabaja con un ángulo de 25° para lograr su máximo alcance y maneja una boquilla sencilla para minimizar taponamientos. La boquilla a utilizar es la número veintidós (22) de 8,73 mm, con un caudal 1,65 litros por segundo y una presión de 65,25 PSI, arroja el agua formando un diámetro húmedo de entre 48,8 y 49,4 metros.

Según método de la diagonal²⁹, teniendo en cuenta el espaciamiento entre los cercos, que sería igual al espaciamiento entre líneas de riego sobre la principal, se varía el espacio entre emisores de modo que cumpla con el EMP. (Ver anexo 6). Finalmente se define que el espaciamiento entre emisores debe ser de 20 metros.

²⁹ S.C.S Dpto. Agricultura EE.UU Adaptado por: MIGUEL GERMÁN CIFUENTES PERDOMO. Taller #2 riego a presión EMP.

Al realizar el planteamiento en el campo, se observa que el número de emisores por lateral hace que sea necesario un caudal muy elevado, por lo tanto se utiliza el método gráfico, para distribuir lo mejor posible los aspersores en el terreno (ver figura 14.), teniendo en cuenta que no quede área sin regar.

FIGURA 14. Distribución de los emisores.



6.2.4 Levantamiento topográfico.

Para realizar el proyecto se realiza levantamiento topográfico planimétrico y altimétrico, utilizando estación total Nikon, con el fin de obtener datos exactos del terreno, y así graficar el área y curvas de nivel para ser manipulados en los diseños de los sistemas de riego.

6.2.5 Trazado de los sistemas de riego por aspersión.

Al realizar los planos con detalle de las características del terreno, y de la estructura existente, montada con el fin de conservar bovinos en esta área de forma constante, hace que se analicen posibilidades para el trazado del sistema de riego, definiendo junto con las directivas de la empresa y según los criterios expuestos por el pasante en el área, el trazado que se muestra en el plano número tres (3). (Ver Anexo 13.plano # 3). Los factores que influyeron en esta decisión fueron:

- El cultivo se extiende por todo el terreno, debido a que el sistema de siembra implementado por la empresa es boleado, por lo tanto no tiene una forma de siembra definida.
- La ubicación del montaje de los corrales y su distribución en el terreno.

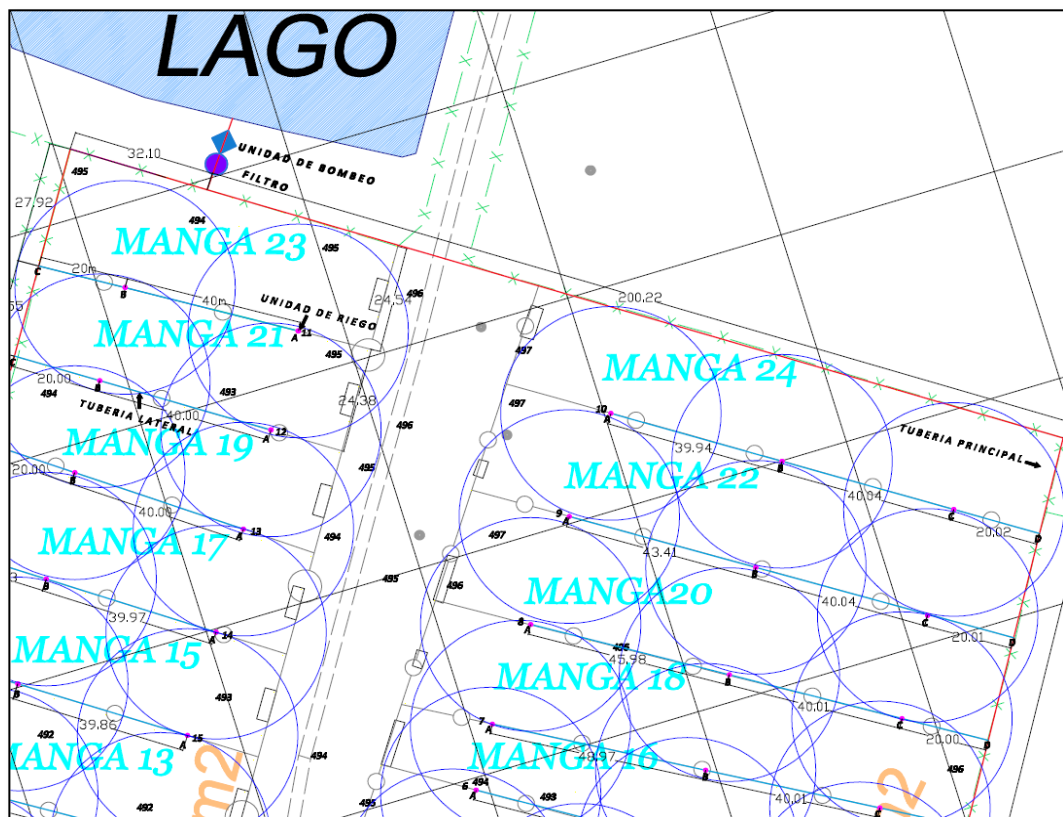
- Las partes del terreno donde va a estar más protegida la tubería que hace parte de los sistemas de riego.
- El presupuesto de la empresa.

6.2.6 Cálculos hidráulicos.

Para el cálculo del lateral crítico en los sectores de riego, se hace necesario establecer, según su posición y requerimientos para su funcionamiento, cual es el módulo de riego, o sector de riego que más pérdidas produce, sea por su longitud, elevación o número de emisores, y por tanto será el que más consume energía en el momento de su funcionamiento. Si se garantiza que este marche de forma adecuada, por lógica todos los demás laterales trabajarán correctamente.

El cálculo hidráulico se realiza para una presión de 65,25 PSI que es la presión de trabajo del emisor y un caudal disponible de 4,95 lts/s. estas condiciones se garantizarán con el uso de una bomba que hará uso del agua proveniente del lago para abastecer los sistemas de riego.

FIGURA 15. DISEÑO HIDRAULICO PARA RIEGO POR ASPERSION MANGAS.



6.2.7 Cálculo de pérdidas en el lateral crítico del sistema de riego.

El lateral crítico para el sistema de riego, es el número uno (1) como se observa en el plano # 3 (Ver Anexo 13), debido a que es el lateral más alejado de la unidad de bombeo, tiene el número máximo de aspersores, por tanto será el que más pérdidas de energía tendrá. La tubería a utilizar la determina el valor de las velocidades permisibles en el material de los tubos. En el anexo # 5 se relacionan el tipo de tubería que será utilizada, con los diámetros necesarios.

Las pérdidas producidas por el lateral componen las generadas por:

- Tubería principal tramo 1'-2' y 3'-2'.
- Tubería lateral 1. tramo A-B, B-C y C-D.
- Pérdidas por accesorios.

6.2.7.1 Muestra de cálculo.

a. Tubería principal.

Tramo 1'-2'.

Caudal total a conducir Q (m³/seg) = 4.95E-03.

Diámetro nominal (in) = 2.5 “.

Diámetro exterior promedio Φ esp (mm) = 73.03

Espesor de pared t (mm) = 3.48.

Diámetro real $\Phi_r = \Phi \text{ esp} - 2t$ (mm) = 73.03 – 2*3.48 = 66.07.

Área $A = (\pi/4)(\Phi_r/1000)^2$ (m²) = $(\pi/4)(66.07/1000)^2 = 0.003428463$

Velocidad $V = Q/A$ (m/seg) = 4.95E-03/0.003428463 = 1.44

Viscosidad del agua $\nu = 1,10E-06$ m²/s

K_s (mm) polietileno. = 0,0015

Reynolds $Re = (V * (\Phi/1000))/\nu = 8,67E+04$

Factor de fricción $f = 64/Re = 7,38E-04$

Long. Del Tramo L (m) = 202,22

Pérdidas H_f DARCY –WEISBACH $H_f = f \frac{L}{\Phi} * \frac{V^2}{2 * g} = 6,00436551$

Si el número de Reynolds es menor de 2000 se toman los valores que se obtuvieron en el cálculo realizado anteriormente. De lo contrario, y es el caso que se presenta, se asume un nuevo f, y se realizan iteraciones utilizando la ecuación de COOLEBROK-WHITE, remplazando cada vez con el nuevo f, hasta que el valor de igual o su variación sea mínima, utilizando el nuevo valor de f para recalcular y ajustar la perdidas Hf, que nos darán en metros de columna de agua.

ITERACIÓN:

Para realizar la iteración se asume un nuevo f.

f = 0,001

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left[\frac{K_s/1000}{3.7 * \phi/1000} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right]^{-2}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left[\frac{0.0015/1000}{3.7 * 66.07/1000} + \frac{2.51}{8.67E + 04\sqrt{0.001}} \right]^{-2} = 0,02713111$$

Luego:

f1 = 0,02713111.

f2 = 0,017870383

f3 = 0,018740861

f4 = 0,018638252

f5 = 0,01865005

f6 = 0,01864869

f7 = 0,018648847

f8 = 0,018648828

f9 = 0,018648831

f10 = 0, 01864883

f11 = 0,01864883

Como se observa el f da igual en los últimos dos valores, ahora se utiliza este valor para calcular el nuevo Hf.

$$H_f = 0,01864883 \frac{200,22}{66.07/1000} * \frac{1.44^2}{2 * 9,81} = 6,004365513 \text{ m}$$

b. Tramo 2'-3'.

Caudal total a conducir Q (m3/seg)= 4.95E-03.

Diámetro nominal (in) = 2.5 “.

Diámetro exterior promedio Φ esp (mm) = 73.03

Espesor de pared t (mm) =3.48.

Diámetro real $\Phi_r = \Phi \text{ esp} - 2t$ (mm) = 73.03 – 2*3.48 = 66.07.

Area A = $(\pi/4)(\Phi_r/1000)^2$ (m2) = $(\pi/4)(66.07/1000)^2 = 0.003428463$

Velocidad V= Q/A (m/seg) = 4.95E-03/0.003428463 = 1.44

Viscosidad del agua $\nu = 1,10E-06$

Ks (mm) polietileno.= 0,0015

Reynolds $Re = (V * (\Phi/1000)) / \nu = 8,67E+04$

Factor de fricción f = $64/Re = 7,38E-04$

Long. Del Tramo L (m) = 203,88

Perdidas Hf DARCY –WEISBACH $H_f = f \frac{L}{\phi} * \frac{V^2}{2 * g} = 2,42E - 01$

Re>2000 entonces se itera.

ITERACIÓN:

f = 0,001

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left[\frac{K_s/1000}{3.7 * \phi/1000} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right]^{-2}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left[\frac{0.0015/1000}{3.7 * 66.07/1000} + \frac{2.51}{8.67E + 04 \sqrt{0.001}} \right]^{-2} = 0,02713111$$

Luego:

$$f1 = 0,02713111.$$

$$f2 = 0,017870383$$

$$f3 = 0,018740861$$

$$f4 = 0,018638252$$

$$f5 = 0,01865005$$

$$f6 = 0,01864869$$

$$f7 = 0,018648847$$

$$f8 = 0,018648828$$

$$f9 = 0,018648831$$

$$f10 = 0,01864883$$

$$f11 = 0,01864883$$

Como se observa el f da igual en los últimos dos valores, ahora se utiliza este valor para calcular el nuevo Hf.

$$Hf = 0,01864883 \frac{200,22}{66.07/1000} * \frac{1.44^2}{2 * 9,81} = 6,114124667m$$

Tabla 9. Pérdidas totales en tubería principal.

PRINCIPAL.						
	TRAMO.	Q(m ³ /s)	Reynolds	long. Tramo (m)	f	Hf
	1'-2'	0.00495	86719.6088	200.22	0.01864883	6.004365504
	2'-3'	0.00495	86719.6088	203.88	0.01864883	6.114124658
						12.11849016

c. Pérdidas en lateral.

Tabla 10. Pérdidas en lateral.

Pérdidas en lateral.						
LATERAL	TRAMO.	Q(m³/s)	Reynolds	long. Tramo (m)	f	Hf
1						
	A-B	0.00165	34876.82343	40.8	0.02275365	0.424112644
	B-C	0.0033	69753.64686	40.35	0.01953869	1.440684496
	C-D	0.00495	86719.6088	20.23	0.01864883	0.606674229

Tabla 11. Pérdidas por accesorios.

$h = K \frac{v^2}{2g}$				
PERDIDAS ACCESORIOS				
		Vmax en el sistema =	2 m/s	
		Cantidad	K	Sumaoria Km
	codo	4	0.3	1.2
	Tees	2	0.2	0.4
	Union	68	0.08	5.44
	Valvula	1	10	10
				17.04
	Hm (m)	3.474006116		

Pérdidas totales en el sector son 18.06 m.c.a (metros de columna de agua), que equivalen a las pérdidas en el lateral crítico del sistema de riego.

6.2.8 selección de la unidad de bombeo.

Para la selección de la unidad de bombeo se tienen en cuenta todas las pérdidas producidas en el sistema, más el requerimiento de las unidades de riego.

Tabla 12. Selección de la unidad de bombeo.

1. CÁLCULO DE LA CABEZA (ALTURA) DINÁMICA TOTAL (C.D.T)	
VARIABLES	
C.D.T=Hs+Hfs+Hd+Hfp+HUR	VALORES (m)
Hs= Altura de succión	4
Hd= Altura de descarga (ΔH terreno)+ Altura elevador unidad de riego	1
Hfs= Pérdidas por fricción tubería succión y descarga	0.54
Hfp= Pérdidas por fricción tubería principal y lateral crítico+ H menores	18.06
HUR= Presión de trabajo unidad de riego	45.87
SUMATORIA C.D.T	64.47

MÉTODO "POR CURVA SEGÚN FABRICANTE"

Q: GPM	78.45
C.D.T: m	64.47
Energía	DIESEL-ELELCTRICA-GASOLINA

Tabla 13. OPCIONES PARA UNIDAD DE BOMBEO.

	OPCION 1	OPCION 2
MARCA	IHM	KATSU
FUENTE DE PODER	DIESEL	GASOLINA
POTENCIA HP	16.3	13
HDT m	100	75
CAUDAL MAX	120	180
GARANTIA AÑO	1	1
PRESIO	18'000,500	1'700,000

Se recomiendan estas bombas, pero cualquier bomba que arroje un caudal de 80 galones por minuto y de 70 a 80 metros de columna de agua, puede funcionar adecuadamente con el sistema de riego, es recomendable utilizar diámetro de entre 3" y 2.5" para la succión y la descarga de la bomba.

6.2.9 Unidad de filtrado

La unidad de filtrado que es opcional ya que el agua es tomada de un lago, está compuesta por un filtro de malla seleccionado del manual de agroaccesorios de PAVCO. Es un filtro con una capacidad de 14.0 lps, con entrada y salida de 3" de diámetro. La instalación del filtro se realizara utilizando tubería PVC de 3" RDE 21, la unión con la unidad de bombeo y la tubería de conducción se hará con acoples universales, para que sea fácil retirarlo cuando se haga necesario.

6.2.10 Programación de riego.

Se debe activar solo un sector de riego a la vez, en este caso cada lateral es un sector de riego, debido a que solo funcionara uno a la vez.

Tabla 14. Programación de sistema de riego.

TURNO	SECTOR DE RIEGO	UNIDADES DE RIEGO	PRESION (PSI)	CAUDAL	TIEMPO DE RIEGO (hr)	FRECUENCIA DE RIEGO (dia)
1	1	3	65,25	4,95	7	4
2	2	3	65,25	4,95	7	4
3	3	3	65,25	4,95	7	4
4	4	3	65,25	4,95	7	4
5	5	3	65,25	4,95	7	4
6	6	3	65,25	4,95	7	4
7	7	3	65,25	4,95	7	4
8	8	3	65,25	4,95	7	4
9	9	3	65,25	4,95	7	4
10	10	3	65,25	4,95	7	4
11	11	2	65,25	3,24	7	4
12	12	2	65,25	3,24	7	4
13	13	2	65,25	3,24	7	4
14	14	2	65,25	3,24	7	4
15	15	2	65,25	3,24	7	4
16	16	2	65,25	3,24	7	4
17	17	2	65,25	3,24	7	4
18	18	2	65,25	3,24	7	4
19	19	2	65,25	3,24	7	4
20	20	2	65,25	3,24	7	4
21	21	2	65,25	3,24	7	4

6.2.11 Manejo de válvulas para la operación del sistema.

El sistema de riego iniciara su funcionamiento, una vez estén abiertas las válvulas correspondientes al sector que se desee activar. Para regar un sector, las válvulas

de la bomba y la unidad de filtrado deben estar abiertas, acto seguido, en la caja de válvulas como se muestra en el detalle 1, del plano # 4 (Ver Anexo 13), se tienen las válvulas reguladoras de presión que dan paso a las mangas que se encuentran a lado y lado de la vía de acceso de la hacienda, se abre la válvula del lado en que se encuentra el sector de riego, y la otra se mantiene cerrada. Se abre únicamente la válvula del sector que será regado, y posteriormente se le da ignición al motor de la bomba.

Tabla 15. Operación de las válvulas para realizar los turnos de riego.

TURNO DE RIEGO	SECTOR A REGAR	UNIDAD DE FILTRADO	VALVULA ABIERTA	VALVULA CERRADA.
1	1	ABIERTA	V1	V2-V21
2	2	ABIERTA	V2	V1 Y V3-V21
3	3	ABIERTA	V3	V1-V2 Y V4-V21
4	4	ABIERTA	V4	V1-V3 Y V5-V21
5	5	ABIERTA	V5	V1-V4 Y V6- V21
6	6	ABIERTA	V6	V1-V5 Y V7-V21
7	7	ABIERTA	V7	V1-V6 Y V8-V21
8	8	ABIERTA	V8	V1-V7 Y V9-V21
9	9	ABIERTA	V9	V1-V8 Y V10-V21
10	10	ABIERTA	V10	V1-V9 Y V11-V21
11	11	ABIERTA	V11	V1-V10 Y V12-V21
12	12	ABIERTA	V12	V1-V11 Y V13- V21
13	13	ABIERTA	V13	V1-V12 Y V14-V21
14	14	ABIERTA	V14	V1-V13 Y V15-V21
15	15	ABIERTA	V15	V1-V14 Y V16-V21
16	16	ABIERTA	V16	V1-V15 Y V17-V21
17	17	ABIERTA	V17	V1-V16 Y V18-V21
18	18	ABIERTA	V18	V1-V17 Y V19-V21
19	19	ABIERTA	V19	V1-V18 Y V10- V21
20	20	ABIERTA	V20	V1-V2 Y V4-V21
21	21	ABIERTA	V21	V1-V20
FINALIZADO- REINICIO				

- Para efectos de lavado de la tubería, se enciende el sistema de riego, y se coloca la bayoneta sin conectarle el aspensor.
- Después de realizar el riego, se desensambla la unión de la unidad de filtrado y la de bombeo, para realizar mantenimiento, de ambos componentes.
- Las válvulas reguladoras de presión y las de paso, deben estar protegidas, en una cajilla en lo posible.

6.2.12 Costo total del proyecto.

El costo del proyecto, define teniendo en cuenta los materiales y mano de obra que inciden en el proyecto, este costo puede variar dependiendo del tiempo que transcurra entre la generación del proyecto y la ejecución del mismo.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR/UNIT	VALOR/TOTAL
1	Excavación	ML	2375,48	\$ 8.000,00	\$ 19.003.840,00
2	tuberia				\$ -
2.1	PVC PAVCO 2.5 " RDE 21.	UND	195	\$ 40.593,00	\$ 7.915.635,00
2.2	PVC PAVCO2" RDE 26.	UND	140	\$ 26.867,00	\$ 3.761.380,00
2.3	PVC PAVOC 1. 1/4 " RDE 21	UND	72	\$ 20.592,00	\$ 1.482.624,00
3	Accesorios.				
3.1	REDUCCIONES 2.5"-2"	UND	22	\$ 5.240,00	\$ 115.280,00
3.2	REDUCCIONES 2."-1.1/4"	UND	10	\$ 2.223,90	\$ 22.239,00
3.3	REDUCCION 3"-2.5"	UND	1	\$ 3.780,00	\$ 3.780,00
3.4	TEES 2.5"	UND	23	\$ 14.191,00	\$ 326.393,00
3.6	CODO PVC 2 1/2" X 90		2	\$ 13.485,00	\$ 26.970,00
3.7	HIDRANTE PLASTICO 3/4"	UND	55	\$ 22.414,00	\$ 1.232.770,00
3.8	UNION UNIVERSAR 3 "	UND	2	\$ 47.900,00	\$ 95.800,00
4	Aspersor	UND	3	\$ 82.000,00	\$ 246.000,00
5	Bayoneta	UND	4	\$ 8.620,00	\$ 34.480,00
6	Tripode	UND	3	\$ 100.000,00	\$ 300.000,00
7	BOMBA DIESEL	UND	1	\$ 6.500.000,00	\$ 6.500.000,00
8	FILTRO MALLA 3" AMIAD T.	UND	1	\$ 425.000,00	\$ 425.000,00
10	VALVULA				
8.1	REGULADORA DE PRESION	UND	2	\$ 100.000,00	\$ 200.000,00
8.2	DE PIE ALUMINIO 3 "	UND	1	\$ 26.000,00	\$ 26.000,00
8.3	VALVULA DE BOLA 2.5"	UND	21	\$ 95.200,00	\$ 1.999.200,00
				SUBTOTAL	\$ 43.717.391,00
				IVA 16 %	\$ 6.994.782,56
				TOTAL	\$ 50.712.173,56

6.3 Diseño sistemas de riego por surcos.

Como se había mencionado anteriormente se realizara el diseño de riego por surcos para los potreros diez (10), diez y siete (17), y la rehabilitación del riego del lote del pasto de corte para un total de 6 has 8080,01 m².

Para determinar el caudal máximo no erosivo se utilizó una pendiente de 1%.

$$Q_{max} = \frac{0.63}{s} = \frac{0,63}{1}$$

$$Q_{max} = 0,63 \text{ lt/s}$$

6.3.1 Caracterización de los suelos.

POTRERO	PROFUNDIDAD (cm)	FRACCION MINERAL (%)	PROPIEDADES FÍSICAS				
			TEXTURA	Da (gr/cm ³)	Dr (gr/cm ³)	CC (%)	PMP (%)
10-17 Pasto de corte.	30	A:70,00 L:18,00 Ar:12,00	FRANCO ARENOSO	1,53	2,21	21,12	11,31

6.3.2 Parámetros de diseño.

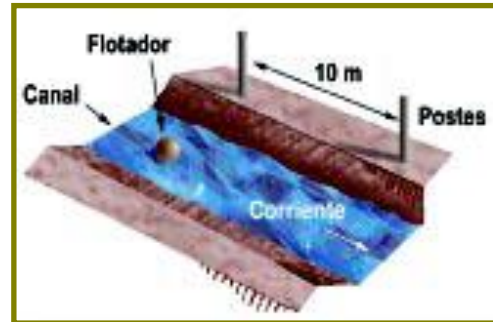
Para realizar los diseños de los sistemas de riego por surcos, se hace necesario determinar por medio de pruebas de campo y/o cálculos de oficina los siguientes parámetros:

- Aforo del canal de abastecimientos.
- Infiltración.
- Avance.

a. Aforo del canal de abastecimiento.

El canal de abastecimiento proveniente del lago principal, tiene un longitud de 405 metros aproximadamente, desde la salida de la válvula del lago, hasta la llegada a la cabecera del potrero número diez (10), en la llegada al potrero se realizó un aforo por el método del flotador, que consiste en colocar un objeto flotante, y dejarlo recorrer por el canal una distancia conocida preferiblemente 10m, tomando el tiempo que el objeto se demora en recorrerlo, y se hace al menos 3 veces, con el fin de tomar una velocidad promedio.

Aforo método del flotador.



$$V = L/t \quad V = 3 \text{ m} / 12 \text{ seg} \quad V = 0,25 \text{ m/seg}$$

$$Q = A * V * Fc \quad Q = 0,27 \text{ m}^2 * 0,25 \text{ m/seg} * 0,8 = 0,055856 \text{ m}^3/\text{s} = 55,85 \text{ lt/s.}$$

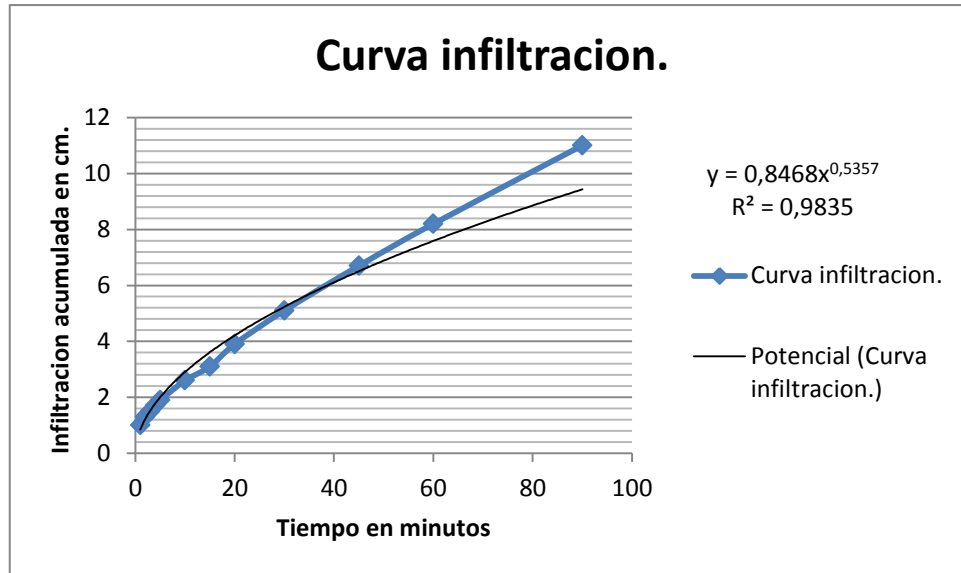
b. Prueba de infiltración.

La prueba de infiltración se realizó con anillos infiltrómetros.



FIGURA 16. Prueba de infiltración con anillo infiltrómetro.

FIGURA 17. Gráfico de curva de infiltración.



- **Infiltración acumulada:**

$$I_{acum} = At^B$$

Dónde: A= constante de infiltración. B= exponente de infiltración.

$$I_{acum} = 0,8468T^{0,5357}$$

T= tiempo en minutos. I_{acum}= infiltración acumulada en centímetros.

$$I(\text{cm/h}) = A \cdot 60^B \cdot t^{(B-1)}$$

$$I = A' \cdot t^{B'}$$

$$A' = 27,42$$

$$t_b = 278,4 \text{ min}$$

$$B' = -0,464$$

$$i_b = 2,00 \text{ cm/hr}$$

c. Prueba de avance.

Se realizó el trazado de surcos para realizar las pruebas de avance, en la que se tomaron surcos de 60 m colocando un marcador cada 5 metros y se tomaron los tiempo que demoro el agua en llegar a cada marcador aplicando los diferentes caudales.

En este caso se aplicó: Q1= 0,50 lt/s, Qmax =0,63 lt /s, Q2= 0,70 lt /s.

FIGURA 18. Curvas de avance.

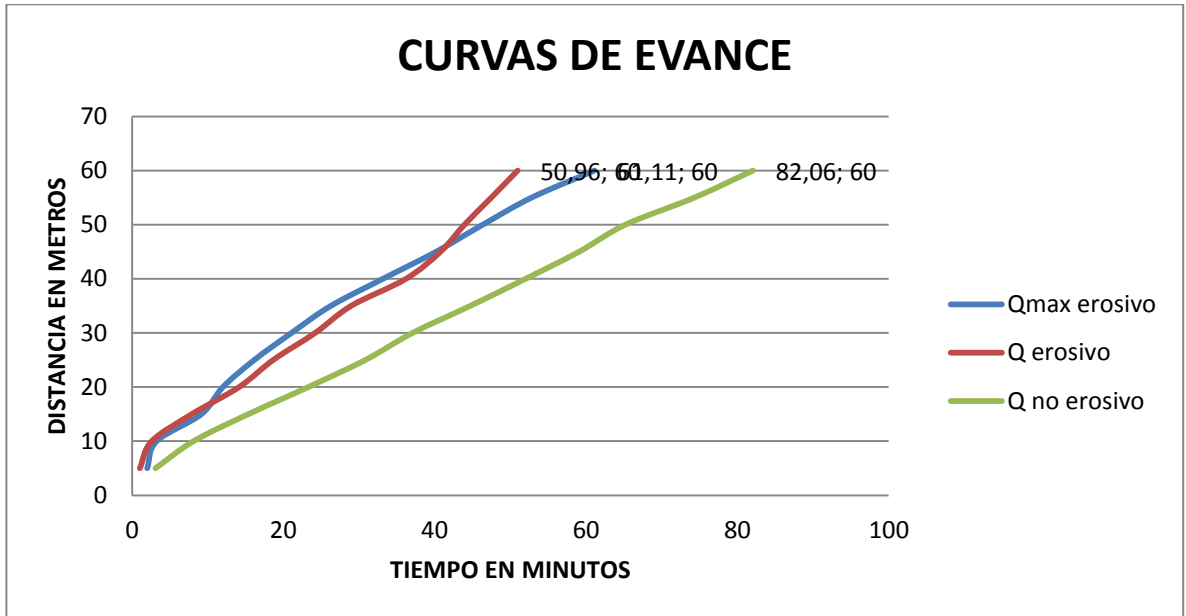


FIGURA 19. Ecuaciones de avance.

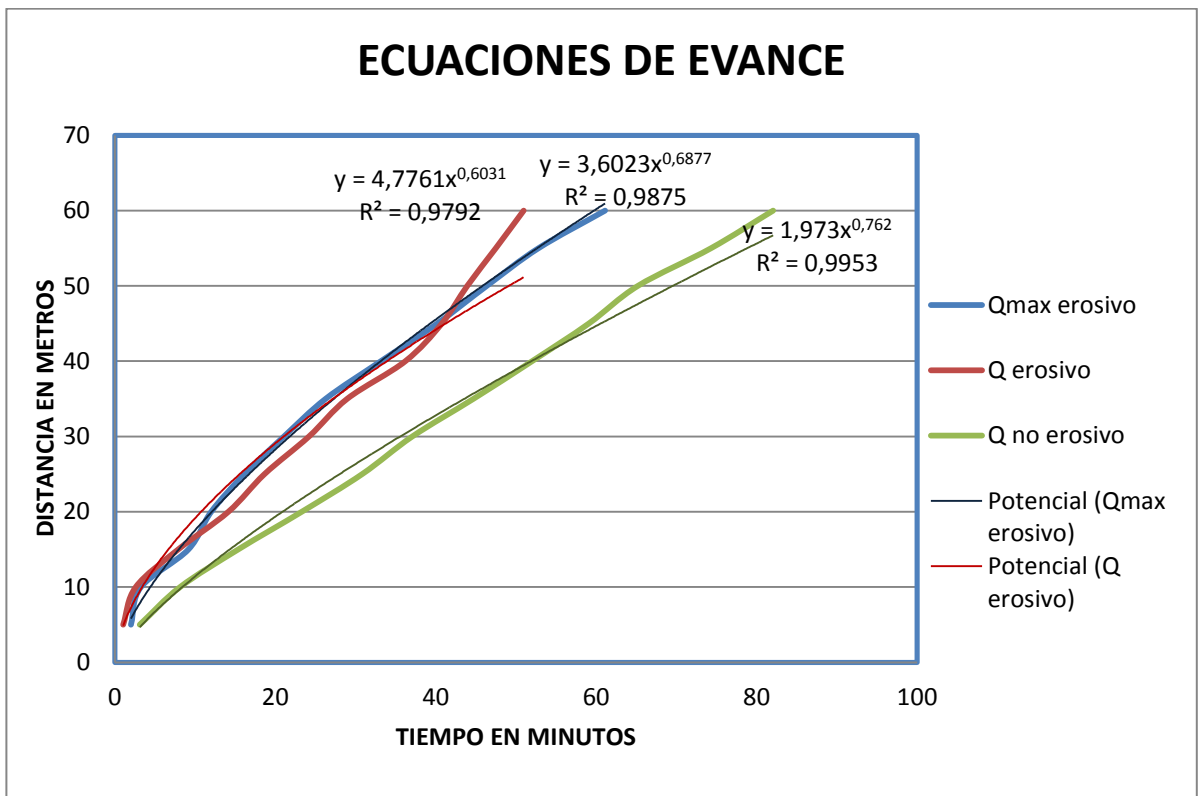
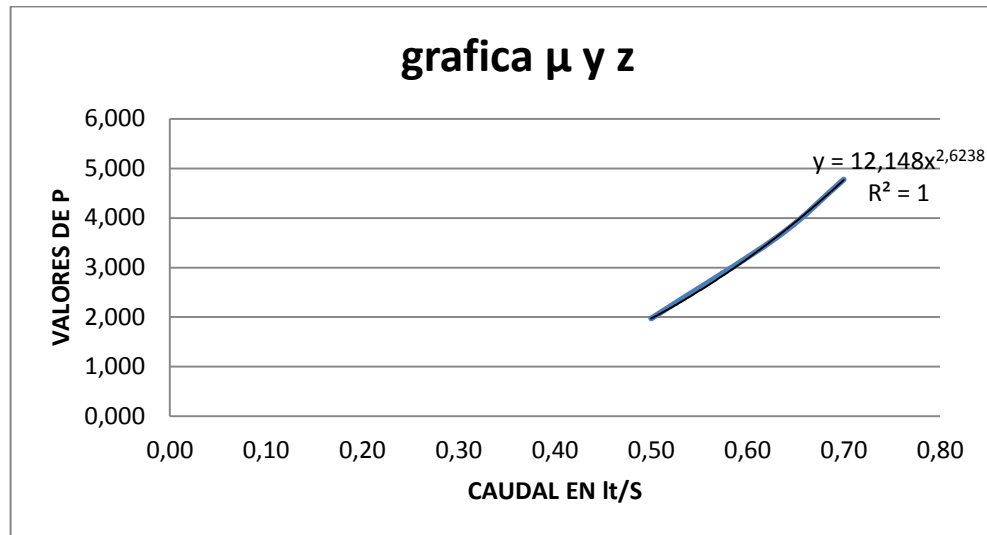


Tabla 16. Valores de q, P y r.

Q	P	r
0,50	1,973	0,762
0,63	3,602	0,688
0,70	4,776	0,603
r promedio=		0,68433333

FIGURA 20. Valores de P para ecuación de avance.



$$P = \mu * q^z$$

Ecuación general de avance.

$$X = \mu * q^z * t^{r \text{ promedio}}$$

$$X = 12,148 * q^{2,62} * t^{0,684}$$

6.3.3 Requerimiento hídrico para sistemas de riego por superficie utilizando surcos.

6.3.3.1 Perímetro.

$$P = (0,0265 * (Q * n / (So^{0,5}))^{0,425}) + 0,227$$

Donde caudal Q= 0,4 lps

n de manning= 0,035 (Ver Anexo 10 para tierra ordinaria de superficie irregular.)

So= pendiente del terreno. 0,01.

$$P = \left(0,0265 * \frac{0,4 * 0,035}{0,01^{0,5}} \right)^{0,425} + 0,227 = 0,342 \text{ m}$$

$$P = 0,342$$

6.3.3.2 Infiltración acumulada ajustada.

$$Iacum = \frac{A * P}{w} * t^B$$

$$Iacum = \frac{0,847 * 0,342}{0,6} * t^{0,583}$$

6.3.3.3 Lamina neta.

$$LN = \frac{C, C - P, M, P}{100} * Da * PRe * NA$$

CC=21,12

PMP=11,31

Pe= 500 mm

Da=1,53

Na= 0,5

$$LN = \frac{21,12 - 11,31}{100} * 1,53 * 500 * 0,5 = 37,52 \text{ mm}$$

6.3.3.4 Tiempo 1 (t1). Tiempo que demora en llegar al final del surco.

$$T_1 = \left(\frac{L}{p} \right)^{\frac{1}{r}}$$

L = longitud del surco

P = Coeficiente de la función de avance

r = Exponente de la función de avance.

$$t1 = \left(\frac{120}{3,602} \right)^{1/0,684} = 167,86 \text{ min}$$

6.3.3.5 Tiempo 2 (t2). Tiempo que demora en absorber la lámina neta.

$$t_2 = \left(\frac{Ln * w}{A * P} \right)^{\frac{1}{b}}$$

Dónde:

Ln = Lamina neta

w = espaciamiento entre surcos

A = coeficiente de la función de infiltración

P = Perímetro húmedo surco

$$t_2 = \left(\frac{3,75 - 0,6}{0,847 * 0,342} \right)^{\frac{1}{0,526}}$$

6.3.3.6 Tiempo de avance (tav).

$$tav = \frac{1/p^{1/r} * x^{1/r}}{\frac{1}{r+1}}$$

$$tav = \frac{1/3,602^{1/0,684} * 60^{1/0,684}}{\frac{1}{0,684+1}} = 102,68 \text{ min}$$

6.3.3.7 Tiempo de contacto (tc).

$$tc = (t_1 + t_2) - tav$$

$$tc = (167,86 + 45,89) - 102,68 = 111,06 \text{ min}$$

6.3.3.8 Lamina de infiltración (dl).

$$dl = A * tc^p * \frac{w}{B}$$

$$dl = 0,847 * 111,06^{0,342} * \frac{0,6}{0,536} = 6,03 \text{ cm}$$

6.3.3.9 Lamina bruta (Lb).

$$Lb = \frac{(t_1 + t_2) * Q}{w * L}$$

$$Lb = \frac{(167,86 \text{ min} + 45,89 \text{ min}) * 0,4 \text{ lt/s}}{0,6 \text{ m} * 120 \text{ m}} = 71,25 \text{ mm}$$

6.3.3.11 Lamina por percolación (Lp).

$$Lp = dl - Ln$$

$$L_p = 60,27\text{mm} - 37,52\text{mm} = 22,74\text{mm}$$

6.3.3.12. Perdidas por percolación (%).

$$\%Per = \frac{L_p}{L_b} * 100$$

$$\%Per = \frac{22,74}{71,25} * 100 = 31,9 \%$$

6.3.3.12 Lamina por escorrentía (Ls).

$$L_s = L_b - dl$$

$$L_s = 71,25\text{mm} - 60,27\text{mm} = 10,98\text{mm}$$

6.3.3.13 Perdidas por escorrentía (%).

$$\%Esc = \frac{L_s}{L_b} * 100$$

$$\%Esc = \frac{10,98}{71,25} * 100 = 15,41\%$$

6.3.3.14 Eficiencia de riego.

$$\%Ef = \frac{L_n}{L_b} * 100$$

$$\%Ef = \frac{37,52}{71,5} * 100 = 52,66 \%$$

6.3.3.15 Frecuencia de riego.

$$FR = \frac{L_n}{U_c}$$

$$FR = \frac{37,52\text{mm}}{8,34\text{mm}/\text{dia}} = 4,5 \text{ dias}$$

6.3.3.16 Numero de surcos a regar simultáneamente (Nfs).

$$Nfs = \frac{Q_d}{Q_o}$$

$$Nfs = \frac{55,85 \text{ lt}}{0,63\text{lt}} = 88,65 \cong 89 \text{ surcos}$$

FIGURA 21. Grafico perdidas Vs caudal.

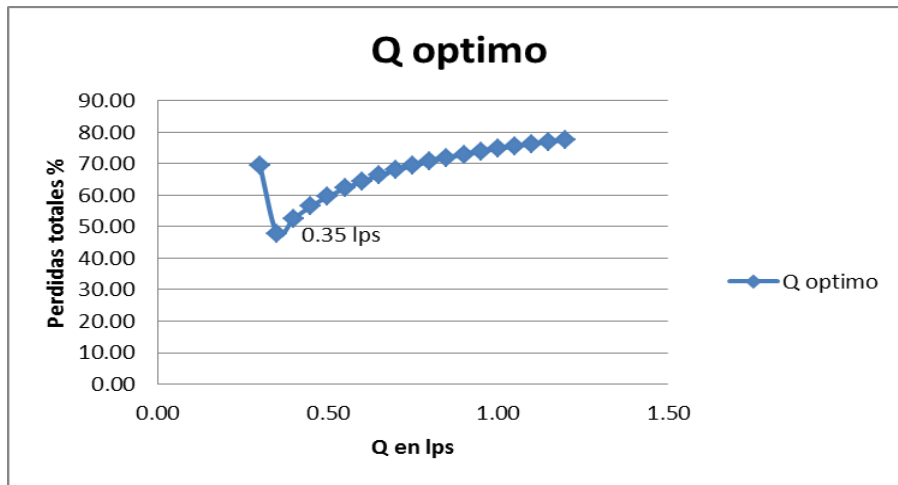
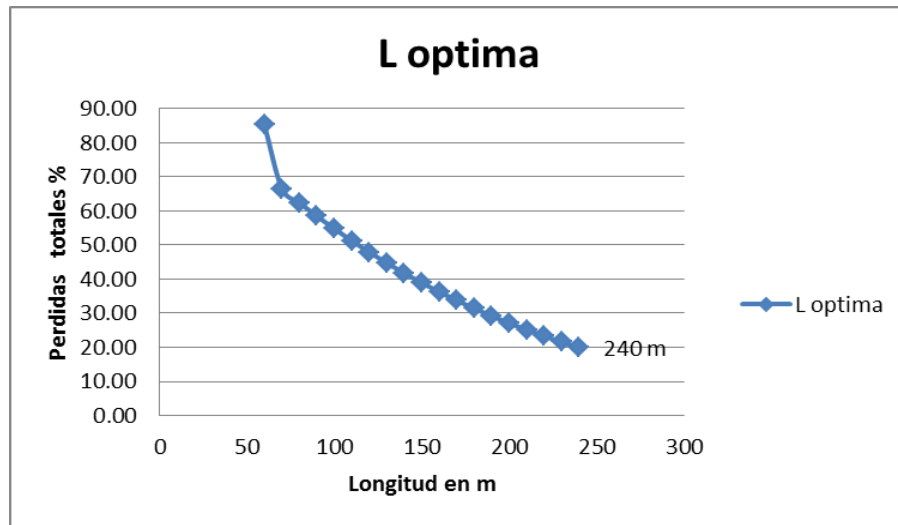


FIGURA 22. Grafico pérdidas totales Vs longitud.



Según las gráficas, el caudal óptimo es de 0,35 lps y la longitud óptima de surco es de 240m, pero se utilizarán los datos obtenidos por los cálculos para el diseño, ya que se adaptan más a las condiciones del terreno, y la eficiencia de riego es permisible para este tipo de sistema de riego. (Ver anexo 13. Plano # 5).

6.3.4 Características para el trazado y diseño de surcos.

Qmax (l/s)	S (%)	T1 (min)	T2 (min)	Tt (min)	Ln (mm)	Lb (mm)	FR (días)	% P per	% P esc	Ea (%)
0.63	1	167,86	45,89	213,75	37,52	71,25	4,5	31,9	15,41	52,66
Caudal recomendado	0,4 l/s									

Utilizando el software H-canales versión 2.0 (licencia gratuita), desarrollado en el departamento de Ingeniería agrícola en el instituto tecnológico de Costarica, se desarrolla un diseño tipo para la sección transversal de los canales.


FIGURA 23. Diseño tipo de sección transversal del canal de riego.

Lugar:

Tramo:

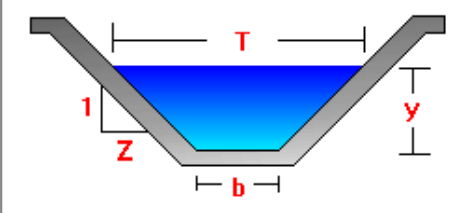
Proyecto:

Revestimiento:


[Calculadora](#)


Datos:


Caudal (Q):	<input type="text" value="0.0004"/>	m3/s	
Ancho de solera (b):	<input type="text" value=".10"/>	m	
Talud (Z):	<input type="text" value="1"/>		
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.035"/>		
Pendiente (S):	<input type="text" value=".01"/>	m/m	





Resultados:

Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.0194"/>	m	Perímetro (p):	<input type="text" value="0.1547"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0023"/>	m2	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0149"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.1387"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="0.1732"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.4286"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="0.0209"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>				


Ejecutar

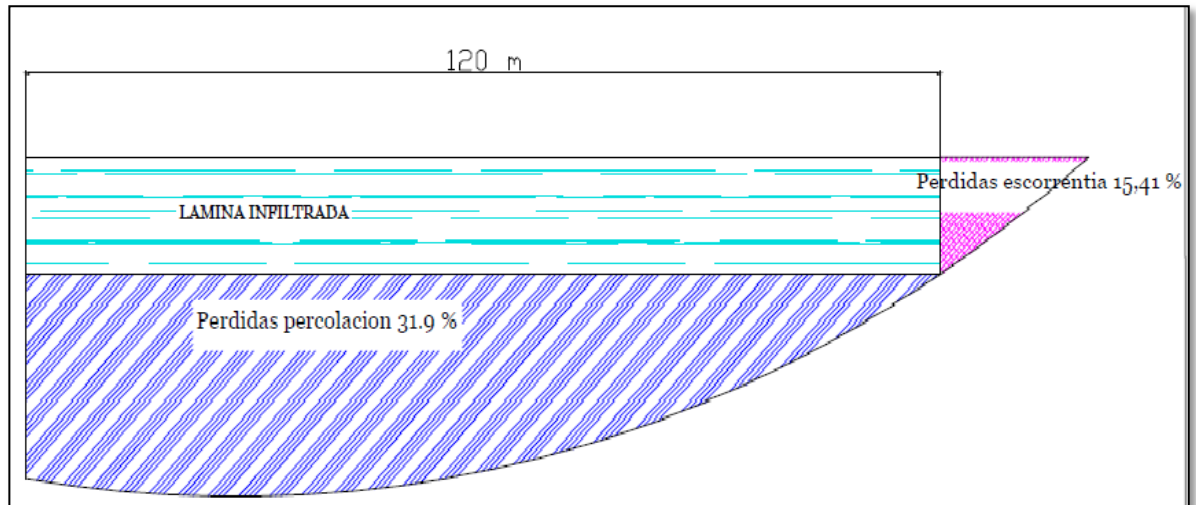

Limpiar Pantalla


Imprimir


Menú Principal

Ingresar el nombre del Proyecto

FIGURA 24. Perfil de humedecimiento del suelo.



6.3.5 Estructuras hidráulicas de control.

Se implementaran algunas estructuras hidráulicas como lo son un aforador Parshall en el canal de entrada a los potreros para garantizar el caudal requerido para el riego, y algunas compuertas de control, para manejar la distribución del agua en los canales adecuados, el tiempo requerido.

6.3.5.1 Aforador Parshall.

En el Anexo 11 se exponen las medidas estandar de capacidad dependiendo de su ancho de garganta "W" para aforadores Parshall, en metros, para el caso del aforador a implementar en este caso, se tiene en cuenta el ancho del canal principal que es de 0,5 metros.

En la siguiente tabla se encuentran las medidas del aforador que se va a utilizar, con un $W=0,4572$ metros.

W	A	a	B	C	D	E	T	G	K	M	N	P	R	X	Y
0,457 2	1,44 8	0,96 5	1,41 9	0,76 2	1,02 6	0,91 4	0,61 0	0,91 4	0,07 6	0,38 1	0,29 9	1,67 6	0,50 8	0,05 1	0,07 6

El espesor de las paredes del aforador será de 15 cm.

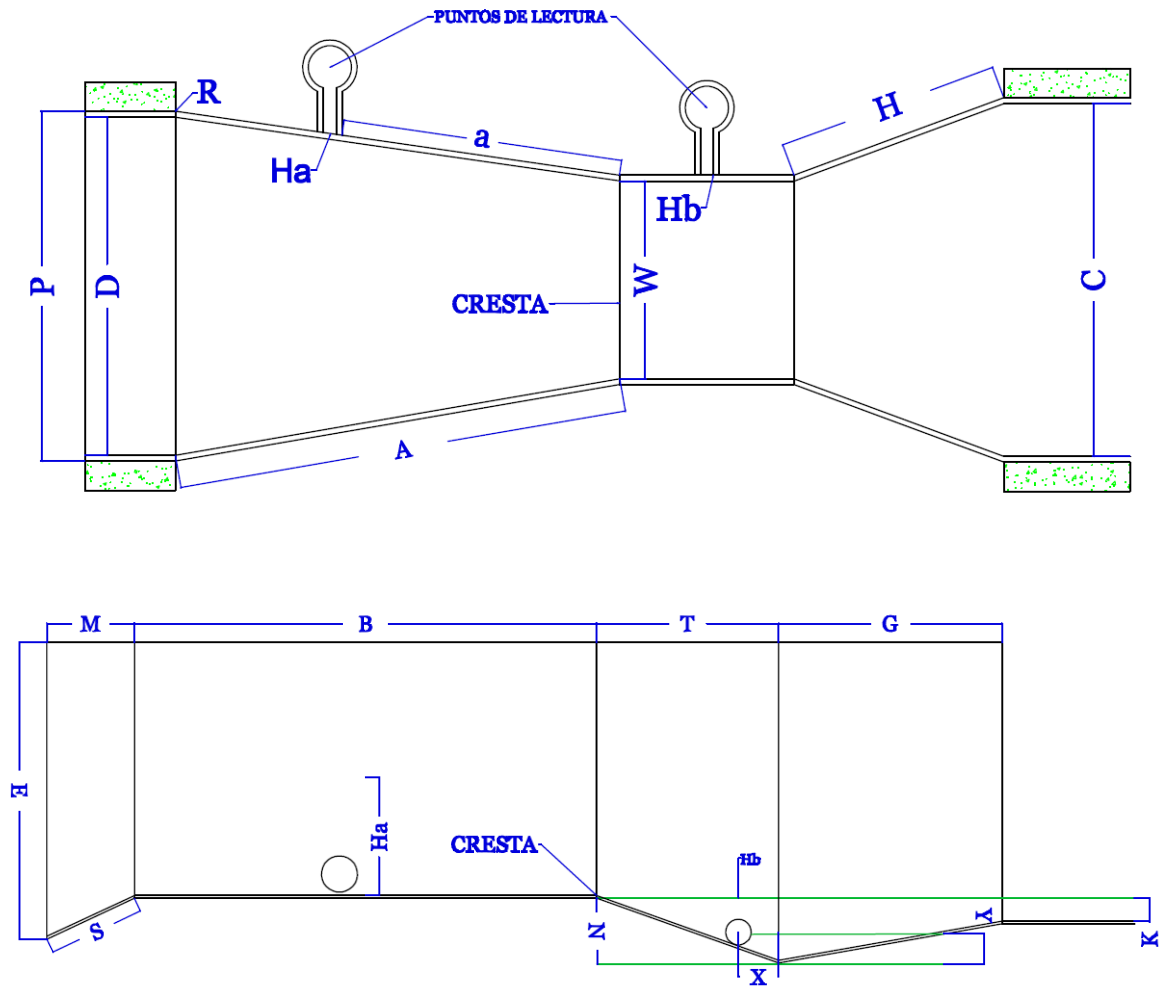


FIGURA 25. Canaleta Parshall, tomado de Vente Chow.1995.

Nomenclatura:

- W= Ancho de la garganta
- A= Longitud de las paredes de la sección convergente
- a=U ubicación del punto de medición Ha
- E= Longitud de la sección convergente
- C= Ancho de la salida
- D=Ancho de la entrada de la sección convergente
- E=Profundidad total
- T=Longitud de la garganta
- G=Longitud de la sección divergente

H=Longitud de las paredes de la sección
K=Diferencia de elevación entre la salida y la
M=Longitud de la transición de entrada
N=Profundidad de la cubeta
P=Ancho de la entrada de la transición
R=Radio de curvatura
X=Abscisa del punto de medición Hb.
Y=Ordenada del punto de medición

Si el caudal es de 0.55 lps.

$$Q = 3.07 Ha^{1.53}$$

$$Ha = \frac{Q}{3.07}^{\frac{1}{1.53}} = 0,3250.$$

$$\frac{Ha}{Hb} = 0,6 \rightarrow Hb = 0,195$$

Donde Ha y Hb son las medidas que se deben observar en los pozos para tener el caudal adecuado.

$$Ha = 0,3250 \text{ ft} = 9,90 \text{ cm}$$

$$Hb = 0,195 \text{ ft} = 5,94 \text{ cm}$$

CONCLUSIONES

- Establecer los sistemas de riego propuestos en este proyecto, sería de gran beneficio, para habilitar estos terrenos para la producción en masa de alimentos para los bovinos residentes en la Hacienda la Pradera.
- Con el cultivo de las 6.8 hectáreas de pasto de corte, implementando riego por superficie, se aumentara en 476 toneladas de materia seca el alimento para el ganado de lechería, y con el cultivo de Toledo y Tanzania en las mangas, que hacen una área de 6,3 hectáreas, se aumenta aproximadamente en 300 toneladas el alimento dispuesto para pastoreo de las razas puras de ganado en la hacienda.
- Realizar la ampliación del lago principal es fundamental para compensar el nuevo gasto hídrico que se dará con el uso de los sistemas de riego. La capacidad inicial era de aproximadamente 50.000 m³, y se aumentó en 2850 m³, aunque no es muy significativa la ampliación, se logró realizar un trabajo a muy bajo costo para la empresa.
- La ubicación de la hacienda la pradera no permite tener una fuente de agua por gravedad, que mantenga el caudal suficiente para las necesidades hídricas de las distintas actividades, por eso el uso del sistema de bombeo para satisfacer estas insuficiencias. Por este motivo con el fin de disminuir gastos, realizar riego tecnificado es la mejor opción para hacer uso racional del agua.
- El precio de cincuenta millones setecientos doce mil pesos (50.712.000), que es el valor de la construcción del sistema de riego por aspersión, es un precio que solo incluye la excavación y la mano de obra calificada, ya que la mano de obra no calificada se puede sustentar con la mano de obra existente dentro de la nómina de la empresa, por esta razón no aumentaría el costo del proyecto, y el tiempo de recuperación de la inversión disminuiría.

RECOMENDACIONES.

- Realizar mantenimiento a los canales que conducen agua a los potreros que implementaran riego por surcos.
- Ceñirse a la programación de riego expuesta en el proyecto para permitirá un operario, saber en qué momento habilitar un sector de riego.
- Brindar la protección necesaria a las estructura hidráulicas con el fin de evitar daños causados por los animales.
- Seguir las instrucciones del manejo de los componentes de los sistemas de riego, que se relacionan en el proyecto.

BIBLIOGRAFIA.

- **Saldarriaga V. Juan.**1998. HIDRAULICA DE TUBERIAS. Mc Graw Hill. 477, 478 Pág.
- **Aten Michiel/ Willet Has.**2000. DISEÑO DE PEQUEÑOS SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSION EN LADERA. Cajamarca. 22 Pág.
- **Salazar Barragan Royer Ricardo.** 2008. Diseño, Construcción y Evaluación del Riego por Aspersión en Semilleros de Tabaco, en los Municipios de Rivera, Campoalegre y Garzón Dpto. del Huila. Tesis. Ingeniería Agrícola, Universidad Surcolombiana, Neiva – Huila.
- **Jaramillo B. Javier.**2008. Curso: Riego y Drenaje. Palmira – Valle. 127 Pág.
- **TORRENTE T. ARMANDO.** Riego por Surcos. Universidad Surcolombiana. Neiva, Febrero 1999.
- **VEN TE CHOW.** Hidráulica de canales Abiertos. Mc Graw Hill.1995.
- **ORSON W, ISRAELSEN.** 1975 Principios y aplicaciones del riego. 10 Pág.
- **LUIS A, Gurovich.**1985 Fundamentos y diseño de sistemas de riego. San José, Costa Rica. 14 Pág.
- Definición riego por superficie (consultado el 8 de agosto de 2010). Disponible en:
http://www.elriego.com/informa_te/riego_agricola/fundamentos_riego/riego_superficie.htm
- Riego por surcos (consultado del 8 de agosto de 2010). Disponible en:
http://www.agrobit.com/Info_tecnica/agricultura/Riego/AG_000009ri.htm
- Eficiencia de riego (consultado el 25 de octubre del 2010). Disponible en:
http://abest.secyt.gov.ar/SECYT/spanish/ina/ina_07e.htm.
- Riego por aspersión (consultado el 25 de octubre de 2010). Disponible en:
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ea/Riego_aspersi%C3%B3n_pivot_central.PNG.

- Historia Fondo Ganadero Del Huila (consultado el 29 de octubre de 2010). Disponible en: <http://fondoganaderodelhuila.com/home.html>.
- RIVERA TOLEDO JHON FREDY. 2009. Tecnificación del riego superficial mediante la implementación de surcos en curvas a nivel para el cultivo de tabaco. Investigación y desarrollo U.A.G. Rivera.

ANEXOS

Anexo. 1 Análisis físico de los suelos.



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

NIT. 891.180.084-2

LABORATORIO DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERIA

PRUEBAS FÍSICAS DE SUELOS

Solicitante: Jhon Eder Orozco.

Finca: Fondo de ganaderos

Municipio: Neiva

Fecha: 27 de Julio del 2010

Departamento: Huila

Código No. Laboratorio	Horizonte Prof. (cm) PxAB2	Fracción mineral (%)	Textura	Densidad Real (g/cm ³)	Densidad aparente (g/cm ³)	Humedad (%)	
						CC _{0.03 MPa}	PMP _{1.6 MPa}
Mangas	M1 (0 – 30)	A: L: Ar:	Arenoso Franco	2.13	1.39	21.33	11.49

A arena, L limo, Ar arcilla.

Métodos de laboratorio utilizados:

Textura: Suministrada por el solicitante

Humedad del suelo: Secado en estufa a 105°C por 24 horas

Densidad aparente: Terrón Parafinado

Densidad real: Picnómetro

Retención de Humedad: Platos de Richards.

EDINSON MUJICA RODRIGUEZ

Ingeniero Agrícola

Analista físico Laboratorio de Suelos – LABSUS

Universidad Surcolombiana



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

NIT. 891.180.084-2

LABORATORIO DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERIA

PRUEBAS FÍSICAS DE SUELOS

Solicitante: Jhon Eder Orozco.

Finca: Fondo de ganaderos

Municipio: Neiva

Fecha: 27 de Julio del 2010

Departamento: Huila

Código No. Laboratorio	Horizonte Prof. (cm) PxAB2	Fracción mineral (%)	Textura	Densidad Real (g/cm ³)	Densidad aparente (g/cm ³)	Humedad (%)	
						CC _{0,03 MPa}	PMP _{1,5 MPa}
Potreros 17 - 18	M1 (0 - 30)	A:	Franco Arenoso	2.21	1.53	21.12	11.31
		L:					
		Ar:					

A arena, L limo, Ar arcilla.

Métodos de laboratorio utilizados:

Textura: Suministrada por el solicitante

Humedad del suelo: Secado en estufa a 105°C por 24 horas

Densidad aparente: Terrón Parafinado

Densidad real: Picnómetro

Retención de Humedad: Platos de Richards.

EDINSON MUJICA RODRIGUEZ

Ingeniero Agrícola

Analista físico Laboratorio de Suelos – LABSUS

Universidad Surcolombiana



LABORATORIO DE SUELOS Y PLANTAS
Carrera 64B No. 75 - 33. Teléfonos 257 23 79

CODIGO : S 95 54
NOMBRE : FONDO GANADERO DEL HULA S.A
FECHA : NOVIEMBRE 6 DEL 2008

MUNICIPIO : HUILA
MUESTRA : LOTES 1-2-3

ANALISIS DE SUELOS

LOTE		UNIDADES
Textura	F A	
Arena	56.00	%
Limo	18.00	%
Arcilla	26.00	%
Materia orgánica	2.10	%
Nitrógeno	0.11	%
Saturación	76.00	%
Ph	6.14	
Cond. Electrica	0.7	m.MOHS
Aluminio	0.12	Meq/100
Potasio	0.19	Meq/100
Magnesio	2.68	Meq/100
Calcio	1.12	Meq/100
Sodio	0.05	Meq/100
C I C	4016	Meq/100
N- Amoniacal	3015	p.p.m.
N- NiTrico	6.34	p.p.m.
Fosforo	9.32	p.p.m.
Azufre	38.25	p.p.m.
Hierro	138.27	p.p.m.
Cobre	0.85	p.p.m.
Boro	0.02	p.p.m.
Manganeso	54.43	p.p.m.
Zinc	7.11	

Gloria Cardona
GLORIA CARDONA
DIRECTORA TECNICA LABORATORIO

Jody
24-10-08
4:30 PM



LABORATORIO DE SUELOS Y PLANTAS
Carrera 64B No. 75 - 33. Teléfonos 257 23 79

CODIGO : S 95 53
NOMBRE : FONDO GANADERO DEL HULA S.A
FECHA : NOVIEMBRE 6 DEL 2008

MUNICIPIO : HUILA
MUESTRA : POTREROS 21 CITRICOS

MAN 6

ANALISIS DE SUELOS

Le Potrero

LOTE		UNIDADES
Textura	F-A	
Arena	62.00	%
Limo	29.00	%
Arcilla	9.00	%
Materia orgánica	2.6	%
Nitrógeno	0.13	%
Saturación	75.00	%
Ph	6.01	
Cond. Eléctrica	0.5	m.MOHS
Aluminio	0.11	Meq/100
Potasio	0.24	Meq/100
Magnesio	1.59	Meq/100
Calcio	1.60	Meq/100
Sodio	0.30	Meq/100
C I C	3.84	Meq/100
N Amoniacal	10.61	p.p.m.
N NiTrico	8.21	p.p.m.
Fosforo	6.53	p.p.m.
Azufre	35.20	p.p.m.
Hierro	142.33	p.p.m.
Cobre	1.02	p.p.m.
Boro	0.06	p.p.m.
Manganeso	41.66	p.p.m.
Zinc	5.26	

Gloria
GLORIA CARDONA
DIRECTORA TECNICA LABORATORIO

Jdy
24-11-08
11:30 am



Marquez Asociados y Compañía

Calle 79F No. 70-16 Bogotá, D.C.
Teléfono: 2231999
Telefax: 2234087
email: agrilab@erb.net.co

ANÁLISIS CONVENCIONAL DE SUELOS

CULTIVO: NO ESPECIFICADO

Remitente: Hacienda La Pradera - Fecha de Recepción: 05/11/2008

10-15 - 1cm.

No. Laboratorio	Identif	Atorno	Elmco	Aralla	Sampla	pH	Catión (M/m)	Salinidad (m/100g)	Capac (m/100g)	S-100	10-15	17
76528	Alto	70	18	12	Fr-A	5,91	0,31	N.A.	6,76	1,13	20	13
76529	Bajo	34	40	26	Fr	5,78	0,28	N.A.	10	0,96	17	17

Métodos: Textura Bouyoucos; pH Pasta saturación; C. Eléctrica Extracto saturación; C.I.C.E. Suma de Cationes; Carcano Org. Walkley-Black; N-NH4 NaCl; N-NO3 AcONa; P Bray II; S, B Fosfato monocalcico; K, Ca, Mg, Na AcONH4; Fe, Mn, Cu, Zn Mehlich. Observaciones: N.A. No aplica

Atentamente,

Bogotá, D.C., 18/11/2008

MYRIAM BENDECK LUGO
Química Director Técnico PQ-1168

Página 1 de 3

ASTRID MABEL ROBLES T.
Química Coordinadora de Área PQ. 2023

CIENCIA Y TECNOLOGÍA AL SERVICIO DEL SECTOR AGRÍCOLA

Anexo. 2 Información climatológica, Estación los Rosales Campoalegre.

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)
EN 24 HORAS

SISTEMA DE INFORMACION
NACIONAL AMBIENTAL

ESTACION : 2110505

FECHA DE PROCESO: 2010/07/01
ROSALES LOS

LATITUD 0236 N
INSTALACION 1973-DIC
LONGITUD 7525 W
ELEVACION 0553 m,s,n,m

TIPO EST CP
ENTIDAD 01 IDEAM
REGIONAL 04 HUILA-CAQUET

DEPTO HUILA
MUNICIPIO CAMPOALEGRE
CORRIENTE NEIVA

FECHA-
FECHA-SUSPENSION

A#O	EST	ENT	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1989	2	1	50	38,6	62	13,4-3	14,0-1	9,5	31,3-3	4,7	30,5-3	26,1	64,7	*	64,7-3
1990	2	1	63,8-1	44,9-3	28,9 1	31,5	17,5	17,5-1	9,4	7,9	5,3	67,9	30,8-1	77,6-1	77,6-3
1991	2	1	34,2	68,9-3	84,6	34,5-3	79,1	5,6	3,6-1	7,4-1	39,2	8,2-1	*	35,0-1	84,6-3
1992	2	1	43,7	13,5	20,6	12,4	23,2	2,6-1	4,2-1	25,6	21,4	3,0-3	77	60,2	77,0-3
1993	2	1	49,2-1	59,5	63,3	64,7-3	20,8	6,1-1	11,7	5	46	42,7	53,6-1	31,0-3	64,7-3
1994	2	1	52	48,0-3	68,5	33,6	39,5	9,9	15,4	2,9	59	45	45	49,9-3	68,5-3
1995	2	1	7,8	29,3	33,2	36,3	12,5	61	19,8	11,9	10,4	79,9	34,7	70,8	79,9
1996	2	1	32,5	11,2	77	49,9	31,9	26,2	6,2	7,8	12	36,7	28	70,3	77
1997	2	1	80,7	22,4	93	55	18,2	14,6	2,4	0,8	1,2	41	76,8	55,3	93
1998	2	1	34	3,5	127,1	7,2	71,3	7,6	24,5	10	4,4	26,4	66,7	55,5	127,1
1999	2	1	89	82,8	56,2	26,2	55	7,5	7,1	1,7	29,5	36,9	42,1	50,7	89
2000	2	1	74,9	54,4	36,7	57,1	17	10,4	7	6,4	70,9	49,7	21,9	30	74,9
2001	2	1	36,5	54,6	22,1	38,5	18,7	3,7	2,4	7,4	53,4	53,4	65,2	22,6	65,2
2002	2	1	21,5	43,7	17	98,4	41,5	15,2	13,1	42	8	76,9	23,9	18,4	98,4
2003	2	1	45,3	18,1	35	77,5	7,9	6,5	1,8	3,2	15,9	57	51,4	94	94
2004	2	1	39,1	34,8	7,3	41,2	13,9	5,4	34,8	5,8	4,4	63	67,2	39	67,2
2005	2	1	14	74,5	73,8	35,7	10,6	5,5	3,6	69,3	26,2	50	98,9	103,6	103,6
2006	2	1	33,8	28,8	56,8	61	31,2	38,2	22,6	4	8,3	45,6	48,6	70	70
2007	2	1	25	61,7	60	59,5	19,6	6,3	68	15,4	5,4	55,3	39,4	77,2	77,2
2008	2	1	25	46,5	85,8	29,5	41,8	6	7	5,2	12,9	39,8	52,1	29	85,8
2009	1	1	28,0	69,8	48,3	51,8	32,8	7,1	9,7	7,8	5,6	31,1	40,2	31,0	69,8
MEDIOS			41,9	43,3	55,1	43,6	29,4	13	14,6	11,8	20,2	44,6	51,4	53,6	35,2
MAXIMOS			89	82,8	127,1	98,4	79,1	61	68	69,3	70,9	79,9	98,9	103,6	127,1
MINIMOS			7,8	3,5	7,3	7,2	7,9	2,6	1,8	0,8	1,2	3	21,9	18,4	0,8

D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE EVAPORACIÓN (mms)
EN 24 HORAS

SISTEMA DE INFORMACION
NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO: 2010/07/01
ROSALES LOS

ESTACION: 2110505

A#O	EST	ENT	TIPO EST CP												FECHA-SUSPENSION
			ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	
1989	2	1	131,5-3	115,0-3	159,5	*	*	*	*	*	122,2-3	182,8-3	96,9	*	807,9-3
1990	2	1	129,8-3	100,6-3	*	148,3	159,1	157,7-3	190,8-3	207,3	*	128,9	107,7-3	130,1-3	1460,3-3
1991	1	1	115,7-3	100,8-3	130,0-3	138,7	*	138,6	190,9	*	149,3-3	*	125,3-3	1089,3-3	
1992	2	1	135,9-3	134,8	*	124,3-3	*	148,8-3	199,5	195,7	199,3-3	177,3-3	141,9	*	1457,5-3
1993	2	1	117,8-3	130	112,7-3	137	132	129,1-3	*	177,5-3	211,3-3	115,7	93,0-3	101,0-3	1457,1-3
1994	1	1	129,4-3	103,1	110,9-3	120,7-3	131,1-3	*	165,9-3	184,2-3	141,0-3	132,3	100,2	121,4	1440,2-3
1995	2	1	138,4-3	*	141,4	*	147,7-3	139,4	*	*	194,2-3	156,4	*	118,2	1035,7-3
1996	1	1	133,6	103,6	118,7-3	126,4-3	139,2-3	132,2-3	171,6-3	212,9-3	213,4	144,6-3	139,3		1635,5-3
1997	1	1	94,4-3	137,5	173,3	133,5-3	184,3-3	154,6	194,8-3	231,1-3	201,1-3	175,2-3	151,3	159,6-3	1990,7-3
1998	1	1	192,9	160,3-3	157,6	109,1	146,7	154,5	179,1	187,9-3	203,4		76,1	105,3	1672,9-3
1999	1	1	100,3-3	*	114,6-3	128	128,4-3	135,6	204,3	251,8	158,3	148,0-3	115,0 3	96,7-3	1581,0-3
2000	1	1	125,5	101,6	92,1	107,6	125	153,6	203,3	211,4	156,7	173	131,9	138,8	1720,5
2001	1	1	181,7	177,4	149,4	149,6	144,2	200,5-3	213,5	258,6	198,6	203,3	108,1	105,7	2090,6-3
2002	1	1	158,2	137	148,2	125,9	106	142	167	195	181,8	169,6	130,8	148,2	1809,7
2003	1	1	159,3	132,2	139,9	106,9	143,7	154,2	225	241,4	190,8	139,8	114,4	98,4	1846
2004	1	1	137,7	148,3	161,3	108,9	139,3	175,4	173,3	223,4	197,8-3	148,6	102,7	99,9	1816,6-3
2005	1	1	135,3	112,3	104,6	124,6	130,9	162,1	220,2	193,7	184	125,6	114,2	102,1	1709,6
2006	1	1	102,1	108,8	95,8	91,1	157,2	157,3	160,2	193,6	190,3	138,4	*	89,9	1484,7-3
2007	1	1	142,6	148,1	121,6	109,2	117,1	125,9	171,2	151,9	175,3	142,9	91	88,9	1585,7
2008	1	1	127,7	100,5	94,2	111,5	104,9	106,7	159,3	168,6	163	102,1	95,3	98,9	1432,7
2009	1	1	113,3	105,5	82,5	81,6	99,2	125,9-3	168	180,1	184,7	156,4	108,5	141,1	1546,8-3
MEDIOS			133,5	124,1	126,8	120,2	135,3	147,1	186,3	203	182,5	150,5	112,1	115	1736,2
MAXIMOS			192,9	177,4	173,3	149,6	184,3	200,5	225	258,6	213,4	203,3	151,3	159,6	258,6
MINIMOS			94,4	100,5	82,5	81,6	99,2	106,7	159,3	151,9	122,2	102,1	76,1	88,9	76,1

ID E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

VALORES MEDIOS(V) MENSUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)
EN 24 HORAS

SISTEMA DE INFORMACION
NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO: 2010/07/01
ROSALES LOS

ESTACION: 2110505

LATITUD 0236 N
INSTALACION 1973-DIC
LONGITUD 7525 W
ELEVACION 0553 m,s,n,m

TIPO EST CP
ENTIDAD 01 IDEAM
REGIONAL 04 HUILA-CAQUET
DEPTO HUILA
MUNICIPIO CAMPOALEGRE
CORRIENTE NEIVA

FECHA-
FECHA-SUSPENSION

A#O	EST	ENT	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1989	1	1	N ,3	W ,2	SW ,6	NE 1,1	N 2,7	N 1,7	N 3,0	N 4,0	N 2,0	N ,9	W ,2		
1990	1	1		SW,1	SW 1,2	SW ,8	SW 2,5		SW 3,3		SW 1,8	E ,1		SW ,9	
1991	1	1	N ,4												
1994	1	1								SW 4,9			SW ,5	E ,3	
1995	1	1	SW ,8	S ,2	SW ,2	SW 1,0	SW 1,7	SW 2,3	SW 2,3	SW 2,9	SW 2,8	SW ,5	NE ,2	NE ,2	
1996	1	1	NE ,2	SW,6	E ,1	SW ,8	SW 2,0		SW 4,0	SW 3,3	SW 3,1	N ,2	E ,3	SW ,5	
1997	1	1	NE ,6	SW 1,1	E ,1	SW 1,3	SW 2,9	SW 1,2	SW 4,7	SW 4,3	SW 1,8	SW ,7	SW 1,1	SW ,4	
1998	1	1	SW ,9	SW ,8	SW 1,1				SW 3,7	SW 2,5	SW 1,7	SW 1,1	NE ,4	E ,3	
1999	1	1		SE ,1	S ,4	SW 1,2	SW ,8		SW 3,7	SW 4,2				NE ,5	
2000	1	1	NE ,5	SW ,1	SE ,1	SW ,8	SW 1,0	SW 1,2	SW 2,4	SW 3,0	SW ,8	SW 1,6	NE ,4	W ,2	
2001	1	1	W ,3	SW ,8			SW 1,3	SW 3,5	SW 2,8	SW 5,0	SW 1,7	SW 1,2	W ,2		
2002	1	1	SW ,4	SW ,3	SW ,7	SW ,9	SW 2,1	SW 2,9	SW 2,6	SW 3,5	SW 2,2	SW 1,4	SW 1,0	SW ,2	
2003	1	1	S ,2	SW 1,9					SW 3,0	SW 3,9	SW 4,6	SW 1,2			
2004	1	1		S ,2	SW ,7	NE 1,4	SW 1,2	N ,9		SW 3,7					
2005	1	1								SW 5,4					
2007	1	1												NE ,6	
2008	1	1	NE ,3	W ,0	SW ,1	S ,2	SW 1,1	SW 2,1	SW 2,6	SW 1,6	SW 2,1	SW ,3	NE ,4	NE ,4	
2009	1	1	SE ,1	NE ,0			SW 1,0	SW 2,3	SW 2,2	SW 2,3		SW ,8	NW ,2	SW ,1	
MAXIM	OS		SW ,9	SW 1,9	SW 1,2	NE 1,4	SW 2,9	SW 3,5	SW 4,7	SW 5,4	SW 4,6	SW 1,6	SW 1,1	SW ,9	SW 5,4
MINIM	OS		SE ,1	W ,0	E ,1	S ,2	SW ,8	N ,9	SW 2,2	SW 1,6	SW ,8	E ,1	W ,2	SW ,1	W

Anexo. 3 COEFICIENTE PROMEDIO Kc PARA ALGUNOS CULTIVOS.

CULTIVO	Kc	CULTIVO	Kc
Alfalfa	0,9	Frijol verde	0,75
Avena	0,80	Lenteja	0,79
Berenjena	0,82	Maíz dulce	0,88
Caña de azúcar	0,95	Maíz granja	0,83
Cebada	0,80	Papa	0,83
Cebolla verde	0,74	Pasto	1,00
Col	0,86	Pimiento	0,83
Espinaca	0,73	Rábano	0,73
Frijol seco	0,87	Trigo	0,80

Fuente: Aten Michiel y Willet Has. DISEÑO DE PEQUEÑOS SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSION EN LADERA. Cajamarca abril del 2000. Pág. 22.

Anexo. 4 Catalogo unidad de riego para aspersión (Pavco serie 70)



7025 RD – 1- 1" M
Ángulo de 25 grados para máximo alcance.
Boquilla sencilla para minimizar taponamientos.

		PRESIÓN DE TRABAJO						
		(bar)	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
		(PSI)	36.25	43.50	50.75	58.00	65.25	72.50
Boquilla No. 14 – (5.56mm)	Caudal	(L/s)	0.52	0.57	0.61	0.66	0.70	0.73
	Diámetro	0.5 m (m)	32.7	34.3	35.1	36.0	36.9	37.8
	Diámetro	2.0 m (m)	35.1	36.6	37.9	38.8	39.3	39.8
Boquilla No. 16 – (6.35mm)	Caudal	(L/s)	0.69	0.75	0.81	0.87	0.92	0.97
	Diámetro	0.5 m (m)	34.3	36.3	37.6	39.0	40.0	41.0
	Diámetro	2.0 m (m)	37.5	39.0	40.1	41.2	41.8	42.2
Boquilla No. 18 – (7.14mm)	Caudal	(L/s)	0.85	0.94	1.01	1.08	1.15	1.21
	Diámetro	0.5 m (m)	36.4	38.4	39.6	41.8	43.3	44.5
	Diámetro	2.0 m (m)	39.3	40.9	41.9	43.5	44.5	45.0
Boquilla No. 20 – (7.94mm)	Caudal	(L/s)	1.02	1.12	1.21	1.29	1.37	1.45
	Diámetro	0.5 m (m)	38.3	40.5	42.0	44.0	45.8	47.1
	Diámetro	2.0 m (m)	40.8	42.4	43.8	45.5	47.0	47.4
Boquilla No. 22 – (8.73mm)	Caudal	(L/s)	1.23	1.34	1.45	1.55	1.65	1.73
	Diámetro	0.5 m (m)	38.9	42.2	45.3	47.4	48.8	49.8
	Diámetro	2.0 m (m)	41.8	44.0	46.0	48.0	49.4	50.1
Boquilla No. 24 – (9.53mm)	Caudal	(L/s)	1.43	1.56	1.69	1.80	1.91	2.02
	Diámetro	0.5 m (m)	40.2	43.6	46.3	48.3	50.7	52.4
	Diámetro	2.0 m (m)	42.6	45.3	47.5	49.5	50.9	52.4

Anexo. 5 Selección de tubería.

TUBOSISTEMAS PRESION PAVCO AGUA FRIA



Tuberías Presión PAVCO (Agua Fría)

	Diámetro Nominal		Referencia	Peso	Diámetro Exterior Promedio		Espesor de Pared Mínimo	
	mm	pulg.			mm	pulg.	mm	pulg.
RDE 9 PVC Presión de Trabajo a 23°C: 500 PSI	21	1/2	0150202001	218	21.34	0.840	2.37	0.093
RDE 11 PVC Presión de Trabajo a 23°C: 400 PSI	26	3/4	0150302001	304	26.67	1.050	2.43	0.095
RDE 13.5 PVC Presión de Trabajo a 23°C: 315 PSI	21	1/2	0150202002	157	21.34	0.840	1.58	0.062
	33	1	0150402001	364	33.40	1.315	2.46	0.097
RDE 21 PVC Presión de Trabajo a 23°C: 200 PSI	26	3/4	0150302002	189	26.67	1.050	1.52	0.060
	33	1	0150402003	252	33.40	1.315	1.60	0.063
	42	1.1/4	0150502001	395	42.16	1.660	2.01	0.079
	48	1.1/2	0150602001	514	48.26	1.900	2.29	0.090
	60	2	0150702001	811	60.32	2.375	2.87	0.113
	73	2.1/2	0150802001	1185	73.03	2.875	3.48	0.137
	88	3	0150902001	1761	88.90	3.500	4.24	0.167
	114	4	0151002001	2904	114.30	4.500	5.44	0.214
RDE 26 PVC Presión de Trabajo a 23°C: 160 PSI	60	2	0150702003	655	60.32	2.375	2.31	0.091
	73	2.1/2	0150802003	964	73.03	2.875	2.79	0.110
	88	3	0150902004	1438	88.90	3.500	3.43	0.135
	114	4	0151002002	2376	114.30	4.500	4.39	0.173
RDE 32.5 PVC Presión de Trabajo a 23°C: 125 PSI	88	3	0150902005	1157	88.90	3.500	2.74	0.108
	114	4	0151002003	1904	114.30	4.500	2.51	0.138
RDE 41 PVC Presión de Trabajo a 23°C: 100 PSI	114	4	0151002004	1535	114.30	4.500	2.79	0.110

Para Tuberías de 6", 8", 10", 12", 14", 16", 18" y 20" de diámetro véase nuestro Manual Técnico Unión Platino. La longitud normal de los tramos es de 6mt. La Tubería no debe roscarse.

RDE 21 PVC Tipo 1, Grado 1

Presión de trabajo a 23°C: 200 psi - 1.38 MPa - 14.06 Kg/cm²

Diámetro Nominal	Referencia	Peso Aprox.	Diámetro Exterior Prom.		Espesor de Pared Mínimo	
			pulg.	mm	pulg.	mm
2	0210702001	0.81	60.32	2.375	2.87	0.113
2.1/2	0210802001	1.18	73.03	2.875	3.48	0.137
3	0210902001	1.76	88.90	3.500	4.24	0.167
4	0211002001	2.90	114.30	4.500	5.44	0.214
6	0211202001	6.31	168.28	6.625	8.03	0.316
8	0211302001	10.67	219.03	8.623	10.41	0.409
10	0211402001	16.63	273.05	10.750	12.98	0.511
12	0211502001	23.45	323.85	12.750	15.39	0.605
14	0221602001	28.14	355.60	14	16.92	0.666
16	0221802001	36.78	406.40	16	19.35	0.762
18	0221902001	46.53	457.20	18	21.77	0.857
20	0222002001	53.82	508.00	20	24.18	0.952

RDE 26 PVC Tipo 1, Grado 1

Presión de trabajo a 23°C: 160 psi - 1.10 MPa - 11.25 Kg/cm²

Diámetro Nominal	Referencia	Peso Aprox.	Diámetro Exterior Prom.		Espesor de Pared Mínimo	
			pulg.	mm	pulg.	mm
2	0210702002	0.655	60.32	2.375	2.31	0.091
2.1/2	0210802002	0.964	73.03	2.875	2.79	0.110
3	0210902002	1.438	88.90	3.500	3.43	0.135
4	0211002002	2.376	114.30	4.500	4.39	0.173
6	0211202002	5.148	168.28	6.625	6.48	0.255
8	0211302002	8.735	219.03	8.623	8.43	0.331
10	0211402002	13.666	273.05	10.750	10.49	0.412
12	0211502002	19.288	323.85	12.750	12.45	0.490
14	0221602002	22.65	355.60	14	13.67	0.538
16	0221802002	30.22	406.40	16	15.62	0.615
18	0221902002	38.03	457.20	18	17.58	0.692
20	0222002002	43.97	508.00	20	19.53	0.769

Tabla de Pérdida de Presión Tuberías Unión Platino RDE 21

ECUACION HAZEN WILLIAMS
C 150

Diámetro Nominal	pulg	2	2.1/2	3	4	6				
Diámetro Exterior	mm	60.32	73.03	88.90	114.30	168.28				
Espesor de Pared	mm	2.87	3.48	4.24	5.44	8.03				
Diámetro Interior	m	0.055	0.066	0.080	0.103	0.152				
CAUDAL l/s	Velocidad	hf	Velocidad	hf	Velocidad	hf	Velocidad	hf	Velocidad	hf
	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m	m/s	m/m
0.20	0.09	0.0002								
0.40	0.17	0.0007	0.12	0.0003						
0.60	0.26	0.0015	0.18	0.0006	0.12	0.0002				
0.80	0.34	0.0026	0.23	0.0010	0.16	0.0004				
1.00	0.43	0.0039	0.29	0.0015	0.20	0.0006	0.12	0.0002		
2.00	0.85	0.0142	0.58	0.0056	0.39	0.0021	0.24	0.0006		
3.00	1.28	0.0300	0.88	0.0118	0.59	0.0045	0.36	0.0013	0.16	0.0002
4.00	1.71	0.0511	1.17	0.0202	0.79	0.0077	0.48	0.0023	0.22	0.0003
5.00	2.14	0.0773	1.46	0.0305	0.98	0.0117	0.60	0.0034	0.27	0.0005
6.00	2.56	0.1084	1.75	0.0427	1.18	0.0164	0.71	0.0048	0.33	0.0007
7.00	2.99	0.1442	2.04	0.0568	1.38	0.0218	0.83	0.0064	0.38	0.0010
8.00	3.42	0.1846	2.33	0.0728	1.57	0.0279	0.95	0.0082	0.44	0.0012
9.00	3.85	0.2296	2.63	0.0905	1.77	0.0348	1.07	0.0102	0.49	0.0016
10.00	4.27	0.2791	2.92	0.1100	1.97	0.0422	1.19	0.0124	0.55	0.0019

Anexo. 6 Determinación de espaciamiento entre emisores. Método de la diagonal.

1. MÉTODO DE LA DIAGONAL		
SEGÚN FORMA DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO	CUADRO Y/O RECTÁNGULO	TRIÁNGULO
		$EMP = \left[(EL)^2 + (EP)^2 \right]^{1/2} \leq \frac{2}{3} \theta H$
	EL:25	Espaciamiento entre unidades de riego sobre el lateral (m)
	EP:	Espaciamiento entre las líneas de riego sobre la principal (m)
	θH :	Diámetro húmedo de la unidad de riego (m)
	EL=	20
	EP=	25
	EMP CUADRO Y/O RECTÁNGULO:	32,01562119
	EMP TRIÁNGULO:	26,92582404
	$2/3 \theta H$:	32,93
	θH :	49,4
	$\leq 2/3 \theta H$:	SI NO
FUENTE:	S.C.S Dpto. Agricultura EE.UU Adaptado por: MIGUEL GERMÁN CIFUENTES PERDOMO.	

Anexo. 7 Calculo hidráulico secto de riego.

SECTOR 21.

Tubería principal.

Tramo 1'-4':

DATOS			
Caudal Q (m3/seg)	3,30E-03	REALIZAR ITERACIÓN	
Diametro nominal (in)	2,5		
Diametro exterior promedio Φ esp	73,03		
Espesor de pared t (mm)	3,48		
Diametro real $\Phi_r = \Phi \text{ esp} - 2t$ (mm)	66,07		
Area A = $(\pi/4)(\Phi_r/1000)^2$ (m2)	3,43E-03		
Velocidad V = Q/A (m/seg)	9,63E-01		
Viscosidad del agua ν	1,10E-06		
Ks (mm) polietileno.	0,0015		
Reynolds $Re = (V * (\Phi/1000)) / \nu$	5,78E+04		
Factor de friccion = $64/Re$	1,11E-03		
Long. Del Tramo L (m)	32,03		
Perdidas hf DARCY - WEISBACH	2,53E-02		
ITERACIONES PARA HALLAR LAS PERDIDAS DEL TRAMO APLICANDO ECUACIÓN DE COOLEBROK-WHITE			
Datos			
Diametro interno (mm)	66,07		
Ks del material (mm)	0,0015		
Numero de Reynolds	5,78E+04		
f =	0,001		
f1	0,030554959		
f2	0,019351414		
f3	0,020440235		
f4	0,020304682		
f5	0,020321083	Hf =	0,465148241
f6	0,020319092		
f7	0,020319333		
f8	0,020319304		
f9	0,020319308		
f10	0,020319307		
f11	0,020319307		
f12	0,020319307		

Tramo 4'-C21:

DATOS	
Caudal Q (m3/seg)	3,30E-03
Diametro nominal (in)	2,5
Diametro exterior promedio Φ esp	73,03
Espesor de pared t (mm)	3,48
Diametro real $\Phi_r = \Phi \text{ esp} - 2t$ (mm)	66,07
Area $A = (\pi/4)(\Phi_r/1000)^2$ (m2)	3,43E-03
Velocidad $V = Q/A$ (m/seg)	9,63E-01
Viscocidad del agua ν	1,10E-06
Ks (mm) polietileno.	0,0015
Reynolds $Re = (V * (\Phi/1000)) / \nu$	5,78E+04
Factor de friccion = $64/Re$	1,11E-03
Long. Del Tramo L (m)	273,66
Perdidas hf DARCY -WEISBACH	2,17E-01

REALIZAR ITERACIÓN

ITERACIONES PARA HALLAR LAS PERDIDAS DEL TRAMO APLICANDO ECUACIÓN DE COOLEBROK-WHITE	
Datos	
Diametro interno (mm)	66,07
Ks del material (mm)	0,0015
Numero de Reynolds	5,78E+04
f=	0,001
f1	0,030554959
f2	0,019351414
f3	0,020440235
f4	0,020304682
f5	0,020321083
f6	0,020319092
f7	0,020319333
f8	0,020319304
f9	0,020319308
f10	0,020319307
f11	0,020319307
f12	0,020319307

Hf=	3,974163834
-----	-------------

Lateral.

Tramo C-B:

DATOS	
Caudal Q (m3/seg)	3,30E-03
Diametro nominal (in)	2,5
Diametro exterior promedio Φ esp	73,03
Espesor de pared t (mm)	3,48
Diametro real $\Phi_r = \Phi \text{ esp} - 2t$ (mm)	66,07
Area $A = (\pi/4)(\Phi_r/1000)^2$ (m2)	3,43E-03
Velocidad $V = Q/A$ (m/seg)	9,63E-01
Viscocidad del agua ν	1,10E-06
Ks (mm) polietileno.	0,0015
Reynolds $Re = (V * (\Phi/1000)) / \nu$	5,78E+04
Factor de friccion = $64/Re$	1,11E-03
Long. Del Tramo L (m)	20,07
Perdidas hf DARCY - WEISBACH	1,59E-02

REALIZAR ITERACIÓN

ITERACIONES PARA HALLAR LAS PERDIDAS DEL TRAMO APLICANDO ECUACIÓN DE COOLEBROK-WHITE	
Datos	
Diametro interno (mm)	66,07
Ks del material (mm)	0,0015
Numero de Reynolds	5,78E+04
f=	0,001
f1	0,030554959
f2	0,019351414
f3	0,020440235
f4	0,020304682
f5	0,020321083
f6	0,020319092
f7	0,020319333
f8	0,020319304
f9	0,020319308
f10	0,020319307
f11	0,020319307
f12	0,020319307

Hf=	0,291461917
-----	-------------

Tramo A-B

DATOS		
Caudal Q (m3/seg)	1,65E-03	REALIZAR ITERACIÓN
Diametro nominal (in)	2"	
Diametro exterior promedio Φ esp	60,32	
Espesor de pared t (mm)	2,87	
Diametro real $\Phi_r = \Phi \text{ esp} - 2t$ (mm)	54,58	
Area $A = (\pi/4)(\Phi_r/1000)^2$ (m2)	2,34E-03	
Velocidad $V = Q/A$ (m/seg)	7,05E-01	
Viscocidad del agua ν	1,10E-06	
Ks (mm) polietileno.	0,0015	
Reynolds $Re = (V * (\Phi/1000)) / \nu$	3,50E+04	
Factor de friccion = $64/Re$	1,83E-03	
Long. Del Tramo L (m)	40	
Perdidas hf DARCY -WEISBACH	3,40E-02	
ITERACIONES PARA HALLAR LAS PERDIDAS DEL TRAMO APLICANDO ECUACIÓN DE COOLEBROK-WHITE		
Datos		
Diametro interno (mm)	54,58	
Ks del material (mm)	0,0015	
Numero de Reynolds	3,50E+04	
f=	0,001	
f1	0,035792111	
f2	0,021464869	
f3	0,022906585	
f4	0,022715013	
f5	0,022739621	
f6	0,022736446	
f7	0,022736856	
f8	0,022736803	
f9	0,02273681	
f10	0,022736809	
f11	0,022736809	
f12	0,022736809	
	Hf=	0,42238544

SECTOR	TRAMO	Q (m³/s)	Reynolds	Long. Tramo (m)	f	Hf
21						
PRINCIPAL	1'-4'	3,30E-03	5,78E+04	32,03	0,02031931	0,46514824
LATERAL	4'-c21	3,30E-03	5,78E+04	273,66	0,02031931	3,97416383
	A-B	1,65E-03	34991,8441	40	0,02273681	0,42238544
	C-B	3,30E-03	57813,0725	20,07	0,02031931	0,58089072
					total	5,44258823

Perdidas Accesorios.	$h = K \frac{v^2}{2g}$		
	cantidad	k	Sumatoria Km
Codo	2	0,3	0,6
Tees	1	0,2	0,2
Union	61	0,08	4,88
Valvula	2	10	20
		Total	25,68
vel max=	2	m/s	
Hm =	5,235474006		

Anexo. 8 Selección del filtro.

FILTROS PLÁSTICOS MANUALES Y SEMIAUTOMÁTICOS

- Filtros plásticos de uso múltiple de la 3/4" a 3", con grados de la filtración a partir de 3500 a 22 micrones.
- Alta retención de la partícula: El área grande del filtro, permite intervalos largos entre la limpieza.
- Anticorrosivo y durable: ninguna pieza de metal está en contacto con el agua.
- Mantenimiento fácil: Los elementos filtrantes se pueden extraer fácilmente de la cubierta del filtro para lavar.
- Tipos permutables del elemento filtrante y una amplia gama de los grados de la filtración para satisfacer diversos requisitos.
- Pérdida de energía mínima: Pérdida baja para altos caudales.
- Disponible también con la característica exclusiva de "Scanaway" para limpieza semiautomática.

Filtros



FILTROS METÁLICOS AUTOMÁTICOS

Descripción	Referencia
Filtro Tagline 3/4" Malla 130 micron NPT	14216
Filtro Tagline 1" Malla 130 micron NPT	14217
Filtro Tagline 1-1/2" Malla 130 micron NPT	14218
Filtro Tagline 2" Malla 130 micron NPT	14219
Filtro Scanaway 2" Malla 130 micron NPT	14220
Filtro Scanaway 3" Malla 130 micron NPT	14221
Filtro Autom. M100-1500 4" Malla 130 microm Flanche	26038
Malla M100-1500 4"	26039
Control Hidráulico Lavado M100-1500	26040

Especificaciones Técnicas Tagline

Tipo de Filtro		3/4"	1"	1 1/2"	2"	2"-S	3"
Diámetro	(mm)	20	25	40	50	50	80
	(inch)	3/4	1	1 1/2	2	2	3
Máximo Caudal (L/s)		0,8	1,4	4,2	7,0	7,0	14,0
Máxima Presión (PSI)		116	116	116	116	116	116
Máxima Temperatura		60	60	60	60	60	60
Area de Filtrado	Malla	110	110	340	465	700	700
	Discos	-	-	460	790	1185	1185
Peso (Kg)	Malla	-	-	1,0	3,6	4,2	4,5
	Discos	-	-	1,2	4,4	5,4	5,7

Anexo. 9 Prueba de avance e infiltración en surcos.

Prueba infiltración.

Lote: 20		Textura del suelo: Franco Arenoso		Fecha: 2 de junio 2010	
Vereda: Rio frio					
Municipio: Rivera					
HORA	TIEMPO (min)	Lectura cm	lectura ajustada cm	Delta Lectura cm	I. ACUM. (cm)
10:30	0	163			
10:31	1	162		1	1
10:32	2	161.7		0.3	1.3
10:33	3	161.5		0.2	1.5
10:34	4	161.3		0.2	1.7
10:35	5	161.1		0.2	1.9
10:40	10	160.4		0.7	2.6
10:45	15	159.9		0.5	3.1
10:50	20	159.1	162.7	0.8	3.9
11:05	30	161.5		1.2	5.1
11:20	45	159.9	164.3	1.6	6.7
11:35	60	162.8	165.8	1.5	8.2
12:05	90	163		2.8	11

Prueba de avance.

Estación (m)	Caudal máx, no erosivo 0,63 lps Tiempo acumulado (min)	Tiempo reloj (am)
0	0	09:35:00 a,m,
5	2	09:37:00 a,m,
10	3.25	09:38:15 a,m,
15	9.17	09:44:05 a,m,
20	12.01	09:47:04 a,m,
25	16.15	09:51:13 a,m,
30	21.08	09:56:18 a,m,
35	26.27	10:01:34 a,m,
40	33.16	10:08:44 a,m,
45	40.18	10:15:33 a,m,
50	46.36	10:21:55 a,m,
55	52.8	10:27:07 a,m,
60	61.11	10:36:25 a,m,
Estación (m)	Caudal máx, erosivo 0,70 lps Tiempo acumulado (min)	Tiempo reloj (am)
0	0	09:40:00 a,m,
5	1.03	09:41:12 a,m,
10	2.603	09:42:48 a,m,
15	7.9	09:47:30 a,m,
20	14.15	09:53:15 a,m,
25	18.65	09:57:40 a,m,
30	24.2	10:02:11 a,m,
35	28.96	10:06:05 a,m,
40	36.21	10:12:20 a.m.
45	40.76	10:15:53 a,m,
50	43.93	10:18:03 a,m,
55	47.48	10:20:36 a,m,
60	50.96	10:23:05 a,m,
Estación (m)	Caudal , no erosivo 0,50 lps Tiempo acumulado (min)	Tiempo reloj (am)
0	0	09:45:00 a,m,
5	3.1	09:48:10 a,m,
10	8.13	09:52:15 a,m,
15	15.38	09:58:30 a,m,
20	23.3	10:05:25 a,m,
25	30.83	10:11:57 a,m,
30	37.08	10:17:12 a,m,
35	44.7	10:23:49 a,m,
40	52.01	10:30:08 a,m,
45	59.08	10:36:22 a,m,
50	65.2	10:41:29 a,m,
55	74.31	10:49:36 a,m,
60	82.06	10:56:21 a,m,

Anexo. 10 Coeficiente de maning.

	Coeficiente de Manning
Cunetas y canales sin revestir	
En tierra ordinaria, superficie uniforme y lisa	0,020-0,025
En tierra ordinaria, superficie irregular	0,025-0,035
En tierra con ligera vegetación	0,035-0,045
En tierra con vegetación espesa	0,040-0,050
En tierra excavada mecánicamente	0,028-0,033
En roca, superficie uniforme y lisa	0,030-0,035
En roca, superficie con aristas e irregularidades	0,035-0,045
Cunetas y Canales revestidos	
Hormigón	0,013-0,017
Hormigón revestido con gunita	0,016-0,022
Encachado	0,020-0,030
Paredes de hormigón, fondo de grava	0,017-0,020
Paredes encachadas, fondo de grava	0,023-0,033
Revestimiento bituminoso	0,013-0,016
Corrientes Naturales	
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lamina de agua suficiente	0,027-0,033
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lamina de agua suficiente, algo de vegetación	0,033-0,040
Limpias, meandros, embalses y remolinos de poca importancia	0,035-0,050
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados	0,060-0,080
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados, vegetación densa	0,100-0,200 ¹
Rugosas, corrientes en terreno rocoso de montaña	0,050-0,080
Areas de inundación adyacentes al canal ordinario	0,030-0,200 ¹

Tabla tomada de S.M. Woodward and C. J Posey

"Hydraulics of steady flow in open channels".

Anexo. 11 Medidas estándar de los aforadores Parshall.

W	A	a	B	C	D	E	T	G	K	M	N	P	R	X	Y
Dimensiones en mm															
25.4	363	242	356	93	167	229	76	203	19	---	29	---	---	8	13
50.8	414	276	406	135	214	254	114	254	22	---	43	---	---	16	25
76.2	467	311	457	178	259	457	152	305	25	---	57	---	---	25	38
152.4	621	414	610	394	397	610	305	610	76	305	114	902	406	51	76
228.6	879	587	864	381	575	762	305	457	76	305	114	1080	406	51	76
Dimensiones en m															
0.3048	1.372	0.914	1.343	0.610	0.845	0.914	0.610	0.914	0.076	0.381	0.229	1.492	0.508	0.051	0.076
0.4572	1.448	0.965	1.419	0.762	1.026	0.914	0.610	0.914	0.076	0.381	0.229	1.676	0.508	0.051	0.076
0.6096	1.524	1.016	1.495	0.914	1.206	0.914	0.610	0.914	0.076	0.381	0.229	1.854	0.508	0.051	0.076
0.9144	1.676	1.118	1.645	1.219	1.572	0.914	0.610	0.914	0.076	0.381	0.229	2.222	0.508	0.051	0.076
1.2192	1.829	1.219	1.794	1.524	1.937	0.914	0.610	0.914	0.076	0.457	0.229	2.711	0.610	0.051	0.076
1.5240	1.981	1.321	1.943	1.829	2.302	0.914	0.610	0.914	0.076	0.457	0.229	3.080	0.610	0.051	0.076
1.8288	2.134	1.422	2.092	2.134	2.667	0.914	0.610	0.914	0.076	0.457	0.229	3.442	0.610	0.051	0.076
2.1336	2.286	1.524	2.242	2.438	3.032	0.914	0.610	0.914	0.076	0.457	0.229	3.810	0.610	0.051	0.076
2.4384	2.438	1.626	2.391	2.743	3.397	0.914	0.610	0.914	0.076	0.457	0.229	4.172	0.610	0.051	0.076
3.0480	2.7432	1.829	4.267	3.658	4.756	1.219	0.914	1.829	0.152	---	0.343	---	---	0.305	0.229
3.6580	3.0480	2.032	4.877	4.470	5.607	1.524	0.914	2.438	0.152	---	0.343	---	---	0.305	0.229
4.5720	3.5052	2.337	7.620	5.588	7.620	1.829	1.219	3.048	0.229	---	0.457	---	---	0.305	0.229
6.0960	4.2672	2.845	7.620	7.315	9.144	2.134	1.829	3.658	0.305	---	0.686	---	---	0.305	0.229
7.6200	5.0292	3.353	7.620	8.941	10.668	2.134	1.829	3.962	0.305	---	0.686	---	---	0.305	0.229
9.1440	5.7912	3.861	7.925	10.566	12.313	2.134	1.829	4.267	0.305	---	0.686	---	---	0.305	0.229
12.1920	7.3152	4.877	8.230	13.818	15.481	2.134	1.829	4.877	0.305	---	0.686	---	---	0.305	0.229
15.2400	8.8392	5.893	8.230	17.272	18.529	2.134	1.829	6.096	0.305	---	0.686	---	---	0.305	0.229

Fuente: Serie autodidacta de medición. Canal Parshall. Pedroza Gonzales Edmun. Instituto Mexicano de tecnología del agua. Diciembre de 2001.

Anexo. 12 Carteras de levantamientos topográficos.

a. Lago principal.

PTO	Y	X	Z	Descripción	PTO	Y	X	Z	Descripción
0	0	0	0		33	-92,682	18,528	-1,501	
1	-20,906	-10,289	-3,519		34	-88,167	28,41	-1,504	
2	-23,811	-4,94	-3,475		35	-84,958	34,663	-1,467	
3	-25,448	0,682	-3,426		36	-80,712	42,815	-1,429	
4	-26,831	6,606	-3,442		37	-75,057	52,004	-1,242	
5	-28,815	12,192	-3,456		38	-67,932	59,698	-1,217	
6	-32,264	17,323	-3,407		39	-59,145	61,668	-1,184	
7	-35,391	22,456	-3,4		40	-59,156	61,686	-1,165	ESQUINA2
8	-39,914	27,871	-3,449		41	-41,771	59,852	-0,731	
9	-43,063	32,632	-3,419		42	-24,417	52,712	-0,125	BORDE
10	-44,907	38,988	-3,422		43	-16,758	45,382	0,244	BORDE
11	-47,007	45,459	-3,403		44	-9,784	36,358	0,122	BORDE
12	-51,469	50,904	-3,349		45	-10,684	33,685	-0,142	
13	-58,139	53,9	-3,318		46	-13,432	30,338	-1,393	MUELABOR
14	-65,786	52,233	-3,326		47	-15,525	27,663	-2,546	
15	-72,003	46,903	-3,214		48	-20,653	22,127	-2,916	MUELABAJ
16	-76,958	40,104	-3,386		49	-27,322	30,546	-3,052	
17	-82,734	34,429	-2,436		50	-35,911	38,074	-3,225	
18	-86,345	27,963	-2,299		51	-40,26	43,925	-3,29	
19	-90,312	19,699	-2,307		52	-50,966	52,221	-3,249	DESAGTE
20	-94,681	11,228	-2,107		53	-58,739	59,834	-1,564	
21	-98,17	3,352	-2,218		54	-49,929	57,386	-2,293	NIVELAGU
22	-98,049	-0,061	-2,434		55	-38,31	51,702	-2,306	NIVELAGU
23	-99,628	1,029	-1,583	VALBULA	56	-16,841	33,482	-2,206	
24	-101,66	-4,768	-2,129	VALBU	57	-11,385	23,327	-2,509	
25	-104,69	-12,02	-2,133		58	-9,015	18,581	-2,203	
26	-108,1	-21,017	-1,942		59	-6,903	4,23	-0,858	
27	-107,66	-27,385	-1,792		60	-4,208	9,492	-0,51	ISLA1
28	-112,32	-24,487	-1,371	ESQUINA1	61	-3,102	13,404	-0,675	ISLA
29	-109,29	-17,354	-1,331		62	-4,782	23,905	-2,306	ISLA
30	-105,33	-8,145	-1,347		63	-7,319	31,763	-0,854	
31	-102,29	-1,244	-1,451		64	-3,182	36,696	-1,391	
32	-96,006	11,717	-1,508		65	-3,175	36,69	-1,393	BATEA

PTO	Y	X	Z	ID
66	-1,801	28,785	-2,079	BATEA
67	4,598	31,274	-2,156	
68	1,289	45,504	-1,764	
69	0,564	50,151	-0,925	
70	-0,664	55,847	-0,798	
71	-6,147	55,624	-1,482	
72	-4,871	61,431	-1,709	
73	4,434	55,631	-0,972	
74	4,897	57,133	-1,541	
75	8,476	57,446	-0,51	
76	9,909	52,088	-0,822	
77	16,643	52,118	0,049	
78	24,736	49,731	-0,068	
79	19,126	42,658	-1,782	
80	16,794	32,85	-2,312	
81	9,695	17,994	-1,926	
82	16,456	11,826	-1,66	
83	24,796	19,967	-2,19	
84	32,657	40,973	-1,464	
85	34,956	48,268	0,134	
86	35,738	56,082	0,44	
87	38,908	47,515	0,33	
88	39,753	48,546	0,338	ESTACA1M
89	36,474	43,654	-0,726	
90	32,074	37,316	-1,779	
91	24,746	27,315	-2,242	
92	15,048	15,253	-1,923	
93	20,864	9,486	-1,882	
94	28,527	15,634	-2,391	
95	39,202	23,92	-2,115	
96	47,37	31,532	-0,874	
97	52,642	36,418	0,357	
98	56,017	30,185	0,325	
99	49,97	26,202	-0,88	

PTO	Y	X	Z	Descripción
100	42,166	20,989	-2,035	
101	31,68	13,762	-2,418	
102	20,939	7,303	-1,669	
103	25,218	-0,584	-1,805	
104	35,605	3,439	-2,167	
105	45,275	8,564	-2,236	
106	54,556	15,281	-1,242	
107	60,684	19,328	0,343	
108	63,077	11,58	-0,207	
109	56,93	9,112	-1,539	
110	47,162	3,276	-2,213	
111	37,154	0,026	-2,19	
112	24,9	-1,609	-1,694	
113	67,476	-2,113	-1,842	
114	63,758	-2,497	-2,036	
115	36,839	-15,059	-1,919	ENTRAQUE
116	63,587	-99,591	-2,175	
117	-24,464	-66,794	-1,82	ESQUINA3
118	-108,269	-36,184	-1,374	
119	-114,826	-30,767	-3,028	ESQ1BS
120	-113,079	-25,033	-3,209	
121	-108,563	-7,69	-3,806	
122	67,986	-106,724	-0,8	
123	86,532	-57,526	-1,188	
124	75,442	-58,262	-3,022	
125	81,049	-63,825	-3,055	
126	76,319	-76,801	-3,063	LAGARRIB
127	81,084	-78,778	-1,463	LAGARRIB
128	73,713	-85,081	-3,165	LAGARRIB
129	78,256	-86,997	-1,856	LAGARRIB
130	58,419	-97,847	-2,696	LAGARRIB
131	57,671	-102,563	-1,904	LAGARRIB
132	40,812	-91,581	-2,964	LAGARRIB

PTO	Y	X	Z	Descripción
133	39,45	-95,916	-1,711	LAGARRIB
134	24,175	-86,134	-2,967	LAGARRIB
135	21,347	-89,531	-1,822	LAGARRIB
136	2,214	-75,392	-2,979	LAGARRIB
137	0,828	-80,996	-1,64	
138	-22,905	-65,142	-3,008	
139	-48,168	-60,894	-0,979	
140	-47,599	-54,548	-2,893	
141	-66,161	-46,735	-2,89	
142	-68,654	-52,406	-0,932	
143	-86,233	-38,751	-2,745	
144	-89,55	-44,65	-1,228	
145	-113,25	-38,835	-1,417	
146	-211,09	-105,04	-5,426	INILIN
147	-68,215	58,029	-1,026	INILIN
148	-68,135	58,077	-1,041	INILIN
149	-77,554	52,417	-1,099	
150	-80,75	54,923	-3,315	
151	-84,996	38,482	-1,341	
152	-89,216	40,051	-3,718	
153	-88,144	29,154	-1,452	
154	-92,137	30,208	-3,601	
155	-58,986	60,205	-0,743	
156	-53,449	63,071	-2,525	
157	-45,196	56,789	-0,563	
158	-45,89	62,245	-2,224	
159	-36,397	3,411	-3,897	
160	-73,339	-8,764	-4,548	
161	83,965	-27,749	-2,794	
162	-69,085	-33,297	-2,847	
163	-41,055	-24,565	-4,705	
164	41,975	-60,338	-3,251	
165	-75,229	-4,245	-4,805	

b. Mangas.

pto	x	y	z	Descripción	pto	x	y	z	Descripción
0	864265	804287	494		33	864271,877	804209,337	493,661	
1	864295,999	804315,072	495,227		34	864281,508	804216,118	493,432	
2	864286,178	804308,468	494,763		35	864290,734	804222,678	493,244	
3	864277	804302,395	494,3		36	864300,15	804229,3	492,71	
4	864264,609	804293,834	494,435		37	864304,748	804232,705	492,455	
5	864254,968	804287,329	494,727		38	864312,738	804238,567	492,671	
6	864246,553	804281,656	494,936		39	864318,444	804242,843	493,525	
7	864238,363	804276,177	495,332		40	864334,081	804253,929	493,76	OESQUIN3
8	864232,665	804272,192	495,673		41	864347,196	804232,978	492,79	
9	864234,604	804268,955	495,737		42	864338,978	804226,637	492,046	
10	864237,101	804264,686	495,734		43	864332,258	804222,356	492,249	
11	864241,435	804257,802	495,275		44	864322,835	804215,913	492,417	
12	864245,873	804251,048	495,146		45	864313,242	804209,014	492,594	
13	864253,798	804255,749	495,039		46	864305,408	804203,561	492,97	
14	864259,991	804259,772	494,303		47	864294,141	804195,718	493,272	
15	864266,51	804263,893	493,596		48	864284,703	804189,288	493,408	OPTA4
16	864276,243	804270,086	493,41		49	864280,718	804195,42	493,382	
17	864285,173	804275,762	493,422		50	864276,195	804202,717	493,535	OCOMEDE4
18	864296,589	804283,194	493,594		51	864289,095	804181,763	493,21	
19	864310,234	804292,534	494,678	OCERCO2	52	864294,733	804172,896	492,715	OCOMEDE5
20	864322,105	804272,964	494,468		53	864297,941	804168,121	492,76	
21	864315,967	804268,61	494,179		54	864307,581	804174,792	492,708	
22	864309,478	804264,173	493,767		55	864317,123	804181,285	492,556	
23	864298,465	804256,718	493,274		56	864326,575	804187,835	492,521	
24	864289,055	804250,479	493,202		57	864336,499	804194,627	492,198	
25	864279,492	804244,299	492,825		58	864345,971	804201,367	491,911	
26	864270,073	804237,69	493,548		59	864350,301	804204,324	491,685	
27	864264,432	804233,871	494,124		60	864360,78	804211,238	492,093	
28	864258,873	804230,381	494,283	OPTA2	61	864374,102	804189,087	491,904	
29	864254,787	804236,717	494,621	0	62	864369,132	804185,784	491,879	
30	864250,352	804243,8	495,043	OCOMED2	63	864361,804	804181,182	491,519	
31	864263,149	804223,088	494,091	0	64	864351,834	804174,467	491,565	
32	864267,707	804215,854	493,763	OCOMED3					

pto	x	y	z	Descripción
65	864341,588	804167,873	491,705	
66	864331,258	804161,358	491,776	
67	864320,96	804154,652	491,87	
68	864310,467	804147,997	492,065	
69	864306,48	804154,519	492,145	OCOMEFE6
70	864302,043	804161,628	492,539	
71	864314,874	804140,638	491,917	
72	864331,498	804139,014	491,214	
73	864324,611	804127,683	491,489	
74	864329,756	804130,987	491,502	
75	864336,892	804135,474	491,213	
76	864344,764	804140,468	491,09	
77	864353,513	804146,007	490,968	
78	864363,539	804152,519	491,255	
79	864379,087	804162,641	491,873	
80	864387,205	804167,641	491,469	
81	864400,379	804145,581	491,058	
82	864394,749	804142,208	491,287	
83	864388,507	804138,351	491,447	
84	864378,578	804132,385	491,625	
85	864370,07	804127,08	490,644	
86	864361,14	804121,635	490,68	
87	864351,815	804115,755	490,791	
88	864336,507	804106,829	490,908	
89	864332,269	804113,559	491,084	
90	864328,061	804120,246	491,46	
91	864338,636	804103,937	490,603	
92	864340,87	804099,824	490,581	
93	864350,116	804086,352	490,502	
94	864356,253	804090,139	490,213	
95	864365,592	804095,664	490,426	
96	864375,243	804101,272	490,577	

pto	x	y	z	Descripción
97	864383,594	804106,177	490,688	
98	864390,533	804110,112	491,006	
99	864402,446	804117,357	490,719	
100	864413,572	804123,731	490,619	
101	864421,592	804113,752	490,494	
102	864412,945	804108,769	490,326	
103	864403,391	804103,234	490,228	
104	864390,514	804095,661	490,158	
105	864375,819	804087,486	490,012	
106	864361,195	804078,958	490,231	
107	864351,47	804083,034	490,447	
108	864353,704	804079,162	490,634	
109	864340,493	804099,735	490,725	
110	864337,905	804103,694	490,745	
111	864360,577	804073,792	490,368	
112	864368,989	804069,089	490,444	
113	864377,19	804073,839	490,077	
114	864384,249	804078,148	490,513	
115	864390,481	804081,516	490,041	
116	864399,472	804086,84	489,884	
117	864410,726	804093,244	490,238	
118	864418,946	804098,108	490,239	
119	864427,482	804103,455	490,275	
120	864430,479	804091,205	489,863	
121	864424,23	804087,639	489,83	
122	864413,199	804081,256	489,602	
123	864391,454	804068,623	490,023	
124	864372,928	804057,732	490,475	
125	864369,186	804059,896	490,535	
126	864366,89	804058,347	490,722	
127	864364,2	804062,599	490,681	
128	864373,438	804053,223	490,427	
129	864382,026	804048,481	490,449	

pto	x	y	z	Descripción
130	864390,029	804053,373	490,138	
131	864399,856	804058,681	489,964	
132	864407,679	804063,437	489,761	
133	864427,302	804074,536	489,525	
134	864440,832	804068,86	489,255	
135	864414,177	804053,037	489,258	
136	864386,865	804037,376	490,232	
137	864382,183	804039,181	490,269	
138	864386,585	804032,419	490,275	
139	864397,069	804030,203	490,086	
140	864418,597	804042,088	489,421	
141	864449,515	804059,572	488,895	
142	864414,577	804010,088	489,275	

c. Silos.

pto	x	y	z	Descripción	pto	x	y	z	Descripción
200	863935	804500	486		233	863962,02	804489,238	485,917	
201	863930,577	804506,538	485,616	OSALIDAH2	234	863952,712	804483,061	485,708	
202	863985,02	804535,47	486,749	OSALIDAH2	235	863944,328	804477,124	485,716	
203	863977,723	804530,126	486,496		236	863935,204	804470,957	485,468	
204	863970,22	804525,453	486,332		237	863926,208	804464,894	485,398	
205	863962,472	804520,401	486,309		238	863917,917	804458,753	485,4	
206	863954,179	804515,435	486,242		239	863909,379	804453,008	485,251	
207	863946,269	804509,967	486,151		240	863901,186	804447,86	485,263	
208	863938,817	804504,752	486,113		241	863891,735	804446,051	485,658	OPOSTSILO
209	863931,261	804499,59	485,845		242	863897,697	804435,125	485,523	OPOSTSILO
210	863922,36	804494,497	485,926		243	863907,233	804440,634	485,143	
211	863913,055	804489,376	485,847		244	863916,085	804446,647	485,243	
212	863904,58	804483,81	485,911		245	863926,126	804452,308	485,154	
213	863896,515	804478,125	485,963		246	863935,423	804457,909	485,161	
214	863887,908	804472,306	486,09		247	863945,272	804464,018	485,333	
215	863880,457	804466,951	486,4	OESSAK	248	863954,624	804468,943	485,527	
216	863886,144	804457,467	485,886	OESSAK	249	863964,518	804475,039	485,797	
217	863895,143	804462,65	485,662		250	863974,285	804480,949	485,993	
218	863903,793	804468,319	485,685		251	863984,333	804487,098	486,136	
219	863912,355	804473,268	485,603		252	863993,938	804492,415	486,257	
220	863921,241	804478,991	485,665		253	864005,242	804498,316	486,125	
221	863929,878	804484,885	485,744		254	864011,656	804487,171	485,9	
222	863938,56	804490,433	485,884		255	864002,594	804480,562	485,719	
223	863946,961	804496,431	486,144		256	863993,301	804474,397	485,706	
224	863955,729	804502,037	486,201		257	863984,094	804467,778	485,567	
225	863965,273	804508,506	486,305		258	863975,243	804461,916	485,437	
226	863974,703	804514,103	486,417		259	863965,172	804455,412	485,219	
227	863984,055	804519,778	486,423		260	863955,393	804449,457	485,011	
228	863990,969	804524,188	486,46		261	863945,158	804443,396	484,648	
229	863996,729	804513,549	486,286		262	863935,406	804437,355	484,767	
230	863988,218	804507,246	486,232		263	863924,669	804431,063	484,879	
231	863979,552	804501,558	486,142		264	863914,653	804425,927	484,922	
232	863970,94	804495,57	485,979		265	863904,343	804420,194	485,675	
					266	863911,524	804405,796	485,375	

pto	x	y	z	Descripción	pto	x	y	z	Descripción
267	863923,392	804412,131	485,174		300	864009,674	804428,543	484,904	
268	863931,754	804418,565	484,902		301	863998,981	804421,715	484,792	
269	863941,294	804424,545	484,582		302	863981,605	804409,888	484,47	
270	863950,853	804430,711	484,429		303	863975,481	804407,263	484,313	
271	863961,437	804436,562	484,571		304	863964,643	804398,944	483,857	
272	863970,868	804441,641	484,983		305	863956,955	804390,642	484,107	
273	863980,827	804447,745	485,172		306	863964,828	804384,397	484,04	
274	863990,265	804453,232	485,356		307	863976,088	804389,926	483,851	
275	863999,895	804458,985	485,418		308	863987,519	804395,175	483,942	
276	864008,804	804464,367	485,439		309	864002,915	804402,952	484,464	
277	864020,135	804470,891	485,476		310	864014,923	804407,942	484,531	
278	864025,983	804460,646	485,169		311	864026,481	804414,942	484,585	
279	864014,762	804453,402	485,243		312	864036,453	804419,91	484,651	
280	864005,323	804447,544	485,218		313	864046,326	804422,762	484,671	
281	863995,747	804441,748	485,157		314	864052,175	804411,185	484,437	
282	863986,753	804435,745	484,977		315	864033,674	804402,622	484,33	
283	863968,224	804424,336	484,342		316	864017,59	804393,106	484,131	
284	863959,561	804418,874	484,195		317	864002,203	804386,438	484,054	
285	863950,509	804412,866	484,549		318	863987,048	804379,849	483,786	
286	863942,562	804407,97	484,699		319	863980,085	804372,53	483,818	
287	863952,757	804405,264	484,804		320	863993,47	804365,354	483,399	
288	863947,164	804396,26	484,473		321	864007,19	804376,291	483,812	
289	863954,529	804404,407	484,328		322	864020,025	804384,573	483,905	
290	863962,394	804412,143	484,137		323	864034,048	804395,411	484,161	
291	863971,135	804419,102	484,189		324	864044,921	804402,388	484,281	
292	863981,371	804425,232	484,699		325	864055,599	804405,544	484,296	
293	863990,601	804430,665	484,876		326	864061,015	804396,303	484,127	
294	864000,08	804436,28	485,068		327	864041,094	804386,412	483,903	
295	864010,084	804442,595	485,158		328	864027,04	804379,114	483,725	
296	864019,863	804448,356	485,21		329	864012,53	804373,028	483,718	
297	864030,049	804454,571	485,217		330	864052,603	804378,279	483,792	
298	864034,068	804444,934	485,019						
299	864024,86	804438,484	485,028						

pto	x	y	z	Descripción	pto	x	y	z	Descripción
331	864059,075	804379,319	483,758		367	863926,441	804316,437	483,401	
332	864069,603	804379,219	483,819		368	863943,629	804323,371	483,841	
333	864076,732	804368,141	483,734		369	863959,468	804333,883	484,139	
334	864070,129	804363,45	483,548		370	863972,243	804341,816	484,147	
335	864081,797	804353,924	483,523		371	863984,176	804351,862	484,099	
336	864078,666	804350,9	483,429		372	863993,317	804360,628	484,003	
337	863916,339	804399,249	485,232		373	864004,055	804354,218	483,608	
338	863919,251	804396,378	485,045	OBS1	374	863993,484	804344,559	483,878	
338	863919,251	804396,378	485,045	OBS1	375	863977,642	804331,877	483,991	
339	863918,891	804409,096	484,938	0	376	863961,324	804320,63	483,866	
340	863905,426	804401,806	485,266	OENTRADA	377	863945,273	804311,071	483,505	
341	863933,483	804405,316	484,817		378	863926,971	804300,895	482,975	
342	863926,846	804398,759	484,98		379	863911,193	804295,883	482,615	
343	863918,081	804392,524	484,98		380	863915,011	804275,073	482,638	
344	863908,18	804387,507	485,102		381	863935,31	804282,54	482,805	
345	863900,253	804384,692	485,331		382	863954,905	804289,642	483,285	
346	863894,126	804383,864	485,392		383	863972,275	804300,36	483,592	
347	863896,973	804374,785	484,941		384	863989,881	804311,813	483,637	
348	863907,766	804378,609	485,078		385	864010,843	804322,88	483,061	
349	863922,575	804388,327	484,869		386	864014,314	804307,566	482,789	
350	863941,421	804399,303	484,649		387	863995,594	804300,073	483,404	
351	863952,605	804391,195	484,271		388	863975,67	804289,342	483,413	
352	863933,772	804376,839	484,708		389	863956,111	804281,681	483,204	
353	863916,87	804367,258	484,762		390	863934,901	804269,707	482,699	
354	863899,146	804362,205	484,684		391	863917,492	804261,534	482,278	
355	863901,761	804347,151	484,315		392	863923,556	804249,211	482,285	
356	863915,215	804350,776	484,418		393	863941,958	804257,818	482,617	
357	863932,645	804359,063	484,594		394	863961,034	804265,808	482,855	
358	863947,598	804369,905	484,48		395	863980,077	804273,17	483,086	
359	863965,237	804381,361	484,218		396	864000,915	804278,623	483,19	
360	863979,698	804370,2	483,816		397	864019,591	804281,869	483,058	
361	863966,635	804360,375	484,113		398	864028,123	804240,621	482,175	
362	863954,79	804351,924	484,475		399	863993,789	804230,833	482,407	
363	863941,63	804341,956	484,229		400	863979,352	804226,46	482,2	
364	863921,188	804332,076	483,878		401	863959,337	804221,061	482,558	
365	863906,172	804324,508	483,498		402	863942,211	804216,132	480,732	
366	863908,695	804309,688	482,858		403	863927,331	804211,536	480,189	
					404	863923,644	804230,5	481,012	

Anexo. 13. Planos.

