

DICIEMBRE DE 2014

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN PARA OPTIMIZAR EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN PASTORIL DE LA FINCA SANTA HELENA -TELLO (H).

SIERRA DEL GRAMAL - TELLO (H)



Eder Alberto Oliveros Yara -
Edwin Giovanni Marín Hernández
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN PARA OPTIMIZAR EL
SISTEMA DE PRODUCCIÓN PASTORIL DE LA FINCA SANTA HELENA –
TELLO (H)

EDER ALBERTO OLIVEROS YARA.
EDWIN GIOVANI MARÍN HERNÁNDEZ.

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
NEIVA – HUILA
2014

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN PARA OPTIMIZAR EL
SISTEMA DE PRODUCCIÓN PASTORIL DE LA FINCA SANTA HELENA –
TELLO (H)

EDER ALBERTO OLIVEROS YARA.
EDWIN GIOVANI MARÍN HERNÁNDEZ.

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de:
INGENIERO AGRÍCOLA

Director
RODRIGO ALBERTO PACHÓN BEJARANO.
Ingeniero. Agrónomo.

Jurados:

CRISTIAN EDUARDO CIFUENTES CÉSPEDES
Médico Veterinario

OSCAR FABIÁN RUIZ
Ingeniero Agrícola

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
NEIVA – HUILA
2014

Nota de Aceptación

Jurado.
CRISTIAN EDUARDO CIFUENTES CÉSPEDES.
Médico Veterinario.

Jurado.
OSCAR FABIÁN RUIZ.
Ingeniero Agrícola.

Director.
RODRIGO ALBERTO PACHÓN BEJARANO.
Ingeniero Agrónomo.

Neiva, Diciembre de 2014.

A Dios, mis padres, hermanos y familia.
Eder Alberto Oliveros Yara

AGRADECIMIENTOS

A la comunidad en general de la Institución Educativa Nicolás García Bahamón.

Al Ingeniero Agrónomo Rodrigo Alberto Pachón Bejarano por su asesoría y motivación durante el desarrollo del proyecto.

A la Señora Gladis Quino secretaria del programa de Ingeniería Agrícola.

A Natalí García Betancurt y Luis Carlos Hernández Arias por el inmenso apoyo brindado.

A Jhon Eder Montero y Cristian Rooney Reyes Auxiliares del laboratorio de Recursos Geoagroambientales de la Universidad Surcolombiana.

A Angélica, Kenndy y Carolina.

A mis compañeros de código 20091.

A todos aquellos que de una u otra manera creyeron y apoyaron este sueño.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1. MARCO CONCEPTUAL	5
2. DISEÑO METODOLÓGICO.	7
2.1. USO ACTUAL DEL SUELO	7
2.1.1. VISITA Y RECONOCIMIENTO DE LA FINCA SANTA HELENA.	7
2.1.2. LEVANTAMIENTO PLANIALTIMETRICO Y USO ACTUAL DE SUELO	10
2.1.2.1. Levantamiento planialtimetrico.	10
2.1.2.1.1. Equipos utilizados:	10
2.1.2.1.2. Procedimiento seguido para el levantamiento planialtimetrico.	11
2.1.2.1.3. Procesamiento en oficina de los datos obtenidos del levantamiento planialtimetrico	12
2.1.2.2. Uso actual de los suelos de la finca Santa Helena.	15
2.1.2.2.1. Pastos.	15
2.1.2.2.2. Agricultura.	20
2.1.2.2.3. Bosque Ribereño.	21
2.1.2.2.4. Otros.	21
2.2. COBERTURA DEL ESTUDIO.	22
2.2.1. ANÁLISIS DEL SUELO.	22
2.2.1.1. Descripción de los suelos.	22
2.2.1.1.1. Suelos de piedemonte de clima medio y seco.	23
2.2.1.1.2. Descripción de perfiles de suelo.	23
2.2.1.2. Propiedades hidrofisicas del suelo.	27
2.2.1.2.1. Prueba de conductividad hidráulica (método inverso del AUGER HOLE)	27
2.2.1.2.2. Prueba de Infiltración (método de anillos infiltrómetros)	31
2.2.1.3. análisis de resultados de propiedades físico-químicas de suelo en laboratorio.	37
2.2.1.3.1. Análisis de parámetros físicos	37
2.2.1.3.2. Análisis de parámetros químicos	40
2.2.2. CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO.	44
2.2.2.1. Recolección y transporte de muestras de agua	44

2.2.2.2.	Resultados y análisis de las muestras de agua enviadas al laboratorio.	46
2.2.2.2.1.	Comprobaciones	47
2.2.2.2.2.	Potencial de Hidrogeno (PH).	48
2.2.2.2.3.	Conductividad Eléctrica (CE).	48
2.2.2.2.4.	Calcio (Ca).	49
2.2.2.2.5.	Magnesio (Mg).	49
2.2.2.2.6.	Sodio (Na).	50
2.2.2.2.7.	Potasio (K).	50
2.2.2.2.8.	Sulfatos (SO_4^{2-}).	51
2.2.2.2.9.	Cloruros (Cl).	51
2.2.2.2.10.	Calculo de la Relación de Absorción de Sodio (RAS).	52
2.2.2.2.11.	Clasificación del agua para riego según la Relación de Absorción de Sodio (RAS) y la Conductividad eléctrica (CE).	54
2.2.2.2.12.	Calculo del Carbonato de Sodio Residual (RSC)	55
2.2.2.2.13.	Salinidad efectiva.	55
2.2.2.2.14.	Salinidad Potencial.	57
2.2.2.2.15.	C.I.P.	57
2.2.2.2.16.	Índice del Mg.	58
2.2.3.	<i>ANÁLISIS DE INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA.</i>	59
2.2.3.1.	Organización, homogenización, completación y determinación de consistencia de los datos climatológicos.	59
2.2.3.1.1.	Completación de datos faltantes de precipitación método del inverso del cuadrado de la distancia.	59
2.2.3.1.2.	Diagrama de doble masa.	62
2.2.3.2.	Precipitación.	63
2.2.3.2.1.	Coefficiente pluviométrico.	64
2.2.3.3.	Temperatura.	66
2.2.3.4.	Calculo de la evapotranspiración potencial crítica con fines de riego.	67
2.2.3.5.	Calculo del Uso Consumo (Uc).	69
2.3.	DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO.	70
2.3.1.	<i>CONSIDERACIONES GENERALES.</i>	70
2.3.1.1.	Área de riego.	70
2.3.1.2.	Caudal de diseño para el sistema de riego.	70
2.3.1.3.	Características generales del tanque de almacenamiento de agua.	70
2.3.1.3.1.	Volumen Total de almacenamiento:	71
2.3.1.3.2.	Volumen utilizable de almacenamiento:	71
2.3.1.3.3.	Tiempo de llenado del tanque de almacenamiento.	72
2.3.1.3.4.	Tiempo de vaciado del tanque de almacenamiento para efectos de diseño del sistema de riego.	72
2.3.1.4.	Especificaciones generales del pozo de agua subterránea.	73
2.3.1.4.1.	Diseño del Pozo.	73
2.3.1.4.2.	Prueba de bombeo a caudal constante.	73

2.3.1.4.3. Resultados.	74
2.3.1.4.4. Características del equipo de bombeo	75
2.3.1.4.5. Características de la tubería de extracción de agua.	75
2.3.1.4.6. Características de la línea de conducción	75
2.3.1.5. Selección y especificaciones generales del emisor de riego.	75
2.3.1.6. Parámetros básicos tenidos en cuenta para el diseño del sistema de riego.	76
2.3.2. DISEÑO AGRONÓMICO.	77
2.3.2.1. Lamina neta	77
2.3.2.2. Lamina bruta.	77
2.3.2.3. Frecuencia de riego.	78
2.3.2.4. Tiempo de riego por unidad de riego.	78
2.3.2.5. Posiciones de riego por turno de riego.	78
2.3.3. DISEÑO HIDRÁULICO.	79
2.3.3.1. Espaciamiento máximo permisible para la selección e instalación de las unidades de riego.	79
2.3.3.2. Grado de aplicación del agua, en una unidad de riego.	80
2.3.3.3. Calculo del lateral crítico.	81
2.3.3.4. Calculo de la tubería principal.	82
2.3.3.5. Selección de la unidad de bombeo.	83
2.3.3.6. Programación de riego.	86
2.3.3.7. Manejo de las válvulas para la operación del sistema.	86
2.3.4. PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO.	87
3. CONCLUSIONES	90
4. RECOMENDACIONES	91
ANEXOS	95

LISTA DE FIGURAS

figura 1. ubicación geográfica del proyecto – finca santa helena.	7
figura 2. finca santa helena – i.e. nicolás garcía bahamón.	8
figura 3. pozo de aguas subterráneas - i. e. nicolás garcía bahamón.	9
figura 4. tanque de almacenamiento de agua – finca santa helena.	9
figura 5. gps marca garmin map76csx	10
figura 6. equipos utilizados para el levantamiento planialtimetrico.	10
figura 7. colocación y georreferenciación de deltas.	11
figura 8. toma de lectura de puntos del terreno	12
figura 9. identificación de puntos y generación de triangulación	13
figura 10. procesamiento de información obtenida en campo – generación de curvas nivel	14
figura 11. pasto brachiaria – finca santa helena.	16
figura 12. pasto estrella – finca santa helena.	17
figura 13. pasto puntero – finca santa helena.	18
figura 14. pasto bermuda – finca santa helena.	19
figura 15. arboles de cacao – finca santa helena.	20
figura 16. cultivo de banano – finca santa helena.	20
figura 17. bosque característico de la región – finca santa helena.	21
figura 18. proyecto porcino i.e. nicolás garcía bahamón – finca santa helena.	21
figura 19. proceso de descripción del suelo, clasificación, calidad del sitio y evaluación de la aptitud.	22
figura 20. perfil del suelo – calicata 1.	24
figura 21. perfil del suelo – calicata 2.	25
figura 22. método inverso del auger hole.	27
figura 23. pruebas 1 y 2 método inverso del auger hole.	28
figura 24. pruebas 1 y 2 método de anillos infiltrómetros.	33
figura 25. clasificación de las partículas del suelo según su diámetro en milímetros de acuerdo con .S.N.C.S Y S.I.C.S	37
figura 26. clasificación de la textura del suelo de la finca santa helena mediante triangulo textural.	38
figura 27. recipientes utilizados para la recolección y transporte de las muestras de agua.	44
figura 28. lavado de tubería de conducción pozo – tanque de almacenamiento.	45
figura 29. transporte de las muestras de agua.	46
figura 30. clasificación del agua de riego (u s salinity laboratory).	54
figura 31. toma de medidas del tanque de almacenamiento de agua.	70
figura 32. espaciamiento entre unidades de riego.	80

LISTA DE TABLAS

tabla 1. animales presentes en la finca santa helena	8
tabla 2. coordenadas de los deltas 1 y 2.	11
tabla 3. coordenadas de los deltas en el levantamiento planialtimetrico.	13
tabla 4. distribución del área de la finca santa helena.	14
tabla 5. principales usos de los suelos en la finca santa helena.	15
tabla 6. .clasificación de la conductividad hidráulica	28
tabla 7. lecturas tomadas de pruebas 1 y 2 método de inverso de auger hole.	29
tabla 8. clasificación de la infiltración básica.	32
tabla 9. lecturas tomadas de prueba 1 método de anillos infiltrómetros.	33
tabla 10. lecturas tomadas de prueba 1 método de anillos infiltrómetros.	34
tabla 11. clasificación por categorías de acuerdo al contenido de los elementos.	40
tabla 12. interpretación de análisis químico de los suelos de la finca santa helena.	41
tabla 13. clasificación de la materia orgánica según el clima.	41
tabla 14. clasificación del ph.	42
tabla 15. resultados de análisis de calidad de agua para riego.	47
tabla 16. riesgo de salinidad de agua de acuerdo a la conductividad eléctrica.	48
tabla 17. rango normal de concentración de calcio (ca) en el agua.	49
tabla 18. rango normal de concentración de magnesio (mg) en el agua.	50
tabla 19. rango normal de concentración de sodio (na) en el agua.	50
tabla 20. rango normal de concentración de potasio (k) en el agua.	51
tabla 21. rango normal de concentración de potasio (k) en el agua.	51
tabla 22. rango normal de concentración de potasio (k) en el agua.	52
tabla 23. clasificación de las aguas de acuerdo al ras.	53
tabla 24. clasificación de la salinidad efectiva.	56
tabla 25. clasificación de la salinidad potencial.	57
tabla 26. clasificación del agua de acuerdo al c.i.p.	58
tabla 27. descripción de las estaciones empleadas para el estudio.	59
tabla 28. distancia en km entre la estación portal el y cada una de las estaciones auxiliares.	60
tabla 29. factor de peso para cada una de las estaciones auxiliares.	60
tabla 30. calculo de dato faltante de la segunda década de octubre de 2007.	61

tabla 31. valores calculados de precipitación faltantes en la serie de datos de la estación portal el.	61
tabla 32. cálculo de diagrama de doble masa.	62
tabla 33. precipitación media mensual multianual de la estación portal el.	63
tabla 34. calculo del coeficiente pluviométrico (cp).	65
tabla 35. temperatura media mensual multianual de la estación portal el.	66
tabla 36. calculo de la evapotranspiración potencial método de thornthwaite.	68
tabla 37. principales parámetros tenidos en cuenta para el diseño de sistema de riego.	76
tabla 38.taller #2. riego a presión: cálculo de e.m.p.	79
tabla 39.taller #3. calculo del grado de aplicación del agua.	80
tabla 40.taller #6. calculo del lateral crítico, método de múltiples salidas.	81
tabla 41.taller #10. calculo de tubería principal, método de múltiples salidas.	82
tabla 42.taller #15. selección de la unidad de bombeo.	83
tabla 43. principales características de la unidad de bombeo.	85
tabla 44. programación de riego.	86
tabla 45. operación de válvulas en el sistema de riego.	87
tabla 46. presupuesto general del proyecto.	87

LISTA DE GRAFICAS

gráfico 1. principales usos de los suelos en la finca santa helena	15
gráfico 2. conductividad hidráulica - prueba 1.	29
gráfico 3. conductividad hidráulica - prueba 2.	30
gráfico 4. infiltración método de anillos infiltrómetros - prueba 1.	34
gráfico 5. infiltración método de anillos infiltrómetros - prueba 2.	35
gráfico 6. diagrama de doble masa para la estación portal el.	63
gráfico 7. precipitación media mensual multianual de la estación portal el.	64
gráfico 8. coeficiente pluviométrico a lo largo del año.	66
gráfico 9. temperatura media mensual multianual de la estación portal el.	67

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. DESCRIPCIÓN DE CALICATA NO. 1	96
ANEXO B. DESCRIPCIÓN DE CALICATA NO. 2	97
ANEXO C. RESULTADO ANÁLISIS FÍSICO DE SUELO FINCA SANTA HELENA.	98
ANEXO D. RESULTADO ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELO FINCA SANTA HELENA.	99
ANEXO E. RESULTADO ANÁLISIS DE AGUA PARA RIEGO – POZO PROFUNDO I.E. NICOLÁS GARCÍA BAHAMÓN.	100
ANEXO F. DATOS DE ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA EL PORTAL	101
ANEXO G. CARTERA DE CAMPO LEVANTAMIENTO PLANIALTIMETRICO DE LA FINCA SANTA HELENA.	101
ANEXO H. PLANO DE LEVANTAMIENTO PLANIALTIMETRICO DE LA FINCA SANTA HELENA	101
ANEXO I. PLANO DE USO ACTUAL FINCA SANTA HELENA	101
ANEXO J. PLANO DE DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO	101
ANEXO K. CURVA DE OPERACIÓN DE ELECTROBOMBA	101

RESUMEN

La finca Santa Helena propiedad de la Institución Educativa Nicolás García Bahamón en el municipio de Tello-Huila con una extensión de 17.2 ha, elevación de 1170 a 1220 m.s.n.m., temperatura promedio de 22.1°C y precipitación promedio anual de 1481.4 mm, ubicada en zonas de bosque seco pre montano, dedicada un 77% de su extensión a la ganadería doble propósito. Se realizaron los estudios básicos (Agua para Riego, Clima, Suelos) con el fin de realizar el diseño del sistema de riego para la optimización de la producción pastoril de la finca. Mediante GPS Garmin, estación total y AutoCAD CIVIL 3D 2014 se realizó el levantamiento planialtimétrico de la finca lo que permitió generar los planos de uso actual de suelos y topografía.

La finca Santa Helena posee vocación ganadera ya que presenta el 77% de su extensión en actividades netamente ganaderas con suelos bajos en nutrientes para las plantas, con indicios de compactación de suelos y propiedades hidrodinámicas buenas. La calidad del agua para riego proveniente del pozo de aguas subterráneas de la I. E. Nicolás García Bahamón analizada de acuerdo al decreto 1594 de 1984 es buena y se puede utilizar para riego sin ninguna limitación. La climatología de la zona donde se encuentra ubicada la finca Santa Helena determinó la presencia de régimen bimodal en cuanto a registros de precipitación y temperatura teniendo el periodo más seco de Agosto a Septiembre y el más lluvioso de Octubre a Noviembre.

La disponibilidad de agua entregada por el pozo de agua subterránea (0.927 l/seg), el volumen utilizable de agua del tanque de almacenamiento (44.268 m³), la relación agua-suelo-planta descritos en el diseño agronómico condicionaron el área a regar a 0.8 hectáreas de pasto de corte donde se diseñó el sistema de riego modalidad aspersión con un costo total de \$7'620,014.00.

Palabras clave: Temperatura promedio, precipitación promedio, ganadería doble propósito, agua subterránea, sistema de riego.

ABSTRACT

The project was carried out in Santa Helena's Farm which owned to Institution Educative Nicolás García Bahamón in the town of Tello-Huila. It has an area of 17.2 ha, elevation of 1170-1220 meters above sea level, and the temperature is about 22.1 ° C and average annual rainfall of 1481.4 mm. It is located in dry areas of pre montane forest, furthermore 77% out of 100% is an agricultural land and cattle activities. Some basics aspects such as irrigation water, weather and ground studies were needed to in order to design the irrigation system for optimization in pastoral production. The project was conducted through Garmin GPS, Total Station and AutoCAD Civil 3D 2014 planialtimetric lifting the farm generating the current planes to generate the currents land and topography plans.

The farm has cattle Santa Helena vocation and having 77% of its extension in livestock activities clearly soils with low nutrient for plants, with evidence of soil compaction and good hydrodynamic properties. The quality of irrigation water from the well of groundwater Institution Educative Nicolás García Bahamón analyzed according to Decree 1594 of 1984 is good and can be used for irrigation without any limitation. The climate of the area where is located the farm Saint Helena determined the presence of bimodal regime in terms of temperature and precipitation records having the driest August to September and the wettest October to November period.

The water in the underground well (0.927 l/seg), the water volume on the tank (44,268 m³), and the interaction between water, soil and plant took part of the in the agronomic plan. All in all, an area conditioned for watering 0.8 hectares planting pasture where sprinkler irrigation system. All the project cost of \$ 7'260,014.00

Keywords: temperature, average annual rainfall, cattle activities, water in the underground, irrigation system.

INTRODUCCIÓN

La búsqueda de estrategias adecuadas y eficientes a las problemáticas presentadas en el sector agropecuario del país, así como la formulación de propuestas, iniciativas y proyectos que conlleven al desarrollo de las comunidades, resultan ser las principales funciones del ingeniero agrícola en la actualidad.

Una distribución inadecuada y un uso ineficiente de los recursos de suelo y agua en el país está llevando al campo colombiano a sumirse en un alto déficit de productividad, que sumados a las actuales problemáticas relacionadas con los altos precios de producción, transporte y la competencia generada a los productos colombianos por la entrada en vigencia de los tratados de libre comercio, crea la necesidad de evaluar la distribución interna de uso actual del suelo de las fincas, además de los sistemas de producción implementados en ellas y proponer modelos organizativos que lleven a aumentos en los índices de productividad.

Debido al bajo manejo que en la actualidad se le brinda a las praderas destinadas al desarrollo de actividades pecuarias en el país y en caso particular de interés de este trabajo a la comunidad de la sierra del gramal y veredas vecinas, pertenecientes al municipio de Tello en el departamento del Huila, se desarrollaron una serie de estudios que permitieron orientar el diseño de un sistema de riego para la finca Santa Helena.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según la secretaria de agricultura y minería del departamento del Huila en su anuario estadístico del año 2012, el municipio de Tello se encuentra en la séptima posición en producción ganadera, con un total de 17.594 animales de los cuales el 77% de estos están catalogados como de doble propósito (carne y leche). En cuanto a la distribución y áreas en pastos se puede encontrar que 22.822 hectáreas son destinadas a la alimentación del hato ganadero del municipio, donde predomina la pradera tradicional con 15.000 hectáreas correspondiendo al 65.7%.

El municipio de Tello tiene un área total aproximada de 557,19 Km² (55.719 has) de las cuales el 26.9% corresponden a praderas tradicionales que no tienen un adecuado uso.

La necesidad de incrementar la capacidad de carga en el sistema de producción pastoril de la finca Santa Helena constituye la propuesta de este trabajo de grado.

1. MARCO CONCEPTUAL

De acuerdo a Sánchez (1999), la destrucción de selvas y bosques, con la consecuente drástica reducción o pérdida de especies de plantas y animales, para la implantación de praderas artificiales, ha sido una verdadera tragedia para el medio ambiente tropical, considerando además que los niveles de productividad en las praderas tropicales son bajos y que los beneficiarios no han sido la población rural en general.

Según Trujillo (2009), el problema es que a menudo, la disponibilidad de forrajes convencionales (pastos) se ve limitada por muchos factores (principalmente climáticos) y con ello se limita nuestra productividad.

Para Cuesta (2005), el manejo del pastoreo es el aspecto menos entendido en las explotaciones y ocurren con frecuencia eventos de sobrepastoreo y subpastoreo a lo largo de un mismo año, con reducciones drásticas en la producción animal y en la persistencia del pasto, lo que conduce a una degradación rápida de las praderas. La aplicación de tecnologías de manejo apropiadas contribuirá a mejorar la eficiencia productiva de los sistemas ganaderos del país y a satisfacer las demandas de los consumidores en términos de calidad y precios de los productos animales.

De acuerdo a Mármol (2006), para lograr niveles elevados y estables de productividad en la ganadería de doble propósito es necesario un manejo racional del suelo, pasto y animal entre otras cosas evitando el sobrepastoreo, ajustando la carga animal, adecuando los sistemas de pastoreo e incorporando nutrientes al suelo. Lo más recomendable es organizar los animales en grupos con requerimientos alimenticios y de manejos similares y destinar para ellos una superficie de pastoreo (módulos) que será conducida de acuerdo a normas que tengan en cuenta las necesidades de la especie forrajera y la del animal a fin de lograr tener la máxima productividad animal sin afectar el recurso del pastizal.

Para Moreno *et al* (2000), el manejo de praderas incluye todas las prácticas necesarias desde el establecimiento hasta el aprovechamiento, con el propósito de obtener alimento que pueda satisfacer las necesidades de crecimiento, mantenimiento y producción animal. Los pastos se constituyen en el alimento natural más económico pero debe dársele todo el manejo requerido en términos de calidad y cantidad para su eficiente aprovechamiento en la empresa ganadera.

Para Villanueva (2004), la utilización y manejo adecuado de praderas irrigadas (solas o en asociación con leguminosas) y forrajes perennes de corte constituyen la principal alternativa para mantener e incrementar la productividad en los sistemas de doble propósito bajo pastoreo. En este sistema de producción, intervienen las

praderas como fuente de forraje y el animal, como elementos activos con exigencias y requerimientos propios que deben ser cubiertos en forma simultánea.

Para Del pozo (2004), La situación de deterioro de los ecosistemas ganaderos requiere de profundas transformaciones en su explotación, basadas en principios agroecológicos, donde los sistemas ganaderos se consideren como un ecosistema y no como una simple gestión técnico-económica.

Para Barrios y Muriel (2010), el proceso de planificación de la finca debe iniciar por la zonificación agroecológica, la determinación del uso potencial y las limitaciones de las diferentes áreas de la finca y de los recursos, para el desarrollo de los programas específicos. Estas zonas se definen según las combinaciones de suelo, fisiografía y características climáticas

Solarte *et al* (2013), considera que la productividad de la ganadería colombiana depende, en gran medida, de la habilidad del ganadero para manejar adecuadamente los recursos forrajeros de su finca. El éxito dependerá de su capacidad para obtener una alta producción de forraje, realizar un pastoreo eficiente, con periodos de ocupación y descanso adecuados, y ajustar la carga animal a la oferta de forraje. Para alcanzar este propósito, se requiere desarrollar e implementar prácticas más eficientes de manejo de los diferentes recursos del sistema productivo (suelo, agua, insumos) y desarrollar metodologías que permitan anticipar la variabilidad climática.

Para el INIFAP (2003), el establecimiento de praderas de riego significa un importante complemento forrajero para los sistemas de producción ganaderos. La operación rentable de praderas irrigadas depende, entre otros factores, del sistema de utilización del forraje producido, entendido éste no sólo como un método de cosecha, sino sobre todo como una herramienta para obtener el máximo rendimiento de la pradera.

De acuerdo a Mila (2002), un componente básico para mejorar la eficiencia de los sistemas de producción intensiva en el trópico es el suministro oportuno y eficiente del agua, en este aspecto el ganadero debe dedicarle más atención a la captación de agua en su finca y a la manera más adecuada de utilizarla; lo cual, está directamente relacionado con la operación apropiada del equipo de riego.

2. DISEÑO METODOLÓGICO.

Para el desarrollo de los objetivos propuestos se implementaron una serie de estudios a través de las siguientes fases.

2.1. USO ACTUAL DEL SUELO

2.1.1. VISITA Y RECONOCIMIENTO DE LA FINCA SANTA HELENA.

La finca Santa Helena, se encuentra localizada en la vereda Sierra del Gramal al oriente del municipio de Tello norte del departamento del Huila, vertiente occidental de la cordillera oriental a 17 km del casco urbano de este municipio y a 38 km de la ciudad de Neiva, con una elevación promedio de 1200 m.s.n.m. y cuyas coordenadas geográficas corresponden a: Latitud: 3° 0' 25.23"N y Longitud: 75° 4'17.47"O

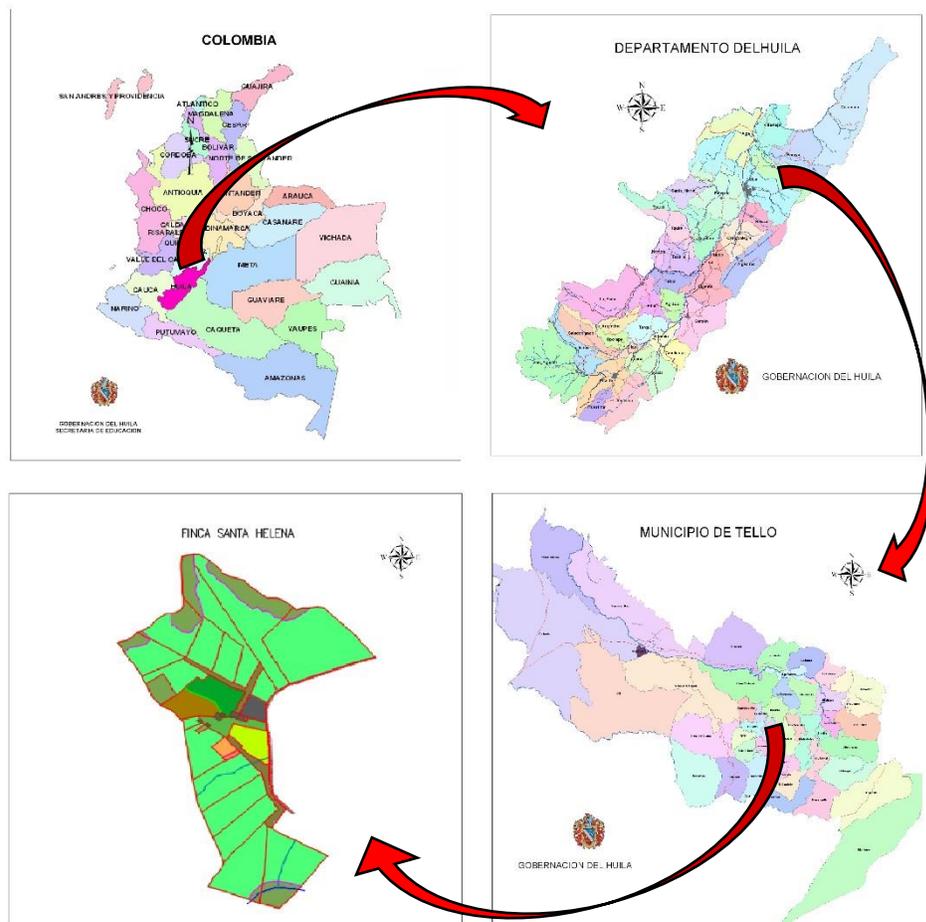


Figura 1. Ubicación Geográfica del proyecto – finca Santa Helena.
FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

Con el fin de identificar las instalaciones más importantes para el desarrollo del presente proyecto y adelantar acercamientos con los administrativos de la Institución Educativa, se realizó una visita a los predios de la finca Santa Helena.

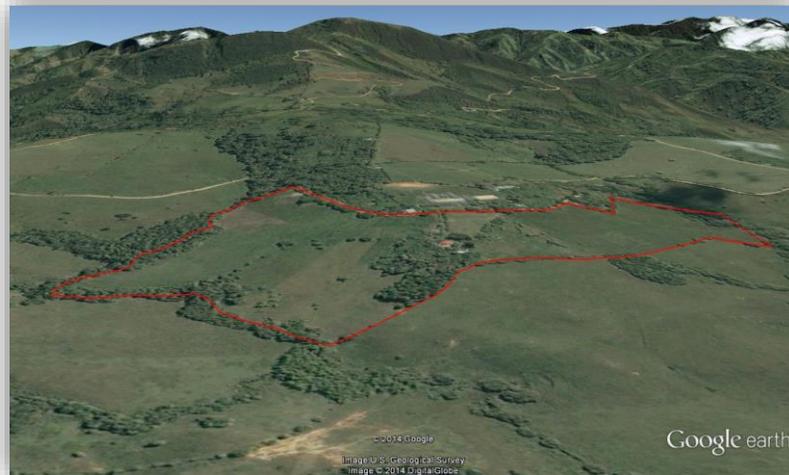


Figura 2. Finca Santa Helena – I.E. Nicolás García Bahamón.
FUENTE: Google earth, 2014

La finca Santa Helena administrada en la actualidad por la Institución Educativa Nicolás García Bahamón posee un área aproximada de 17 has, siendo su principal actividad la ganadería doble propósito con una producción de leche correspondiente a un aproximado de 40 litros al día.

A continuación se relaciona la cantidad de animales presentes en las instalaciones de la finca:

Tabla 1. Animales presentes en la finca Santa Helena

TIPO DE ANIMAL	CANTIDAD
VACAS PARIDAS	12
VACAS HORRAS	2
TOROS	2
TERNEROS	2
TERNERAS	4
MARRANAS DE CRIA	3
MARRANOS DE CRIA (PADRÓN)	1
GALLINAS PONEDORAS	85
POLLOS DE ENGORDE	48

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014



Figura 3. Pozo de aguas subterráneas - I. E. Nicolás García Bahamón.
FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

La ubicación geográfica del pozo de agua subterránea corresponde a: **latitud:** 3° 0' 25.39" N y **longitud:** 75° 4' 12.03" O. De acuerdo a prueba de bombeo realizada por COESTATAL LTDA presentado los resultados en el informe técnico de perforación y construcción de pozo de agua subterránea en el mes de agosto del año 2004 entregando a la Institución Educativa, se determina un caudal máximo teórico de explotación de 0.927 lps y una profundidad del pozo de 40.8 m. La tubería de conducción de pvc de 1 1/2" desde el pozo hasta el tanque de almacenamiento tiene una longitud aproximada de 300 m.



Figura 4. Tanque de almacenamiento de agua – finca Santa Helena.
FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

La ubicación geográfica del tanque de almacenamiento de agua corresponde a: **latitud:** 3° 0' 25.66" N y **longitud:** 75° 4' 18.98" O. El volumen almacenado de agua es de 57.62 m³. De acuerdo a información dada por el señor Fredy Yañez mayordomo de la finca, para que el tanque de almacenamiento sea llenado completamente con agua del pozo de agua subterránea se necesita un tiempo aproximado de 14 horas de bombeo.

2.1.2. LEVANTAMIENTO PLANIALTIMETRICO Y USO ACTUAL DE SUELO

2.1.2.1. Levantamiento planialtimetrico.

2.1.2.1.1. Equipos utilizados:

Para la georreferenciación del levantamiento se utilizó un GPS marca gamín map76CSx, suministrado por el laboratorio de Topografía de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Surcolombiana.



Figura 5. GPS marca Garmin map76CSx

FUENTE: <http://www.garmin.ec/download/GPSmap%2076CSx.pdf> – 21 de septiembre de 2014.

Para el levantamiento planialtimetrico se utilizó una estación total marca NIKON DTM 330, un trípode de aluminio, 2 bastones porta prisma de aluminio – altura máx. 5.10 m., 2 prismas, 1 paraguas, 3 radioteléfonos.



Figura 6. Equipos utilizados para el levantamiento planialtimetrico.

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

2.1.2.1.2. Procedimiento seguido para el levantamiento planialtimétrico.

Para el levantamiento planialtimétrico de la finca Santa Helena se realizó el siguiente proceso:

- **Georreferenciación de Delta 1 - Delta 2 y amarrado de estación:** se selecciona un punto donde se pueda ver gran cantidad de la finca a levantar y se clava en el terreno dos estacas a las cuales se le coloca en la parte superior un clavo de acero que servirá para referenciar el amarre de la estación total y la posterior georreferenciación del levantamiento.



Figura 7. Georreferenciación de DELTAS.

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014.

Una vez colocada los puntos **Delta 1** y **Delta 2** se tomó mediante el GPS Garmin map72CSx las coordenadas (X, Y, Z), posteriormente se realizó el amarrado de la estación **NIKON DTM 330**. Las coordenadas obtenidas están referenciadas a la red MAGNA-SIRGAS origen central. A continuación se muestra las coordenadas de los respectivos puntos.

Tabla 2. Coordenadas de los Deltas 1 y 2.

X	Y	Z	DESCRIPCIÓN
889841.70	824203.03	1204.00	DELTA1
889829.33	824187.68	1204.39	DELTA2

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

- **Toma de lectura de puntos:** Para la toma de las lecturas de los puntos pertenecientes al área de la finca Santa Helena se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se llevó a cabo una cuadrícula imaginaria de aproximadamente 15m x 15m donde se tomaron las lecturas de los respectivos puntos.
- En lugares donde se evidenció un cambio brusco de pendiente, los sitios seleccionados para la toma de lecturas fueron la base y la cresta del talud es decir la parte más baja y la más alta y/o el punto donde la pendiente cambió.
- Para que el pos proceso de la información tomada en campo fuera más sencilla en la toma de la lectura de cada punto se anotó en su descripción si correspondía a terreno natural, cerca, dren, paramento (construcción existente), bosque, quebrada, entre otros.
- Para puntos que no se pudieron ver desde la posición de la estación se tuvo que realizar un cambio de delta, dicho cambio consistió en asignar un nuevo lugar y colocar en este una estaca con un clavo de acero en la parte superior el cual sería el nuevo delta donde se amarraría la estación.



Figura 8. Toma de lectura de puntos del terreno

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

2.1.2.1.3. Procesamiento en oficina de los datos obtenidos del levantamiento planialtimétrico

Para el procesamiento de los datos obtenidos en campo del levantamiento planialtimétrico de la finca Santa Helena se realizó el siguiente proceso:

- **Obtención de la información y conversión del formato a extensión editable:** Inicialmente la estación trabaja sobre un formato de imagen de

extensión .raw el cual obtenemos al momento de la descarga de la información y no es posible trabajar sobre él. Con la ayuda del programa Excel se obtuvo el acceso a la información la cual se convirtió a formato .csv delimitado por comas siendo este utilizado en el programa de dibujo Autocad Civil 3D.

Tabla 3. Coordenadas de los deltas en el levantamiento planialtimetrico.

ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	DESCRIPCIÓN
889841.70	824203.03	1204.00	DELTA1
889829.33	824187.68	1204.39	DELTA2
889787.63	824233.06	1200.37	DELTA3
889766.69	824177.54	1201.98	DELTA4
889851.64	824087.27	1214.79	DELTA5
889828.36	824007.38	1216.74	DELTA6
889858.78	824000.09	1221.58	DELTA7
889869.04	823846.85	1220.28	DELTA8

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

- **Elaboración de plano de levantamiento topográfico y generación de curvas de Nivel:** Con la utilización del programa especializado de dibujo de ingeniería AutoCAD Civil 3D se realizó el procesamiento de la información obtenida en campo (cartera de campo Anexo G) y se presentan los resultados mediante plano topográfico Anexo H y plano de uso actual del suelo Anexo I.

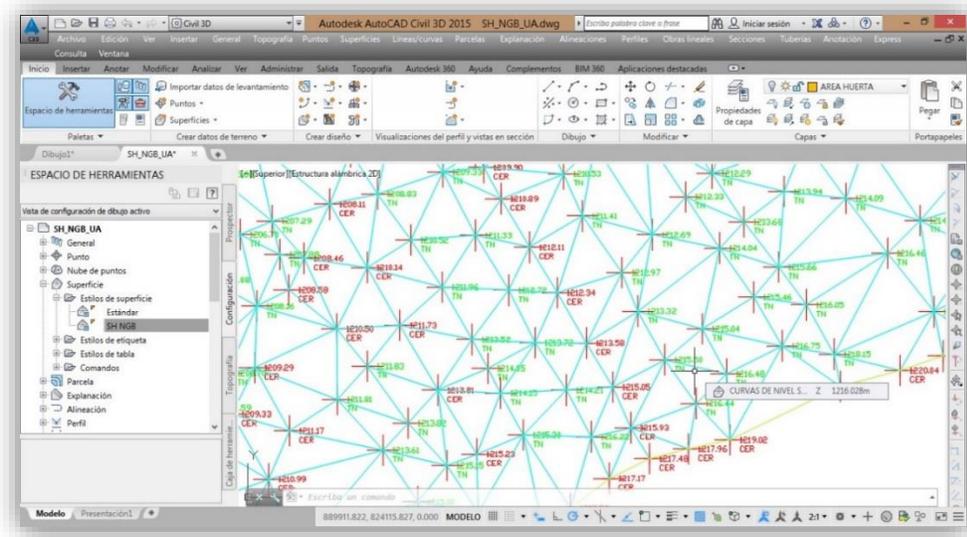


Figura 9. Identificación de puntos y generación de triangulación

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

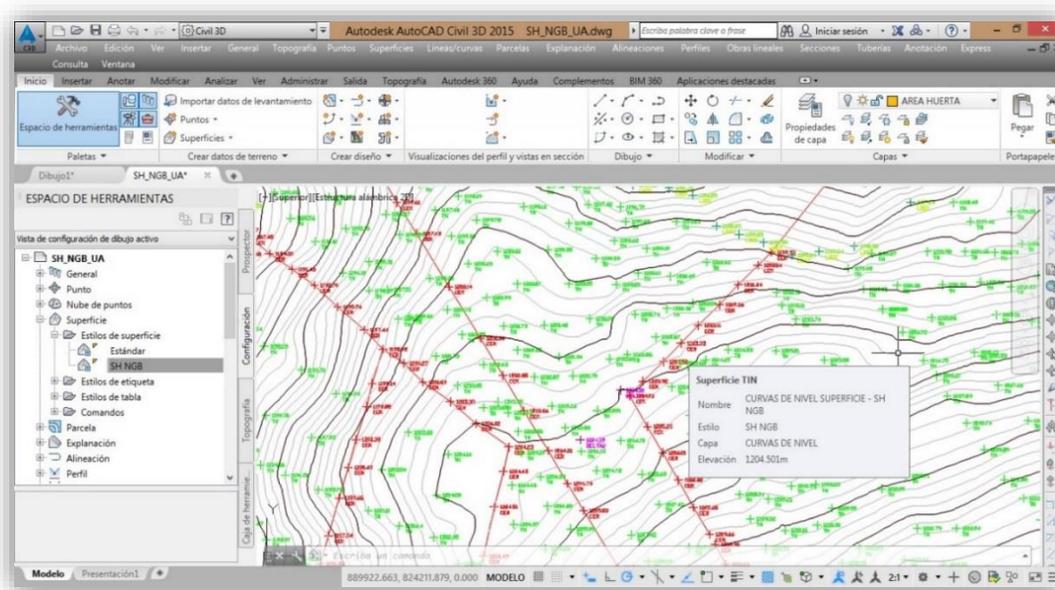


Figura 10. Procesamiento de información obtenida en campo – generación de curvas nivel
FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

La extensión de la finca Santa Helena corresponde a un área de 17.20 has, las cuales se encuentran distribuidas como se muestra en la Tabla 4

Tabla 4. Distribución del área de la finca Santa Helena.

DESCRIPCIÓN	ÁREA (m2)	ÁREA (has)	%
POTREROS	129744.74	12.74	74.08%
PASTO DE CORTE	5554.10	0.56	3.23%
BOSQUE	21113.24	2.11	12.28%
CACAO	5063.04	0.51	2.94%
LAGOS Y CÍTRICOS	4682.67	0.47	2.72%
PATIO Y ENTRADA	3165.02	0.32	1.84%
VIVERO	1290.21	0.13	0.75%
CAÑA	328.06	0.03	0.19%
PATIO GALLINAS	248.91	0.02	0.14%
CONSTRUCCIONES	3123.47	0.31	1.82%
TOTAL	171976.17	17.20	100.00%

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

2.1.2.2. Uso actual de los suelos de la finca Santa Helena.

Una vez realizado la visita de reconocimiento y el respectivo levantamiento topográfico de la finca Santa Helena se identificó la distribución actual de suelos. A continuación en la Tabla 5 y Gráfico 1 se muestra sus principales usos.

Tabla 5. Principales usos de los suelos en la finca Santa Helena.

ACTIVIDAD	ÁREA (m2)	ÁREA (Has)	%
GANADERÍA	132962.14	13.30	77 %
AGRICULTURA	11363.98	1.14	7 %
BOSQUES	21113.24	2.11	12 %
OTROS	6537.41	0.65	4 %
TOTAL	171976.17	17.20	100 %

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

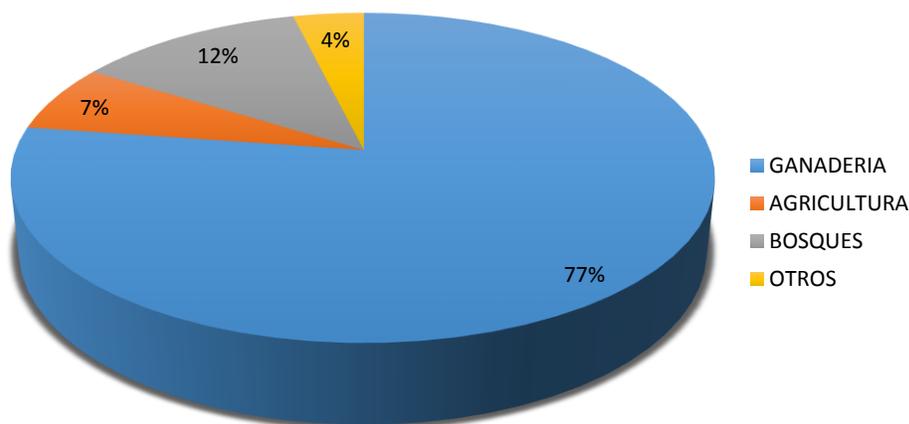


Gráfico 1. Principales usos de los suelos en la finca Santa Helena

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

2.1.2.2.1. Pastos.

De la totalidad de los terrenos de la finca Santa Helena el 77% corresponde a pastos, determinando la vocación ganadera de la misma y dentro de los cuales se identificaron los siguientes:

Pasto *Brachiaria* (*Brachiaria decumbens*):

- **Origen:** Originaria de África central y oriental, con buena adaptación en zonas tropicales de Asia y América.
- **Descripción:** Gramínea de bajo crecimiento, presenta hojas lanceoladas moderadamente vellosas de 7 a 20 mm de ancho y hasta 25 cm de largo.
- **Suelos:** Tolera baja fertilidad, registra respuesta a fertilización con N y P. Resiste pH de 4.0 - 6.5 y alta saturación de Al (95%). Tolera moderadamente Mn. No responde a encalado en suelos ácidos. No crece en suelos mal drenados y no tolera niveles freáticos altos.
- **Luz:** La sombra reduce la resistencia al pastoreo, tolerancia media a la sombra.
- **Altitud:** 0 – 1.800 msnm.
- **Temperatura:** 17 a 27°C. soporta altas temperaturas.
- **Precipitación:** 800 – 3.500 mm/año. Óptimo superior a 1.500 mm y con temporada seca de hasta 2 meses.
- **Calidad nutricional:** Proteína Cruda 7 - 10% Digestibilidad 50 - 60%.
- **Potencial de Producción:**
Forraje: La producción de materia seca puede ser alta con fertilización, rendimientos normales de 8 t MS/ha/año hasta 10 t/ha/año, con 6-10 cortes/año.
Animal: Pasturas fertilizadas, hasta 340 kg/ha de peso ganado. En suelos fértiles en asocio de leguminosa puede haber ganancia de 300 – 600 g/animales/día con cargas hasta de 2 animales/ha. (CORPOICA, 2014).



Figura 11. Pasto *Brachiaria* – finca Santa Helena.

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

Pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*):

- **Origen:** Este de África. Adaptada a trópicos o subtropicos.
- **Descripción:** Estolonífera y rizomatosa, de raíces profundas. Estolones leñosos, tallos de 40 cm de alto y de 1 a 1.5 mm de diámetro cerca de la base. Hojas lanceoladas, exfoliadas e hirsutas verdes o rojo – púrpura, pubescente a casi glabra, de 3 a 30 cm de larga, 2 a 5 mm de ancho.
- **Suelos:** Arenas hasta arcillas pesadas, óptimo en suelos de textura ligera, bien drenada (no tolera encharcamiento prolongado. pH entre 5.5 y 8.0, tolera salinidad y calor.
- **Luz:** Óptimo a libre exposición o sombra ligera.
- **Altitud:** 0 – 1.800 msnm.
- **Temperatura:** 17 a 27°C.
- **Precipitación:** 800 – 2.800 mm/año .Tolera sequía.
- **Calidad nutricional:** En el Valle del Sinú, a 21 días de edad, sin fertilización, la proteína cruda fue de 13,86%, FDN de 65.64%, FDA de 39.86%, 2.08 Mcal de energía metabolizable y 57.9% de digestibilidad.
- **Potencial de Producción:**
Forraje: Con 21 días de edad, 46 kg de N y con riego, puede alcanzar un rendimiento de materia seca de 2270 kg ha⁻¹, es decir puede producir 39 t MS ha año⁻¹
Animal: Utilizado en sistemas intensivos, en rotación con 21 días de descanso y carga de 1500 kg ha⁻¹, la producción de carne fue de 3.34 kg, día⁻¹ es decir 1.2 t de carne ha año⁻¹. (CORPOICA, 2014).



Figura 12. Pasto estrella – finca Santa Helena.

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

Pasto Puntero (*Hyparrhenia rufa*):

- **Origen:** África tropical.
- **Descripción:** Es una planta perenne que crece en matorros formando césped, las hojas son largas y delgadas, los tallos florales son largos y la inflorescencia es una panícula abierta.
- **Suelos:** Crece bien en suelos bien drenados, FA o FAr y con un pH de ácido a neutro (4.5 - 8). Topografía plana-pendiente.
- **Luz:** No tolera sombra superior al 30%.
- **Altitud:** 0 – 2000 msnm.
- **Temperatura:** 16 a 27°C.
- **Precipitación:** 600 – 2.500 mm/año.
- **Calidad nutricional:** En lluvias: proteína cruda (9.16%, FDN 66.16%, FDA 42.71, celulosa 30.49, lignina 6.9, digestibilidad 70.16% y 1.8 Mcal.
- **Potencial de Producción:**
Forraje: Con fertilización se pueden producir hasta 30 t MS ha-año-1.
Animal: 183 - 503 kg de carne/ha/año según el tipo de suelo (ácido y neutro respectivamente), con carga de 2 UA/ha se producen 5.7 kg leche/vaca/día; con ganado de ceba se producen 147 - 205 kg/a/año sin fertilización y con aplicación de 100 kg/ha de N respectivamente, (CORPOICA, 2014).



Figura 13. Pasto puntero – finca Santa Helena.
FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

Pasto Bermuda (*Cynodon dactylon*):

- **Origen:** Turquía y Pakistán, pero se ha introducido a todos los países tropicales y sub tropicales, y en algunas regiones templadas del mundo.
- **Descripción:** Follaje denso, 10 - 40 cm de altura (raramente hasta 90 cm), láminas de las hojas glabras o escasamente pubescentes, frecuentemente glaucas, con márgenes minuciosamente escabrosas, 3 - 15 cm de largo y 2 - 4 mm de ancho; lígula membranosa, con una fila densa de pelos cortos en un borde. 0,2 mm de largo con mechón de pelos más largos en cualquiera de los extremos. Su inflorescencia es en forma de panícula digitada, que comprende 4-5 racimos (en formas sólidas de hasta 10 racimos, a veces en 2 verticilos) de 1,5 - 8 cm de largo.
- **Suelos:** Crece en una amplia gama de suelos, pero es mejor en suelos fértiles y bien drenados, pH 5,5 a 8.0. Presenta buena tolerancia a la salinidad y no tolera alto contenido de aluminio en el suelo.
- **Luz:** No es tolerante a la sombra y su rendimiento disminuye rápidamente cuando esta se incrementa.
- **Altitud:** 0 – 1800 msnm.
- **Temperatura:** 17 a 27°C.
- **Precipitación:** 600 – 1600 mm/año.
- **Calidad nutricional:** Proteína Cruda 3 - 9%. Digestibilidad 40 – 69 %
- **Potencial de Producción:**
Forraje: 1.000 – 3.000 kg MS/ha/año.
Animal: 200 – 300 kg /ha/año. (CORPOICA, 2014)



Figura 14. Pasto Bermuda – finca Santa Helena.

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

2.1.2.2.2. Agricultura.

De la totalidad de los terrenos de la finca Santa Helena el 6.61% corresponde a pequeñas actividades agrícolas limitadas básicamente a árboles de cacao (*Theobroma cacao L.*) y algunas musáceas (*Musa paradisiaca*).



Figura 15. Árboles de cacao – finca Santa Helena.
FUENTE: Oliveros y Marín, 2014



Figura 16. Cultivo de Banano – finca Santa Helena.
FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

2.1.2.2.3. Bosque Ribereño.

De la totalidad de los terrenos de la finca Santa Helena el 12.28% corresponde a bosques ribereños donde predominan especies de árboles nativos de la región como lo son Yarumo (*Cecropia peltata*), Guácimo (*Guazuma ulmifolia*), Dinde (*Chlorophora tinctoria L.*), Sangregado (*Croton magdalenensis Müll. Arg.*), Cachimbo (*Erythrina poeppigiana*), Guadua (*Guadua spp.*), Igua (*Pithecellobium guachapele*).



Figura 17. Bosque Ribereño característico de la región – finca Santa Helena.

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

2.1.2.2.4. Otros.

De la totalidad de los terrenos de la finca Santa Helena el 3.80% corresponde a terrenos que se denominan como otros, debido a que sus usos no se encuentran bien definidos y/o sus extensiones no son representativas, dentro de estas tenemos algunas construcciones como lo son: un galpón, una porqueriza, un corral, un almacén y la casa de la finca.



Figura 18. Proyecto porcino I.E. Nicolás García Bahamón – finca Santa Helena.

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

2.2. COBERTURA DEL ESTUDIO.

2.2.1. ANÁLISIS DEL SUELO.

2.2.1.1. Descripción de los suelos.

El objetivo principal de la investigación en la ciencia del suelo es la comprensión de la naturaleza, propiedades, dinámicas y funciones del suelo como parte del paisaje y los ecosistemas. Un requerimiento básico para lograr ese objetivo, es la disponibilidad de información confiable sobre la morfología de los suelos y otras características obtenidas a través del estudio y la descripción del suelo en campo.

Es importante que la descripción del suelo sea hecha exhaustivamente; esto sirve como base para la clasificación del suelo y la evaluación del sitio, así como para realizar interpretaciones sobre la génesis y funciones medioambientales del suelo. Una buena descripción de suelos y el conocimiento derivado en cuanto a la génesis del mismo, son también herramientas útiles para guiar, ayudar en la explicación y regular el costoso trabajo de laboratorio. Asimismo, puede prevenir errores en el esquema de muestreo. La Figura 19, muestra el papel de la descripción de suelos como paso inicial en la clasificación de suelos y la evaluación de la aptitud de uso del sitio (FAO, 2009).

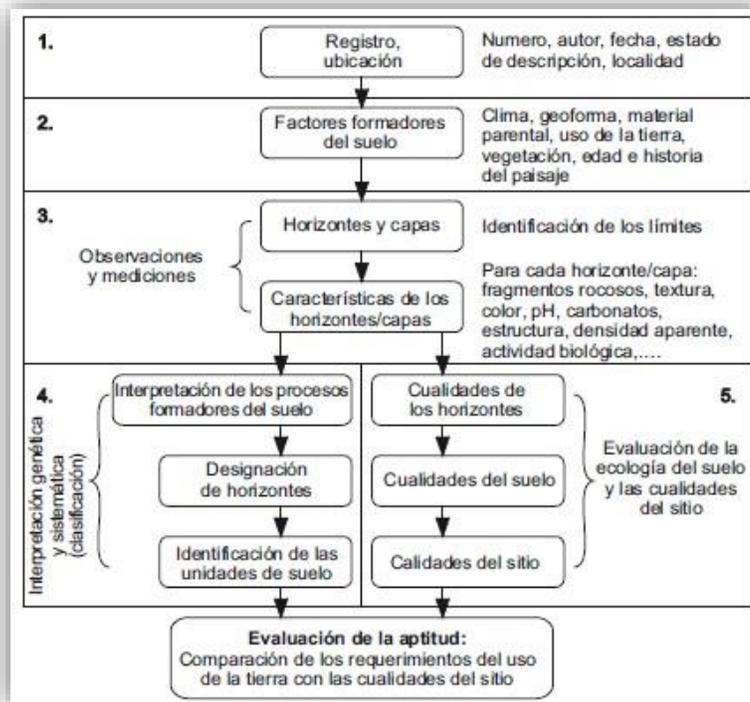


Figura 19. Proceso de descripción del suelo, clasificación, calidad del sitio y evaluación de la aptitud.

FUENTE: FAO, 2009.

De acuerdo con el mapa de suelos del departamento del Huila y el estudio de suelos del mismo, la finca Santa Helena se encuentra en la unidad cartográfica **PRAd**; cuya interpretación hace referencia a un paisaje de piedemonte (P), un clima medio y seco (R) y un relieve quebrado entre 12%-25% (d).

2.2.1.1.1. Suelos de piedemonte de clima medio y seco.

Se describen aquí los suelos de colinas localizados entre los 1000 y 1600 m.s.n.m. en el paisaje de piedemonte sobre las estribaciones de la región montañosa de las cordilleras central y oriental y el valle del Magdalena. De acuerdo con Holdridge, comprende las formaciones vegetales de bosque seco premontano y las zonas transicionales secas del bosque húmedo premontano (IGAC, 1994).

Características y propiedades.

En general, corresponden a relieve colinado formado sobre rocas sedimentarias y materiales detríticos ígneo-metamórficos de antiguos abanicos o conos, que al disectarse profundamente formaron lomas y colinas de relieve quebrado y fuertemente quebrado.

Las laderas son cortas y las lomas alargadas, de poca altura relativa, a veces formadas por materiales tobáceos deleznable y fácilmente erosionables. Estas áreas presentan grados moderados de erosión, especialmente cuando la pendiente es más fuerte.

En general, son suelos ligeramente evolucionados de perfiles ABC, cuyo desarrollo pedogenético depende del lugar que ocupen en el paisaje; son superficiales a moderadamente profundos y limitados por la presencia de arcillas calcáreas compactas. La erosión hídrica laminar ha desgastado el espesor de la capa superficial de los suelos, (IGAC, 1994).

2.2.1.1.2. Descripción de perfiles de suelo.

Para el proceso de descripción de perfiles se realizaron 2 calicatas ubicadas en la finca Santa Helena con el fin de identificar algunas propiedades importantes en los suelos del área de estudio (Anexo A y Anexo B).

Descripción de perfil del suelo - Calicata 1.

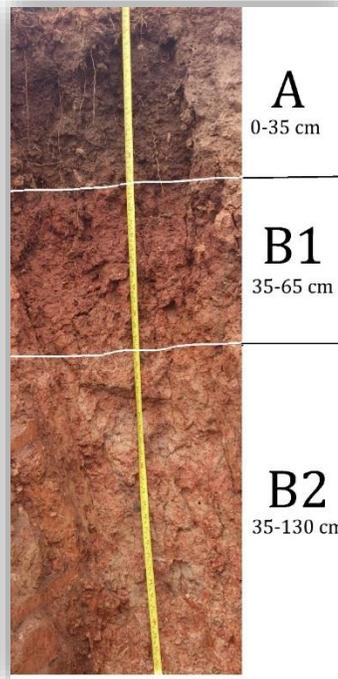


Figura 20. Perfil del suelo – Calicata 1.

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

La descripción del perfil del suelo **No. 1** fue realizado en las coordenadas de latitud: 3° 0' 20.43" N y longitud: 75° 4' 20.08"W con una altura de 1190 m.s.n.m., temperatura del aire de 26°C y temperatura del suelo a una profundidad de 50 cm de 21°C clasificándose como un régimen de temperatura del suelo isotérmico, relieve de colina con pendiente de 18% sin evidencias de erosión. Vegetación natural predominante de cachimbos, yarumos, igua, dinde y guadua. Régimen de humedad udico. Profundidad efectiva de 40 cm con limitante de arcillas compactadas y drenaje natural bueno.

- **Horizonte A:** De 0 – 35 cm, color marrón (10 YR 4/3), Textura organoléptica Franco arenosa, estructura tipo bloques angulares de tamaño grueso, consistencia en seco ligeramente duro, en húmedo friable, en mojado ligeramente adherente, con poros en gran mayoría finos y muy pocos medios, gran actividad de microorganismos, presencia de muchas raicillas.
- **Horizonte B1:** De 35 – 65 cm, color rojo oscuro (2.5 YR 3/6), Textura organoléptica Arcillo arenosa, estructura tipo bloques angulares de tamaño grueso, consistencia en seco muy duro, en húmedo firme, en mojado

adherente, con poros en gran mayoría muy finos y pocos finos, poca actividad de microorganismos, presencia de algunas raicillas.

- **Horizonte B2:** > 65 cm, color marrón muy pálido (10 YR 8/3) con presencia de machas color rojo oscuro (2.5 YR 3/6) en un 30% del horizonte, Textura organoléptica Arcillo arenosa, estructura tipo bloques angulares de tamaño grueso, consistencia en seco extremadamente duro, en húmedo firme, en mojado adherente, con poros muy finos, poca actividad de microorganismos, sin presencia raicillas.

El uso actual de los suelos es de pastos para ganadería semi extensiva con clasificación agrologica IV.

Descripción de perfil del suelo - Calicata 2.

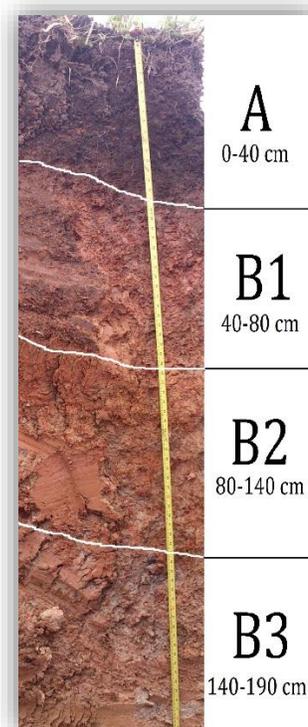


Figura 21. Perfil del suelo – Calicata 2.

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

La descripción del perfil del suelo **No. 2** fue realizado en las coordenadas de latitud: 3° 0' 27.02"N y longitud: 75° 4' 18.19"W con una altura de 1205 m.s.n.m., temperatura del aire de 26°C y temperatura del suelo a una profundidad de 50 cm de 20°C clasificándose como un régimen de temperatura del suelo isotérmico,

relieve de colina con pendiente de 13% sin evidencias de erosión. Vegetación natural predominante de cachimbos, yarumos, igua, dinde y guadua. Régimen de humedad udico. Profundidad efectiva de 45 cm con limitante de arcillas compactadas y drenaje natural bueno.

- **Horizonte A:** De 0 – 40 cm, color marrón grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2), Textura organoléptica Franco arenosa, estructura tipo granular de tamaño medio, consistencia en seco ligeramente duro, en húmedo friable, en mojado ligeramente adherente, con poros en gran mayoría finos y pocos medios, gran actividad de microorganismos, presencia de muchas raicillas.
- **Horizonte B1:** De 40 – 80 cm, color rojo claro (2.5 YR 6/8), Textura organoléptica Arcillo arenosa, estructura tipo bloques angulares de tamaño grueso, consistencia en seco muy duro, en húmedo firme, en mojado adherente, con poros en gran mayoría muy finos y pocos finos, poca actividad de microorganismos, presencia de algunas raicillas.
- **Horizonte B2:** De 80 – 140 cm, color gris claro (10 YR 7/1) con presencia de machas color rojo (2.5 YR 4/8) en un 30% del horizonte, Textura organoléptica Arcillo arenosa, estructura tipo bloques angulares de tamaño grueso, consistencia en seco extremadamente duro, en húmedo firme, en mojado adherente, con poros muy finos, poca actividad de microorganismos, sin presencia raicillas.
- **Horizonte B3:** >140 cm, color gris claro (10 YR 7/2) con presencia de machas color rojo oscuro (10 R 3/6) en un 30% del horizonte y manchas color amarillo pardusco (10 YR 6/8) en un 10% del horizonte, Textura organoléptica Arcillo arenosa, estructura tipo bloques angulares de tamaño grueso, consistencia en seco extremadamente duro, en húmedo firme, en mojado adherente, con poros muy finos, sin actividad de microorganismos, sin presencia raicillas.

El uso actual de los suelos es de pastos para ganadería semi extensiva con clasificación agrologica IV.

2.2.1.2. Propiedades hidrofísicas del suelo.

2.2.1.2.1. Prueba de conductividad hidráulica (método inverso del AUGER HOLE)

Pizarro (1978) expresa que este método recibe también el nombre de método de PORCHET, y se utiliza en los casos en que no se encuentra la capa freática. El procedimiento es muy sencillo. Consiste, como indica la Figura 22, en abrir un agujero en el suelo por medio de una barrena y llenarlo de agua hasta una altura h_1 , momento en que se pone en marcha el cronometro ($t_1=0$). Cuando el nivel ha descendido a h_n se lee el tiempo t_n .

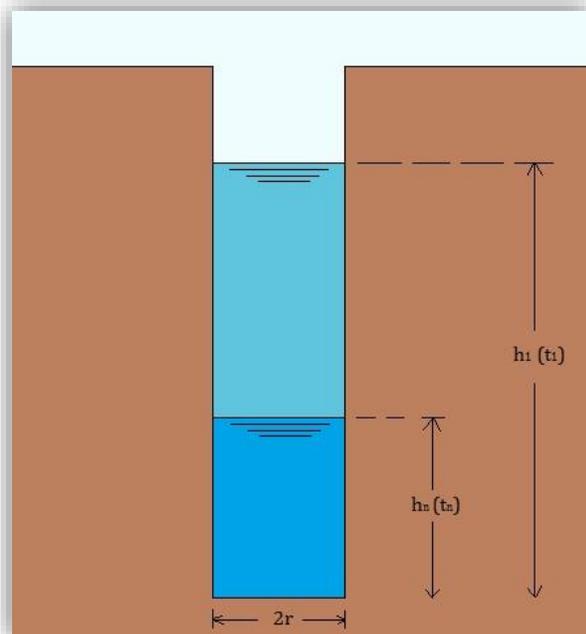


Figura 22. Método inverso del AUGER HOLE.
FUENTE: Pizarro, 1978.

El valor de la permeabilidad viene dado por la fórmula siguiente

$$K = 432 r \frac{\ln\left(h_1 + \frac{r}{2}\right) - \ln\left(h_n + \frac{r}{2}\right)}{t_n - t_1}$$

En la cual:

- .h y r se miden en cm.
- .t se mide en seg.
- .K en m/día.

Tabla 6. .Clasificación de la conductividad hidráulica

K (m/día)	Clasificación
0.03 - 0.12	Lenta
0.12 - 0.5	Moderadamente lenta
0.5 - 1.5	Moderada
1.5 - 3.0	Moderadamente rápida
3.0 - 4.5	Rápida
> 4.5	Muy rápida

FUENTE: USDA. Servicio de conservación de suelos.

Para la finca Santa Helena se realizaron dos pruebas de conductividad hidráulica por el método inverso de AUGER HOLE. A continuación se muestra las lecturas tomadas minuto a minuto durante las pruebas y el cálculo de la conductividad hidráulica.

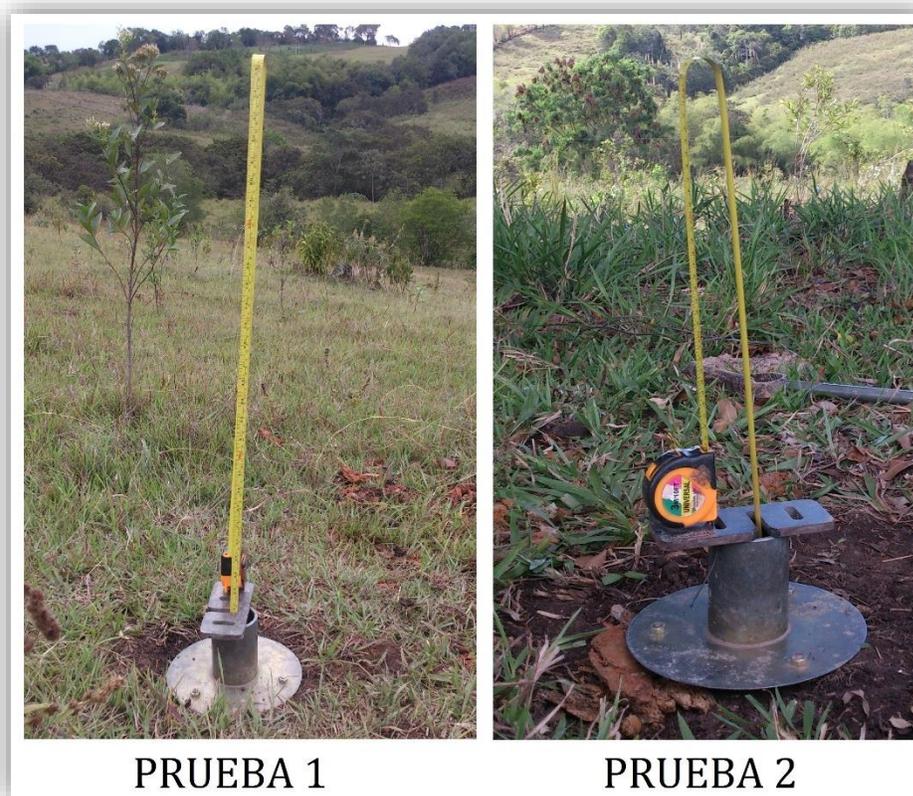


Figura 23. Pruebas 1 y 2 método inverso del AUGER HOLE.

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

Tabla 7. Lecturas tomadas de pruebas 1 y 2 método de inverso de AUGER HOLE.

PRUEBA 1			PRUEBA 2		
UBICACIÓN GEOGRÁFICA: 3°0'20.43"N - 75°4'20.08"O			UBICACIÓN GEOGRÁFICA: 3°0'28.58"N - 75°4'19.04"O		
tiempo (min)	Lamina (cm)	L acum (cm)	tiempo (min)	Lamina (cm)	L acum (cm)
0	30.0	0.0	0	19.0	0.0
1	39.5	9.5	1	30.0	11.0
2	43.7	13.7	2	34.2	15.2
3	47.0	17.0	3	37.4	18.4
4	49.2	19.2	4	38.8	19.8
5	51.3	21.3	5	40.6	21.6
6	53.0	23.0	6	42.5	23.5
7	54.9	24.9	7	44.2	25.2
8	56.0	26.0	8	46.4	27.4
9	57.5	27.5	9	48.5	29.5
10	58.5	28.5	10	51.5	32.5
11	60.0	30.0	11	54.6	35.6
12	61.0	31.0	12	58.2	39.2
13	62.0	32.0	13	61.5	42.5
14	63.0	33.0	14	64.0	45.0
15	64.0	34.0	15	66.4	47.4
16	65.0	35.0	16	68.4	49.4
17	66.0	36.0	17	70.0	51.0
18	66.5	36.5	18	71.3	52.3
19	67.6	37.6	19	72.4	53.4
20	68.2	38.2	20	73.4	54.4

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

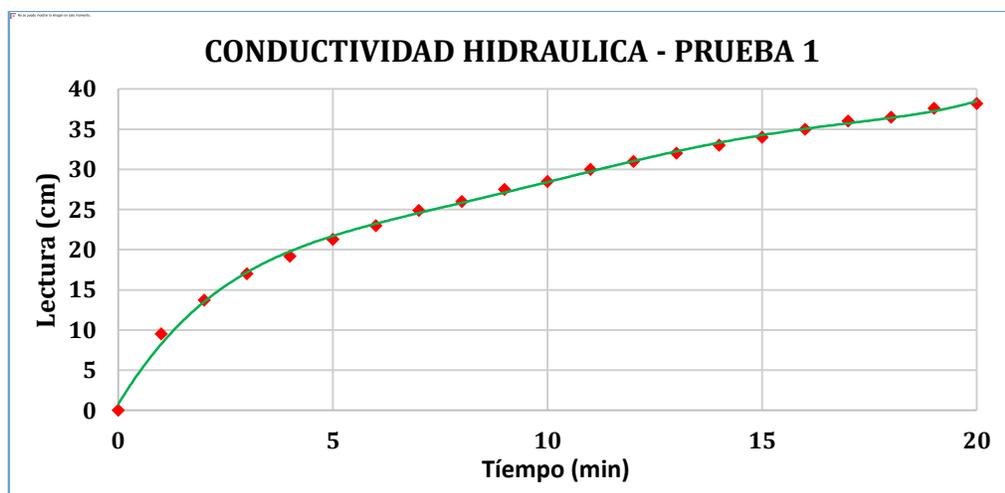


Gráfico 2. Conductividad hidráulica - prueba 1.

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

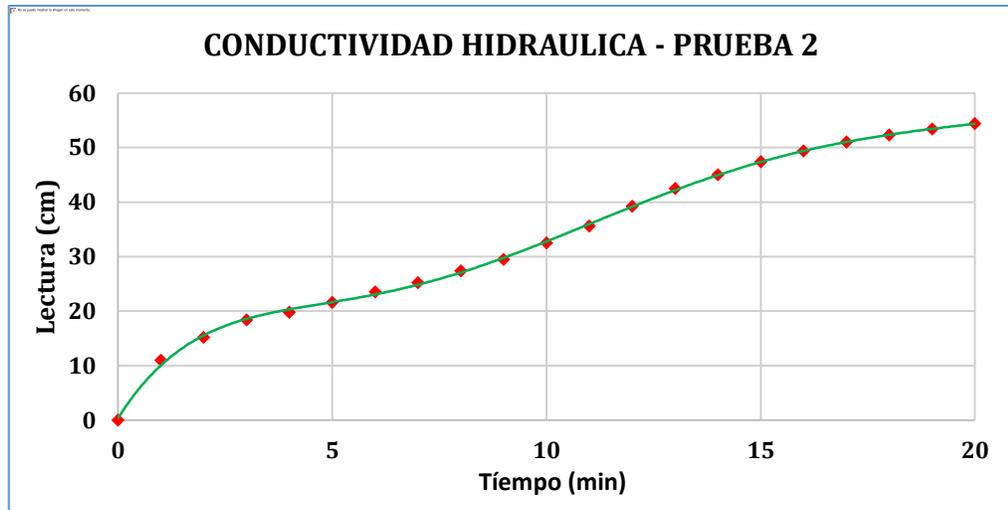


Gráfico 3. Conductividad hidráulica - prueba 2.

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

- **Calculo de la conductividad hidráulica: prueba 1.**

.radio (r): **5 cm.**

.profundidad del pozo: **110 cm.**

.altura del soporte: **11 cm.**

. t_n : 20 min = **1200 seg.**

. t_1 : 0 min = **0 seg.**

. h_1 : (profundidad del pozo + altura soporte) - lamina t_0 = (110 cm + 11 cm) - 30.0 cm = **91.0 cm**

. h_n : (profundidad del pozo + altura soporte) - lamina t_n = (110 cm + 11 cm) - 68.2 cm = **52.8 cm**

$$K_1 = 432 (5cm) \frac{\ln\left(91 cm + \frac{5 cm}{2}\right) - \ln\left(52.8 cm + \frac{5 cm}{2}\right)}{1200 seg - 0 seg}$$

$$K_1 = 0.95 m/dia$$

La conductividad hidráulica realizada por el método de AUGER HOLE de la prueba 1 arroja un valor de 0.95 m/día y que de acuerdo a la Tabla 6 esta se clasifica como moderada, estableciendo que este tipo de suelos establece una facilidad aceptable para que el agua fluya a través de él y no se presenten problemas de drenaje interno.

- **Calculo de la conductividad hidráulica: prueba 2.**

.radio (r): **5 cm.**

.profundidad del pozo: **110 cm.**

.altura del soporte: **11 cm.**

. t_n : 20 min = **1200 seg.**

. t_1 : 0 min = **0 seg.**

. h_1 : (profundidad del pozo + altura soporte) - lamina t_0 = (110 cm + 11 cm) - 19.0 cm = **102.0 cm**

. h_n : (profundidad del pozo + altura soporte) - lamina t_n = (110 cm + 11 cm) - 73.4 cm = **47.6 cm**

$$K_2 = 432 (5cm) \frac{\ln\left(102\text{ cm} + \frac{5\text{ cm}}{2}\right) - \ln\left(47.6\text{ cm} + \frac{5\text{ cm}}{2}\right)}{1200\text{ seg} - 0\text{ seg}}$$

$$K_2 = 1.32\text{ m/dia}$$

La conductividad hidráulica realizada por el método de AUGER HOLE de la prueba 2 arroja un valor de 1.32 m/día y que de acuerdo a la Tabla 6 esta se clasifica como moderada, estableciendo que este tipo de suelos establece una facilidad aceptable para que el agua fluya a través de él y no se presenten problemas de drenaje interno

2.2.1.2.2. Prueba de Infiltración (método de anillos infiltrometros)

El método consiste en instalar en el terreno que se requiere determinar su infiltración, en un sitio característico y previamente limpiado de hierbas, desechos y piedras, dos cilindros concéntricos de acero, huecos en el centro, con medidas aproximadas de 30 cm de alto, de 30 y 45 cm de diámetro.

Se coloca una placa de acero sobre ellos y se golpea hasta que penetren a una profundidad de 10 a 15 cm. Los cilindros deben estar a nivel. Una vez instalados, se llenan de agua y se mide el tirante con ayuda de una regla. Las lecturas se hacen a diferentes intervalos, dejando que baje el nivel de agua y volviendo a agregar agua cuando se requiera después de una a tres horas, cuando el nivel varíe muy poco o nada, la prueba habrá terminado. (Cisneros, 2005)

El modelo utilizado para expresar matemáticamente el fenómeno de la infiltración fue el de KOSTIAKOV, y que de acuerdo a Negro (1998), expresa:

$$L = bT^m$$

.L= infiltración acumulada.

.T= tiempo que permanece el agua sobre el suelo.

.**b y m** = son constantes, las cuales tratan de interpretar dentro de los límites de uso de la ecuación todas las variables que afectan al proceso. El parámetro **b** nos da una idea del contenido de humedad al iniciarse el proceso, y el parámetro **m** nos da idea del ritmo de la infiltración, generalmente su valor está entre 0 y 1.

Si la ecuación la derivamos con respecto al tiempo, obtendremos la expresión correspondiente a la Velocidad de Infiltración (I) o Infiltración Instantánea (Ii).

$$I = m * b * T^{m-1} \quad (cm/min \text{ o } mm/min)$$

$$I = 60 m * b * T^{m-1} \quad (cm/hora \text{ o } mm/hora)$$

Para simplificar podemos tomar:

$$B = 60 m * b$$
$$n = m - 1$$

Teniendo:

$$I = B * T^n \quad (cm \text{ o } mm/hora)$$

Calculo del tiempo básico:

$$t_b = (-600 * n)$$

Tabla 8. Clasificación de la infiltración básica.

CLASIFICACIÓN	I (cm/h)
Infiltración lenta	< 0.5
Infiltración moderadamente lenta	0.5 - 2.0
Infiltración moderada	2.1 - 6.0
Infiltración moderadamente rápida	6.1 - 13.0
Infiltración rápida	13.1 - 25.0
Infiltración muy rápida	>25.0

FUENTE: USDA. Servicio de conservación de suelos.

Para la finca Santa Helena se realizaron dos pruebas de infiltración utilizando el método de los anillos infiltrómetros. A continuación se muestra las lecturas tomadas minuto a minuto durante las pruebas y el cálculo de la infiltración básica.



Figura 24. Pruebas 1 y 2 método de anillos infiltrómetros.
FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

Tabla 9. Lecturas tomadas de prueba 1 método de anillos infiltrómetros.

Tiempo (min)	Lamina(cm)	Recarga (cm)	L acum (cm)
0	20	20	0
1	18.9	-	1.1
2	17.7	-	2.3
3	16.6	-	3.4
4	15.6	-	4.4
5	14.8	-	5.2
10	16.5	20	8.7
15	13.4	-	11.8
20	17.7	20.5	14.6
25	15.4	-	16.9
30	12.9	-	19.4
45	14.8	20	24.6
60	10.9	-	28.5
75	16.3	20	32.2
90	12.6	-	35.9
105	16.9	20.3	39.3
120	13.9	-	42.3

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

Tabla 10. Lecturas tomadas de prueba 1 método de anillos infiltrómetros.

Tiempo (min)	Lamina(cm)	Recarga (cm)	L acum (cm)
0	20	20	0
1	14	-	6
2	11	-	9
3	8.5	-	11.5
4	7.1	-	12.9
5	17.8	20	15.1
10	10.4	-	22.5
15	15	20	27.5
20	11.4	-	31.1
25	16.5	20	34.6
30	13.5	-	37.6
35	11.5	-	39.6
45	15.2	20	44.4
60	14.1	20	50.3
75	15.5	20	54.8
90	17	20	57.8

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

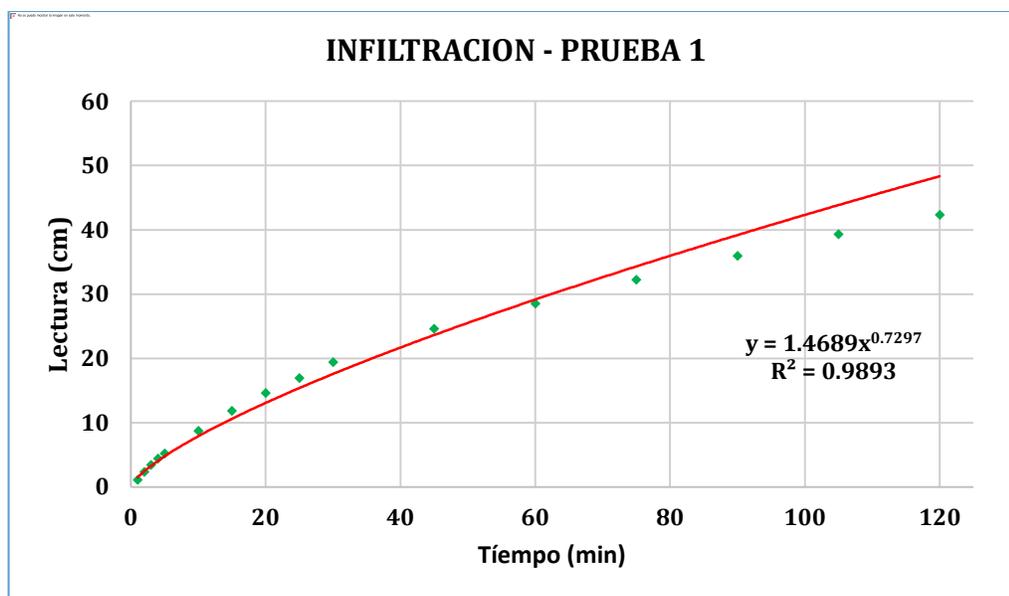


Gráfico 4. Infiltración método de anillos infiltrómetros - prueba 1.

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

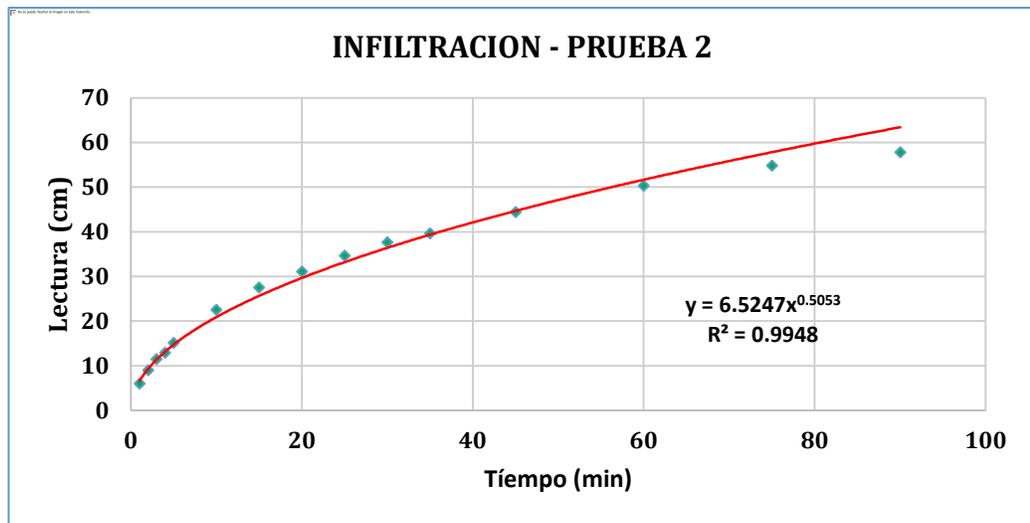


Gráfico 5. Infiltración método de anillos infiltrómetros - prueba 2.
FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

- **Calculo de la infiltración básica método de KOSTIAKOV - prueba 1.**

Del Gráfico 4 se tiene que la ecuación de la infiltración acumulada para la prueba 1 es:

$$L = 1.4689 * T^{0.7297}$$

Al derivar la ecuación de la infiltración acumulada se tiene la expresión correspondiente a la Velocidad de Infiltración (I):

$$I = 60 * 1.4689 * 0.7297 * T^{0.7297-1}$$

$$I = 64.3114 * T^{-0.2703}$$

Se calcula el tiempo básico:

$$t_b = (-600 * (-0.2703))$$

$$t_b = 162.18$$

Con el t_b y la ecuación de velocidad de infiltración se calculó la infiltración básica:

$$I_b = 64.3114 * 162.18^{-0.2703}$$

$$I_b = 16.25 \text{ cm/hora}$$

De acuerdo al resultado obtenido de la infiltración básica y a la Tabla 8 la infiltración para la prueba 1 se clasifica como una infiltración rápida.

- **Calculo de la infiltración básica método de KOSTIAKOV - prueba 2.**

Del Gráfico 5 se tiene que la ecuación de la infiltración acumulada para la prueba 2 es:

$$L = 6.5247 * T^{0.5053}$$

Al derivar la ecuación de la infiltración acumulada se tiene la expresión correspondiente a la Velocidad de Infiltración (I):

$$I = 60 * 6.5247 * 0.5053 * T^{0.5053-1}$$

$$I = 197.82 * T^{-0.4947}$$

Se calcula el tiempo básico:

$$t_b = (-600 * (-0.4947))$$

$$t_b = 296.82$$

Con el t_b y la ecuación de velocidad de infiltración se calculó la infiltración básica:

$$I_b = 197.82 * 296.82^{-0.4947}$$

$$I_b = 11.83 \text{ cm/hora}$$

De acuerdo al resultado obtenido de la infiltración básica y a la Tabla 8 la infiltración para la prueba 2 se clasifica como una infiltración moderadamente rápida.

2.2.1.3. análisis de resultados de propiedades físico-químicas de suelo en laboratorio.

2.2.1.3.1. Análisis de parámetros físicos

- **Textura:** para Castro (1998), la textura indica la proporción o cantidad en porcentaje en que se encuentra la arcilla, el limo y la arena en el suelo. La arcilla, el limo y la arena se clasifican por su diámetro o tamaño. La Sociedad Norteamericana de la Ciencia del Suelo (S.N.C.S.) y la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo (S.I.C.S.), tienen unos límites establecidos para cada una de estas partículas.

	<0.002	0.05	0.1	0.25	0.5	1.0	>2.0
SNCS	ARCILLA	LIMO	Muy Fina	Fina	Media	Gruesa	Muy Gruesa
			ARENA				CASCAJO
SICS	ARCILLA	LIMO	ARENA		ARENA		CASCAJO
			FINA	GRUESA			
	<0.002	0.02		0.2			>2.0

Figura 25. Clasificación de las partículas del suelo según su diámetro en milímetros de acuerdo con .S.N.C.S y S.I.C.S

FUENTE: Castro, 1998.

La clasificación que rige para los suelos del país es la registrada por la Sociedad Norteamericana de la Ciencia del Suelo (S.N.C.S.).

De acuerdo a los resultados obtenidos de la muestra de suelo analizada por el laboratorio de recursos Geoagroambientales de la Universidad Surcolombiana (LABGAA) ANEXO C. los resultados de la fracción mineral arrojó: Arena: 70.0%, Limo: 14.0% y Arcilla: 16.0% y que mediante interpretación del triángulo de textura fue determinada como un suelo Franco Arenoso, (Figura 26).

Según Castro (1998), la clase textural se usa comúnmente en la práctica como criterio para calificar otras propiedades físicas del suelo como permeabilidad, retención de humedad, drenaje interno y aireación del suelo. Igualmente, a partir de la textura se deducen criterios de manejo del suelo como condición de labranza, susceptibilidad a la erosión por agua y grado de fertilidad natural.

Para el caso de suelos de textura Franco Arenosa sus principales características son: Condición de labranza: regular, Infiltración (permeabilidad): alta, Retención de humedad: baja, Erodabilidad por agua: baja y Fertilidad natural: baja.

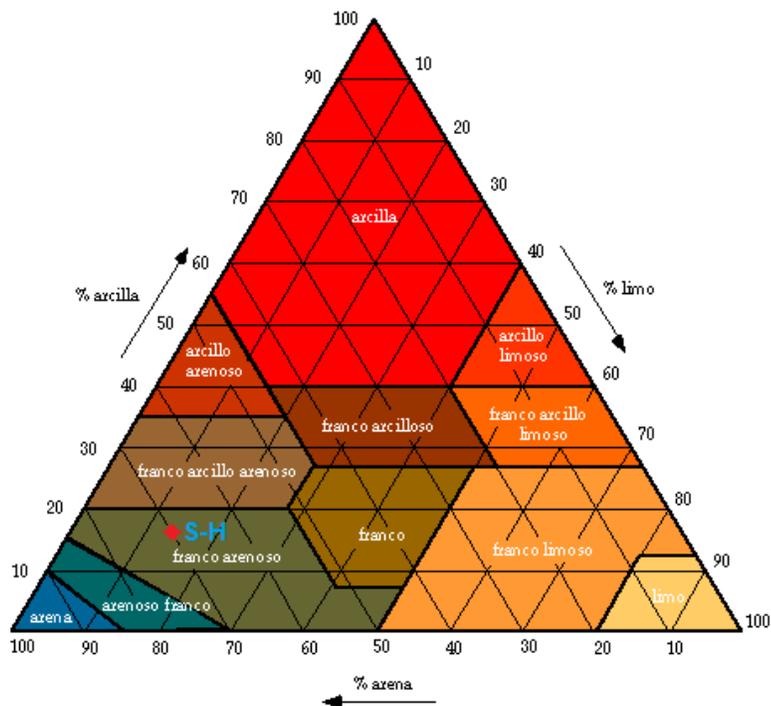


Figura 26. Clasificación de la textura del suelo de la finca Santa Helena mediante triangulo textural.

FUENTE: Castro, 1998 & Oliveros y Marín, 2014

- **Densidad aparente:** La densidad aparente del suelo varía generalmente entre 1.0 gr/cm^3 y 1.8 gr/cm^3 . Los suelos orgánicos y los suelos minerales con altos contenidos de materia orgánica tienen una densidad aparente menor debido a su gran porosidad y liviandad. En suelos derivados de ceniza volcánica (negros con alta materia orgánica), los valores de densidad aparente llegan a algunos casos a ser menores que la unidad. Con la disminución de la materia orgánica aumenta la densidad aparente, (Castro, 1998).

De acuerdo a los resultados obtenidos de la muestra de suelo analizada por el laboratorio de recursos Geoagroambientales de la Universidad Surcolombiana (LABGAA) ANEXO C. los resultados de la densidad aparente fueron estimados en 1.42 gr/cm^3 estando este rango dentro de los valores normales.

- **Porosidad Total del suelo:** Según Castro (1998), El espacio poroso o porosidad total es el porcentaje del volumen del suelo ocupado por aire y por agua. Se obtiene mediante la fórmula:

$$\text{Porosidad Total (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Densidad Aparente}}{\text{Densidad Real}} \right) * 100$$

Para los suelos presentes en la finca Santa Helena y de acuerdo a los resultados mostrados en el ANEXO C, la porosidad está dada por:

$$Porosidad\ Total\ (\%) = \left(1 - \frac{1.42\ gr/cm^3}{2.26\ gr/cm^3} \right) * 100$$

$$Porosidad\ Total\ (\%) = 37.17\%$$

La porosidad calculada para los suelos de la finca Santa Helena fue de 37.17% y que el resultado de densidad aparente fue de 1.42 gr/cm³ se debe tener en cuenta que: De acuerdo a Castro (1998) valores de densidad aparente mayores a 1.5 gr/cm³ y porosidad total menor a 35%, deben considerarse como suelos compactados, en donde las raíces de las plantas tienen limitaciones para su crecimiento por falta de aireación y dificultad para penetrar. En estos casos se sugiere labrar profundamente el suelo para mejorar su aireación y el almacenamiento de agua en el subsuelo.

- **Agua aprovechable por las plantas:** El agua aprovechable por las plantas, llamada también agua útil o agua disponible, se encuentra en el rango comprendido entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente.
Tomando el contenido de humedad con base en el volumen retenida entre un máximo 0.1 bar (capacidad de campo) y un mínimo 15 bares (punto de marchitez), se puede calcular aproximadamente para cada capa u horizonte del suelo el agua que se encuentra en el suelo disponible para las plantas (Castro, 1998).

Para tal fin se aplica la siguiente formula:

$$AA = CC - PMP$$

Donde:

AA: Agua aprovechable para las plantas.

CC: Capacidad de campo.

PMP: Punto de marchitez permanente.

De acuerdo a los valores de CC y PMP entregados por el LABGAA (ANEXO C), se calcula a continuación el agua aprovechable por las plantas para este tipo de suelo.

$$AA = 40.64\ \% - 25.22\%$$

$$AA = 15.42\%$$

El agua aprovechable para las plantas o porcentaje de retención de humedad de este suelo es de 15.42 %, encontrándose dentro de los rangos normales para texturas franco arenosas.

2.2.1.3.2. Análisis de parámetros químicos

El análisis de la muestra de suelos de la finca Santa Helena fue realizado en el laboratorio de recursos Geoagroambientales de la Universidad Surcolombiana (LABGAA) ANEXO D.

A continuación se presenta una clasificación recomendada por Cuesta (2005) en categorías de acuerdo al contenido de los elementos en una muestra de suelo.

Tabla 11. Clasificación por categorías de acuerdo al contenido de los elementos.

ELEMENTOS	CATEGORÍAS		
	BAJO	MEDIO	ALTO
UNIDADES: cmol+.kg-1			
Ca	Menor de 3	3.0 - 6.0	Mayor de 6
Mg	Menor de 1.5	1.5 - 2.5	Mayor de 2.5
K	Menor de 0.2	0.2 - 0.4	Mayor de 0.40
UNIDADES: ppm			
P	Menor de 20	20.0 - 40.0	Mayor de 40
B	Menor de 0.2	0.2 - 0.4	Mayor de 0.4
Fe	Menor de 25	25.0 - 50.0	Mayor de 50
Cu	Menor de 2	2.0 - 3.0	Mayor de 3
Mn	Menor de 5	5.0 - 10.0	Mayor de 10
Zn	Menor de 1.5	1.5 - 3.0	Mayor de 3
S	Menor de 10	10.0 - 20.0	Mayor de 20

FUENTE: Cuesta, 2005.

A continuación se presenta la interpretación de los parámetros químicos obtenidos por el laboratorio de recursos Geoagroambientales de la Universidad Surcolombiana (**LABGAA**).

Tabla 12. Interpretación de análisis químico de los suelos de la finca Santa Helena.

PARÁMETROS QUÍMICOS	UNIDAD	RESULTADO	CATEGORÍA
Fosforo (P)	ppm	2.14	BAJO
Calcio (Ca)	cmol+.Kg ⁻¹	4.23	MEDIO
Magnesio (Mg)	cmol+.Kg ⁻¹	0.87	BAJO
Potasio (K)	cmol+.Kg ⁻¹	0.20	BAJO
Azufre (S)	ppm	0.55	BAJO
Hierro (Fe)	ppm	197	ALTO
Manganeso (Mn)	ppm	0.51	BAJO
Cobre (Cu)	ppm	0.19	BAJO
Cinc (Zn)	ppm	0.81	BAJO
Boro (B)	ppm	0.36	MEDIO

FUENTE: LABGAA – Oliveros y Marín, 2014.

- **Contenido de materia orgánica:** De acuerdo a los rangos establecidos por Cuesta (2005) consignados en la Tabla 13 y que para estos suelos corresponden a clima medio y dado que los resultados de materia orgánica obtenidos por análisis de laboratorio señalados en el ANEXO D arrojan un valor de 2.68 %, clasificando el contenido de materia orgánica para este suelo como bajo.

Tabla 13. Clasificación de la materia orgánica según el clima.

	CATEGORÍAS		
	BAJO	MEDIO	ALTO
Materia orgánica según el clima (%)			
FRIO	Menor de 5	5.0 - 10.0	Mayor de 10
MEDIO	Menor de 3	3.0 - 5.0	Mayor de 5
CÁLIDO	Menor de 2	2.0 - 3.0	Mayor de 3

FUENTE: Cuesta, 2005.

- **Potencial de Hidrogeno pH:** De acuerdo a los rangos establecidos por (Cuesta, 2005) consignados en la Tabla 14 y dado que los resultados de pH obtenidos por análisis de laboratorio señalados en el ANEXO D arrojan un valor de 5.1, clasificando este suelo como extremadamente ácido.

Tabla 14. Clasificación del pH.

PH	
Valor	Categoría
Menor de 5,5	Extremadamente ácido
5,5-5,9	Moderadamente ácido
6,0-6,5	Adecuado
6,6 -7,3	Neutro
7,4-8	Alcalino
Mayor de 8	Muy alcalino

FUENTE: Cuesta, 2005.

- **Relación calcio magnesio (Ca / Mg):** Un exceso de calcio (Ca) intercambiable puede interferir la absorción del magnesio (Mg) y del potasio (K). Si la relación Ca/Mg, expresados ambos en cmol (+) /kg, es mayor de 10, es posible que se produzca una deficiencia de magnesio. La relación óptima Ca/Mg es alrededor de 5, (Bernier y Bartolameolli, 2005). Los suelos de la finca Santa Helena presentan un valor de 4.86 encontrándose dentro de los rangos normales.
- **Relación magnesio potasio (Mg / K):** La relación Mg/K debe estar comprendida entre 3 y 5. Si esta relación es mayor de 2 pueden producirse deficiencias de magnesio por efecto antagónico de potasio. En cambio, si la relación es de alrededor 10, se puede producir una deficiencia de potasio inducida por el magnesio. Los suelos de la finca Santa Helena Presentan un valor de 4.35 el cual no evidencia problemas por esta relación.

El laboratorio de recursos Geoagroambientales de la Universidad entrega dentro de los resultados de los análisis de las muestras de suelo una serie de recomendaciones que se mencionan a continuación:

- **Recomendación.**

Incorporar tres meses antes de la siembra, Cal viva (óxido de calcio) en cantidad de 2.0 ton/ha para neutralizar la alta acidez intercambiable del suelo. Repetir la dosis el año siguiente. Si el cultivo está establecido aplicar Cal dolomita en lugar de Cal viva.

Fuentes y dosis de fertilizante:

Nitrato de Amonio: 10 bultos/ha
Fosforita Huila: 12 bultos/ha
Sulfato de Potasio: 3 bultos/ha
Cloruro de Potasio: 4 bultos/ha
Agrimin menores: 1 bulto/ha

Época y forma de aplicación.

Incorporar el total de la Cal y la Fosforita al suelo y aplicar los fertilizantes al voleo, preferiblemente utilizando máquina esparcidora para mayor uniformidad.

Los pastos requieren dos tipos de fertilización: fertilización de establecimiento y fertilización de mantenimiento. El objetivo de la fertilización de establecimiento es corregir los problemas de fertilidad y acidez, para promover un crecimiento vigoroso de la pastura. Mediante la fertilización de mantenimiento se restituyen al suelo aquellos elementos extraídos para alcanzar un óptimo nivel de productividad en el hato.

Fertilización para establecimiento. El fósforo juega un papel destacado por su influencia en el desarrollo radicular. En esta etapa es importante realizar un control de la acidez del suelo, aplicando Cal. La aplicación del fertilizante debe hacerse a la siembra, preferiblemente incorporándose al suelo para mayor eficiencia.

Fertilización de mantenimiento: El elemento clave es el nitrógeno, ya que es el nutriente que produce resultados inmediatos. Sin embargo, será necesario aplicar además otros nutrientes tales como el fósforo y potasio. Fraccionar la aplicación de fertilizantes para mayor efectividad y evitar su lixiviación.

2.2.2. CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO.

La normatividad vigente en Colombia en cuanto al agua y residuos líquidos está determinada por el decreto 1594 de 1984 en donde en el capítulo IV se establecen los criterios de calidad para destinación del recurso y en el artículo 40 se especifican los criterios admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola.

A continuación se muestra la metodología empleada y los resultados obtenidos.

2.2.2.1. Recolección y transporte de muestras de agua

La fuente de abastecimiento de agua propuesta para el riego de los predios de la finca Santa Helena corresponde a un pozo de aguas subterráneas ubicado en los predios de la I. E. Nicolás García Bahamón y cuyas coordenadas corresponden a latitud: **3° 0' 25.39" N** y longitud: **75° 4' 12.03" O.** (ver Figura 3)

Recipientes utilizados: para la recolección y transporte de las muestras de agua se utilizaron los siguientes implementos:



Figura 27. Recipientes utilizados para la recolección y transporte de las muestras de agua.

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014.

- **Recipiente 1.** Termo de capacidad de 10 litros refrigerado por hielo utilizado para el transporte de las muestras de agua desde la finca Santa Helena, vereda Sierra del Gramal hasta el laboratorio de recursos Geoagroambientales LABGAA de la Universidad Surcolombiana.

- **Recipiente 2.** Envase de plástico de color ámbar de boca angosta con tapa rosca blanca, capacidad de 1000 ml, suministrado por el laboratorio de recursos geoambientales de la Universidad Surcolombiana - LABGAA.
- **Recipiente 3.** Envase de vidrio transparente de boca angosta con tapa rosca blanca, capacidad de 1000 ml, suministrado por el laboratorio de recursos geoambientales de la Universidad Surcolombiana - LABGAA.

Recolección y transporte de las muestras de agua: a continuación se describe el procedimiento utilizado para y desde la recolección de la muestra hasta la puesta de estas en el laboratorio de recursos Geoambientales de la Universidad Surcolombiana (LABGAA).

- Para asegurar que la muestra de agua tomada representara las condiciones reales de la fuente de abastecimiento se colocó a funcionar durante un periodo de tiempo aproximado de 8 horas la electrobomba que extrae el agua del pozo con el fin de eliminar de la tubería de conducción impurezas y/o sedimentos provenientes del fondo de este.



Figura 28. Lavado de tubería de conducción pozo – tanque de almacenamiento.
FUENTE: Oliveros y Marín, 2014.

- Una vez realizado el proceso de lavado de la tubería de conducción pozo – tanque de almacenamiento, y verificando que el color del agua no presentara variación alguna se procedió a tomar la muestra de agua necesaria para los análisis de laboratorio propuestos. La toma de la muestra se realizó

colocando directamente el envase respectivo en la trayectoria del agua proveniente de la tubería hasta evidenciar un llenado completo del envase.

Las coordenadas respectivas del tanque de almacenamiento y lugar de toma de muestra son: latitud **3° 0' 25.66" N** y longitud **75° 4' 18.98" O**.

- Tras tomar las muestras de agua se colocaron en un termo con hielo manteniendo la temperatura inferior a 5°C para su transporte y entrega en el laboratorio de recursos Geoagroambientales de la Universidad Surcolombiana (LABGAA) para su respectivo análisis.



Figura 29. Transporte de las muestras de agua.

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014.

2.2.2.2. Resultados y análisis de las muestras de agua enviadas al laboratorio.

A continuación se muestran los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio para las muestras de agua pertenecientes al pozo de agua subterránea de la I.E. Nicolás García Bahamón.

Tabla 15. Resultados de análisis de calidad de agua para riego.

PARÁMETROS QUÍMICOS	UNIDAD	RESULTADO	meq/l
<i>PH</i>	-	7.2	-
<i>Conductividad eléctrica</i>	μS/cm	590	-
<i>Calcio (Ca)</i>	ppm	52.6	2.62
<i>Magnesio (Mg)</i>	ppm	9.95	0.82
<i>Sodio (Na)</i>	ppm	14.97	0.65
<i>Potasio (K)</i>	ppm	2.49	0.06
<i>Sulfatos</i>	ppm	133	2.77
<i>Cloruros</i>	ppm	1.9	0.05
<i>Carbonatos</i>	ppm	0.01	0
<i>Bicarbonatos</i>	ppm	*104.9	1.72

*Parámetro determinado por titulación en el laboratorio de aguas de la Universidad Surcolombiana.

FUENTE: Laboratorio de recursos Geoagroambientales de la Universidad Surcolombiana (LABGAA), 2014.

2.2.2.2.1. Comprobaciones

Para determinar la coherencia de los resultados de la muestra de agua se realizan las siguientes comprobaciones:

Comprobación 1.

$$\sum \text{Aniones} \approx \sum \text{Cationes}$$

$$\sum (2.62 + 0.82 + 0.65 + 0.06) \approx \sum (2.77 + 0.05 + 0 + 1.72)$$

$$4.15 \approx 4.54$$

Como se observa en los resultados hay un equilibrio entre los aniones y los cationes presentes en la muestra, por lo tanto se sigue a la siguiente comprobación

Comprobación 2.

$$\text{Si } \text{pH} < 8.3, \text{CO}_3 = 0$$

Debido a que el pH de la muestra de agua presenta un valor de 7.2 y que el contenido de CO₃ es igual a cero, la comprobación es correcta.

2.2.2.2.2. **Potencial de Hidrogeno (PH).**

De acuerdo a García (2012), el PH en las aguas de riego fluctúa normalmente entre 6.5 y 8.4. Un valor anormal por encima o por debajo de este rango da indicación de que el agua necesita análisis más detallados.

Los resultados obtenidos en el laboratorio de recursos Geoagroambientales de la Universidad Surcolombiana LABGAA mostrados en la Tabla 15 donde el valor del pH arroja como resultado 7.2 catalogando el agua como neutra y que de acuerdo al decreto 1594 de 1984 en su artículo 40 donde se establecen los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola donde los rangos de aceptación para este parámetro se encuentran entre 4.5 y 9.0 unidades se determina que el pH del agua es bueno y que no presentará inconvenientes a la hora del riego.

2.2.2.2.3. **Conductividad Eléctrica (CE).**

De acuerdo a Farham *et al.* (1979) citado por Pérez (2011) este parámetro se mide con un conductímetro y registra la presencia de sólidos disueltos. El agua pura no conduce la corriente eléctrica. Mientras mayores contenidos de sólidos más alto es su valor.

Tabla 16. Riesgo de salinidad de agua de acuerdo a la conductividad eléctrica.

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA		CONCENTRACIÓN DE SAL
CLASIFICACIÓN	CE $\mu\text{S}/\text{cm}$	gr/l (aprox)
C.1. Agua de baja salinidad.	0-250	<0.2
C.2. Agua de salinidad media.	250-750	0.2 – 0.5
C.3. Agua altamente salina.	750-2250	0.5 – 1.5
C.4. Agua muy altamente salina.	2250 - 5000	1.5 – 3.0

FUENTE: Pizarro, 1978

El U S. Salinity Laboratory estableció la clasificación siguiente (Pizarro, 1978):

Clase C1: *Agua de baja salinidad* - puede usarse para riego de la mayor parte de los cultivos, en casi cualquier tipo de suelo, con muy poca probabilidad de que se desarrolle salinidad. Se necesita algún lavado, pero éste se logra en condiciones normales de riego, excepto en suelos de muy baja permeabilidad.

Clase C2: *Agua de Salinidad Media* - puede usarse siempre y cuando exista un grado moderado de lavado. En casi todos los casos, y sin necesidad de prácticas

especiales de control de salinidad, se puede producir las plantas moderadamente tolerante a las sales.

Clase C3: *Agua Altamente Salina* - no puede usarse en suelos cuyo drenaje sea deficiente. Aun con drenaje adecuado se puede necesitar practicas especiales de control de la salinidad, debiendo, por lo tanto seleccionar aquellas especies vegetales muy torelables a las sales.

Clase C4: *Agua muy altamente salina* - no es apropiada para riego bajo condiciones ordinarias, pero puede usarse ocasionalmente en circunstancias muy especiales.

Los resultados obtenidos en el laboratorio de recursos Geoagroambientales de la Universidad Surcolombiana LABGAA mostrados en la Tabla 15 donde el valor de la CE arrojó como resultado 590 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y que de acuerdo a la Tabla 16 la clasificación de esta se situó como C.2. Siendo agua de salinidad media.

2.2.2.2.4. Calcio (Ca).

El calcio se considera un nutriente secundario en los cultivos, pese a que tiene una función muy importante en el crecimiento y nutrición de la planta. Además, a nivel del suelo, el calcio ayuda a mantener un balance químico en la tierra, reduce la salinidad y mejora la penetración del agua (Martínez y Serra)

Tabla 17. Rango normal de concentración de calcio (Ca) en el agua.

	Ca (mg/l)	Ca (mmol/l)	Ca (meq/l)
<i>Rango Normal</i>	0 - 400	0 - 10	0 - 20

FUENTE: Martínez y Serra.

Los resultados obtenidos en el laboratorio de recursos Geoagroambientales de la Universidad Surcolombiana LABGAA mostrados en la Tabla 15 donde el valor de la Calcio arrojó como resultado 52.6 ppm lo equivalente a 2.62 *meq/l* y que de acuerdo a la Tabla 17 la clasificación de esta se encuentra dentro del rango normal.

2.2.2.2.5. Magnesio (Mg).

De acuerdo a Castañón (2000) citado por Martínez y Serra, el magnesio es muy abundante en la naturaleza, y se halla en cantidades importantes en muchos minerales rocosos. Conviene destacar que el Mg se encuentra en las aguas superficiales (ríos) en concentraciones que rondan los 4 mg l⁻¹, mientras que en el

agua de mar en concentraciones aproximadas de 1300 mg l-1. Por esta razón puede ser un buen indicador de la salinización de acuíferos por agua de mar.

Tabla 18. Rango normal de concentración de Magnesio (Mg) en el agua.

	Mg (mg/l)	Mg (mmol/l)	Mg (meq/l)
<i>Rango Normal</i>	0 - 60	0 - 2.5	0 - 5

FUENTE: Martínez y Serra.

Los resultados obtenidos en el laboratorio de recursos Geoagroambientales de la Universidad Surcolombiana LABGAA mostrados en la Tabla 15 donde el valor de la Magnesio arrojó como resultado 9.95 ppm lo equivalente a 0.82 meq/l y que de acuerdo a la Tabla 18 la clasificación de esta se encuentra dentro del rango normal.

2.2.2.2.6. Sodio (Na).

De acuerdo a (Urbano, 2002) citado por Martínez y Serra, elevadas concentraciones de sodio en el agua de riego puede acarrear problemas, sobre todo, cuando el riego se realiza por aspersión, especialmente cuando el contenido en el agua es superior a 3 meq l-1. En riegos de superficie el riesgo para la planta es menor, ya que una parte muy importante del Na queda fijada en el suelo.

Tabla 19. Rango normal de concentración de Sodio (Na) en el agua.

	Na (mg/l)	Na (mmol/l)	Na (meq/l)
<i>Rango Normal</i>	0 - 900	0 - 40	0 - 40

FUENTE: Martínez y Serra.

Los resultados obtenidos en el laboratorio de recursos Geoagroambientales de la Universidad Surcolombiana LABGAA mostrados en la Tabla 15 donde el valor de la Sodio arrojó como resultado 14.97 ppm lo equivalente a 0.65 meq/l y que de acuerdo a la Tabla 19 la clasificación de esta se encuentra dentro del rango normal.

2.2.2.2.7. Potasio (K).

De acuerdo a (Camacho, 2003) citado por Martínez y Serra El potasio es un elemento clave en la nutrición vegetal. Por ello es necesario mantener unos niveles adecuados para obtener una buena producción. Hay que tener en cuenta que puede existir una sustitución a nivel radicular del ion potasio por el sodio, cuando la

concentración de potasio es muy baja. Los niveles de tolerancia de potasio varían en función del cultivo, el estado de desarrollo de éste y de las condiciones climáticas.

Tabla 20. Rango normal de concentración de Potasio (K) en el agua.

	K (mg/l)	K (mmol/l)	K (meq/l)
<i>Rango Normal</i>	0 - 30	0 - 1	0 - 1

FUENTE: Martínez y Serra.

Los resultados obtenidos en el laboratorio de recursos Geoagroambientales de la Universidad Surcolombiana LABGAA mostrados en la Tabla 15 donde el valor de la Potasio arrojó como resultado 2.49 ppm lo equivalente a 0.06 meq/l y que de acuerdo a la Tabla 20 la clasificación de esta se encuentra dentro del rango normal.

2.2.2.2.8. Sulfatos (SO₄²⁻).

El azufre es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas que no es comúnmente incorporado en los abonos. Si la concentración en un agua de riego es inferior a los 50 mg l⁻¹, se recomienda suplementar con sulfato para obtener un correcto crecimiento vegetal. Por el contrario, cuando se riega con aguas ricas en sulfatos hay limitaciones en el desarrollo radicular y en la producción, que se agrava con el empleo de abonos a base de sulfato (Martínez y Serra).

Tabla 21. Rango normal de concentración de Potasio (K) en el agua.

	K (mg/l)	K (ppm)
<i>Rango Normal</i>	0 - 1000	0 - 1000

FUENTE: Martínez y Serra.

Los resultados obtenidos en el laboratorio de recursos Geoagroambientales de la Universidad Surcolombiana LABGAA mostrados en la Tabla 15 donde el valor de los sulfatos arrojó como resultado 133 ppm y que de acuerdo a la Tabla 21 la clasificación de esta se encuentra dentro del rango normal.

2.2.2.2.9. Cloruros (Cl).

La presencia del ion cloruro en las aguas de riego hace que los cultivos queden afectados con gran frecuencia de clorosis foliares acentuadas en las partes más

iluminadas, que pueden degenerar en necrosis de los bordes foliares (Canovas, 1978, citado por Martínez y Serra).

El ion cloruro afecta especialmente a determinadas especies de plantas arbóreas, como frutales de hueso, limoneros y aguacates, a causa de su acumulación en las hojas. No obstante, los cloruros no son tóxicos para los hortícolas, los cereales, los forrajes o los cultivos con elevado contenido en fibras (Mass, 1990, citado por Martínez y Serra).

Tabla 22. Rango normal de concentración de Potasio (K) en el agua.

	Cl (mg/l)	Cl (mmol/l)	Cl (meq/l)	Cl ppm
<i>Rango Normal</i>	0 - 700	0 - 10	0 - 10	0 - 700

FUENTE: Martínez y Serra.

Los resultados obtenidos en el laboratorio de recursos Geoagroambientales de la Universidad Surcolombiana LABGAA mostrados en la Tabla 15 donde el valor de los Cloruros arrojo como resultado 1.90 ppm y que de acuerdo a la Tabla 22 la clasificación de esta se encuentra dentro del rango normal.

2.2.2.2.10. *Calculo de la Relación de Absorción de Sodio (RAS).*

Este índice expresa la posibilidad de que el agua de riego provoque la sodificación del suelo, lo que depende de la proporción de Na respecto a los demás cationes (Pizarro, 1978).

Clasificación de agua para riego según el U S Salinity Laboratory

- **Clase S1: *Agua baja en sodio*** - Puede usarse para el riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. No obstante, los cultivos sensibles, como algunos frutales y aguacates, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.
- **Clase S2: *Agua media en sodio*** – En suelos de textura fina el sodio representa un peligro considerable, más aún si dichos suelos poseen una alta capacidad de intercambio de cationes, especialmente bajo condiciones de lavado deficiente, a menos que el suelo contenga yeso. Estas aguas solo pueden usarse en suelos de textura gruesa o en suelos orgánicos de buena permeabilidad
- **Clase S3: *Agua alta en sodio.*** – Puede producir niveles tóxicos de sodio intercambiable en la mayor parte de ls suelos, por lo que estos necesitarán prácticas especiales de manejo, buen drenaje, fácil lavado y adiciones de

materia orgánica. Los suelos yesíferos pueden no desarrollar niveles perjudiciales de sodio intercambiable cuando se riegan con este tipo de aguas. Puede requerirse el uso de mejoradores químicos para sustituir al sodio intercambiable; sin embargo, tales mejoradores no serán económicos si se usan aguas de alta salinidad.

- **Clase S4: Agua muy alta en sodio.** - . Es inadecuada para el riego, excepto cuando su salinidad es baja o media y cuando la disolución del calcio del suelo y la aplicación de yeso u otros mejoradores no hacen antieconómico el empleo de esta clase de aguas

Tabla 23. Clasificación de las aguas de acuerdo al RAS.

CLASIFICACIÓN	RAS	
	CE = 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$	CE = 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$
S.1. Agua baja en sodio.	0 - 10	0 - 6
S.2. Agua media en sodio.	10 - 18	6 - 12
S.3. Agua alta en sodio.	18 - 26	12 - 18
S.4. Agua muy alta en sodio.	> 26	> 18

FUENTE: Pizarro, 1978

Los valores de Na, Ca y Mg son los obtenidos en el respectivo análisis desarrollado por el laboratorio de recursos Geoagroambientales de la Universidad Surcolombiana LABGAA consignados en la Tabla 15. A continuación se calcula el RAS para la muestra de agua.

El RAS se define por la siguiente ecuación:

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

Na: Sodio (meq/l)

Ca: Calcio (meq/l)

Mg: Magnesio (meq/l)

Donde los cationes se expresan en meq/l.

$$RAS = \frac{0,65}{\sqrt{\frac{2,62 + 0,82}{2}}}$$

$$RAS = 0.5$$

Según el resultado obtenido del RAS para la muestra de agua y de acuerdo a la clasificación del U S Salinity Laboratory, se tiene que el agua se clasifica como **S.1. Agua baja en sodio**.

2.2.2.2.11. Clasificación del agua para riego según la Relación de Absorción de Sodio (RAS) y la Conductividad eléctrica (CE).

El U S Salinity Laboratory ha elaborado una clasificación del agua de riego que es ampliamente utilizada. Se establecen 16 clases de agua en función de la C.E. y del R.A.S. (Pizarro, 1978)

De acuerdo a la categorización de la CE y el RAS analizados anteriormente se clasifica la calidad del agua para riego a continuación:

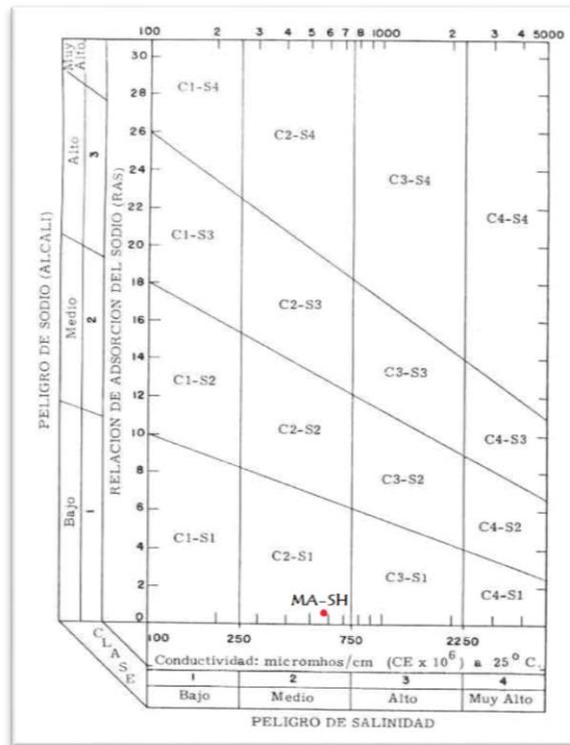


Figura 30. Clasificación del agua de riego (U S Salinity Laboratory).
FUENTE: Pizarro, 1978.

De acuerdo a la clasificación del agua para riego (U S Salinity Laboratory) Figura 30, la muestra de agua analizada proveniente del pozo profundo de la Institución Educativa Nicolás García Bahamón (MA-SH) y del cual se regará diferentes tipos de pastos en los predios de la Finca Santa Helena es de clasificación **C2S1** que indica la no presencia de problemas de salinidad ni de sodio, siendo esta de buena calidad para el riego.

2.2.2.2.12. Cálculo del Carbonato de Sodio Residual (RSC)

La presencia de iones carbonatos y bicarbonatos en el agua de riego afecta al RAS de la solución del suelo. En efecto, cuando a continuación de un riego, la evapotranspiración comienza a eliminar agua del suelo, como las sales prácticamente no se eliminan, la concentración salina del agua del suelo aumenta de manera que pueden alcanzarse los límites de solubilidad de los carbonatos y bicarbonatos de Ca y Mg. Cuando esto ocurre, esas sales se precipitan, lo que retira parte del Ca y Mg de la solución del suelo y en consecuencia aumenta la proporción de Na y el correspondiente RAS. (Pizarro, 1978)

La posibilidad de que se produzca este fenómeno viene indicada por el RSC, que se define por:

$$RSC = (CO_3 + CO_3H) - (Ca + Mg)$$

Los valores del RSC que permiten valorar el peligro de sodificación son:

RSC > 2.5 Agua no aprovechable para riego.

RSC < 2.5 Agua marginal para riego.

RSC < 1.25 Agua buena para riego.

De acuerdo a los resultados obtenidos y consignados en la Tabla 15 se tiene que:

$$RSC = (0 + 1.72) - (2.62 + 0.82)$$

$$RSC = -1.72$$

El valor calculado de RSC para la muestra de agua arrojó un valor de **-1.72** y que de acuerdo a la clasificación propuesta por Pizarro (1978), esta agua se clasifica como buena para riego.

2.2.2.2.13. Salinidad efectiva.

Esta (SE) es una estimación más real del peligro que presentan las sales solubles del agua para riego al pasar a formar parte de la solución del suelo, pues considera la precipitación de las sales menos solubles (carbonato de calcio y magnesio así como sulfato de calcio) las cuales dejan de precipitar en la elevación de la presión osmótica de la solución del suelo. Este proceso es más notable cuando las aguas tienen un alto contenido de carbonatos y bicarbonatos (Pérez, 2011).

La Salinidad Efectiva se calcula con alguna de las siguientes fórmulas y bajo las condiciones que se indican:

- I. Si $Ca > (CO_3 + HCO_3 + SO_4)$, entonces
SE = $\sum \text{cationes}^* - (CO_3 + HCO_3)$

- II. Si $Ca < (CO_3 + HCO_3 + SO_4)$ pero $Ca > (CO_3 + HCO_3)$, entonces
 $SE = \sum \text{cationes}^* - Ca$
- III. Si $Ca < (CO_3 + HCO_3)$ pero $(Ca + Mg) > (CO_3 + HCO_3)$
 $SE = \sum \text{cationes}^* - (CO_3 + HCO_3)$
- IV. Si $(Ca + Mg) < (CO_3 + HCO_3)$, entonces
 $SE = \sum \text{cationes}^* - (Ca + Mg)$

Todos los iones se expresan en mEq/l.

*Si la suma de cationes es menor a la de aniones, deberá emplearse la suma de aniones en lugar de la de cationes

Tabla 24. Clasificación de la salinidad efectiva.

CLASE	SALINIDAD EFECTIVA (Meq/l)
BUENA	Menos de 3
CONDICIONADA	De 3 a 15
NO RECOMENDABLE	Más de 15

FUENTE: Pérez, 2011.

De acuerdo a los resultados obtenidos se tiene que la ecuación que cumple las condiciones es la (II):

$$\text{Si } 2.62 < (0 + 1.72 + 2.77) \text{ pero } 2.62 > (0 + 1.72), \text{ entonces}$$

$$\text{Si } 2.62 < 4.49 \text{ pero } 2.62 > 1.72$$

Como la suma de aniones es menor a la suma de cationes se seleccionan los aniones para hacer el respectivo cálculo:

$$SE = \sum \text{Aniones} - Ca$$

$$SE = 4.15 - 2.62 \text{ (mEq/l)}$$

$$\mathbf{SE = 1.53 \text{ (mEq/l)}}$$

De acuerdo a la clasificación presentada en la Tabla 24 se concluye que el agua del pozo de agua subterránea de la I. E. Nicolás García Bahamón es buena para riego.

2.2.2.2.14. Salinidad Potencial.

Cuando la humedad aprovechable de un suelo es menor del 50% las últimas sales que quedan en solución son cloruros y sulfatos. La salinidad potencial es un índice para estimar el peligro de estas y que por consiguiente aumentan la presión osmótica. Este índice se calcula con la formula siguiente (Pérez, 2011):

$$SP = Cl + \frac{1}{2}SO_4$$

Todos los iones se expresan en mEq/l.

Tabla 25. Clasificación de la salinidad potencial.

CLASE	SALINIDAD POTENCIAL (Meq/l)
BUENA	Menos de 3
CONDICIONADA	De 3 a 15
NO RECOMENDABLE	Más de 15

FUENTE: Pérez, 2011.

De acuerdo a los resultados obtenidos se tiene que:

$$SP = 0.05 + \frac{1}{2}2.77 \text{ (mEq/l)}$$

$$SP = 1.44 \text{ (mEq/l)}$$

De acuerdo a la clasificación presentada en la Tabla 25 se concluye que el agua del pozo de agua subterránea de la I. E. Nicolás García Bahamón es buena para riego.

2.2.2.2.15. C.I.P.

De acuerdo a Pizarro (1978), la mayoría de las clasificaciones no consideran por separado el ion cloro, debido a que no es un ion adsorbible y que su efecto se estudia incluido en la CE. Sin embargo, hay algunas clasificaciones en que se tiene en cuenta ese ion GRILLOT estableció en 1954 el índice CIP, definido por:

$$CIP = \frac{Cl + NO_3}{CO_3 + CO_3H + SO_4 + Cl + CO_3 + NO_3} * 100$$

Donde las cantidades se expresan en meq/l. la clasificación corresponde a:

Tabla 26. Clasificación del agua de acuerdo al C.I.P.

RANGO	CLASIFICACIÓN
0-4	Excelente
4-7	Buena
7-12	Media
12-20	Mala
>20	Inútil

FUENTE: Pérez, 2011.

De acuerdo a los resultados obtenidos y consignados en la Tabla 15 se tiene que:

$$CIP = \frac{0.05}{0 + 1.72 + 2.77 + 0.05 + 0} * 100$$

$$CIP = 1.1$$

El valor calculado de C.I.P para la muestra de agua arrojó un valor de **1.1** y que de acuerdo a la clasificación presente en la Tabla 26, esta agua se clasifica como Excelente para riego.

2.2.2.2.16. Índice del Mg.

Cuando el Mg se encuentra en la solución del suelo en altas concentraciones se producen ciertos efectos tóxicos. Una adsorción excesiva de Mg afecta al suelo desfavorablemente y puede inducir deficiencias de Ca en los cultivos. SZABOLCS y DARAB han establecido el siguiente índice:

$$\frac{Mg}{Ca + Mg} * 100$$

Donde los cationes se expresan en meq/l. un agua se considera peligrosa cuando el índice del magnesio es superior a 50.

De acuerdo a los resultados obtenidos y consignados en la Tabla 15 se tiene que:

$$\frac{0.82}{2.62 + 0.82} * 100 = 23.8$$

El valor calculado del índice de Mg para la muestra de agua arrojó un valor de **23.8** y que de acuerdo a la clasificación propuesta por Pizarro (1978), esta agua no se considera peligrosa.

2.2.3. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA.

Para el análisis de la información climatológica se optó por seleccionar la estación meteorológica EL PORTAL debido a su cercanía a la finca Santa Helena adquiriendo valores medios decadales de temperatura y valores decadales de precipitación estos suministrados por el IDEAM. Anexo F.

Tabla 27. Descripción de las estaciones empleadas para el estudio.

ÍTEM	EL PORTAL	LOS LAURELES	PALACIO VEGALARGA	HATO BOGOTÁ
CÓDIGO ESTACIÓN	21115070	21115140	21115100	21110180
ÁREA OPERATIVA	4	4	4	4
TIPO	CONVENCIONAL	CONVENCIONAL	CONVENCIONAL	CONVENCIONAL
CLASE	METEOROLÓGICA	METEOROLÓGICA	METEOROLÓGICA	METEOROLÓGICA
CATEGORÍA	CLIMATOLÓGICA ORDINARIA	CLIMATOLÓGICA ORDINARIA	CLIMATOLÓGICA ORDINARIA	PLUVIOMETEOROLOGICA ESINOPTICA PRINCIPALECIALTRICA
ESTADO	ACTIVA	ACTIVA	ACTIVA	ACTIVA
DEPARTAMENTO	HUILA	HUILA	HUILA	HUILA
MUNICIPIO	TELLO	BARAYA	NEIVA	TELLO
LATITUD	3.014944	3.094	2.942639	3.036028
LONGITUD	-75.073	-74.921111	-75.066583	-75.159722
ALTITUD	1300 msnm	2100	1100	591
CORRIENTE	VILLAVIEJA	VILLAVIEJA	FORTALECILLAS	FORTALECILLAS
FECHA DE INSTALACIÓN	6/15/1963	6/15/1963	10/15/1971	9/15/1969

FUENTE: IDEAM, 2014

2.2.3.1. Organización, homogenización, completación y determinación de consistencia de los datos climatológicos.

Con el objetivo de generar resultados confiables, se hace necesario homogenizar la información proporcionada por el IDEAM, para ello, se debe establecer que los datos sean del mismo origen, tenga la misma naturaleza y hayan sido obtenidos siguiendo procedimientos semejantes. Se hace necesaria la aplicación de métodos que permitan determinar irregularidades producidas por factores como cambios en el entorno y/o errores en las lecturas.

2.2.3.1.1. Completación de datos faltantes de precipitación método del inverso del cuadrado de la distancia.

Para la completación de los datos faltantes de precipitación de la estación meteorológica de EL PORTAL para una serie de 31 años (1980 – 2010) se utilizó el método del inverso del cuadrado de la distancia, con el empleo de las estaciones meteorológicas LAURELES LOS, PALACIO VEGALARGA y HATO BOGOTÁ.

Este método consiste en determinar la distancia en línea recta desde la estación “X” a cada una de las estaciones, calcular el factor de peso $1/D^2$, siendo D la distancia entre la estación de información faltante y cada una de las estaciones vecinas, multiplicar la precipitación de cada estación por el factor de peso correspondiente, sumar esos productos y dividirlo entre la suma de los factores de peso y el resultado, será el dato faltante de precipitación.

Para la presente aplicación de este método debe tenerse en cuenta el criterio de estación vecina establecido por la Organización Mundial de Meteorología, acerca de las distancias máximas de acuerdo con la topografía (Galindo, 2012):

Zona plana 30 Km, zona montañosa 18 Km, islas 10 Km y zona desértica 56 Km.

Tabla 28. Distancia en Km entre la estación EL PORTAL y cada una de las estaciones auxiliares.

ESTACIÓN	DISTANCIA KM
PALACIO - VEGALARGA	8.028
LAURELES LOS	19.015
HATO BOGOTÁ	9.912

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014.

- **Calculo del factor de peso:**

$$\text{Factor de peso} = \frac{1}{D^2}$$

Muestra de cálculo:

$$\text{Factor de peso (PALACIO – VEGALARGA)} = \frac{1}{8.028^2}$$

$$\text{Factor de peso (PALACIO – VEGALARGA)} = 0.016$$

Tabla 29. Factor de peso para cada una de las estaciones auxiliares.

ESTACIÓN	FACTOR DE PESO
PALACIO - VEGALARGA	0.016
LAURELES LOS	0.003
HATO BOGOTÁ	0.010

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014.

Tabla 30. Calculo de dato faltante de la segunda década de octubre de 2007.

MÉTODO INVERSO DEL CUADRADO DE LA DISTANCIA				
ESTACIÓN	DISTANCIA KM	FACTOR DE PESO	PRECIPITACIÓN	PRECIPITACIÓN X PESO
PALACIO - VEGALARGA	8.028	0.016	164.4	2.55
LOS LAURELES	19.015	0.003	69.1	0.19
HATO BOGOTÁ	9.912	0.010	138.4	1.41
	SUMATORIA	0.028	SUMATORIA	4.15
			PRECIPITACIÓN	145.8

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014.

A continuación se presentan los datos calculados de precipitación de las décadas faltantes en la serie de datos de la estación EL PORTAL.

Tabla 31. Valores calculados de precipitación faltantes en la serie de datos de la estación EL PORTAL.

FECHA DATO FALTANTE	DATO DE PRECIPITACIÓN CALCULADO
PRIMERA DEC DIC 1989	85.6
SEGUNDA DEC DIC 1989	20.9
TERCERA DEC DIC 1989	56.9
PRIMERA DEC ENE 1990	14.1
SEGUNDA DEC ENE 1990	11.8
TERCERA DEC ENE 1990	16.8
TERCERA DEC JUN 1990	3.7
TERCERA DEC JUL 1991	23.8
PRIMERA DEC AGO 1991	33.2
SEGUNDA DEC AGO 1991	3.7
TERCERA DEC AGO 1991	15.5
PRIMERA DEC SEP 1991	4.9
SEGUNDA DEC ABR 1996	28.7
SEGUNDA DEC FEB 2003	15.7
PRIMERA DEC MAR 2007	26.4
SEGUNDA DEC MAR 2007	54.2
TERCERA DEC MAR 2007	69
SEGUNDA DEC OCT 2007	145.8

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014.

2.2.3.1.2. Diagrama de doble masa.

Para evaluar la consistencia de los datos de lluvia de una estación en particular se elabora un diagrama de doble masa de la sumatoria acumulada del promedio de las estaciones vecinas, vs, la sumatoria acumulada de los datos de la estación de estudio. Si hay consistencia en los datos de la estación de estudio, la gráfica resultara en una línea recta; en el caso contrario se tendrá una serie de líneas con dos o más pendientes, o en materia de consistencia total, se tendrá una nube de puntos (Galindo, 2012).

La serie de datos de precipitación de la estación EL PORTAL se sometió a la comprobación por el diagrama de doble masa utilizando las estaciones LOS LAURELES, PALACIO – VEGALARGA y HATO BOGOTÁ para un periodo de tiempo de 31 años correspondientes entre 1980 y 2010.

Tabla 32. Cálculo de diagrama de doble masa.

AÑO	P. P. ESTACIÓN: EL PORTAL	P. P. ESTACIONES VECINAS	S.P.P. ESTACIÓN: EL PORTAL	S.P.P. ESTACIONES VECINAS
2010	1755.8	1702.8	1755.8	1702.8
2009	1454.8	1490.3	3210.6	3193.1
2008	1951.4	1636.2	5162.0	4829.3
2007	1651.1	1525.5	6813.1	6354.8
2006	1861.9	1672.8	8675.0	8027.5
2005	1344.5	1453.2	10019.5	9480.7
2004	1733.0	1403.4	11752.5	10884.1
2003	1509.0	1385.6	13261.5	12269.7
2002	1089.3	1003.5	14350.8	13273.2
2001	1236.2	894.9	15587.0	14168.1
2000	1406.6	1349.2	16993.6	15517.3
1999	1920.8	1908.6	18914.4	17425.8
1998	1231.9	1347.5	20146.3	18773.3
1997	1380.2	1190.4	21526.5	19963.7
1996	1636.3	1376.4	23162.8	21340.0
1995	1294.5	1262.0	24457.3	22602.0
1994	1149.9	1204.0	25607.2	23805.9
1993	1447.8	1435.4	27055.0	25241.3
1992	1134.2	893.8	28189.2	26135.1
1991	1344.6	1196.5	29533.8	27331.6
1990	1265.7	1317.7	30799.5	28649.3
1989	1557.5	1426.1	32357.0	30075.4
1988	1526.9	1383.6	33883.9	31458.9
1987	1380.2	986.9	35264.1	32445.8
1986	1568.5	1132.8	36832.6	33578.6
1985	1288.0	1039.0	38120.6	34617.5
1984	2179.8	1555.0	40300.4	36172.5
1983	1251.2	1269.5	41551.6	37441.9
1982	1701.3	1572.9	43252.9	39014.8
1981	1484.1	1298.3	44737.0	40313.1
1980	1185.9	1180.0	45922.9	41493.1

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014.

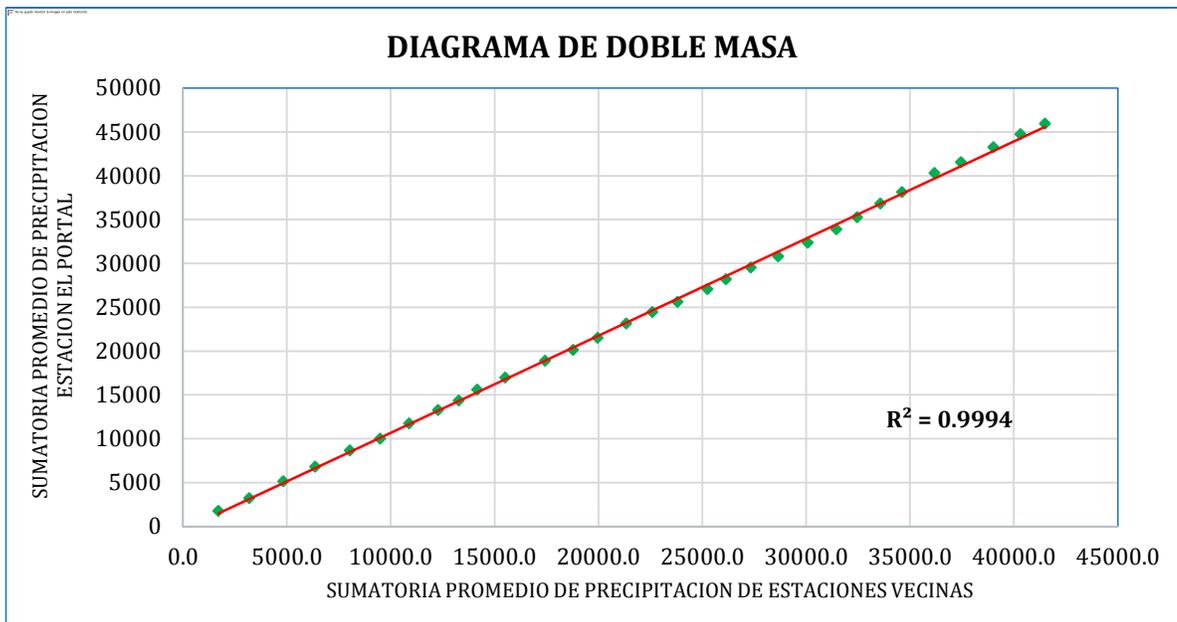


Gráfico 6. Diagrama de doble masa para la estación EL PORTAL.
FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

De acuerdo a los resultados mostrados por el Gráfico 6 correspondiente al método de diagrama de doble masa se concluye que los datos suministrados y completados de la estación EL PORTAL arrojan una excelente consistencia, representada por un coeficiente de correlación del **0.9994** esto indicando la óptima representación de estos sobre el parámetro de medición de precipitación en la zona del proyecto.

2.2.3.2. Precipitación.

Se realizó el estudio de precipitación basados en la información obtenida, completada y homogenizada de la estación EL PORTAL para un periodo de tiempo de 31 años correspondientes entre 1980 y 2010.

Tabla 33. Precipitación media mensual multianual de la estación EL PORTAL.

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
P.P. MENSUAL	91.4	106.6	164.8	174.7	140.1	73.4	61.2	41.9	67.0	198.4	212.4	149.4	1481.4

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014.

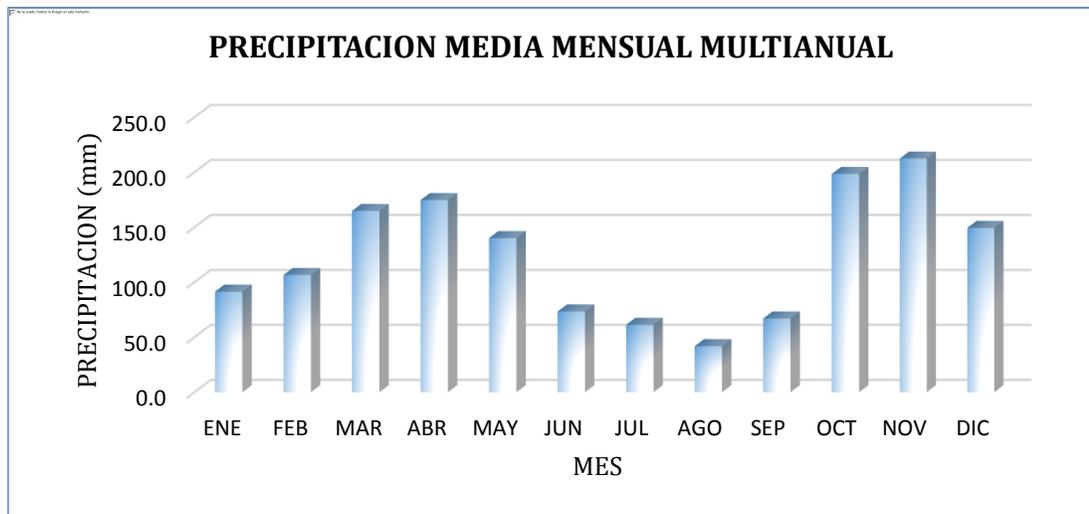


Gráfico 7. Precipitación media mensual multianual de la estación EL PORTAL.

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

De acuerdo al Gráfico 7 y a la Tabla 33 se determina que en la zona del proyecto se presente un régimen de lluvias bimodal presentándose entre los meses de marzo a mayo y de octubre a diciembre acentuando las mayores precipitaciones en el mes noviembre con un valor promedio de 212.4 mm. La época más seca del año se presenta entre los meses de junio a septiembre donde el mes de agosto presenta los valores más bajos de precipitación con 41.9 mm, siendo este mes el más crítico y donde se presenta la mayor demanda del recurso hídrico.

La precipitación media anual de acuerdo a la serie de datos procesada arroja un valor de 1481.4 mm.

2.2.3.2.1. Coeficiente pluviométrico.

De acuerdo a Galindo (2012), dada la serie de precipitación mensual multianual debe calcularse el promedio para cada mes, como la media aritmética de los valores, el total de cada año, tomado como la sumatoria de las precipitaciones totales mensuales de cada año, el promedio de las sumatorias anuales y finalmente el coeficiente pluviométrico de cada mes, calculado con el siguiente algoritmo:

$$Cp = \left(\frac{pm / \# \text{ de dias del mes}}{pA / 365} \right)$$

Donde:

.Cp= Coeficiente Pluviométrico (adimensional).

.pm= precipitación media mensual del mes específico (mm).

.pA= precipitación media anual de la serie (mm).

Muestra de cálculo:

$$Cp_{enero} = \left(\frac{91.4 \text{ mm}/31 \text{ dias}}{1481.4/365} \right)$$

$$Cp_{enero} = 0.73$$

Tabla 34. Calculo del coeficiente pluviométrico (cp).

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VR ANUAL
1980	44.8	94.3	18.4	107.5	66.9	156.0	54.0	29.5	46.0	86.3	147.7	334.5	1185.9
1981	10.0	65.7	100.1	320.2	276.4	73.3	45.8	29.1	32.8	185.9	185.3	159.5	1484.1
1982	277.9	184.9	89.3	257.7	172.2	19.7	77.8	31.1	86.7	179.3	181.7	143.0	1701.3
1983	124.3	89.1	133.2	231.9	171.2	20.3	37.3	18.7	27.5	93.6	168.3	135.8	1251.2
1984	311.0	144.1	140.5	175.7	207.6	99.0	46.0	117.8	173.4	248.4	365.1	151.2	2179.8
1985	49.6	17.1	61.4	241.6	150.3	45.4	129.0	85.4	66.8	241.7	115.8	83.9	1288.0
1986	47.9	229.6	178.4	126.9	67.0	57.4	37.9	13.8	110.7	445.6	216.1	37.2	1568.5
1987	51.9	69.2	191.9	129.6	231.8	32.6	63.3	22.7	53.7	309.8	124.6	99.1	1380.2
1988	24.6	91.7	69.0	140.4	156.2	105.2	116.6	69.4	48.2	266.7	226.1	212.8	1526.9
1989	82.4	106.5	432.8	103.9	153.8	76.4	42.5	68.2	33.7	159.5	134.4	163.4	1557.5
1990	42.7	199.5	135.7	165.2	209.5	72.0	13.0	26.8	26.8	111.7	125.2	137.6	1265.7
1991	26.2	37.6	302.8	105.4	112.3	75.6	71.5	52.4	78.7	39.9	304.4	137.8	1344.6
1992	28.3	193.5	67.2	87.7	60.2	26.7	36.6	33.0	57.8	30.0	303.0	210.2	1134.2
1993	68.8	109.7	124.6	190.4	243.3	35.7	83.1	21.2	33.4	134.1	298.6	104.9	1447.8
1994	95.0	106.0	253.2	93.1	129.5	60.8	27.6	39.3	77.7	161.8	67.3	38.6	1149.9
1995	10.9	46.5	201.8	120.6	105.9	73.3	80.0	96.3	26.0	277.7	132.0	123.5	1294.5
1996	107.4	139.9	306.0	92.8	108.1	133.1	36.4	52.0	14.0	312.9	231.8	101.9	1636.3
1997	305.1	116.8	277.3	74.7	79.5	84.3	44.4	10.9	55.1	117.0	198.9	16.2	1380.2
1998	18.9	29.8	223.1	144.9	120.0	87.0	93.3	54.0	35.4	94.0	201.6	129.9	1231.9
1999	136.6	238.6	119.4	161.8	109.1	154.8	44.0	12.3	223.3	260.6	262.6	197.7	1920.8
2000	136.3	151.5	256.1	137.0	145.6	57.2	36.2	91.1	113.2	127.4	108.5	46.5	1406.6
2001	19.6	76.3	100.2	33.3	99.6	30.7	78.8	9.3	124.8	182.7	275.2	205.7	1236.2
2002	16.9	24.9	77.0	322.7	129.1	89.5	53.4	24.5	56.0	131.3	74.6	89.4	1089.3
2003	26.7	18.7	177.8	242.4	76.7	74.4	53.6	24.8	98.3	264.3	262.0	189.3	1509.0
2004	145.7	122.1	132.6	330.2	102.6	51.1	68.6	33.4	54.1	235.0	276.1	181.5	1733.0
2005	47.0	57.9	79.7	172.5	113.3	54.2	42.0	34.5	106.7	180.0	258.4	198.3	1344.5
2006	252.5	140.0	198.1	218.2	49.3	97.5	56.5	52.1	42.2	309.1	216.1	230.3	1861.9
2007	15.6	19.2	125.6	374.7	168.7	114.5	50.9	46.5	26.2	251.0	160.1	298.1	1651.1
2008	76.3	142.1	259.0	198.2	287.2	79.2	76.0	45.9	56.4	83.7	455.9	191.5	1951.4
2009	200.8	169.5	228.1	153.6	121.2	47.7	53.9	40.2	25.8	290.3	90.4	33.3	1454.8
2010	30.5	73.1	50.0	160.2	120.1	91.7	148.0	11.3	65.2	340.2	417.4	248.1	1755.8
PROM	91.4	106.6	164.8	174.7	140.1	73.4	61.2	41.9	67.0	198.4	212.4	149.4	1481.4
Cp	0.73	0.85	1.31	1.39	1.11	0.58	0.49	0.33	0.53	1.58	1.69	1.19	-

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

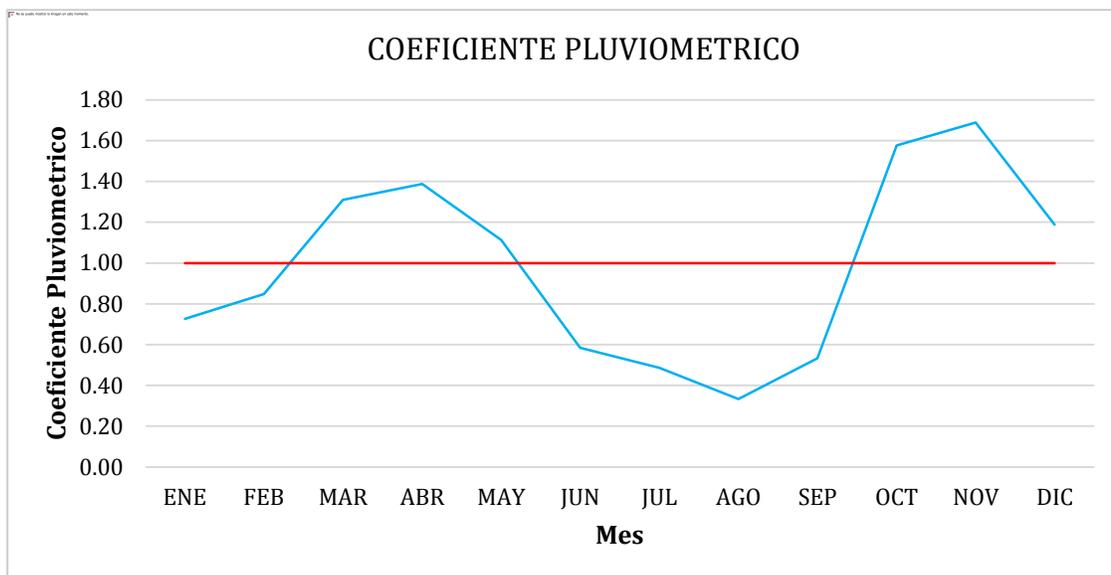


Gráfico 8. Coeficiente pluviométrico.

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

De acuerdo con la definición de coeficiente pluviométrico, se deduce que el valor por debajo de 1.00 es periodo seco, si es mayor será periodo húmedo, y si es aproximadamente 1.00 será periodo indiferente (Galindo, 2012).

Según el Gráfico 8 en la zona del proyecto se registran dos periodos húmedos comprendidos entre los meses de marzo a mayo y de octubre a diciembre, de igual manera se registran dos periodos secos comprendidos entre los meses de enero a febrero y de junio a septiembre.

2.2.3.3. Temperatura.

La temperatura es una variable climática importante que controla el nivel de evaporación e indirectamente la evapotranspiración potencial, además, influye en parámetros hidrológicos, biológicos y económicos.

Tabla 35. Temperatura media mensual multianual de la estación EL PORTAL.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
22.1	22.4	22.2	22.0	22.0	22.1	22.0	22.5	22.8	22.1	21.6	21.7	22.1

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

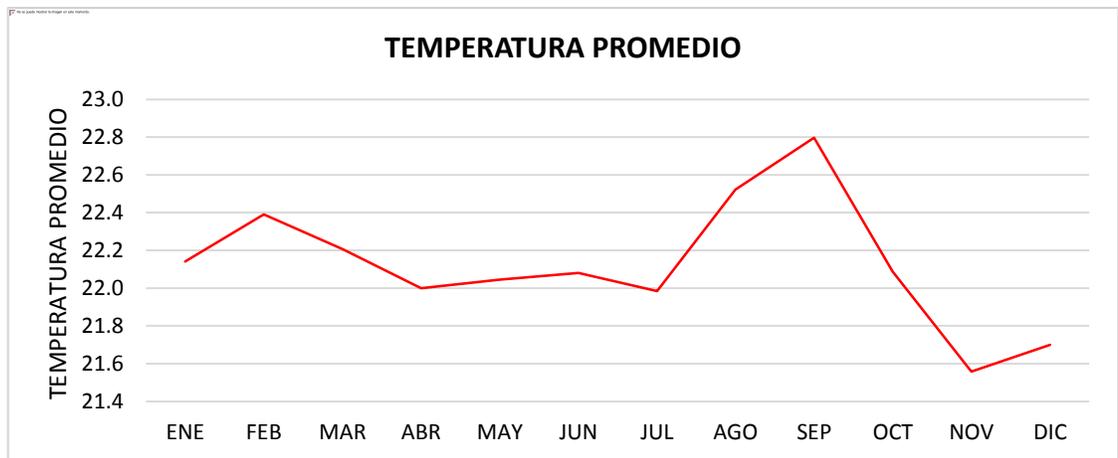


Gráfico 9. Temperatura media mensual multianual de la estación EL PORTAL.
FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

De acuerdo al Gráfico 9 y a la Tabla 35 se determina que en la zona del proyecto se presentan a lo largo del año dos periodos de temperaturas altas comprendido entre los meses de enero a febrero y de agosto a septiembre donde se muestra en el mes de septiembre los valores de temperatura media mensual más alto correspondiente a un valor de 22.8 °C. Los registros de temperaturas más bajos se presentan en los meses de noviembre a diciembre siendo el mes de noviembre registrando un valor de 21.6 °C el mes más frío del año. El periodo de tiempo comprendido entre los meses de abril a julio presenta valores muy similares al promedio anual.

Los datos analizados de temperaturas máximas y mínimas coinciden con los datos registrados de periodos húmedos y secos a lo largo de los meses del año.

2.2.3.4. Calculo de la evapotranspiración potencial crítica con fines de riego.

Debido a que la estación climatológica EL PORTAL no posee datos de evaporación fue necesario el cálculo de esta, utilizando para tal fin el método de THORNTHWAITE.

Este método se desarrolló correlacionando datos de evapotranspiración potencial media de evapotranspirómetros localizados en hojas hidrológicas, con datos de temperatura media mensual y longitud del día.

$$E_j = \left(\frac{10 t_j}{I} \right)^a * 1.6$$

E_j: evapotranspiración potencial mensual del mes j, no ajustada (cm)

T_j: temperatura media mensual del mes j, °C.
 I: índice de calor

$$I = \sum_{i=1}^{12} i_j$$

$$i_j = \left(\frac{t_j}{5}\right)^{1.514}$$

En donde:

a= ecuación cúbica de la forma:

$$a = 0.675 * 10^{-6} * I^3 - 0.771 * 10^{-4} * I^2 + 1.792 * 10^{-2} * I + 0.49$$

Los valores obtenidos de E_j deben ser ajustados a la longitud del día y al número de días en el mes. Debido a dicho ajuste, los valores de E_j obtenidos deben ser multiplicados por el factor de corrección, el cual depende de la latitud y del mes (Monsalve, 1995)

Para el cálculo de la evapotranspiración potencial se seleccionó la temperatura media mensual multianual de la serie de datos (31 años) de la estación climatológica EL PORTAL., a continuación se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 36. Calculo de la evapotranspiración potencial método de THORNTHWAITE.

-	ENE	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
T° (°C)	22.2	22.4	22.2	22.0	22.1	22.1	22.0	22.5	22.8	22.1	21.6	21.7
ij	9.5	9.7	9.6	9.4	9.5	9.5	9.4	9.8	10.0	9.5	9.1	9.2
I	114.19											
a	2.54											
Ej (cm/mes)	8.60	8.80	8.64	8.46	8.50	8.54	8.42	8.98	9.29	8.58	8.03	8.14
FAC DE CORREC (Lat 3°)	1.03	0.93	1.03	1.02	1.05	1.02	1.05	1.05	1.01	1.03	1.00	1.03
Ej CORR (cm/mes)	8.84	8.22	8.94	8.60	8.94	8.73	8.86	9.40	9.38	8.87	8.02	8.37
Ej CORR (mm/dia)	2.85	2.93	2.88	2.87	2.88	2.91	2.86	3.03	3.13	2.86	2.67	2.70

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

Para efectos de diseño del sistema de riego se selecciona la máxima evapotranspiración correspondiente para el mes de septiembre con un valor de 3.1 mm/día, esto con el fin de garantizar que el sistema de riego diseñado supla las necesidades de las praderas aun en la época más crítica de sequía.

2.2.3.5. Cálculo del Uso Consumo (U_c).

El uso consumo está definido por agua consumida por el cultivo para satisfacer la evapotranspiración y para la formación de tejidos vegetales en las plantas.

El uso consumo es calculado por la siguiente ecuación:

$$U_c = E_j * K_c$$

Donde:

E_j : Evapotranspiración crítica

K_c : Coeficiente de cultivo (según Fao, 2006 para pastos corresponde un valor de 0.9)

$$U_c = 3.1 \text{ mm/día} * 0.9$$

$$U_c = 2.8 \text{ mm/día}$$

2.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO.

2.3.1. CONSIDERACIONES GENERALES.

2.3.1.1. Área de riego.

De acuerdo a la vocación de producción pecuaria (ganadería doble propósito) que posee la finca Santa Helena y a disposiciones efectuadas por las directivas de la I. E. Nicolás García Bahamón debido a la baja disponibilidad de agua se opta por realizar el diseño del sistema de riego para pastos de corte correspondiente a un área de 0.8 has (4.6 % del área total de la finca)

2.3.1.2. Caudal de diseño para el sistema de riego.

Con el objetivo de optimizar la cantidad de agua disponible suministrada por bombeo del pozo de aguas subterráneas de la I.E. Nicolás García Bahamón, las especificaciones hidrodinámicas del suelo frente a condiciones de riego y a volúmenes de tanque de almacenamiento se seleccionó un caudal de 6.7 m³/h suficiente para suplir los requerimientos mínimos de la unidad de riego.

2.3.1.3. Características generales del tanque de almacenamiento de agua.

El tanque de almacenamiento de agua se encuentra ubicado en las coordenadas, **latitud:** 3° 0' 25.66" N y **longitud:** 75° 4' 18.98" O.



Figura 31. Toma de medidas del tanque de almacenamiento de agua.

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014.

Las dimensiones del tanque de almacenamiento de agua son las siguientes:

Largo (l): 9.30 m

Ancho (a): 3.40 m

Profundidad 1: 1.70 m

Profundidad 2: 2.00 m

2.3.1.3.1. Volumen Total de almacenamiento:

$$VTa = (l * a) * \left(p1 + \left(\frac{p2 - p1}{2} \right) \right)$$

$$VTa = (9.3 \text{ m} * 3.4 \text{ m}) * \left(1.7 \text{ m} + \left(\frac{2 \text{ m} - 1.7 \text{ m}}{2} \right) \right)$$

$$VTa = 58.497 \text{ m}^3 = 58497 \text{ litros}$$

2.3.1.3.2. Volumen utilizable de almacenamiento:

Para efectos de cálculo de volumen de almacenamiento disponible se toman las siguientes consideraciones:

Borde libre (Bl): 10 cm.

Nivel mínimo de agua en la parte más profunda del tanque (Nm): 50 cm.

De acuerdo a las anteriores consideraciones se obtiene la profundidad útil de almacenamiento de agua:

$$P \text{ util} = P2 - Bl - Nm$$

$$P \text{ util} = 2.0 \text{ m} - 0.1 \text{ m} - 0.5 \text{ m}$$

$$P \text{ util} = 1.4 \text{ m}$$

Calculada la profundidad útil se tiene que:

$$VUa = l * a * P \text{ util}$$

$$VUa = 9.3 \text{ m} * 3.4 \text{ m} * 1.4 \text{ m}$$

$$VUa = 44.268 \text{ m}^3 = 44268 \text{ litros}$$

El volumen disponible de agua almacenada para uso del sistema de riego corresponde a un total de 44.268 m³

2.3.1.3.3. Tiempo de llenado del tanque de almacenamiento.

Para el cálculo del tiempo de llenado se utiliza el valor de caudal teórico máximo de explotación obtenido tras pruebas de bombeo realizadas por la empresa COESTATAL LTDA., en el año 2004 correspondiendo este a 0.927 lps.

Tiempo de llenado para volumen total de almacenamiento:

$$t.VTa = \left(\frac{58497 \text{ l}}{0.927 \text{ l/seg}} \right) * \left(\frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ seg}} \right)$$

$$t.VTa = 17.5 \text{ horas}$$

Tiempo de llenado para volumen Utilizable de almacenamiento:

$$t.VUa = \left(\frac{44268 \text{ l}}{0.927 \text{ l/seg}} \right) * \left(\frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ seg}} \right)$$

$$t.VUa = 13.3 \text{ horas}$$

2.3.1.3.4. Tiempo de vaciado del tanque de almacenamiento para efectos de diseño del sistema de riego.

Para el cálculo del tiempo de vaciado se utiliza el valor de caudal de diseño que corresponde a 6.7 m³/h y el volumen útil de almacenamiento correspondiente a 44.268 m³

$$tv = \left(\frac{44.268 \text{ m}^3}{6.7 \text{ m}^3/\text{h}} \right)$$

$$tv = 6.6 \text{ horas} \approx 6 \text{ horas } 36 \text{ minutos}$$

2.3.1.4. Especificaciones generales del pozo de agua subterránea.

La información consignada a continuación hace parte del informe técnico de perforación y construcción del pozo de agua subterránea de la I. E. Nicolás García Bahamón realizado y presentado por la empresa COESTATAL LTDA en el año de 2004.

2.3.1.4.1. Diseño del Pozo.

El diseño mecánico definitivo del pozo del colegio Nicolás García Bahamón quedo conformado en tubería para pozo de agua de PVC RDE-17 – 200 psi, marca RALCO en diámetro de 6" (168 mm) de 6 metros de longitud cada uno, y filtros con la misma tubería instalados en los intervalos definidos con ranura No. 20 de 0.033 pulgadas (0.85 mm) de ancho, dejando gravilla desde profundidad hasta los 4 m y finalmente un sello sanitario en lechada de cemento hasta superficie, de la siguiente manera:

Tubería ciega PVC RDE-17 de 6"	De 0 a 19 m (lechada de cemento 0 - 4 m)
Filtros PVC RDE-17 de 6" Ranura No. 20 (0.033")	De 19 a 31 m
Tubería ciega PVC RDE-17 de 6"	De 31 a 33 m
Filtros PVC RDE-17 de 6" Ranura No. 20 (0.033")	De 33 a 36 m
Tubería ciega PVC RDE-17 de 6" como puntera y desarenador	De 36 a 40 m
Fondo final del pozo en 12.25" hasta 40.8 metros (0.8 metros de bolsillo para corrida del revestimiento).	

Finalmente se instalaron en el pozo del colegio Nicolás García Bahamón un total de 15 metros de filtros y 25 metros de tubería ciega PVC RDE 17 de RALCO en diámetro de 6".

2.3.1.4.2. Prueba de bombeo a caudal constante.

La prueba de bombeo fue realizada el día 24 de agosto del 2004 en un tiempo de 8.5 horas, desarrollada e interpretada por el geólogo Elmer J. Figueroa.

La prueba se realizó por un periodo de 510 minutos en dos fases. En la primera se bombeó el pozo a un caudal de 0.735 lps con una duración de 360 minutos de bombeo. La segunda corresponde a la etapa de recuperación de niveles por un tiempo de 150 minutos.

El pozo presentó un nivel estático de 25 metros y el nivel dinámico al final de la prueba fue de 31.32 metros, lo que representa un abatimiento máximo de 6.32

metros. La recuperación de los niveles del pozo fue hasta los 25.88 metros representando un porcentaje de recuperación del 74.7%.

El valor de la transmisividad durante la etapa de bombeo fue variable entre 4.23 y 6.84 m²/día, y el valor de la transmisividad en la etapa de recuperación fue entre 20.75 y 3.23 m²/día.

A través del programa de JACOBIT se calcularon los valores de transmisividad arrojando en la prueba de bombeo 7.89 m²/día y en la prueba de recuperación 29.29 m²/día con un coeficiente de almacenamiento (S) de 1.04x10⁻¹⁹.

2.3.1.4.3. Resultados.

De acuerdo con los análisis de la prueba de bombeo del pozo del colegio Nicolás García Bahamón, el acuífero captado en dicho pozo presenta las siguientes características:

Nivel estático:	25 metros
Nivel dinámico máximo:	31.32 metros
Abatimiento:	6.32 metros
Caudal de explotación:	0.735 lps
Transmisividad de bombeo:	Tb1: 19.43 m ² /día., Tb2: 6.46 m ² /día.
Transmisividad de recuperación:	Tr1: 19.43 m ² /día., Tr2: 3.23 m ² /día.
Capacidad específica (c.e.):	0.0618 lts/seg/metro (promedio en bombeo).
Coeficiente de almacenamiento (S):	1.041x10 ⁻¹⁹
Tipo de acuífero:	Confinado.
Unidad Litológica:	Areniscas deleznable de grano muy fino a fino a fino de la formación Villeta intercalada con shales y arcillositas.

Producción máxima teórica de agua al día:

c. e. metros totales de acuífero (metros de filtro)*

$$\left(0.0618 \frac{\text{lts}}{\text{seg} * \text{metro}}\right) * 15 \text{ metros} = 0.927 \text{ lps}$$

$$0.927 \text{ lps} * 86400 \text{ seg} = 80 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

Con base en los datos anteriores y tomando el valor promedio de transmisividad en el bombeo, el pozo arrojaría un caudal teórico máximo de explotación de 0.927 lps.

2.3.1.4.4. Características del equipo de bombeo

Tipo de Bomba:	Electrosumergible
Bomba marca:	Geoflo de 10 etapas.
Modelo bomba:	FP 10-09, 2145-003
Motor marca:	Franklin electric, 60 Hz, monofásico de 230 voltios, 8.2 Amp., 0.75 Kw., velocidad 3450 rpm., serial S/N 04918-04-3819.
Potencia de la bomba:	1 H.P.
Apagado automático:	instalado a 35 metros de profundidad
Profundidad instalada:	36 metros

2.3.1.4.5. Características de la tubería de extracción de agua.

Tipo de Tubería:	Acero al carbón.
Marca:	Colmena Colombia.
Referencia:	ASTM A-53, A-ERW, SCH-40.
Diámetro:	2"
Longitud:	35 metros.

2.3.1.4.6. Características de la línea de conducción

Tipo de tubería:	PVC
Marca:	Pavco
Diámetro:	1.5"
Longitud:	300 metros.
Profundidad instalada:	0.4 metros.

2.3.1.5. Selección y especificaciones generales del emisor de riego.

Para el diseño del sistema de riego se eligió un emisor con las siguientes especificaciones:

Fabricante:	senninger irrigation inc.
Tipo de emisor:	Aspersor, serie 70.
Referencia:	7025 RD-2 (22x12)
Boquilla de alcance:	#22 (11/32" – 8.73 mm)
Boquilla dispersora:	#12 – roja (3/16" – 4.76 mm)
Caudal:	29.4 GPM – 6677 litros/hora
Diámetro a 1.8 m de altura:	45.7 m
Presión de trabajo:	50 psi – 3.45 bar

2.3.1.6. Parámetros básicos tenidos en cuenta para el diseño del sistema de riego.

Para el diseño del sistema de riego es necesario tener en cuenta una serie de parámetros que han sido analizados anteriormente y que son recopilados a continuación.

Tabla 37. Principales parámetros tenidos en cuenta para el diseño de sistema de riego.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR	REFERENCIA
Textura del suelo	-	F.Ar	Anexo C
Capacidad de Campo (CC)	%	40.64	
Punto de Marchitez Permanente (PMP)	%	25.22	
Densidad aparente (Da)	gr/cm ³	1.42	
Infiltración Básica (Ib) - Punto 1	cm/hora	16.25	Ítem 2.2.1.2.2 pág. 31
Infiltración Básica (Ib) - Punto 2	cm/hora	11.83	
Conductividad Hidráulica saturada (K) - punto 1	m/día	0.95	Ítem 2.2.1.2.1 Pág. 27
Conductividad Hidráulica saturada (K) - punto 2	m/día	1.32	
Profundidad Radicular Efectiva (PRE)	mm	400	-
Evapotranspiración Potencial (Ej)	mm/día	3.1	Ítem. 4.3.4.
Coeficiente de cultivo (Kc)	-	0.9	FAO, 2006
Uso consumo (Uc)	mm/día	2.8	Ítem 2.2.3.5 Pág. 69
Caudal teórico máximo de explotación pozo de aguas subterráneas I.E.N.G.B.	lps	0.927	Ítem 2.3.1.4.2 Pág. 73
Volumen total de almacenamiento	m ³	58.497	Ítem. 2.3.1.3.1 Pág. 71
Volumen utilizable de almacenamiento	m ³	44.268	Ítem. 2.3.1.3.2 Pág. 71
Tiempo de llenado de volumen total de almacenamiento	Horas	17.5	Ítem. 2.3.1.3.3 Pág. 72
Tiempo de llenado de volumen utilizable de almacenamiento	Horas	13.3	
Caudal de diseño del sistema de riego	litros/hora	6700	Ítem.2.3.1.2 Pág.70
Tiempo de vaciado del tanque de almacenamiento para efectos de diseño del sistema de riego	Horas	6.6	Ítem. 2.3.1.3.4 Pág.72
Unidad de Riego	Aspersor de impacto Senninger 7025 RD-2 (22x12)		Ítem. 2.3.1.5 Pág. 75
Caudal de la unidad de riego	Litros/hora	6677	
Presión de trabajo de la unidad de riego	psi	50	
Diámetro húmedo de la unidad de riego	.m	45.7	
Altura desde el piso hasta la unidad de riego	.m	1.8	

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014

2.3.2. DISEÑO AGRONÓMICO.

El diseño agronómico representa la primera fase del procedimiento de diseño de cualquier tipo de riego, con el que se determina la cantidad de agua que ha de transportar la instalación, correspondiente a las necesidades brutas de riego en las épocas de máxima necesidad.

2.3.2.1. Lamina neta

$$LN = \left(\frac{CC - PMP}{100} \right) * \frac{Da}{Dw} * Pre * Na$$

- C.C: Capacidad de campo (%).
- PMP: Punto de marchitez permanente (%).
- Da: Densidad aparente (gr/cm^3)
- PRE: Profundidad radicular efectiva. Se adopta el 75% de la profundidad radicular del cultivo (mm).
- Na: Nivel de agotamiento 30%, (0.3).

$$LN = \left(\frac{40.64 \% - 25.22 \%}{100} \right) * \frac{1.42 \text{ gr/cm}^3}{1 \text{ gr/cm}^3} * 400 \text{ mm} * 0.3$$

$$LN = 26.3 \text{ mm}$$

2.3.2.2. Lamina bruta.

$$LB = \left(\frac{LN}{Ea} \right)$$

- LN: Lamina neta (mm).
- Ea: Eficiencia de aplicación, para sistemas de riego a presión se recomienda trabajar con valores de 95% a 98%. Para este diseño se tomó una eficiencia de 98%.

$$LB = \left(\frac{26.3 \text{ mm}}{0.98} \right)$$

$$LB = 26.8 \text{ mm.}$$

El módulo de riego corresponde a 268 m^3/ha .

2.3.2.3. Frecuencia de riego.

$$Fr(dias) = \left(\frac{LN}{UC} \right)$$

- LN: Lamina neta (mm)
- UC: Uso consumo (mm/día)

$$Fr(dias) = \left(\frac{26.3 \text{ mm}}{2.8 \text{ mm/dia}} \right)$$

$$Fr(dias) = 9.3 \text{ dias} \approx 9 \text{ dias}$$

2.3.2.4. Tiempo de riego por unidad de riego.

$$TRur(hr) = \left(\frac{\pi * r^2 * \frac{LB}{1000}}{Qur} \right)$$

- r: radio húmedo de la unidad de riego (m)
- LB: Lamina bruta (mm).
- Qur: Caudal de la unidad de riego (m³ / hora)

$$TRur(hr) = \left(\frac{\pi * (22.85 \text{ m})^2 * \frac{26.8 \text{ mm}}{1000}}{6.677 \text{ m}^3/hr} \right)$$

$$TRur(hr) = 6.6 \text{ hr} \approx 6 \text{ horas } 36 \text{ minutos}$$

2.3.2.5. Posiciones de riego por turno de riego.

$$PRtu = \left(\frac{Qd}{Qur} \right)$$

Qd: Caudal disponible (m³/h)

$$PRtu = \left(\frac{6.7 \text{ m}^3/h}{6.677 \text{ m}^3/h} \right)$$

$$PRtu = 1$$

2.3.3. DISEÑO HIDRÁULICO.

Para el cálculo del sistema de riego se empleó la metodología de Talleres propuesta por Cifuentes (2003), a continuación se muestran los elementos calculados y los respectivos talleres.

2.3.3.1. Espaciamiento máximo permisible para la selección e instalación de las unidades de riego.

Para el cálculo del espaciamiento máximo permisible se tomó en cuenta el diámetro de humedecimiento que entrega la unidad de riego (45.7 m) a una presión de operación de 50 psi \approx 31.5 m.c.a., buscando la mejor distribución posible sobre el terreno.

Tabla 38. Taller #2. Riego a presión: Cálculo de E.M.P.

TALLER N° 2. RIEGO A PRESIÓN: "CÁLCULO DEL ESPACIAMIENTO MÁXIMO PERMISIBLE PARA LA SELECCIÓN E INSTALACIÓN DE LA UNIDAD DE RIEGO (EMP)"					
DATOS BÁSICOS					
MODALIDAD	Aspersión	HUERTO:	Finca Santa Helena	SECTOR DE RIEGO (SR) N°:	1
Unidad de Riego: (UR) Modelo:	Senninger 7025 RD-1 22 X 12	PSI:	50	Q (GPM):	29.4
Forma Principal sistema de riego:	-			θ Húmedo (m):	45.7
				Vel. Viento (km/hr):	-
1. MÉTODO DE LA DIAGONAL					
SEGÚN FORMA DE OPERACION DEL SISTEMA DE RIEGO	CUADRO Y/O RECTÁNGULO			TRIÁNGULO	
	$EMP = \left[(EL)^2 + (EP)^2 \right]^{1/2} \leq \frac{2}{3} \theta_H$			$EMP = \left[\left(\frac{1}{2} EL \right)^2 + (EP)^2 \right]^{1/2} \leq \frac{2}{3} \theta_H$	
	EL:	Espaciamiento entre unidades de riego sobre el lateral (m)			
	EP:	Espaciamiento entre las líneas de riego sobre la principal (m)			
	θ H:	Diámetro húmedo de la unidad de riego (m)			
	EL=	45			
	EP=	20			
	EMP CUADRO Y/O RECTÁNGULO:	49.24428901			
	EMP TRIÁNGULO:	30.10398645			
	2/3 θH:	30.46666667			
θH:	45.7				
EMP ≤ 2/3 θ H:	SI	NO			
FUENTE:	S.C.S Dpto. Agricultura EE.UU Adaptado por: MIGUEL GERMÁN CIFUENTES PERDOMO.				
2. MÉTODO DEL "CRITERIO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO"					
EMP= (F.V.V)(θ H) ≈ EP		FACTOR DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO (F.V.V)			
EMP:	Espaciamiento Máximo Permisible				
F.V.V:	Factor en función de la velocidad del viento según forma de operación				
θ H:	Diámetro húmedo unidad de riego (m)				
EP:	Espaciamiento entre las líneas de riego sobre la principal (m)				
F.V.V=	0	0	85	85	85
	0	0-5	75	75	75
θ H=	45.7	5-8	50	50	50
EP=	0	> 8	30	30	30
EMP= (F.V.V)(EP) ≈ EL	OBSERVACION:				
F.V.V=	0	EP: se calcula aplicando el porcentaje al diámetro húmedo de la unidad de riego.			
EL=	0				
EL:	Espaciamiento entre unidades de riego (m)				
NOTA:	Tener en cuenta forma de operación del sistema de riego				
	EL: se calcula aplicando el porcentaje al valor de EP.				
3. MÉTODO DEL CRITERIO GRÁFICO "SENTIDO COMÚN"					
Se deben dibujar los dos métodos anteriores para seleccionar el más acertado desde los puntos de vista de traslapes, posiciones totales de riego y los tiempos de riego; tomando como unidad de medida una hectárea.					

FUENTE: Cifuentes, 2003.

Debido a la ausencia de datos sobre la velocidad del viento el espaciamiento máximo permisible seleccionado fue el correspondiente al del método de la diagonal en triángulo con un espaciamiento de 20 metros entre líneas de riego sobre la principal y 45 metros entre unidades de riego sobre el lateral.

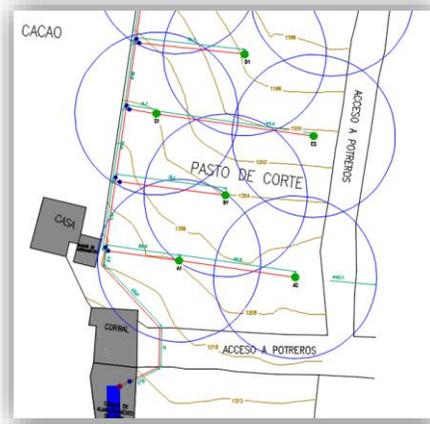


Figura 32. Espaciamiento entre unidades de riego, finca Santa Helena.
FUENTE: Oliveros y Marín, 2014.

2.3.3.2. Grado de aplicación del agua, en una unidad de riego.

Tabla 39. Taller #3. Cálculo del grado de aplicación del agua.

TALLER N° 3. RIEGO A PRESIÓN: ASPERSIÓN. "CÁLCULO DEL GRADO O VELOCIDAD DE APLICACIÓN DEL AGUA, EN UNA UNIDAD DE RIEGO" (Ga)					
DATOS BÁSICOS					
MODALIDAD	Aspersión	HUERTO	Finca Santa Helena		SECTOR RIEGO (SR) N°: 1
Unidad de Riego (UR) Modelo:	Senninger 7025 RD-1 22 X 12	PSI	50	Q (LPS): 1.85	θ Húmedo (m): 45.7
Forma principal sistema riego:	-	Vel. Viento (km/hr):	-	lb (cm/hr):	11.83
GRADO DE APLICACIÓN (Ga) UNIDAD DE RIEGO				CORRECCIÓN POR PENDIENTE DEL TERRENO	
$Ga = \left[\frac{(360)(Q_{UR})}{(EL)(EP)} \right]$				% DE PENDIENTE	REDUCCIÓN Ga en %
				Hasta 4,9	0
(360) = Factor de conversión para obtener el Ga en cm/hr:				De 5 a 6,9	10
QUR = Caudal de Unidad de Riego (LPS)				De 7 a 8,9	20
EL = Espaciamiento entre unidades de riego sobre el lateral (m):				De 9 a 10,9	30
EP = Espaciamiento entre líneas de riego sobre la tubería principal (m):				De 11 a 12,9	40
Ga (cm/hr):				De 13 a 16,9	50
				De 17 a 20	60
				> 20	75
CORRECCIÓN:					
Pendiente del terreno:		12	%	Reducción Ga:	30 %
Gac (Grado de aplicación corregida) = Ga - ((Ga) (% Corrección))					
Gac = 0.52 cm/hr					
CHEQUEO:	Gac ≤ lb (ideal)		Gac > lb (escorrentía)		Gac < 0,45 cm/hr (evapora)
Resultado:	SI	NO	Resultado:	SI	NO
OBSERVACIÓN: Si el resultado es NO, replantear la selección de la unidad de riego					

FUENTE: Cifuentes, 2003.

Según el grado de aplicación del agua bajo las condiciones seleccionadas de la unidad de riego no se presentan problemas de escorrentía ni de evaporación.

2.3.3.3. Cálculo del lateral crítico.

Para este cálculo se tomó el lateral A (ver Anexo J plano SH_NGB_SR_UE.pdf) como lateral crítico ya que presenta una amplia longitud de tubería y la menor ganancia de presión debido a la topografía del terreno.

Tabla 40. Taller #6. Cálculo del lateral crítico, método de múltiples salidas.

TALLER N° 6 RIEGO A PRESIÓN: CÁLCULO DE UN LATERAL EN EL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN. MÉTODO "MÚLTIPLES SALIDAS"							
UNIDAD DE RIEGO		CULTIVO		ABASTECIMIENTO			
Modalidad: Aspersión		Huerto:	Pasto	Sector de riego	1		
1. CÁLCULO DE LAS PERDIDAS POR FRICCIÓN EN LA TUBERÍA (J)							
VARIABLES				VALORES			
$J1 = (F)(L)(j)$							
Nur = número de unidades de riego por lateral = N° de salidas:				1.00			
θ = diámetro y RDE tubería :				1 1/2" RDE 26			
F = factor de corrección múltiples salidas y/o unidades de riego a beneficiar / turno; S (tabla N° 1):				1.00			
Q = caudal total a conducir = (N° unidades de riego)*(Q unitario) (GPM):				29.40			
Qur = caudal unidad de riego (GPM):				29.40			
Ns = número de espacios entre unidades de riego:				1.00			
EL = espaciamiento entre unidades de riego en el lateral (m):				33.00			
Ti = tramo inicial desde la conexión del lateral hasta la primera unidad de riego (m):				21.00			
Tf = tramo final desde la última unidad de riego hasta el obturador (m):				0.00			
Lr = longitud real (m) = (Ns)*(EL)+(Ti)+(Tf):				54.00			
Le = longitud equivalente por accesorios :				20.30			
L = longitud total (m) (Lr)+(Le):				74.30			
j = pérdidas por fricción en la tubería (m/m) (catálogo del fabricante):				0.0273			
$J1 = (F)(L)(j)$ (m):				2.03			
1.1. CÁLCULO DE LA LONGITUD EQUIVALENTE TUBERÍA LATERAL (Le)							
ACCESORIOS	CANTIDAD	θ	Q(GPM)	Le (m)			
Tee PVC 1 1/2"	2	1 1/2"	29.40	5.60			
Valvula de bola PVC 1 1/2"	1	1 1/2"	29.40	13.40			
Codo de 90° PVC 1 1/2"	1	1 1/2"	29.40	1.30			
SUMATORIA Le (m)				20.30			
1.2. CÁLCULO DE LA VELOCIDAD (V) EN LAS TUBERÍAS							
VARIABLES				VALORES			
Clase y diámetro de tubería:				PVC 1 1/2"			
RDE tubo:				26			
Espesor pared tubo (m) (catálogo fabricante):				0.0019			
θ_e = diámetro externo (m) (catálogo fabricante):				0.048			
θ_i = Diámetro interno (m):				0.046			
R = radio interno (m):				0.023			
A = Área tubo = $(\pi)(R^2)$ (m²):				0.002			
Q(m³/s):				0.0019			
V = Q/A (m/seg):				1.095			
Vpermisible (m/seg) según fabricante:				2.00			
CHEQUEO V <= Vpermisible:				VERDADERO			
2. CÁLCULO DE LAS PERDIDAS POR CONEXIÓN DE LA UNIDAD DE RIEGO (J2)							
VARIABLES		VALORES	LONGITUD EQUIVALENTE (Le) (m)				
			ACCESORIOS	CANTIDAD	θ	Q (GPM)	Le (m)
Qur = caudal unidad de riego (GPM):		29.40	Buje PVC 1 1/2" x 1"	1	1 1/2" x 1"	29.40	0.3
Lr = longitud real elevador (m):		1.80	Adaptador Hembra 1"	3	1"	29.40	0.6
Le = longitud equivalente (m) (Tabla N°5):		5.10	Hidrante Plastico 1"	1	1"	29.40	2.1
L = longitud total (m) (Lr)+(Le):		6.90	Valvula Reguladora de presión	1	1"	29.40	2.1
θ = diámetro y RDE tubería :		1 1/2" RDE 26					
j = pérdidas por fricción en la tubería (m/m) (catálogo del fabricante):		0.0273					
$J2 = (L)(j)$:		0.19	SUMATORIA (Le) (m)				5.10

3. PERDIDAS DE PRESIÓN EN LA UNIDAD DE RIEGO J3			
VARIABLES		VALORES	
P= presión de trabajo medida unidad de riego (m):		35.15	
Cg = coeficiente de carga de las boquillas:	Viejas 0,95	0.99	
	Nuevas 0,99		
J3 = (P)-((Cg)(P)) (m):		0.35	
4. PERDIDAS TOTALES EN EL LATERAL (JT)			
VARIABLES		VALORES	
JT = J1+J2+J3:		2.57	
Jpermissible (20% de la presión de trabajo unidad de riego) (m):		7.03	
CHEQUEO JT<= Jpermissible		VERDADERO	
5. PRESIONES REQUERIDAS PARA EL LATERAL (m)			
PRESIÓN A LA ENTRADA (PEL)		PRESIÓN A LA SALIDA (PSL)	
VARIABLES	VALORES	VARIABLES	VALORES
Pur = presión unidad de riego (m):	35.15	PEL = presión entrada lateral (m):	40.72
J = perdidas totales (m):	2.57	J = perdidas totales (m):	2.57
ΔH = Diferencia topográfica terreno (m):	-3.00	ΔH = Diferencia topográfica terreno (m):	-3.00
PEL = Pur+J+- ΔH (m):	40.72	PSL = PEL-J \pm ΔH (m):	41.15
PEL = Pur+J+- ΔH (PSI):	57.94	PSL = PEL-J+- ΔH (PSI):	58.56

FUENTE: Cifuentes, 2003.

La tubería seleccionada para el diseño del lateral fue de diámetro de 1 ½" y que de acuerdo a los cálculos realizados en el taller #6 las pérdidas de presión por fricción en la tubería corresponde a 2.57 m.c.a., requiriendo una presión mínima a la entrada del lateral de 40.72 m.c.a. y entregando una presión al final del lateral de 41.15 m.c.a.

2.3.3.4. Cálculo de la tubería principal.

Para este cálculo se tomó la longitud de la tubería correspondiente desde el acople de la bomba hasta la conexión del lateral más lejano (ver Anexo J plano SH_NGB_SR_UE.pdf)

Tabla 41. Taller #10. Cálculo de tubería principal, método de múltiples salidas.

TALLER Nº 10. RIEGO A PRESIÓN: CÁLCULO DE LA TUBERÍA PRINCIPAL "MÉTODO MÚLTIPLES SALIDAS"					
1. PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN LA TUBERÍA (J)					
MODALIDAD:	aspersión	HUERTO:	Pasto	SECTOR DE RIEGO (SR) Nº:	1.00
$J = (F)(L)(j)$					
F= Factor corrección por múltiples salidas (sectores de riego a beneficiar) Tabla Nº 1					
L= Longitud total Lreal + Lequivalente (m)					
j= Pérdidas unitarias por fricción tubería m/m (catalogo del fabricante)					0.0273
F=Depende del número de salidas (sectores de riego a beneficiar)					1
Q=Caudal a conducir= Σ Caudales sectores de riego a beneficiar (GPM)					29.4
LR= Longitud real = desde conexión sobre principal hasta conexión último sector riego a beneficiar (m)					133
Le= Longitud equivalente por accesorios (m) (Tabla Nº 5)					103.6
L= LR +Le = () + () (m)					236.6
θ =Diámetro tubería y RDE (asumirlo) = () y () j= m/m					1 1/2" RDE 26
$J = (F)(L)(j) = () () () = m$					6.46

1.1 CÁLCULO DE LA LONGITUD EQUIVALENTE (Le) m				
ACCESORIOS	CANTIDAD	θ	Q (GPM)	Le (m)
Tee PVC	5	1 1/2"	29.4	14
codo 45° PVC	3	1 1/2"	29.4	1.8
Valvula de Bola PVC	6	1 1/2"	29.4	80.4
codo 90° PVC	3	1 1/2"	29.4	3.9
Union Universal	1	1 1/2"	29.4	3.2
Adaptador macho	1	1 1/2"	29.4	0.3
SUMATORIA Le (m):				103.6
1.2 CÁLCULO DE LA VELOCIDAD (V) m/sg				
VARIABLES			VALORES	
Clase y diámetro de tubería			PVC 1 1/2"	
RDE Tubo			RDE 26	
Espesor pared tubo (m) (catálogo fabricante)			0.0019	
θ E= Diámetro externo (m) (catálogo fabricante)			0.0483	
θ I= Diámetro interno (m) (catálogo fabricante)			0.0464	
R= Radio interno (m)			0.0232	
A= Área tubo = $(\pi)(R^2) = (m^2)$			0.0017	
Q=Caudal (m^3/sg)			0.0019	
$V = Q/A = ()/()$			1.1	
Vpermisible (m/sg) (según fabricante tubería)			2	
CHEQUEO: $V \leq V_p$			VERDADERO	
1.1	\leq	2		
OBSERVACIÓN: Si el resultado es (FALSO), replantear el diámetro de la tubería				
2. PRESIÓN REQUERIDA A LA ENTRADA DE LA TUBERÍA PRINCIPAL (PREP)				
PREP=J Tubería alimentación+Presión requerida entrada ala tubería de alimentacion crítico (PREA) \pm Δ H terreno				
Δ H (m)=	-4			
PEL (viene taller N° 6) (m):	40.72			
PREP	43.2	m	61.4	PSI

FUENTE: Cifuentes, 2003.

La tubería seleccionada para el diseño de la principal es de diámetro de 1 ½" y que de acuerdo a los cálculos realizados en el taller #10 las pérdidas de presión por fricción en la tubería del múltiple corresponde a 6.46 m.c.a., requiriendo una presión mínima a la entrada de la principal de 43.2 m.c.a.

2.3.3.5. Selección de la unidad de bombeo.

Para este cálculo y selección de la bomba se tuvo en cuenta la presión de trabajo de la unidad de riego (50 psi \approx 35.15 m.c.a.), las pérdidas de presión tanto en el lateral crítico como en el múltiple y en la tubería de succión.

Tabla 42.Taller #15. Selección de la unidad de bombeo.

TALLER N° 15 RIEGO A PRESIÓN: "SELECCIÓN UNIDAD DE BOMBEO"					
1. DATOS BÁSICOS					
Qdiseño (GPM)	29.4	Temperatura interior caseta (°C)	25	Dpto	Huila
Localización Geográfica(A.S.N.M)	1200	Presión atmosférica tabla N° 6 (m)	8.9	Municipio	Tello
Presión trabajo Unidad Riego(PSI)	50	Presión de vapor tabla N° 7 (m)	0.32	Vereda	Sierra del Gramal
Fuente abastecimiento	P.A. Subterránea	Clase sedimentos θ (mm)	0.1	Predio	Santa Helena

2. CÁLCULO DE LA CABEZA (ALTURA) DINÁMICA TOTAL (C.D.T)					
VARIABLES					
C.D.T=Hs+Hfs+Hd+Hfp+HfA+HfM+HfL+Hff+HfF+HUR				VALORES (m)	
Hs= Altura de succión				1.8	
Hd= Altura de descarga (ΔH terreno)+ Altura elevador unidad de riego				-4.2	
Hfs= Pérdidas por fricción tubería succión				0.60	
Hfp= Pérdidas por fricción tubería principal				6.45	
HfA= Pérdidas de fricción en la tubería de alimentación				0	
HfM= Pérdidas por fricción en la tubería múltiple				0	
HfL= Pérdidas por fricción en la tubería lateral				2.57	
Hff= Pérdidas por fricción unidad de fertilización				0	
HfF= Pérdidas por fricción unidad filtrado				0	
HUR= Presión de trabajo unidad de riego (m)				35.16	
SUMATORIA C.D.T (m)				42.38	
2.1 PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN LA TUBERÍA DE SUCCIÓN (Hfs)					
Hfs = (L)(j)					
θ = Diámetro tubería y RDE (asumirlo)				1 1/2" RDE 26	
L = Longitud total = Lreal+Lequivalente = () () (m)				21.95	
LR= Longitud real; desde la válvula de pie hasta el orificio de succión de la bomba (m)				3.75	
Le= Longitud equivalente por accesorios (m)				18.2	
j = Pérdidas unitarias por fricción tubería m/m				0.0273	
Q =Caudal a conducir = Σ caudales sectores de riego a beneficiar (GPM)				29.4	
Hfs= (L)(j) = m				0.60	
2.2 CÁLCULO DE LA LONGITUD EQUIVALENTE TUBERÍA SUCCIÓN (Le) m (Tabla Nº 5; Gráfica Nº 1)					
ACCESORIOS	CANTIDAD	θ	Q (GPM)	Le (m)	
Válvula de pie	1	1 1/2"	29.4	13.4	
Codo 90°	1	1 1/2"	29.4	1.3	
Union universal	1	1 1/2"	29.4	3.2	
Adaptador macho	1	1 1/2"	29.4	0.3	
Sumatoria Le (m)				18.2	
2.3 CÁLCULO DE LA VELOCIDAD (V) EN TUBERÍA SUCCIÓN					
VARIABLES		VALORES			
Clase y diámetro de tubería		PVC 1 1/2"			
RDE tubo		26			
Espesor pared tubo (m) (catálogo fabricante)		0.0019			
θE = Diámetro externo (m) (catálogo fabricante)		0.0483			
θI =Diámetro interno (m) (catálogo fabricante)		0.0464			
R= Radio interno (m)		0.0232			
A = Área tubo = πR^2 (m ²)		0.0017			
Q =Caudal (m ³ /sg)		0.0019			
V = Q/A = ()/()		1.1			
V permisible (m/sg) según fabricante		2.0			
CHEQUEO: $V \leq V_p$		VERDADERO			
OBSERVACIÓN: Si el resultado es (FALSO), replantear el diámetro de la tubería.					
3. SELECCIÓN UNIDAD DE BOMBEO					
3.1 MÉTODO "POR CURVA SEGÚN FABRICANTE"					
DATOS DE DISEÑO	Q: GPM	29.4	UNIDAD DE BOMBEO	Referencia:	CATÁLOGO BARNES
	C.D.T: m	42.38		Modelo:	HHE 1.5 30-3
MOTOR	Energía	Electrica	BOMBA	Versión:	-
	HP:	3		θ impulsor:	6.8"
	RPM:	3500		θ máx partículas:	-
	Conexión:	-		Conexión:	succión: 1 1/2" Descarga: 1 1/2"
	Operación:	-		Eficiencia (%):	55

3.2 MÉTODO "POR FÓRMULA"		
POTENCIA $HP = \frac{Q \times CDT}{3960 \times \eta}$ DA		
Q = Caudal de diseño (GPM)	29.4	
C.D.T = Cabeza Dinámica Total (pies)	139.05	
3960 = factor de conversión	3960	
η = Eficiencia deseada para la bomba (decimales)	0.55	
$HP = [(220)(423,040)] / [(3960)(0,65)]$	1.88	
4. CÁLCULO DE LA CABEZA NETA POSITIVA DE SUCCIÓN (NPSH)		
4.1 NPSH disponible	4.2 NPSH requerido	
$NPSHd = Pa - Pv - Hs - Hfs = m$		
Pa= Presión atmosférica según localización	8.9	
Pv= Presión de vapor según temperatura	0.32	
Hs= Altura de succión bomba	1.8	
Hfs= Pérdidas fricción tubería de succión	0.60	
NPSHd = m	6.18	
4.3 CHEQUEO		
$(NPSH)r \leq (NPSH)d$		
3.048	≤	6.18
VERDADERO		
OBSERVACIÓN: Si el resultado es (NO), replantear como mínimo Hs para ajustar el chequeo.		

FUENTE: Cifuentes, 2003.

El método empleado para la selección de la unidad de bombeo fue el de curva según fabricante, seleccionando una electrobomba de referencia HHE 1.5 30-3 del catálogo de BARNES de Colombia S.A. (Anexo K), supliendo las necesidades de cabeza dinámica del sistema (42.38 m.c.a.), con una eficiencia de 55% de acuerdo a curva de operación y NPSHr de 0.3048 m frente a un NPSHd de 5.8 m en el nivel de agua más crítico en el tanque de almacenamiento (0.5 m).

Tabla 43. Principales características de la unidad de bombeo.

Tipo de bomba	Centrifuga
Fuente de Poder	Electricidad
Tipo de acoplamiento	Mono bloque
Tipo de impulsor	Cerrado, balanceado dinámicamente, (ISO G6 3)
Modelo	HHE 1.5 30-3
Potencia (HP)	3
Fases	Trifásico
Succión	1 ½"
Descarga	1 ½"
H max (m.c.a.)	54
Q max (GPM)	60
Amperaje 220 V	10.2
Amperaje 440 V	5.1

FUENTE: BARNES de Colombia. SA

2.3.3.6. Programación de riego.

Con base a los cálculos realizados, la interpretación de los mismos y debido a la baja disponibilidad de agua se hace necesario el indispensable y estricto cumplimiento de la siguiente programación de riego, para garantizar el óptimo funcionamiento del sistema.

Tabla 44. Programación de riego.

TURNO	DÍA	HORA INICIO	HORA FIN	TIEMPO DE RIEGO (horas)	FRECUENCIA DE RIEGO (días)	UNID DE RIEGO
A1	1	7:00 a. m.	1:36 p. m.	6.6	9	1
A2	2	7:00 a. m.	1:36 p. m.	6.6	9	1
B1	3	7:00 a. m.	1:36 p. m.	6.6	9	1
C1	4	7:00 a. m.	1:36 p. m.	6.6	9	1
C2	5	7:00 a. m.	1:36 p. m.	6.6	9	1
D1	6	7:00 a. m.	1:36 p. m.	6.6	9	1
E1	7	7:00 a. m.	1:36 p. m.	6.6	9	1
E2	8	7:00 a. m.	1:36 p. m.	6.6	9	1
DESCANSO	9	7:00 a. m.	1:36 p. m.	6.6	9	1

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014.

En la columna turno de la Tabla 44 se ha nombrado cada uno de los laterales con una letra en mayúscula acompañada de un número que corresponde a la posición de riego, ver Anexo J plano SH_NGB_SR_UE.pdf. Los turnos están ajustados al tiempo de riego de la unidad de riego (TR_{ur}), al tiempo que tarda el tanque en llegar a su punto crítico de almacenamiento y al tiempo de llenado del tanque de almacenamiento determinado por la disponibilidad de caudal entregado por el pozo de agua subterránea (13.3 horas)

Se recomienda que el llenado del tanque de almacenamiento con aguas del pozo se inicie a la hora de inicio de la programación de riego (7:00 a m) y termine a las 8:18 p.m. para cada uno de los días en que se encuentre en operación el sistema.

2.3.3.7. Manejo de las válvulas para la operación del sistema.

Para evitar el paso de agua por sectores donde no es necesario y maximizar el uso del recurso hídrico, se dispone de un arreglo de válvulas que se operarán de forma manual y de acuerdo a la posición y turno de riego.

Tabla 45. Operación de válvulas en el sistema de riego.

TURNO	VÁLVULA CERRADA	VÁLVULA ABIERTA
A1	VP2	VP1 - VA
A2	VP2	VP1 - VA
B1	VP3 - VA	VP1 - VP2 - VB
C1	VP4 - VA - VB	VP1 - VP2 - VP3 - VC
C2	VP4 - VA - VB	VP1 - VP2 - VP3 - VC
D1	VP5 - VA - VB - VC	VP1 - VP2 - VP3 - VP4 - VD
E1	VA - VB - VC - VD	VP1 - VP2 - VP3 - VP4 - VP5
E2	VA - VB - VC - VD	VP1 - VP2 - VP3 - VP4 - VP5
DESCANSO	VP1	-

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014.

Antes de iniciar el funcionamiento de la electrobomba es necesario que se instale el aspersor en el respectivo hidrante con el objetivo de prevenir sobre presiones en el sistema

Para efectos de lavado de la tubería, se enciende el sistema de riego, y se coloca la bayoneta sin conectar el aspersor. Las válvulas reguladoras de paso deben estar protegidas con una cajilla de fácil acceso para evitar el daño de las mismas.

2.3.4. PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO.

A continuación se presenta detalladamente el presupuesto general necesario para la ejecución del proyecto.

Tabla 46. Presupuesto General del Proyecto.

PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT	VR UNIT (INC IVA)	VR PARCIAL
1	UNIDAD DE BOMBEO				
1.1	ELECTROBOMBA				
1.1.1	Electrobomba HHE 1.5 30-3. Barnes de colombia S.A.	UND	1	\$ 926,000.00	\$ 926,000.00
1.2	SUCCIÓN				
1.2.1	Valvula de pie canastilla metalica HAVM 1 1/2" (HELBERT COVAL)	UND	1	\$ 70,180.00	\$ 70,180.00
1.2.2	Codo de PVC 90° 1 1/2" (PAVCO)	UND	1	\$ 5,369.00	\$ 5,369.00
1.2.3	Acople universal de PVC 1 1/2" (PAVCO)	UND	1	\$ 22,067.00	\$ 22,067.00
1.2.4	Adaptador macho PVC 1 1/2" (PAVCO)	UND	1	\$ 3,077.00	\$ 3,077.00
1.2.5	Tuberia de PVC E.L. 1 1/2" RDE 26 (PAVCO)	ml	3.8	\$ 6,037.00	\$ 22,940.60
1.2.6	Limpiador para PVC (PAVCO)	Limpieza Simple	6	\$ 211.00	\$ 1,266.00
1.2.7	soldadura para PVC (PAVCO)	Soldadura Simple	6	\$ 438.00	\$ 2,628.00
1.2.8	Cinta teflon 3/4" (1.9 cm) de ancho (TOPEX)	ml	0.4	\$ 479.00	\$ 191.60
Subtotal Succión					\$ 127,719.20

1.3	DESCARGA				
1.3.1	Adaptador macho PVC 1 1/2" (PAVCO)	UND	1	\$ 3,077.00	\$ 3,077.00
1.3.2	Tee PVC 1 1/2" (PAVCO)	UND	1	\$ 7,060.00	\$ 7,060.00
1.3.3	Valvula de bola de PVC 1 1/2" (PAVCO)	UND	3	\$ 19,291.00	\$ 57,873.00
1.3.4	Acople universal de PVC 1 1/2" (PAVCO)	UND	1	\$ 22,067.00	\$ 22,067.00
1.3.5	Codo de PVC 90° 1 1/2" (PAVCO)	UND	2	\$ 5,369.00	\$ 10,738.00
1.3.6	Tuberia de PVC E.L. 1 1/2" RDE 26 (PAVCO)	ml	3.3	\$ 6,037.00	\$ 19,922.10
1.3.7	Limpiador para PVC (PAVCO)	Limpieza Simple	14	\$ 211.00	\$ 2,954.00
1.3.8	soldadura para PVC (PAVCO)	Soldadura Simple	14	\$ 438.00	\$ 6,132.00
1.3.9	Cinta teflon 3/4" (1.9 cm) de ancho (TOPEX)	ml	0.2	\$ 479.00	\$ 95.80
Subtotal Descarga					\$ 129,918.90
1.5	TRANSPORTE				
1.5.1	Transporte via terrestre de Electro-bomba y accesorios desde Neiva (almacen) hasta I.E. Nicolas Garcia Bahamon. Aprox 37 Km	-	1	\$ 40,000.00	\$ 40,000.00
Subtotal Transporte					\$ 40,000.00
1.4	MANO DE OBRA				
1.4.1	Calificada	DIA	0.5	\$ 50,000.00	\$ 25,000.00
1.4.2	No calificada	DIA	0.5	\$ 30,000.00	\$ 15,000.00
Subtotal Mano de obra					\$ 40,000.00
SUBTOTAL UNIDAD DE BOMBEO					\$1,263,638.10
2	CONDUCCION Y DISTRIBUCION				
2.1	TUBERIA Y ACCESORIOS				
2.1.1	Tuberia de PVC E.L. 1 1/2" RDE 26 (PAVCO)	ml	353	\$ 6,037.00	\$ 2,131,061.00
2.1.2	Uniones PVC 1 1/2" (PAVCO)	UND	51	\$ 1,975.00	\$ 100,725.00
2.1.3	Tee PVC 1 1/2" (PAVCO)	UND	4	\$ 7,060.00	\$ 28,240.00
2.1.4	Codo de PVC 90° 1 1/2" (PAVCO)	UND	1	\$ 5,369.00	\$ 5,369.00
2.1.5	Codo de PVC 45° 1 1/2" (PAVCO)	UND	3	\$ 5,829.00	\$ 17,487.00
2.1.6	Valvula de bola de PVC 1 1/2" (PAVCO)	UND	8	\$ 19,291.00	\$ 154,328.00
2.1.9	Limpiador para PVC (PAVCO)	Limpieza Simple	140	\$ 211.00	\$ 29,540.00
2.1.10	soldadura para PVC (PAVCO)	Soldadura Simple	140	\$ 438.00	\$ 61,320.00
Subtotal Tuberia y Accesorios					\$ 2,528,070.00
2.2	TRANSPORTE				
2.2.1	Transporte via terrestre desde Neiva (almacen) hasta I.E. Nicolas Garcia Bahamon. Aprox 37 Km	-	1	\$ 90,000.00	\$ 90,000.00
Subtotal Transporte					\$ 90,000.00
2.3	MANO DE OBRA (Incluye excavacion (30 cm de ancho x 40 cm de profundidad), instalacion de tuberia, accesorios y enterrado de tuberia)				
2.3.1	Calificada (Incluye instalacion de tuberia y accesorios)	ml	353	\$ 1,000.00	\$ 353,000.00
2.3.2	No calificada (Incluye excavacion (30 cm de ancho x 40 cm de profundidad) y enterrado de tuberia)	ml	353	\$ 2,000.00	\$ 706,000.00
Subtotal Mano de Obra					\$ 1,059,000.00
SUBTOTAL CONDUCCION Y DISTRIBUCIÓN					\$3,677,070.00
3	CAJILLAS PARA PROTECCION DE VALVULAS				
3.1	CAJILLAS (40 cm x 40 cm x 40 cm) e=10 cm				
3.1.1	Concreto 3000 psi	m3	3.7	\$ 307,600.00	\$ 1,138,120.00
3.2	TAPA PARA CAJILLAS (40 cm x 40 cm) e=10 cm				
3.2.1	Concreto 3000 psi	m3	0.45	\$ 307,600.00	\$ 138,420.00
3.2.2	Acero PDR 60	kg	54	\$ 1,950.00	\$ 105,300.00
Subtotal Tapa para Cajillas					\$ 105,300.00
3.3	TRANSPORTE				
3.3.1	Transporte via terrestre de materiales desde Neiva (almacen) hasta I.E. Nicolas Garcia Bahamon. Aprox 37 Km	-	1	\$ 200,000.00	\$ 200,000.00
Subtotal Transporte					\$ 200,000.00

3.4	MANO DE OBRA					
3.4.1	Calificada	DIA	4.5	\$ 50,000.00	\$ 225,000.00	
3.4.2	No calificada	DIA	4.5	\$ 30,000.00	\$ 135,000.00	
Subtotal Mano de Obra					\$ 360,000.00	
SUBTOTAL CAJILLAS Y TAPA PARA CAJILLAS					\$ 1,803,420.00	
4	PUNTOS DE RIEGO Y UNIDAD DE RIEGO					
4.1	PUNTOS DE RIEGO TIPO 1					
4.1.1	Tee PVC 1 1/2" (PAVCO)	UND	3	\$ 7,060.00	\$ 21,180.00	
4.1.2	Buje soldado PVC 1 1/2" x 1" (PAVCO)	UND	3	\$ 2,733.00	\$ 8,199.00	
4.1.3	Adaptador Hembra PVC 1" (PAVCO)	UND	3	\$ 1,494.00	\$ 4,482.00	
4.1.4	Hidrante Plastico 1"	UND	3	\$ 27,300.00	\$ 81,900.00	
4.1.5	Tuberia de PVC E.L. 1 1/2" RDE 26 (PAVCO)	ml	0.3	\$ 6,037.00	\$ 1,811.10	
4.1.6	Tuberia de PVC E.L. 1" RDE 26 (PAVCO)	ml	0.3	\$ 3,162.00	\$ 948.60	
4.1.7	Limpiador para PVC (PAVCO)	Limpieza Simple	18	\$ 211.00	\$ 3,798.00	
4.1.8	soldadura para PVC (PAVCO)	Soldadura Simple	18	\$ 438.00	\$ 7,884.00	
4.1.9	Cinta teflon 3/4" (1.9 cm) de ancho (TOPEX)	ml	0.6	\$ 479.00	\$ 287.40	
Subtotal Puntos de Riego tipo 1					\$ 130,490.10	
4.2	PUNTOS DE RIEGO TIPO 2					
4.2.1	Codo 90° PVC 1 1/2" (PAVCO)	UND	5	\$ 5,369.00	\$ 26,845.00	
4.2.2	Buje soldado PVC 1 1/2" x 1" (PAVCO)	UND	5	\$ 2,733.00	\$ 13,665.00	
4.2.3	Adaptador Hembra PVC 1" (PAVCO)	UND	5	\$ 1,494.00	\$ 7,470.00	
4.2.4	Hidrante Plastico 1"	UND	5	\$ 27,300.00	\$ 136,500.00	
4.2.5	Tuberia de PVC E.L. 1 1/2" RDE 26 (PAVCO)	ml	0.5	\$ 6,037.00	\$ 3,018.50	
4.2.6	Tuberia de PVC E.L. 1" RDE 26 (PAVCO)	ml	0.5	\$ 3,162.00	\$ 1,581.00	
4.2.7	Limpiador para PVC (PAVCO)	Limpieza Simple	20	\$ 211.00	\$ 4,220.00	
4.2.8	soldadura para PVC (PAVCO)	Soldadura Simple	20	\$ 438.00	\$ 8,760.00	
4.2.9	Cinta teflon 3/4" (1.9 cm) de ancho (TOPEX)	ml	1	\$ 479.00	\$ 479.00	
Subtotal Puntos de Riego tipo 2					\$ 202,538.50	
4.3	UNIDAD DE RIEGO					
4.3.1	Bayoneta Plastica 1"	UND	1	\$ 11,600.00	\$ 11,600.00	
4.3.2	Adaptador Hembra PVC 1" (PAVCO)	UND	2	\$ 1,494.00	\$ 2,988.00	
4.3.3	Valvula reguladora de presion PVC PR-50 HF 1"	UND	1	\$ 88,900.00	\$ 88,900.00	
4.3.4	Tuberia de PVC E.L. 1" RDE 26 (PAVCO)	ml	1.8	\$ 3,162.00	\$ 5,691.60	
4.3.5	Aspersor de impacto Senninger 7025 RD-2 (22x12)	UND	1	\$ 106,500.00	\$ 106,500.00	
4.3.6	Limpiador para PVC (PAVCO)	Limpieza Simple	4	\$ 211.00	\$ 844.00	
4.3.7	soldadura para PVC (PAVCO)	Soldadura Simple	4	\$ 438.00	\$ 1,752.00	
4.3.8	Cinta teflon 3/4" (1.9 cm) de ancho (TOPEX)	ml	0.4	\$ 479.00	\$ 191.60	
Subtotal Unidad de Riego					\$ 216,523.60	
4.3	TRANSPORTE					
4.3.1	Transporte via terrestre desde Neiva (almacen) hasta I.E. Nicolas Garcia Bahamon. Aprox 37 Km	-	1	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	
Subtotal Transporte					\$ 20,000.00	
4.4	MANO DE OBRA					
4.4.1	Calificada	DIA	2	\$ 50,000.00	\$ 100,000.00	
4.4.2	No calificada	DIA	2	\$ 30,000.00	\$ 60,000.00	
Subtotal Mano de Obra					\$ 160,000.00	
SUBTOTAL PUNTO DE RIEGO					\$ 513,028.60	
SUBTOTAL PROYECTO					\$ 7,257,156.70	
IMPREVISTOS (5%)					\$ 362,857.84	
TOTAL PROYECTO					\$7,620,014.54	

FUENTE: Oliveros y Marín, 2014.

3. CONCLUSIONES

- La disponibilidad de agua entregada por el pozo de agua subterránea de la Institución Educativa Nicolás García Bahamón no es suficiente para suplir el requerimiento hídrico de todas las praderas que componen la finca Santa Helena.
- La distribución de las lluvias en la finca Santa Helena corresponde a un comportamiento bimodal encontrando sus picos de máxima precipitación en los meses de Abril y Noviembre y los picos de mínima precipitación en los meses de Enero y Agosto.
- De acuerdo a los datos climatológicos analizados existe una relación directa para los periodos húmedos y secos entre los valores de temperatura y precipitación siendo las épocas de sequía las que presentan las mayores temperaturas y las épocas de lluvia los valores más bajos de temperatura.
- El pozo de aguas subterráneas cumple los requerimientos mínimos de calidad de agua para riego garantizando que esta no ocasionará problemas de salinidad y/o sodificación del suelo.
- Las propiedades hidrodinámicas de los suelos de la finca Santa Helena presentan una infiltración rápida y moderadamente rápida y conductividad hidráulica moderada, siendo estos idóneos para desarrollar la mayoría de actividades agropecuarias.
- Los suelos de la finca Santa Helena presentan niveles bajos de nutrientes generando la necesidad de la aplicación de enmiendas y abonos para aumentar la fertilidad de estos.
- La puesta en operación del sistema de riego junto con un buen manejo de las praderas de la finca Santa Helena aumentaran la disponibilidad de alimento para el ganado en épocas de sequía.

4. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio para determinar la factibilidad técnica y económica de la ampliación del pozo de agua subterránea con el fin de aumentar el caudal disponible para el riego de las praderas de la finca Santa Helena.
- Realizar una labranza vertical con cinceles a profundidad de 50 cm a 60 cm para mejorar las condiciones físicas e hidrofísicas de los suelos.
- Seguir estrictamente un plan de fertilización de praderas para aumentar la producción de forraje disponible para los animales.
- Realizar la operación del sistema de riego de acuerdo a la programación de riego para asegurar la correcta distribución del agua en el área a beneficiar durante los periodos de sequía.
- Es necesario que el tiempo de funcionamiento del bombeo del pozo de agua subterránea no exceda las 13 horas de operación para permitir al acuífero una recuperación de sus niveles de agua.
- Colocar sobre la pared de mayor profundidad del tanque de almacenamiento una cinta métrica con el fin de monitorear los niveles de agua durante el bombeo.
- Monitorear los niveles del tanque de almacenamiento y evitar que este llegue a niveles inferiores de 50 cm, ya que puede ocasionar problemas de cavitación en la bomba y daño en las partes internas de la misma.

BIBLIOGRAFÍA

Barrios, J.M., Muriel, S.B. 2010. Propuesta de Manejo Ambiental de una Finca Ganadera Enmarcada en la Certificación de Buenas Practicas Ganaderas. Revista politécnica ISSN 1900-2351, Año 6, Numero 11, 2010. 92-104.

Bernier, R. y Bortolameolli, G. 2000. Tecnicas de Diagnostico de Fertilidad del Suelo, Fertilización de Praderas, Cultivos y mejoramiento de praderas. Seminario Taller para Productores, Centro Regional de Investigación Remehue, Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, 70 pp. Consultado el 14 de octubre de 2014. <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR25546.pdf>

Calidad de agua para riego agrícola. Consultado el 23 de septiembre de 2014. <http://www.funprover.org/formatos/manualTomate/Calidad%20de%20agua%20para%20riego%20agricola.pdf>

Castro, H.E.1998. Fundamentos para el Conocimiento y Manejo de Suelos Agrícolas, Instituto Universitario Juan de Castellanos, Tunja, 361 pp.

Cifuentes, M. 2003. Metodología de doble Propósito para el diseño y la evaluación hidráulica de Sistemas de Riego a Presión (Metodología de los Talleres). Sincelejo.

COESTATAL LTDA., 2004. Perforación y Construcción Pozo de Agua Subterránea Colegio Nicolás García, Informe Técnico, Neiva, 28 pp.

CORPOICA, 2013. Brachiaria decumbens, Colombia, 1 pp. Consultado el 08 de Octubre de 2014. http://www.corpoica.org.co/NetCorpoicaMVC/STDF/Content/fichas/pdf/Ficha_25.pdf

CORPOICA, 2013. Cynodon dactylon, Colombia, 1 pp. Consultado el 08 de Octubre de 2014. http://www.corpoica.org.co/NetCorpoicaMVC/STDF/Content/fichas/pdf/Ficha_34.pdf

CORPOICA, 2013. Cynodon nlemfuensis, Colombia, 1 pp. Consultado el 08 de Octubre de 2014. http://www.corpoica.org.co/NetCorpoicaMVC/STDF/Content/fichas/pdf/Ficha_35.pdf

CORPOICA, 2013. Hyparrhenia rufa, Colombia, 1 pp. Consultado el 08 de Octubre de 2014. http://www.corpoica.org.co/NetCorpoicaMVC/STDF/Content/fichas/pdf/Ficha_51.pdf

Cuesta, P.A., 2005. Fundamentos de Manejo de Praderas para Mejorar la Productividad de la Ganadería del Trópico Colombiano, Corpoica, Colombia. 13 pp. Consultado el 08 de Septiembre de 2014. http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Revista/1_FundManejoPraderas_v6n2_pp5-13.PDF

Del Pozo, P.P., 2004. Bases Ecofisiológicas para el Manejo de los Pastos Tropicales. Universidad Agraria de La Habana., Cuba, 9 pp. Consultado el 08 de septiembre de 2014. http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/30-bases_ecofisiologicas_manejo_pasturas_tropicales.pdf

FAO, 2009. Guia para la Descripción de Suelos, Cuarta Edición, Roma, 90 pp. Consultado el 20 de octubre de 2014. <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>.

Galindo, J.A., 2012. Problemas Resueltos de Hidrología Superficial y Subterránea., Universidad de la Salle, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambienta y Sanitaria., Bogotá, D.C. 124 pp.

García. A. 2012. Criterios Modernos para Evaluación de Calidad de Agua. Consultado el 23 de septiembre de 2014. [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/6E4999FFE5F6B8F005257A920059B3B6/\\$FILE/Art%205.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/6E4999FFE5F6B8F005257A920059B3B6/$FILE/Art%205.pdf)

Garmin, 2005. Manual de Usuario GPSmap76CSx. Consultado el 21 de Septiembre de 2014. <http://www.garmin.ec/download/GPSmap%2076CSx.pdf>

GIS IBERICA S.L, 2000. Especificaciones Estación Total DTM 350/330. Consultado el 21 de Septiembre de 2014. <http://www.cartex.es/nikon%20dtm330.pdf>

HUILA. Secretaria de Agricultura y Minería. Anuario estadístico agropecuario año 2012. Consultado el 27 de Marzo de 2014. http://www.huila.gov.co/documentos/agricultura/OBSERVATORIO%20DE%20TERITORIOS%20RURALES/ANUARIO_ESTADISTICO_AGROPECUARIO_HUILA_2012.pdf

Instituto Geográfico “Agustín Codazzi”, 1994. Estudio General de Suelos del Departamento del Huila, Tomo I, 179 pp.

Mármol, J.F. 2006. Manejo de Pastos y Forrajes en la Ganadería de Doble Propósito. X seminario de pastos y forrajes. 9 pp. Consultado el 08 de septiembre de 2014. http://www.avpa.ula.ve/congresos/seminario_pasto_X/Conferencias/A1-Jesus%20Faria%20Marmol.pdf

Martínez, L y Serra, A. J. Estudio de la calidad agronómica del agua de riego de las islas baleares. Servicio de aguas subterráneas, Islas baleares, España, 48 pp. Consultado el 24 de Septiembre de 2014. http://dgrechid.caib.es/www/doc/AIGUES_SUBTERRANIES_1.pdf

Monsalve, G., 1995. Hidrología en la Ingeniería, Escuela Colombiana de Ingeniería, Santafé de Bogotá, Colombia, 355 pp.

Moreno, L.E, *et al.* 2000. Capacitación a Pequeños Ganaderos Manejo de Praderas. Corpoica, 50 pp. Consultado el 26 de abril de 2014. http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/2006102416219_Manejo%20de%20praderas.pdf

Pérez. J. M. 2011. Manual para Determinar la Calidad del Agua para Riego Agrícola. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, México, 41 pp. Consultado el 24 de septiembre de 2014. <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/31418/1/josemanuelperezleon.pdf>

Pizarro, F. 1978. Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos, Editorial Agrícola Española, S.A., Madrid, 520 pp.

Sánchez, M.D. 1999. Sistemas Agroforestales para Intensificar de Manera Sostenible la Producción Animal en Latinoamérica Tropical. 12 pp. Consultado el 03 de septiembre de 2014. <http://www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/aga/AGAP/FRG/AGROFOR1/Sanchez1.pdf>

Solarte, L.H., *et al.* 2013. Guía para Realizar una Planeación Forrajera en Predios Ganaderos. FEDEGAN, Bogotá, Colombia. 32 pp. Consultado el 09 de septiembre de 2014. <http://www.fedegan.org.co/guia-para-realizar-una-planeacion-forrajera-en-predios-ganaderos>

Trujillo, G.A. 2009. Guía para la Utilización de Recursos Forrajeros Tropicales para la Alimentación de Bovinos. Comité de Ganaderos del Huila, 44 pp. Consultado el 04 de septiembre de 2014. http://www.comitedeganaderosdelhuila.org/publicaciones/recursos_forrajeros.pdf

Villanueva, J.F. 2004. Establecimiento y Manejo de Praderas Irrigadas Tropicales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Mexico. 50 pp. Consultado el 08 de Septiembre de 2014. <http://www.cofupro.org.mx/cofupro/images/contenidoweb/indice/publicaciones-nayarit/PUBLICACIONES%20DEL%20INIFAP/PUBLICACIONES%20EN%20PDF/FOLLETOS%20TECNICOS/folleto%20tecnico%20ESTABLECIMIENTO%20Y%20MANEJO%20DE%20PRADERAS%20IRRIGA2.pdf>

ANEXOS

ANEXO A. DESCRIPCIÓN DE CALICATA No. 1

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA DESCRIPCIÓN DE CALICATA.

Tesis: Diseño de un sistema de riego por aspersión para optimizar el sistema de producción pastoril de la finca santa helena -Tello- (H)

Observador: Eder Alberto Oliveros Yara. **Vereda:** Sierra del Gramal
Fecha: 21 de octubre de 2014 **Municipio:** Tello
Propietario: I. E. Nicolás García Bahamón **Departamento:** Huila
Predio: Santa Helena
Localización Geográfica: Latitud: 3° 0' 20.43" N - Longitud: 75° 4' 20.08" W
Altura m.s.n.m.: 1190 m.s.n.m. **Temperatura del suelo:** 21°C
Relieve: Colina **Pendiente %:** 18%
Evidencias de Erosión: N/A
Vegetación Natural: Iguá, Guadua, Cachimbo, Yarumo, Guácimo, Dinde.
Material Parental: --
Régimen de humedad: Udico
Profundidad efectiva: 40 cm
Limitante de profundidad: Arcillas compactadas
Drenaje natural: Bueno
Clase y grado de erosión: N/A
Gran sub-grupo (Tentativo): --
Posición geomorfológica: --

Profundidad y nomenclatura	Color Munsell	Textura	Estructura		Consistencia		
			Forma	Tamaño	Húmedo	Mojado	Seco
A 0-35 cm	10 YR 4/3	FA	Bloques angulares	grueso	Friable	Ligeramente adherente	Ligeramente Duro
B1 35-65 cm	2.5 YR 3/6	ArA	Bloques angulares	Grueso	Firme	Adherente	Muy duro
B2 65-130 cm	10 YR 8/3	ArA	Bloques angulares	Grueso	Firme	Adherente	Extremadamente duro

Uso Actual: Pastos

Limitaciones de uso: N/A

Clasificación Agrologica: Clase IV

Observaciones: En el 3 horizonte hay presencia de manchas color (munsell) 2.5 YR 3/6 en un 40% del horizonte.

ANEXO B. DESCRIPCIÓN DE CALICATA No. 2

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA DESCRIPCIÓN DE CALICATA.

Tesis: Diseño de un sistema de riego por aspersión para optimizar el sistema de producción pastoril de la finca santa helena -Tello- (H)

Observador: Eder Alberto Oliveros Yara. **Vereda:** Sierra del Gramal
Fecha: 21 de octubre de 2014 **Municipio:** Tello
Propietario: I. E. Nicolás García Bahamón **Departamento:** Huila
Predio: Santa Helena
Localización Geográfica: Latitud: 3° 0' 27.02" N - Longitud: 75° 4' 18.19" W
Altura m.s.n.m.: 1205 m.s.n.m. **Temperatura del suelo:** 20°C
Relieve: Colina **Pendiente %:** 13%
Evidencias de Erosión: N/A
Vegetación Natural: Iguá, Guadua, Cachimbo, Yarumo, Guácimo, Dinde.
Material Parental: --
Régimen de humedad: Udico
Profundidad efectiva: 45 cm
Limitante de profundidad: Arcillas compactadas.
Drenaje natural: Bueno
Clase y grado de erosión: N/A
Gran sub-grupo (Tentativo): --
Posición geomorfológica: --

Profundidad y nomenclatura	Color Munsell	Textura	Estructura		Consistencia		
			Forma	Tamaño	Húmedo	Mojado	Seco
A 0-40 cm	10 YR 3/2	FA	Granular	Medio	Friable	Ligeramente adherente	Ligeramente Duro
B1 40-80 cm	2.5 YR 6/8	ArA	Bloques angulares	Grueso	Firme	Adherente	Muy duro
B2 80-140 cm	10 YR 7/1	ArA	Bloques angulares	Grueso	Firme	Adherente	Extremadamente duro
B3 140-190 cm	10 YR 7/2	ArA	Bloques angulares	Grueso	Firme	Adherente	Extremadamente duro

Uso Actual: Pastos

Limitaciones de uso: N/A

Clasificación Agrologica: Clase IV

Observaciones: En el 3 horizonte hay presencia de manchas color (Munsell) 2.5 YR 4/8 en un 30% del horizonte. En el 4 horizonte hay presencia de manchas color (Munsell) 10 R 3/6 en un 30 % del horizonte y 10 YR 6/8 en un 10 % del horizonte.

ANEXO C. RESULTADO ANÁLISIS FÍSICO DE SUELO FINCA SANTA HELENA.

	ENTREGA DE RESULTADOS				
INFORME DE ENSAYOS ANÁLISIS DE SUELOS					
CÓDIGO	ER-FR-01	VERSIÓN	3	VIGENCIA	2014
					Página 1 de 1

DATOS DEL CLIENTE		
Solicitante: Edwin Giovani Marin	Ciudad: Neiva	Dirección: calle 24 N°5bis-16
Teléfono: 8623636-3208121723		email: Eder-oliveros@hotmail.com
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
Finca: Santa Helena	Matriz: Suelo	N° Muestra: 157-14
Vereda: Sierra Del Gramal	ID cliente: No reporta	
Municipio: Tello	Fecha muestreo: No reporta	
Departamento: Huila	Fecha recepción: 08/05/2014	
Cultivo: Pasto	Fecha análisis: 08/06/2014	
N° Cadena de custodia: No aplica	Fecha entrega: 11/06/2014	
N° Plan de muestreo: No aplica	Informe de resultados N°: 133-14	

PARAMETROS FISICOS		UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
Coeficientes de humedad del suelo	Capacidad de campo (0.03 MPa)	%	40.64	Membranas Richards
	Punto de marchitez permanente (1.5 MPa)		25.22	
Fracción mineral	Arena (A)	%	70.0	Bouyoucos
	Limo (L)		14.0	
	Arcilla (Ar)		16.0	
Textura		Franco Arenoso		
Densidad aparente		g cm ⁻³	1.42	Terrón parafinado
Densidad real		g cm ⁻³	2.26	Picnómetro
Porosidad total		%	-	Relación de densidades
Estabilidad estructural			-	Yoder
Límites de Atterberg (Líquido y plástico)			-	Cazuela de Casagrande
Coef			-	Estándar
Conductividad hidráulica saturada		m dia ⁻¹	-	Pozo barrenado
Infiltración		cm h ⁻¹	-	Anillos infiltrómetros

NOTA 1: Los resultados son válidos únicamente por la muestra analizada.

NOTA 2: El presente informe no deberá reproducirse total o parcialmente sin la autorización del Laboratorio.

NOTA 3: Los datos del cliente y la información de la muestra es suministrada por quien radica la muestra en el Laboratorio.


ARMANDO TORRENTE TRUJILLO
 Coordinador

FIN DEL INFORME

ANEXO D. RESULTADO ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELO FINCA SANTA HELENA.

ENTREGA DE RESULTADOS					
			INFORME DE ENSAYOS ANÁLISIS DE SUELOS		
					
CÓDIGO	ER-FR-01	VERSIÓN	4	VIGENCIA	2014
				Página	1 de 1

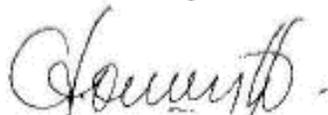
DATOS DEL CLIENTE		
Solicitante: Edwin Giovani Marin	Ciudad: Nelva	Dirección: cll 24# 6bis-18
Teléfono: 8829838-3208121723		email: eder-oliveros@hotmail.com
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
Finca: Santa Helena	Matriz: Suelo	N° Muestra: 157-14
Vereda: Sierra del Gramal	ID cliente: No reporta	
Municipio: Tello	Fecha muestreo: No reporta	
Departamento: Huila	Fecha recepción: 2014/06/08	
Cultivo: Panto Braquiaria	Fecha análisis: 2014/06/06	
N° Cadena de custodia: No aplica	Fecha entrega: 2014/06/20	
N° Plan de muestreo: No aplica	Informe de resultados N°: 237-14	

PARAMETROS QUÍMICOS	UNIDAD	RESULTADO	NUTRIMENTO PUROS	REQUERIMIENTO Kg/ha ²	MÉTODO
pH	-	5.1	-	-	NTC 5264
Carbono Orgánico (CO)	%	2.68	N	200	NTC-5403 método B
C.I.C.	cmol ⁺ .kg ⁻¹	29.28	-	-	NTC 5268
Fósforo (P)	ppm	2.14	P ₂ O ₅	90	NTC 5350
Calcio (Ca)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	4.23	Ca	30	NTC 5349
Magnesio (Mg)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	0.87	Mg	15	
Sodio (Na)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	0.21	-	-	
Potasio (K)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	0.20	K ₂ O	240	
Bases Totales (BT)	cmol ⁺ .kg ⁻¹	5.51	-	-	
Saturación de bases (SB)	%	18.82	-	-	Suma cationes Relación catiónica
Azufre (S)	ppm	0.55	S	40	NTC 5402
Hierro (Fe)	ppm	197	-	-	NTC 5526 método DTPA
Manganeso (Mn)	ppm	0.51	Mn	10	
Cobre (Cu)	ppm	0.19	Cu	5	
Cinc (Zn)	ppm	0.81	Zn	5	
Boro (B)	ppm	0.36	-	-	H ₂ O Caliente
Acidez Intercambiable	cmol ⁺ .kg ⁻¹	6.27	Cal	4000	NTC 5263
Relación Ca/Mg	-	4.86	-	-	Relación catiónica
Relación (Ca + Mg)/K	-	25.5	-	-	
Relación Mg/K	-	4.35	-	-	
TEXTURA	Clase	FA	Franco arenoso		Organoéptico

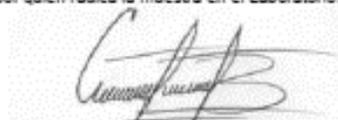
NOTA 1: Los resultados son válidos únicamente por la muestra analizada.

NOTA 2: El presente informe no deberá reproducirse total o parcialmente sin la autorización del Laboratorio.

NOTA 3: Los datos del cliente y la información de la muestra es suministrada por quien radica la muestra en el Laboratorio.



ARMANDO TORRENTE TRUJILLO
Coordinador Laboratorio



CESAR HERNANDO BOLIVAR HERRERA
Ingeniero Químico

FIN DEL INFORME

ANEXO E. RESULTADO ANÁLISIS DE AGUA PARA RIEGO – POZO PROFUNDO I.E. NICOLÁS GARCÍA BAHAMÓN.

	ENTREGA DE RESULTADOS						
INFORME DE ENSAYOS ANÁLISIS DE SUELOS							
CÓDIGO	ER-FR-01	VERSIÓN	4	VIGENCIA	2014	Página	1 de 1

DATOS DEL CLIENTE		
Solicitante: Edwin Giovanni Marín	Ciudad: Neiva	Dirección: Cl 24# 5bis-16
Teléfono: 8623636-3208121723		email: eder-oliveros@hotmail.com
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
Finca: Santa Helena	Matriz: Agua	N° Muestra: 158-14
Vereda: Sierra del Gramal	ID cliente: No reporta	
Municipio: Tello	Fecha muestreo: No reporta	
Departamento: Huila	Fecha recepción: 2014/05/08	
Cultivo: Pastos	Fecha análisis: 2014/06/05	
N° Cadena de custodia: No aplica	Fecha entrega: 2014/09/03	
N° Plan de muestreo: No aplica	Informe de resultados N°: 256-14	

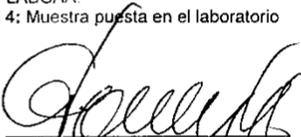
PARAMETROS QUÍMICOS	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
pH	-	7.2	Potenciométrico
Conductividad eléctrica	µS/cm	590	Potenciométrico
Calcio (Ca)	ppm	52.6	Complexométrico
Magnesio (Mg)	ppm	9.95	Digestión ácida A.A
Sodio (Na)	ppm	14.97	
Potasio (K)	ppm	2.49	
Sulfatos	ppm	133	Turbidimétrico
Cloruros	ppm	1.90	Argentométrico
Carbonatos	CaCO ₃ /L	<0.01	Colorimétrico
Bicarbonatos	CaCO ₃ /L	386	Colorimétrico

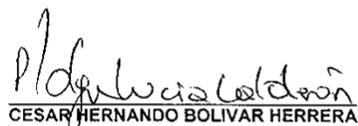
NOTA 1: Los resultados son válidos únicamente por la muestra analizada.

NOTA 2: El presente informe no deberá reproducirse total o parcialmente sin la autorización del laboratorio.

NOTA 3: Los datos del cliente y la información de la muestra es suministrada por quien radica la muestra en el Laboratorio LABGAA.

NOTA 4: Muestra puesta en el laboratorio


ARMANDO TORRENTE TRUJILLO
 Coordinador Laboratorio


CESAR HERNANDO BOLIVAR HERRERA
 Ingeniero Químico

FIN DEL INFORME

ANEXO F. DATOS DE ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA EL PORTAL

Datos de estación climatológica el portal formato .txt

ANEXO G. CARTERA DE CAMPO LEVANTAMIENTO PLANIALTIMETRICO DE LA FINCA SANTA HELENA.

Cartera de campo levantamiento planialtimetrico de la finca santa Helena, formato .txt

ANEXO H. PLANO DE LEVANTAMIENTO PLANIALTIMETRICO DE LA FINCA SANTA HELENA

Plano de levantamiento planialtimetrico de la finca Santa Helena, formato .pdf

ANEXO I. PLANO DE USO ACTUAL FINCA SANTA HELENA

Plano de uso actual finca Santa Helena, formato .pdf

ANEXO J. PLANO DE DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO

Plano de ubicación general del sistema de riego (SH_NGB_SR_UG.pdf), formato .pdf

Plano del sistema de riego modalidad Aspersión (SH_NGB_SR_UE.pdf), formato .pdf

Plano de detalles constructivos (SH_NGB_SR_DC.pdf), formato .pdf

ANEXO K. CURVA DE OPERACIÓN DE ELECTROBOMBA

HHE 1.5 20-3 HHE 1.5 30-3.pdf

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS					  	
	CARTA DE AUTORIZACIÓN						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 2

Neiva, 28 de Enero de 2015

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Neiva

El (Los) suscrito(s):

Eder Alberto Oliveros Yara, con C.C. No. 1082804677,

Edwin Giovanni Marín Hernández, con C.C. No. 141921062,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado,

Titulado: DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN PARA OPTIMIZAR EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN PASTORIL DE LA FINCA SANTA HELENA – TELLO (H)

Presentado y aprobado en el año 2014 como requisito para optar al título de Ingeniero Agrícola;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.

- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.

- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.



GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

CARTA DE AUTORIZACIÓN



CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

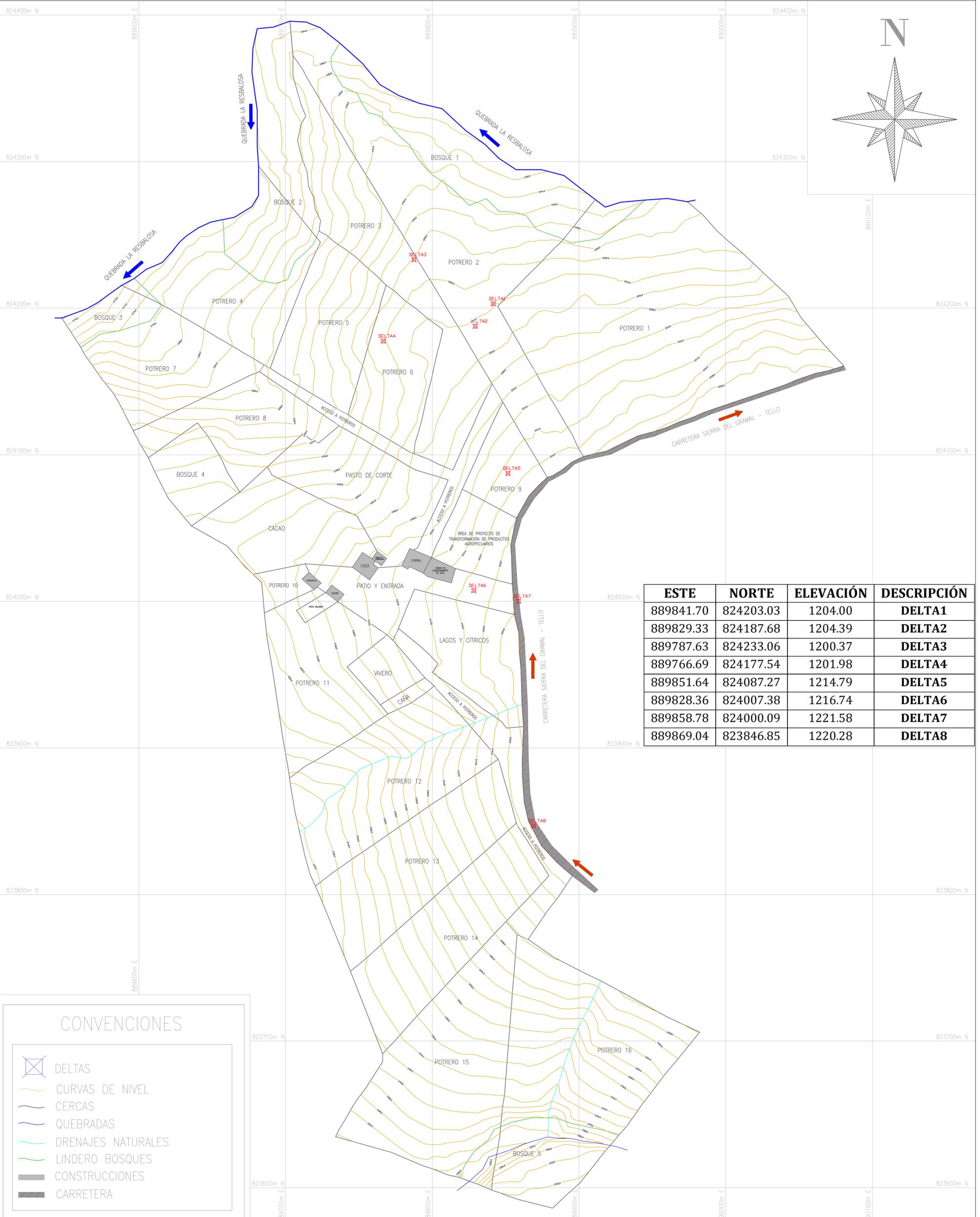
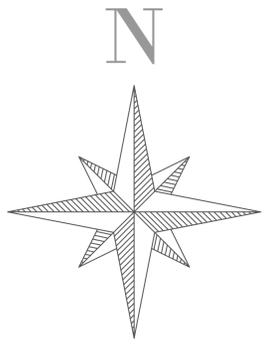
EL AUTOR/ESTUDIANTE:

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

Firma: _____

FINCA SANTA HELENA



ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	DESCRIPCIÓN
889841.70	824203.03	1204.00	DELTA1
889829.33	824187.68	1204.39	DELTA2
889787.63	824233.06	1200.37	DELTA3
889766.69	824177.54	1201.98	DELTA4
889851.64	824087.27	1214.79	DELTA5
889828.36	824007.38	1216.74	DELTA6
889858.78	824000.09	1221.58	DELTA7
889869.04	823846.85	1220.28	DELTA8

CONVENCIONES

- DELTAS
- CURVAS DE NIVEL
- CERCAS
- QUEBRADAS
- DRENAJES NATURALES
- LINDERO BOSQUES
- CONSTRUCCIONES
- CARRETERA

REPÚBLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DEL HUILA
MUNICIPIO DE TELLO
VEREDA SIERRA DEL GRAMAL



Proyecto: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN PARA OPTIMIZAR EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN PASTORIL DE LA FINCA SANTA HELENA - TELLO (H)"
Contiene: PLANO DE LEVANTAMIENTO PLANIALTIMETRICO

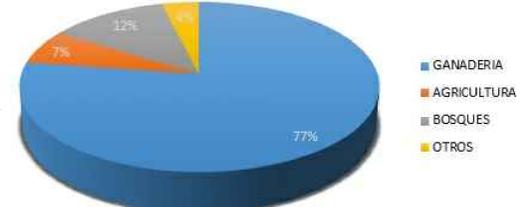
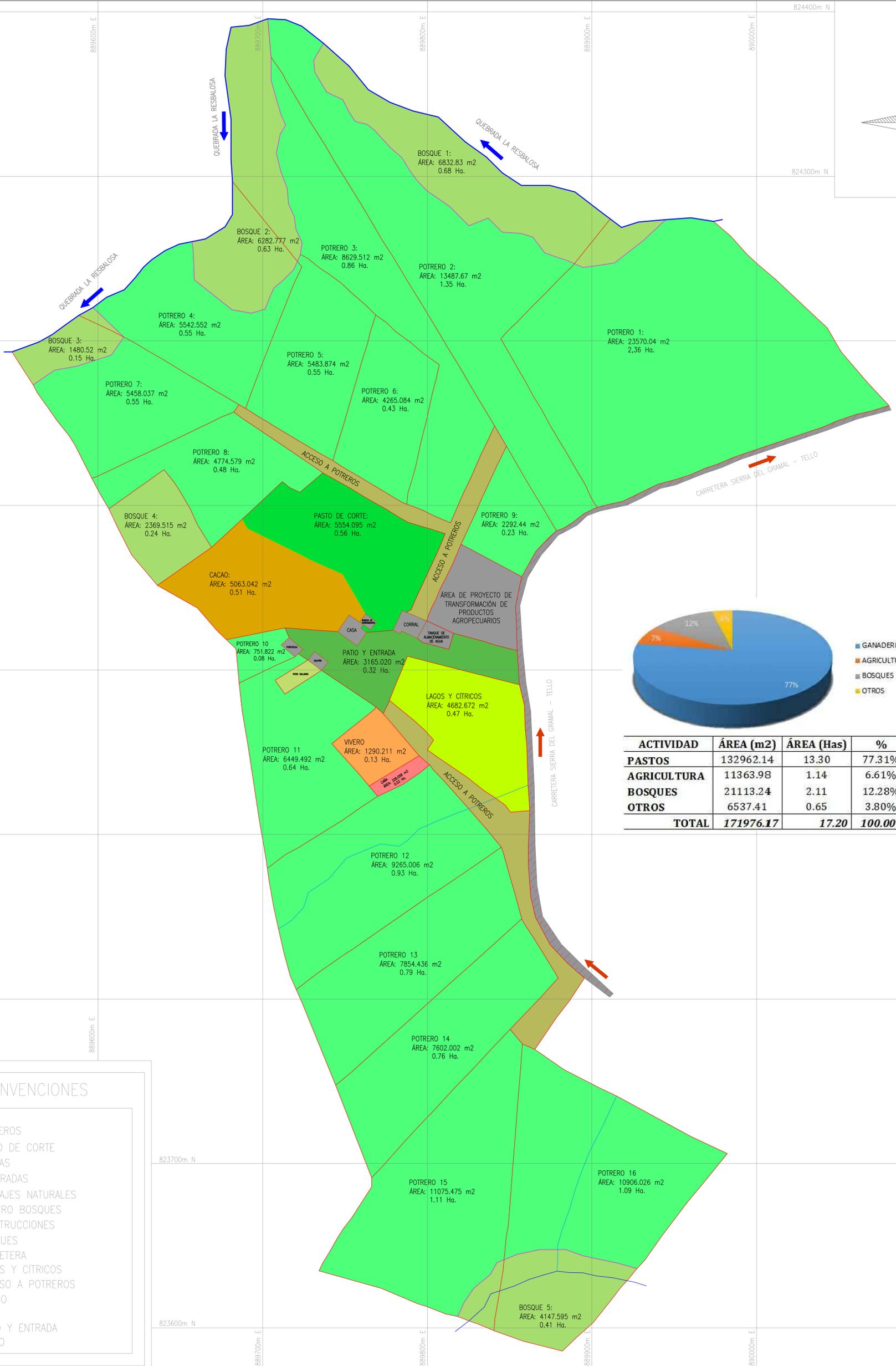
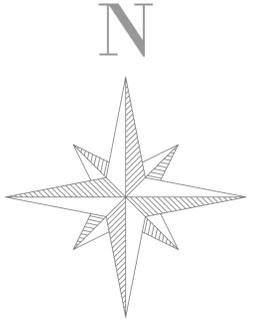
Elaboró: EDER ALBERTO OLIVEROS YARA
EDWIN GIOVANI MARIN HERNANDEZ
Revisó: RODRIGO ALBERTO PACHON
Ingeniero Agrónomo.

Fecha: NOVIEMBRE DE 2014
Escala: 1:1000

Observaciones:

Plano No: 1/1

FINCA SANTA HELENA



ACTIVIDAD	ÁREA (m2)	ÁREA (Has)	%
PASTOS	132962.14	13.30	77.31%
AGRICULTURA	11363.98	1.14	6.61%
BOSQUES	21113.24	2.11	12.28%
OTROS	6537.41	0.65	3.80%
TOTAL	171976.17	17.20	100.00%

CONVENCIONES

- POTREROS
- PASTO DE CORTE
- CERCAS
- QUEBRADAS
- DRENAJES NATURALES
- LINDERO BOSQUES
- CONSTRUCCIONES
- BOSQUES
- CARRETERA
- LAGOS Y CITRICOS
- ACCESO A POTREROS
- VIVERO
- CAÑA
- PATIO Y ENTRADA
- CACAOS

REPÚBLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DEL HUILA
MUNICIPIO DE TELLO
VEREDA SIERRA DEL GRAMAL



Proyecto: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN PARA OPTIMIZAR EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN PASTORIL DE LA FINCA SANTA HELENA - TELLO (H)"
Contiene: **PLANO DE USO ACTUAL DE SUELOS**

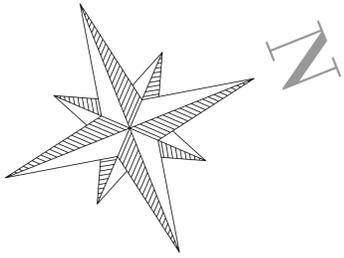
Elaboró: **EDER ALBERTO OLIVEROS YARA**
EDWIN GIOVANI MARIN HERNANDEZ
Revisó: **RODRIGO ALBERTO PACHON**
Ingeniero Agrónomo.

Fecha: **NOVIEMBRE DE 2014**
Escala: **1:1000**

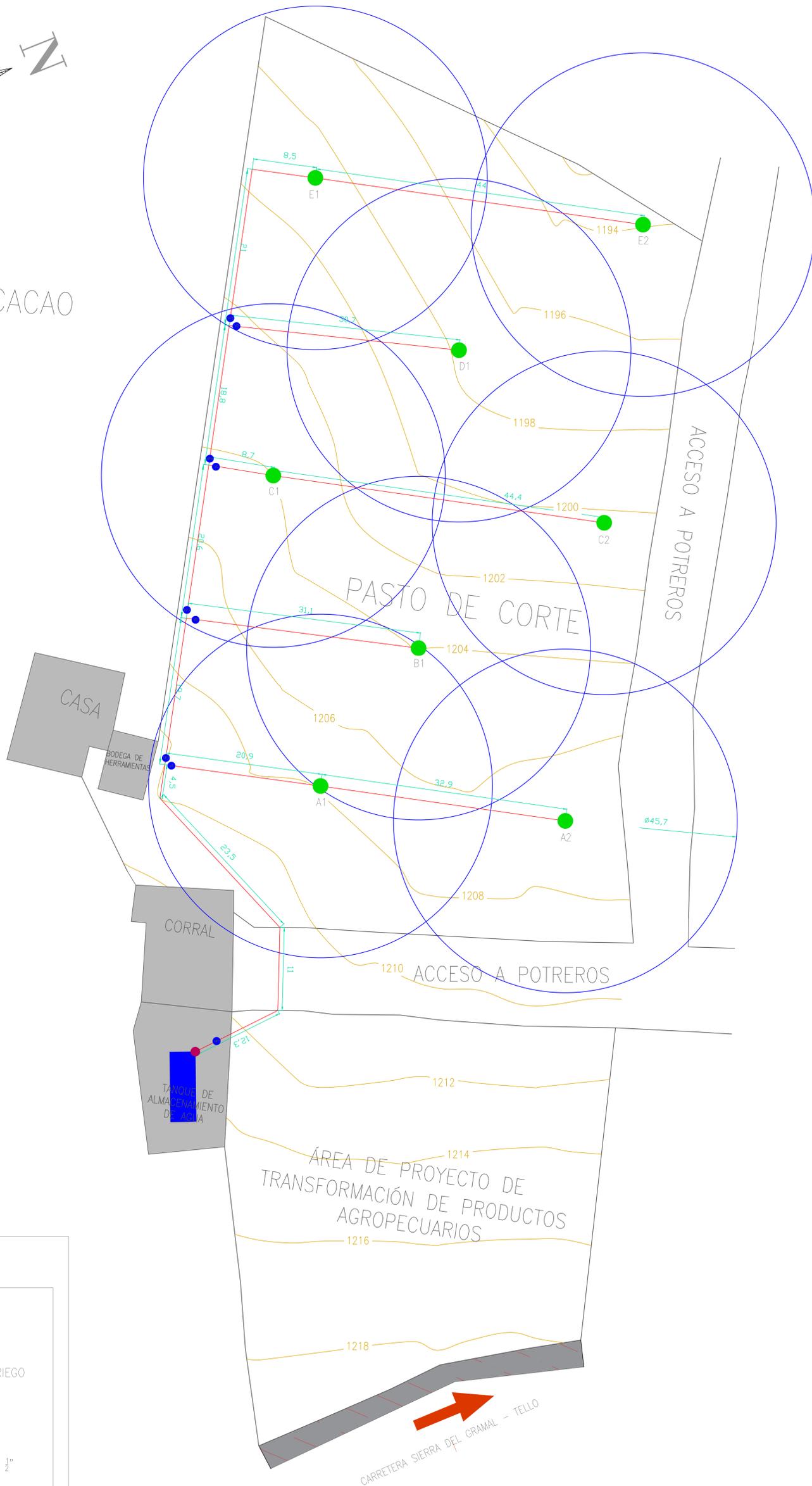
Observaciones:

Plano No: **1/1**

LOTE PASTO DE CORTE



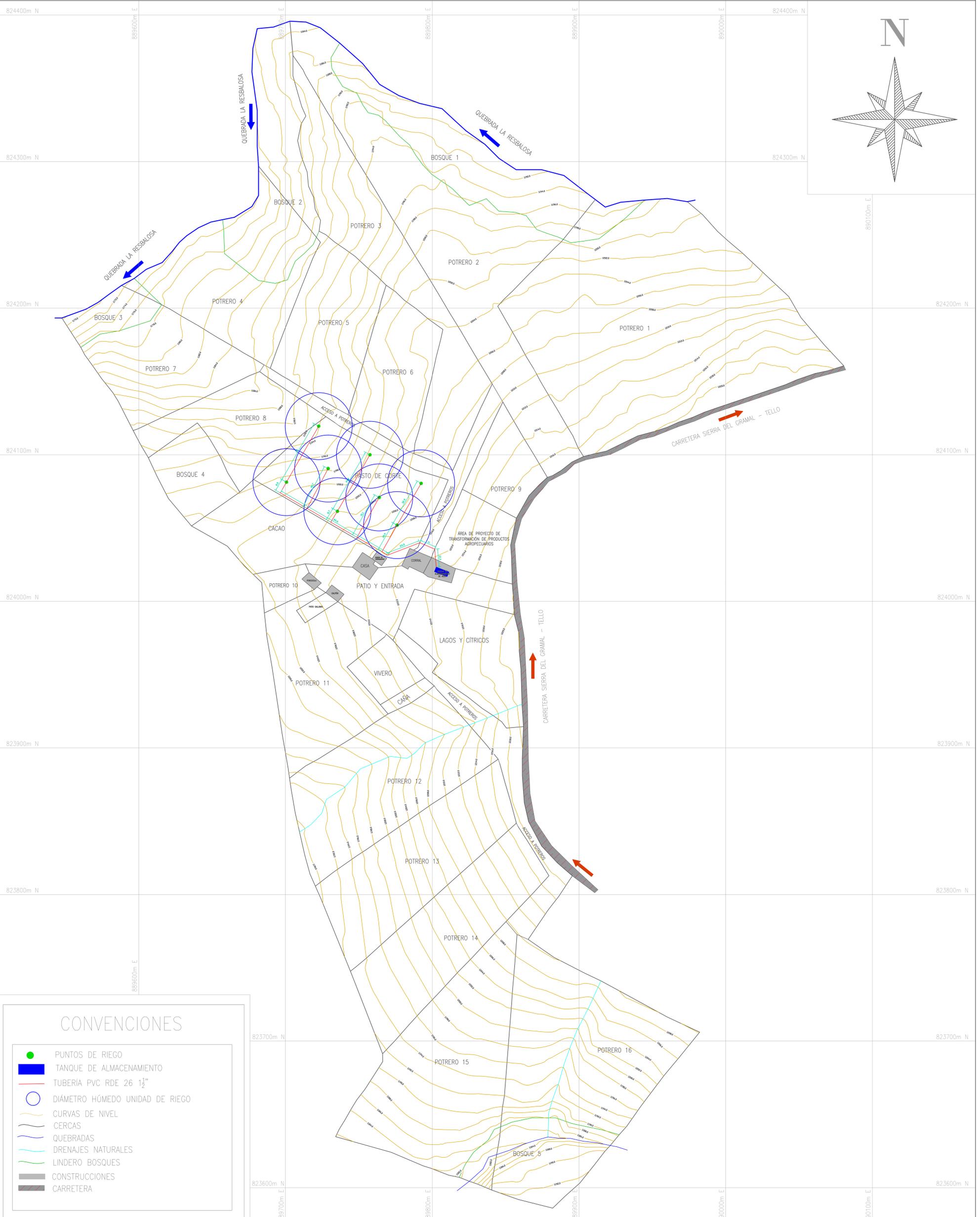
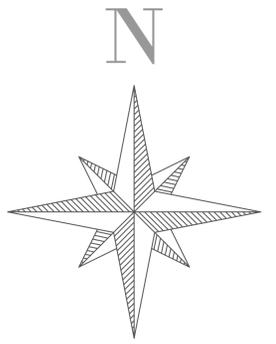
CACAO



CONVENCIONES

- PUNTOS DE RIEGO
- TANQUE DE ALMACENAMIENTO
- TUBERÍA PVC RDE 26 1/2"
- DIÁMETRO HÚMEDO UNIDAD DE RIEGO
- CURVAS DE NIVEL
- CERCAS
- CONSTRUCCIONES
- CARRETERA
- VÁLVULA DE PASO TIPO BOLA PVC 1 1/2"
- UNIDAD DE BOMBEO

FINCA SANTA HELENA



CONVENCIONES

- PUNTOS DE RIEGO
- TANQUE DE ALMACENAMIENTO
- TUBERÍA PVC RDE 26 1½"
- DIÁMETRO HÚMEDO UNIDAD DE RIEGO
- CURVAS DE NIVEL
- CERCAS
- QUEBRADAS
- DRENAJES NATURALES
- LINDERO BOSQUES
- CONSTRUCCIONES
- CARRETERA

REPÚBLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DEL HUILA
MUNICIPIO DE TELLO
VEREDA SIERRA DEL GRAMAL



Proyecto: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN PARA OPTIMIZAR EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN PASTORIL DE LA FINCA SANTA HELENA - TELLO (H)"
Contiene: PLANO DE UBICACIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE RIEGO

Elaboró: EDER ALBERTO OLIVEROS YARA
EDWIN GIOVANI MARIN HERNANDEZ
Revisó: RODRIGO ALBERTO PACHON
Ingeniero Agrónomo.

Fecha: NOVIEMBRE DE 2014
Escala: 1:1000

Observaciones:

Plano No: 1/3



Alta Presión Eléctricas

HHE 1.5 20-3

HHE 1.5 30-3

Bombas alta Presión

b o m b a s p a r a a g u a

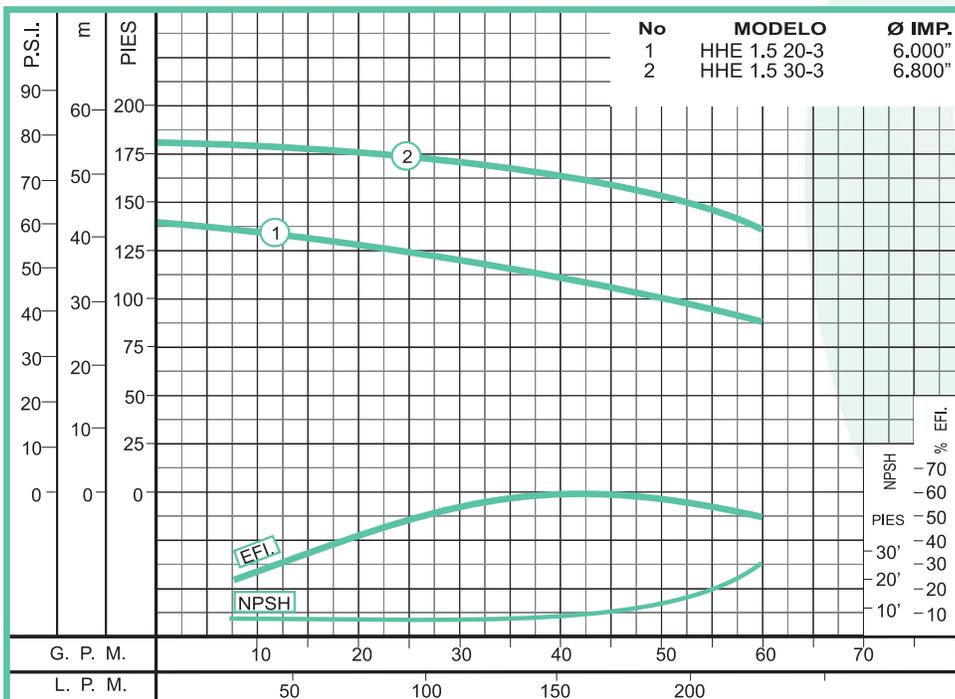
Características de la bomba

Tipo de bomba	Centrifuga
Tipo de acoplamiento	Monobloque
Tipo de impulsor	Cerrado, balanceado dinámicamente, (ISO G6.3)
Cantidad de impulsores	1
Tipo de cierre	Sello mecánico 1 1/4" tipo 1
Temperatura max. líquido	158°F (70°C) Continua

Modelo	Ref.	Potencia (HP)	Fases	Amperaje		Succión	Descarga	H max. (mca) *	Q max. (GPM) **
				220 V	440 V				
HHE 1.5 20-3	1E0508	2	Trifásico	7,1	3,55	1 1/2"	1 1/2"	43	40
HHE 1.5 30-3	1E0509	3	Trifásico	10,2	5,1	1 1/2"	1 1/2"	54	60

* La altura (H) máxima se logra con la válvula totalmente cerrada
 ** El caudal (Q) máximo se logra con la válvula totalmente abierta

Curva de rendimiento



Aplicaciones

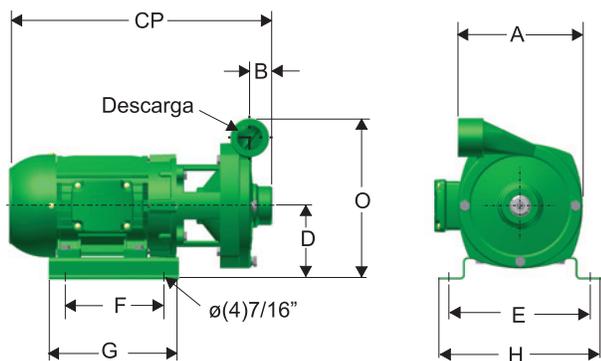
- Uso doméstico
- Extracción de agua de pozos llanos
 - Llenado de tanques elevados
 - Llenado tanque bajo-tanque alto

- Sector agrícola
- Aprovisionamiento de aguas limpias
 - Sistemas de trabajo pesado y continuo
 - Extracción de agua de pozos llanos
 - Lavado de establos
 - Riego por aspersión

- Industria
- Aprovisionamiento de aguas limpias
 - Sistemas de trabajo pesado y continuo
 - Industria Minera
 - Industria Petroquímica
 - Industria Química
 - Lavado a presión de maquinaria
 - Recirculación de agua en torres de enfriamiento
 - Sistemas Contra Incendio
 - Sistemas de Presión

- Construcción
- Aprovisionamiento de aguas limpias
 - Distribución de agua en unidades residenciales
 - Sistemas Contra Incendio
 - Sistemas de Presión

- Institucional
- Acueductos

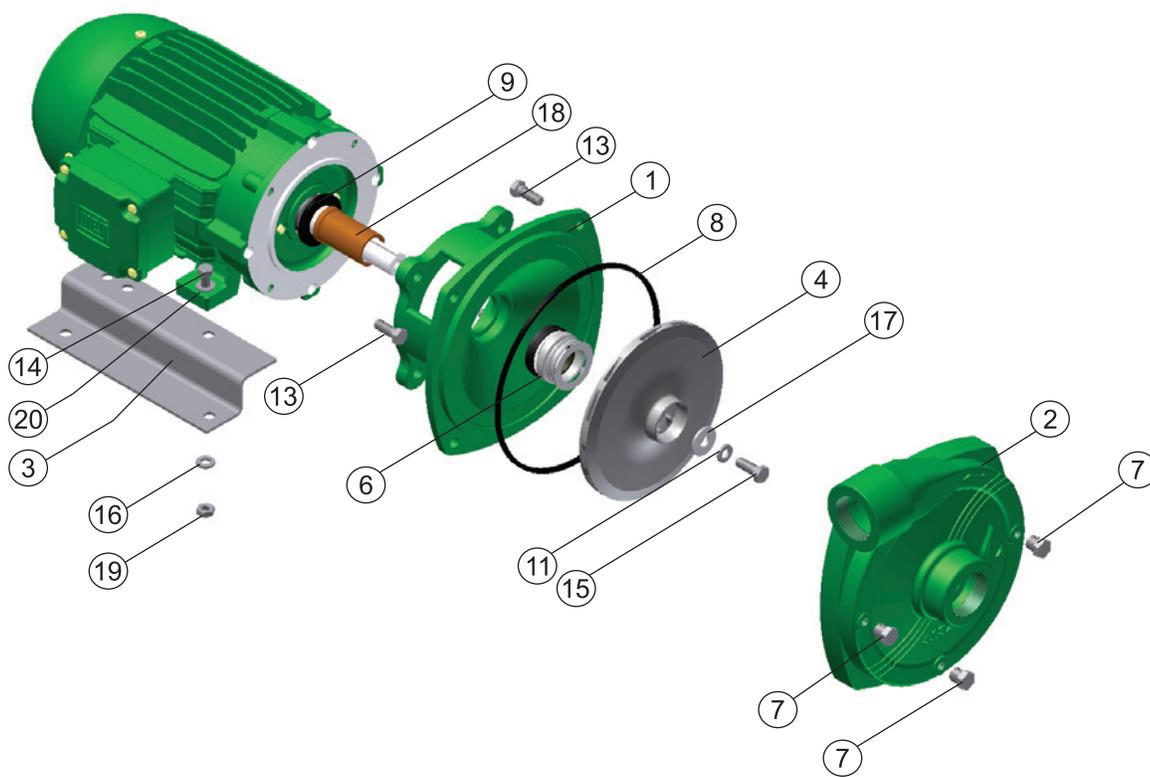


Dimensiones generales (mm)										
Modelo	CP	O	A	B	E	D	F	G	H	Peso
HHE 1.5 20-3	455	278	216	39	245	127	181	225	284	24 kg
HHE 1.5 30-3	455	278	216	39	245	127	181	225	284	26 kg

Materiales	
Cuerpo	Hierro fundido ASTM A-48, Clase 20
Impulsor	Plástico
Sello mecánico	Carbon / Cerámica / Buna-N
Acople intermedio	Hierro fundido ASTM A-48, Clase 20
Empaques	Buna Nitrilo

Características del Motor	
Velocidad	3.500 RPM (nominal)
Diseño	NEMA 145 JM
Aislamiento	Clase B
Factor de servicio	1,15
Frecuencia	60Hz

Lista de partes				
No.	Descripción	Ref.	HHE 1.5 20-3	HHE 1.5 30-3
1	ACOPLE FE	19592	1	1
2	ACOPLE FE	31423	1	1
3	BASE MOTOR	19345	2	2
4	IMPULSOR PS	27600	1	
4	IMPULSOR PS	27680		1
5	MOTOR E-2.0 3.500 145JM 220/440-3	13977	1	
5	MOTOR E-3.0 3.500 145JM 220/440-3	13978		1
6	SELLO MEC. 1-1/4 T1 0120SBP4R	00050	1	1
7	TAPON 1/8 NPT	03199	3	3
8	ANILLO CUADRADO CAUCHO	27265	1	1
9	ARANDELA CAUCHO 1-13/64	05163	1	1
11	GUASA 3/8 ACERO INOX.	02616	1	1
13	TORNILLO 3/8 X 1 NC.GR.2 IRIZA	02037	8	8
14	TORNILLO 5/16x1-1/4NC.GR.5 ZIN	02220	4	4
15	TORNILLO 3/8" X1-3/4" NC GR.5	02216	1	1
16	GUASA 5/16 ACERO GR.5	02602	4	4
17	ARANDELA 3/8 HIERRO GR.2 ZINC	02553	1	1
18	CAMISA BR 1-1/4 MOTOR 213/215J	23764	1	1
19	TUERCA 5/16 NC.GR.2 IRIZADA	02501	4	4
20	ARANDELA 5/16 HIERRO GR.2 ZINC	02552	4	4



Nota: Las especificaciones técnicas están sujetas a cambios sin previo aviso.