

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION PARA UN  
VIVERO DE PALMA DE ACEITE**

**ADRIANA MARIA SUAZA NIVIA**

Director:

**ING. RODRIGO PACHON BEJARANO**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRICOLA  
NEIVA 2009**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION PARA UN  
VIVERO DE PALMA DE ACEITE**

**ADRIANA MARIA SUAZA NIVIA**

Trabajo de grado para optar al título de  
Ingeniero Agrícola

Director:

**ING. RODRIGO PACHON BEJARANO**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRICOLA  
NEIVA 2009**

Nota de aceptación

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Neiva, Octubre 14 de 2009

Este trabajo se lo dedico a mi Dios en el que creo fielmente, a mi hijo Nicolás que ha llenado mi vida de cosas maravillosas, a mis padres, a mis hermanos y a ti, mi esposo y compañero, te amo mucho.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	11
ABSTRACT .....	12
INTRODUCCION .....	13
1. JUSTIFICACIÓN .....	15
2. MARCO CONCEPTUAL .....	16
2.1 VIVEROS Y PREVIVEROS.....	16
2.2 ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA DE RIEGO .....	19
3. DISEÑO METODOLOGICO .....	21
3.1 DESCRIPCIÓN DE ÁREA DE ESTUDIO.....	21
3.1.1 Localización y acceso.....	21
3.1.2 Climatología: .....	22
3.1.3 Precipitación:.....	22
3.1.4 Temperatura:.....	22
3.1.5 Evaporación: .....	23
3.1.6 Velocidad del viento:.....	23
3.1.7 Brillo solar:.....	23
3.1.8 Agricultura: .....	23
3.2 VISITA PRELIMINAR DE CAMPO .....	24
3.3 ANÁLISIS DE AGUA .....	24
3.4 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO .....	25
3.5 ANÁLISIS DE SUELO .....	27
3.6 DISEÑO DEL VIVERO .....	29
3.6.1 Cultivo .....	30
3.6.2 Vías.....	31
3.7 CALCULO DE LA DOTACIÓN Y LAMINA DE RIEGO.....	32
3.8 DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO .....	35
3.8.1 Diseño de Riego Caseta de Bombeo Sector 1 .....	37
3.8.2 Calculo de pérdidas por fricción en la tubería lateral ( $J_{\text{Tubería lateral}}$ ) .....	37
3.8.3 Diseño de Riego Caseta de Bombeo Sector 2.....	44
4. RESULTADOS .....	50

4.1	MONTAJE EN CAMPO .....	50
4.2	COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO.....	57
5.	EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL .....	59
5.1	OBJETIVO.....	59
5.2	ÁREA DE INFLUENCIA .....	59
5.3	PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL: .....	60
5.4	RECURSOS.....	60
5.4.1	Suelo .....	60
5.4.2	Agua .....	62
5.5	IMPACTOS AMBIENTALES.....	63
5.5.1	Descripción de los impactos.....	64
5.6	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL PROYECTO.....	66
6.	CONCLUSIONES.....	69
7.	RECOMENDACIONES .....	71
	BIBLIOGRAFIA.....	72
	ANEXOS.....	74

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Textura del suelo .....	28
Tabla 2. Análisis químico: .....	28
Tabla 3. Espaciamiento entre bolsas en un vivero según el tiempo de permanencia de las plántulas y capacidad de vivero .....	30
Tabla 4. Tamaño de bolsas de vivero, según la edad escogida para la siembra .....	31
Tabla 5. Longitud y ancho en metros de las vías propuestas para el vivero.....	31
Tabla 6 Bloques que conforman el vivero y su correspondiente área.....	32
Tabla 7 Balance Hídrico del cultivo de palma.....	34
Tabla 8 Características y especificaciones del sistema.....	36
Tabla 9 Accesorios dentro de la tubería de alimentación,.....	40
Tabla 10 Accesorios dentro de la tubería principal sector 1 .....	41
Tabla 11 Accesorios dentro de la tubería de alimentación,.....	46
Tabla 12 Accesorios dentro de la tubería principal.....	47
Tabla 13 Materiales para la construcción del sistema de riego.....	57
Tabla 14 Costos de mano de obra .....	58
Tabla 15 Costo total del proyecto.....	58
Tabla 16 Lista de impactos que genera el proyecto .....	63
Tabla 16 Medidas de prevención, mitigación, corrección, compensación para cada uno de los impactos negativos y optimización de los impactos positivos .....	67
Tabla 16 Proyectos del plan de manejo ambiental.....	68

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Localización del vivero de palma de aceite .....	21
Gráfico 2: Predio el Salado, zona donde se establecerá el vivero.....	24
Gráfico 3: Puntos de referencia (BM), en la zona donde se establecerá el vivero....	25
Gráfico 4: Levantamiento del canal de riego el limón, vía principal y puntos tomados cada 15 metros.....	26
Gráfico 5: Curvas de nivel del vivero predio el Salado.....	27
Gráfico 6: Diseño del vivero .....	29
Gráfico 7: Diseño del sistema de riego por aspersión.....	36



## LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1 Limpieza del terreno con retroexcavadoras y buldócer.....	50
Fotografía 2 Limpieza del terreno.....	50
Fotografía 3 Levantamiento topográfico.....	51
Fotografía 4 Alineación y abertura de zanjas para instalación de la tubería.....	51
Fotografía 5 Adecuación del canal de riego “El limón” .....	52
Fotografía 6 Construcción de casetas .....	52
Fotografía 7 Transporte de tierra y llenado de bolsas para el vivero.....	53
Fotografía 8 Alineación de las palmas de vivero .....	53
Fotografía 9 Distribución en lotes.....	54
Fotografía 10 Montaje de bomba.....	55
Fotografía 11 Cajas de protección para válvulas.....	55
Fotografía 12 Prueba del sistema de riego .....	56
Fotografía 13 Prueba del sistema.....	56

## ANEXOS

Anexo 1. PUNTOS Y BM DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO .....	74
Anexo 2. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO (CURVAS DE NIVEL).....	75
Anexo 3. DISEÑO DE VIVERO .....	76
Anexo 4. DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN .....	77
Anexo 5. ANALISIS FISICO Y QUIMICO DE SUELO.....	78
Anexo 6. ANALISIS QUIMICO DE AGUA.....	79
Anexo 7. ESPECIFICACIONES DEL ASPERSOR .....	80
Anexo 8. ESPECIFICACIONES DE LA BOMBA .....	81
Anexo 9. METODO DE REDES.....	82

## RESUMEN

Este proyecto se desarrolla en el municipio de Aracataca en el departamento del Magdalena, a 10 minutos del casco urbano, en la extractora de aceite C.I. Tequendama S.A., que posee aproximadamente 1500 Hectáreas en palma. En ella existe la necesidad del diseño de un vivero y un sistema de riego para un área de 6,3 Ha.

Para el diseño del vivero se tienen en cuenta el sentido norte de las líneas de palma para que haya una absorción uniforme de luz por parte de las plantas, distancia de 90 centímetros entre palma a tres bolillo; vías de acceso principal, secundarias, terciarias y auxiliares para el manejo logístico del vivero como son el acarreo de palmas, fertilización, trasplante, etc.

Para el diseño del sistema de riego se realiza un levantamiento topográfico con curvas de nivel a cada 15 metros de distancia, se realizan toma de muestras de agua y suelo, las muestras de agua en sus análisis muestran si son de buena calidad para riego y si no poseen sedimentos que tapen el sistema de riego; el análisis de suelo se hace a las muestras tomadas del sustrato utilizado para las palma de vivero, este nos da los primeros parámetros de diseño de riego como son la densidad aparente, el punto de marchitez y la capacidad de campo del suelo con los que posteriormente se calcula la lamina de riego neta, lámina de riego aprovechable y lámina bruta, frecuencia de riego y Balance Hídrico mensual.

El diseño de riego se hace por aspersion con un caudal disponible de 200 GPM, funcionando con dos bombas de 10 caballos fuerza cada una; generando seis módulos de riego para su programación, cada aspersor maneja un diámetro húmedo de aproximadamente 26 metros a una presión de 51 PSI.

## ABSTRACT

This project is located in the town of Aracataca in the department of Magdalena, at 10 minutes from the town, on the oil extractor CI Tequendama SA, which owns about 1500 hectares in palm. In it there is a need to design a nursery and an irrigation system for an area of 6.3 ha

To design the nursery takes into account the northbound palm lines for a uniform light absorption by the plant, the distance of 90 centimeters between three palm roll, main access roads, secondary, tertiary and aids for the logistical handling of the nursery such as hauling palm, fertilizing, transplanting, etc.

For the irrigation system design, was performing a survey with contours every 15 meters away, Were taken out water and soil samples and those analysis show whether they are of good quality for irrigation and if sediments have not clog the irrigation system, soil analysis is done to the samples from the material used for the palm nursery bags, this gives us the first irrigation design parameters such as bulk density, wilting point and field capacity of soil to subsequently calculate the net irrigation sheet, plate and sheet usable irrigation gross irrigation frequency and water balance monthly.

The design of sprinkler irrigation is made with an available flow rate of 200 GPM, with two pumps running 10 horse power each one, generating six modules for scheduling irrigation, each sprayer handles a wet diameter of approximately 26 meters at a pressure of 51 PSI.

## INTRODUCCION

Actualmente el sector agropecuario en Colombia se encuentra en aras de crecimiento y fortalecimiento, y gran parte de este crecimiento se ve reflejado en las inversiones que ha hecho el sector privado para la creación de empresas como extractoras de aceite, convirtiendo al sector palmero en uno de los más grandes a nivel nacional.

Este crecimiento ha incitado a la contratación de mano de obra profesional que permita ir tecnificando un cultivo que en toda su época en Colombia ha sido rutinario en algunas labores como el riego.

En este proyecto de grado se pondrá en marcha una eficaz y práctica alternativa para el desarrollo del sector palmero que se viene aplicando hace algún tiempo en este cultivo como es el riego a presión para fase de vivero en un cultivo de palma, teniendo como objetivo el llegar a diseñar un vivero y su riego por aspersión, aplicando conceptos y conocimientos que permiten concluir una carrera que empezó hace varios años y que busca la obtención del título de ingeniero agrícola.

La zona donde da lugar a este proyecto se encuentra a 60 kilómetros al sur de la ciudad de Santa Marta, un lugar lleno de nobel colombiano; es el municipio de Aracataca Magdalena en donde se concentra gran parte de las empresas más grandes del sector agropecuario como son las extractoras de aceite de palma.

El proyecto se desarrolla en la comercializadora internacional C.I. Tequendama S.A que posee casi 3000 hectáreas de palma en esta zona y que busca de manera interesada integrar mano profesional en el cultivo de palma africana.

En vista de la necesidad por ambas partes se desarrollo este proyecto de implementación del sistema de riego buscando aprovechar las áreas que

carecen de riego por gravedad para la creación de viveros que en un corto tiempo reemplazarán las palmas de 40 años que tienen en sus territorios y servirá como una nueva experiencia a esta estudiante de ingeniería agrícola.

## 1. JUSTIFICACIÓN

Las investigaciones realizadas en el sector palmero demuestran que el período más importante para la producción del cultivo de palma de aceite se encuentra en su fase de vivero, ya que aquí se producen las plántulas de la más alta calidad, con capacidad de obtener óptimas producciones del cultivo en las condiciones de campo.

La eficiencia del riego y la calidad del agua son muy importantes no solo en la fase de vivero sino en cualquier etapa del cultivo, el estrés hídrico puede producir un crecimiento anormal de las plantas afectando sus producciones, y su calidad del agua puede afectar en la toxicidad para las plántulas e impedimento en la absorción de nutrientes por las plántulas.

La necesidad de encontrar alternativas viables que permitan manejar estrategias de adecuación y poner en práctica soluciones para el manejo sostenible de los cultivos de palma de aceite, constituye la base fundamental para la realización de este proyecto.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.1 VIVEROS Y PREVIVEROS

El vivero constituye el más importante paso en la creación de una plantación de palma de aceite. Desde el punto de vista económico, los objetivos de las técnicas de vivero son: disminuir el periodo improductivo, mantener los costos tan bajos como sea posible y al mismo tiempo asegurar una alta productividad de la palma. Por esta razón es necesario utilizar la mejor tecnología para mantener un alto estándar de las plantas y evitar pocas resiembras cuando se llegue al sitio definitivo.

El periodo de vivero es necesario porque las plantas requieren una atención constante y permanente durante los primeros 12 a 18 meses, cuando debe obtenerse el máximo de crecimiento. Se ha comprobado que hay una alta correlación entre el área foliar del periodo inmaduro de la producción.

La facilidad para el control de plagas y enfermedades es una de las razones más importantes para hacer un vivero, puesto que las plantas jóvenes son muy susceptibles a todo tipo de enemigos, y el porcentaje de sobrevivencia, cuando son sembradas directamente en el campo, es más bajo.

#### Selección del lugar

Los requisitos que debe reunir el sitio donde se va establecer el vivero son: topografía plana, excelente drenaje, disponibilidad de agua y energía, facilidad de acceso, ubicación céntrica con respecto a los futuros campos de siembra y suelo cercano y disponibilidad con las características físicas adecuadas para el llenado de bolsas.

#### Siembra y radiación solar



A menudo se utilizan algunas formas de sombra en los viveros de palma de aceite, principalmente para reducir la incidencia de la ñublo (blast). En algunas zonas, esta enfermedad es poco frecuente y las plantas pueden crecer exitosamente sin sombra, pero a pesar de que la sombra disminuye levemente el crecimiento, es preferible tolerar esto, por lo menos mientras se encuentra otro método para controlar la enfermedad.

Algunas investigaciones han mostrado que la tasa neta de asimilación decrece a medida que disminuye la intensidad de la luz. En un vivero de bolsas plásticas hay una relación muy estrecha entre la radiación solar recibida y la tasa neta de asimilación, aunque esto no ha sido demostrado completamente.

#### Humedad del suelo y humedad relativa

Según el centro de investigaciones de palma (CENIPALMA), se demostró que un ambiente controlado a 25 °c había muy poca diferencia de longitud de las hojas entre semillas que crecieron al 60 y 80% de humedad relativa.

#### Agua

El agua es un factor tan importante en la mayoría de los procesos fisiológicos de las plántulas, un abastecimiento adecuado y una regulación de este elemento es totalmente necesario para lograr el establecimiento exitoso del vivero con un máximo desarrollo de las palmitas.

La humedad requerida por los viveros ha sido determinada en Asia, África y Colombia. Para los previveros, un requerimiento de 4 a 6 mm/día ha sido considerado como el mínimo necesario. Se puede hablar de 4,5 mm de agua durante la estación seca. Resultados similares han sido publicados en otros lugares, pero la transpiración es la que incide en los requerimientos mínimos

exigidos para la palma. Se debe evitar un sobremojado, ya que es más perjudicial que la escasez del agua.

### Calidad de agua

Determinar la calidad de agua disponible y los parámetros de la calidad en la fuente seleccionada, con seis meses de anticipación al acondicionamiento del sitio para el vivero.

Tomar muestras de aguas y remitirlas al laboratorio para analizar el contenido de sedimentos, polución u otros contaminantes. Los sedimentos pueden bloquear los aspersores y la polución y los contaminantes pueden intoxicar o matar las plántulas.

Usar equipo de bombeo cuya capacidad mantenga constante la presión y volumen de trabajo. En áreas de muy baja precipitación y sitios muy aislados, se debe disponer de un sistema auxiliar de bombeo y pozo profundo.

Usar una unidad de filtración para evitar el paso de arenas o limos hacia la bomba y luego al vivero.

### Espaciamiento

La rata de producción de materia seca en los viveros, en bolsas plásticas, es función del espacio entre plántulas; el óptimo índice de área foliar se ha encontrado a un metro entre plantas y se donde se obtiene la mejor penetración de luz para las hojas más bajas en semillas de 12 meses de edad.

Para efectos prácticos, el espaciamiento usado en los viveros depende de la expectativa de duración que se planea para el periodo de vivero. Para viveros de 12 meses de edad, una distancia de 75 cm entre bolsas es

usualmente considerada suficiente; sin embargo, dependiendo de la disponibilidad de espacio, de agua y de recursos se debe considerar la posibilidad de dejar un mayor espacio.

## 2.2 ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA DE RIEGO

### Topografía

El conocimiento de la topografía es de gran importancia porque identifica fielmente el terreno, ubicando accidentes naturales y artificiales como caños, montículos, construcciones, linderos, y, es por lo tanto, indispensable conocer una representación completa del área, tanto en altimetría como en planimetría.

Dependiendo del tamaño del proyecto, y de la disponibilidad de recursos y equipo, para un estudio preliminar se puede aprovechar las fotografías aéreas; en otros casos pueden ser suficientes planos a escala 1:10.000 y curvas de nivel a cada metro en zonas con pendiente uniforme. La planeación real y la localización de la red de riego necesita más precisión, por lo que es aconsejable trabajar en planos 1:20.00 o 1:2.500 y con curvas de nivel de 2,25 a 0,5 metros.

La información topográfica requerida para panear la mayoría de los sistemas de riego debe constar como mínimo de las siguientes partes:

Fuente de agua y elevación del abastecimiento respecto al área que se va a regar.

Características del terreno, incluyendo zona alta, baja, montículos, bordes, edificaciones, caminos, etc.

## Suelos

Para efectos del presente proyecto la interpolación de datos analíticos de suelos obtenidos en laboratorio se convierte en una información valiosa dentro del contexto pedológico.

Las tablas interpretativas de los resultados analíticos constituyen, en sí, una herramienta útil dentro del entendimiento de los requerimientos nutricionales de las plantas de vivero.

Los parámetros a calcular tanto en laboratorio como en el campo son importantes para el diseño y determinación de la cantidad de agua que puede almacenar un suelo según sus características, estos son: capacidad de campo, punto de marchitamiento, agua disponible aprovechable, densidad aparente, infiltración y conductividad.

### 3. DISEÑO METODOLOGICO

#### 3.1 DESCRIPCIÓN DE ÁREA DE ESTUDIO

##### 3.1.1 Localización y acceso

El proyecto se encuentra ubicado en el departamento del Magdalena en el municipio de Aracataca a 88 kilómetros aproximadamente de la ciudad de santa Marta.

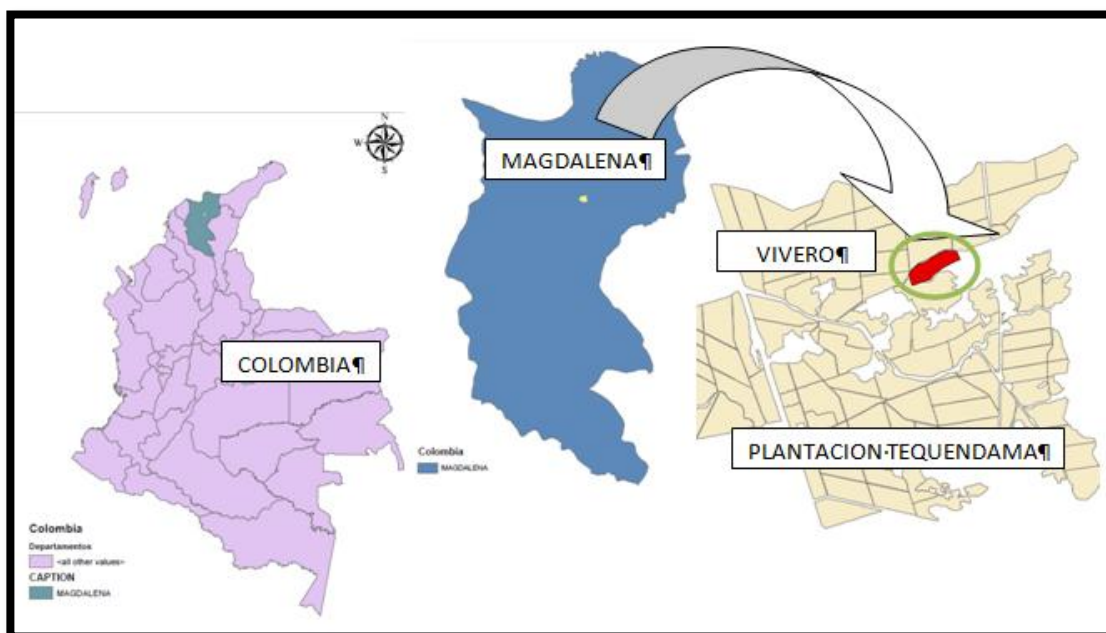


Gráfico 1: Localización del vivero de palma de aceite

El municipio cuenta en la actualidad con dos sistemas, uno de carácter urbano-rural y otro interurbano, este último permite la comunicación directa con la ciudad de Santa Marta, cuya cercanía, permite al municipio de Aracataca utilizar la infraestructura de la Terminal de Transporte, el Aeropuerto Simón Bolívar y el sistema portuario del distrito de Santa Marta. De hecho es una fortaleza geográfica que permite al municipio comunicarse y moverse con la región, el resto del país y el mundo.

Inicialmente el proyecto estaba diseñado para un área total de 9,4 hectáreas, pero por problemas logísticos se disminuyó a un área de 6,3 ha, quedando

esta zona destinada al vivero de palma africana). La determinación del lugar para el vivero se hizo tras una reunión de comité agronómico disponiendo un sitio central en la plantación y de fácil acceso, este lugar se ubica en el predio el Salado.

### 3.1.2 Climatología:

El predio “El Salado” se encuentra a una altura de 40 m.s.n.m, la información climatológica corresponde a la plantación Aceites S.A a solo 15 km de la zona de estudio y otra información más puntual como lo es el brillo solar se obtiene de la estación meteorológica del aeropuerto Simón Bolívar.

### 3.1.3 Precipitación:

El Municipio de Aracataca está influenciado por el grupo climático tropical lluvioso y dentro de este por el tipo de clima de sabana (AW” Húmedo seco). Este clima se caracteriza por poseer dos estaciones secas. Para la zona donde se ubica el proyecto se caracteriza por tener un clima cálido seco y muy seco; presentándose una gradiente de temperatura de  $1.228^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ . La humedad relativa se mantiene alrededor del 90% en los meses lluviosos con una ligera variación en el mes de julio; en los meses secos varía entre el 84% y 88%. Las precipitaciones hasta los 100msnm fluctúan entre los 267 y los 1637 mm anuales según la estación meteorológica y sobre los 400 hasta los 2.200 msnm se mantiene entre los 2.200 y los 2.500 mm. Las precipitaciones tienen una estacionalidad marcada a través del año produciéndose las mayores precipitaciones en los meses de abril y mayo y en especial durante los meses de octubre y noviembre.

### 3.1.4 Temperatura:

La temperatura media se encuentra entre los 28 C.

### 3.1.5 Evaporación:

La evaporación media anual se encuentra en los 1573 mm siendo el mes de marzo el más crítico por poseer una evaporación media de 158 mm y el mes de noviembre con la evaporación más baja de 109 mm.

### 3.1.6 Velocidad del viento:

Esta se encuentra en los 3 km/hr,

### 3.1.7 Brillo solar:

El brillo solar promedio está en 245 (hr/mes), siendo el mes de enero con el brillo solar más largo de 323 hr/mes y el menor el mes de noviembre con 109 hr/mes.

### 3.1.8 Agricultura:

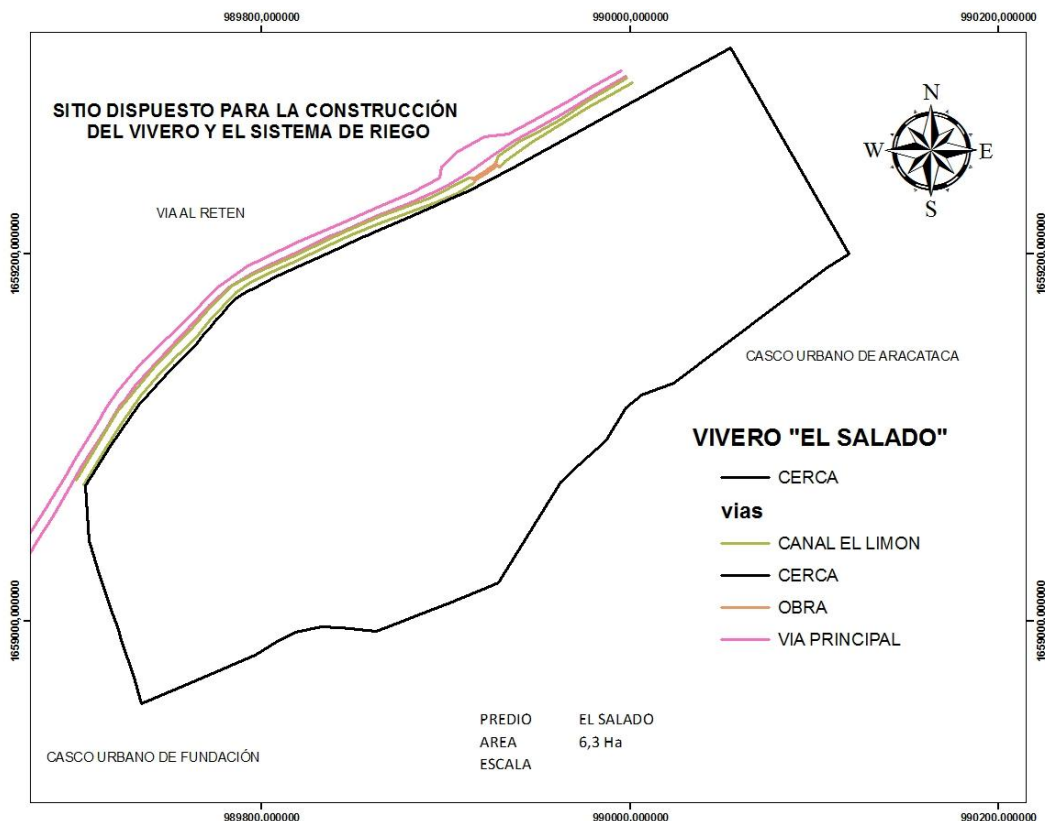
Tradicionalmente, a lo largo de la historia del municipio de Aracataca, este ha sido el renglón sobresaliente, constituyéndose en la base de la estructura económica del municipio, donde se destacan cultivos transitorios como el arroz y algunos permanentes como la palma africana y el Banano.

Respecto a la distribución del uso del suelo, el municipio de Aracataca posee una extensión de 173.626 has, aproximadamente de la cual el 4.3 %, es decir, 7.608 has corresponden cultivos agrícolas, el 30.4%, que equivale a 53.309 has son utilizadas en pasto de ganadería extensiva, el 50.1%, es decir 87.860 has, a bosques y el 15.2 % restante, es decir, 26.523 has a otros cultivos. También se pueden encontrar a través de diferentes épocas, una rotación de diferentes cultivos y pastizales.

### 3.2 VISITA PRELIMINAR DE CAMPO

En la visita al sitio donde se realizaría el vivero se hizo una inspección preliminar de campo buscando establecer las posibles dificultades de tipo agronómico y logístico encontrando así que la zona necesitaba de riego a presión ya que se encontraba en una zona alta con respecto al afluente más cercano. Para facilitar el levantamiento topográfico se determinó necesaria una adecuación de limpieza con buldócer.

Gráfico 2: Predio el Salado, zona donde se establecerá el vivero



### 3.3 ANÁLISIS DE AGUA

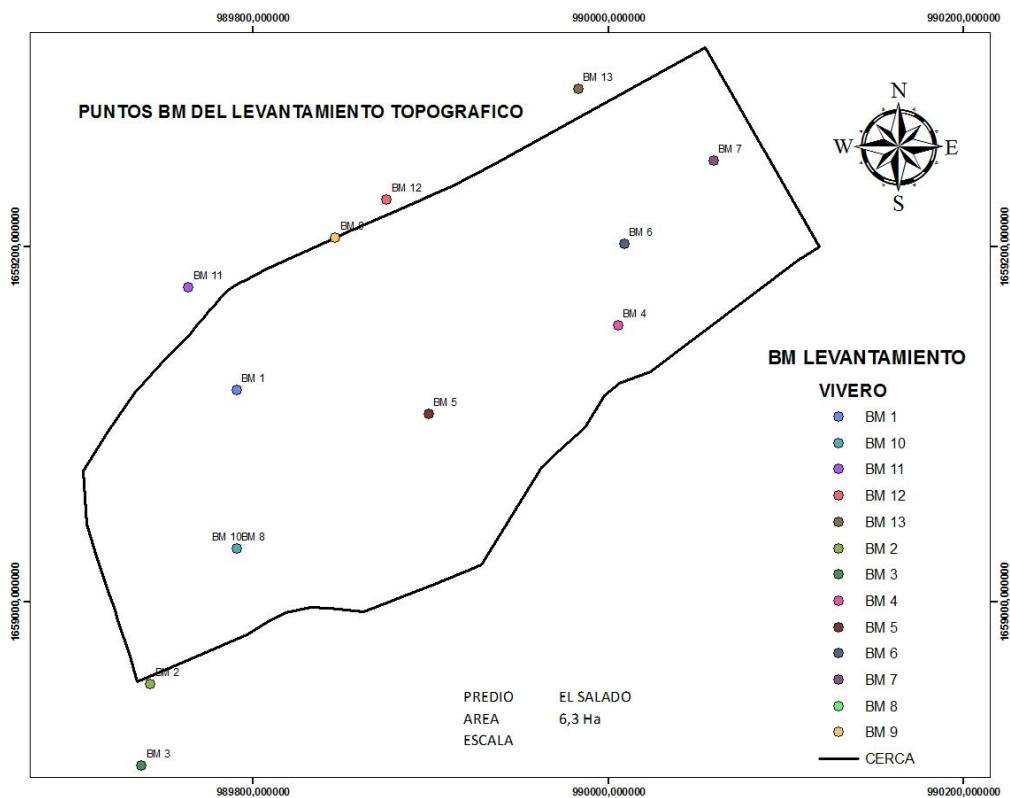
Después de la preliminar de campo se determinó el afluente de agua más cercano para realizar el análisis de agua y medir el caudal disponible para el diseño del sistema de riego.



El canal recoge agua del río Aracataca y es llamado en el predio como el Limón pasando por la parte superior del lote (Ver Gráfico 3).

El análisis de agua se realizó en laboratorio de aguas de la Universidad Surcolombiana estableciendo que es agua de buena calidad C1S1 (Ver Anexo 6).

Gráfico 3: Puntos de referencia (BM), en la zona donde se establecerá el vivero



Hecho el levantamiento se generó el plano de curvas de nivel indispensable para el diseño del vivero. Ver Gráfico 5 y Anexo 2.

### 3.4 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Al predio se le hizo una preparación de terreno con buldócer limpiando solo 6,3 Hectáreas ya que el resto del área tenía árboles grandes que resultaba más dispendiosa la actividad. Para el levantamiento topográfico se dispuso

de 12 puntos de referencia (BM) obteniendo 127 puntos, levantados a una distancia de 15 metros cada uno; adicionalmente se hizo el levantamiento del canal que va abastecer el vivero y de la vía principal. Ver Gráfico 3 y Anexo 1.

Gráfico 4: Levantamiento del canal de riego el limón, vía principal y puntos tomados cada 15 metros.

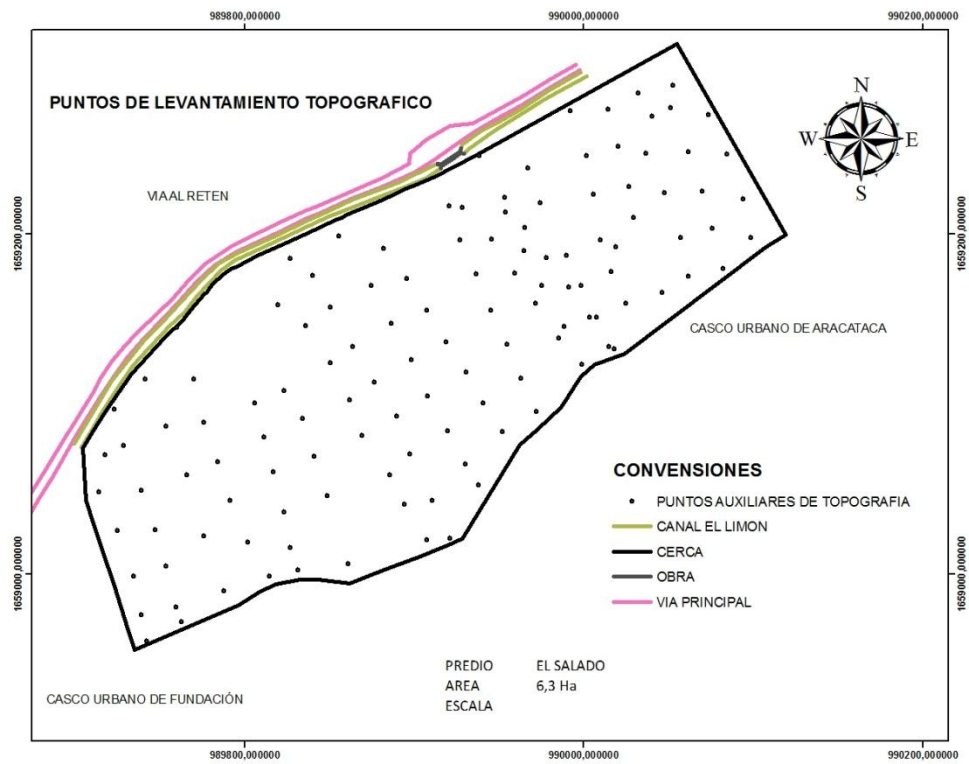
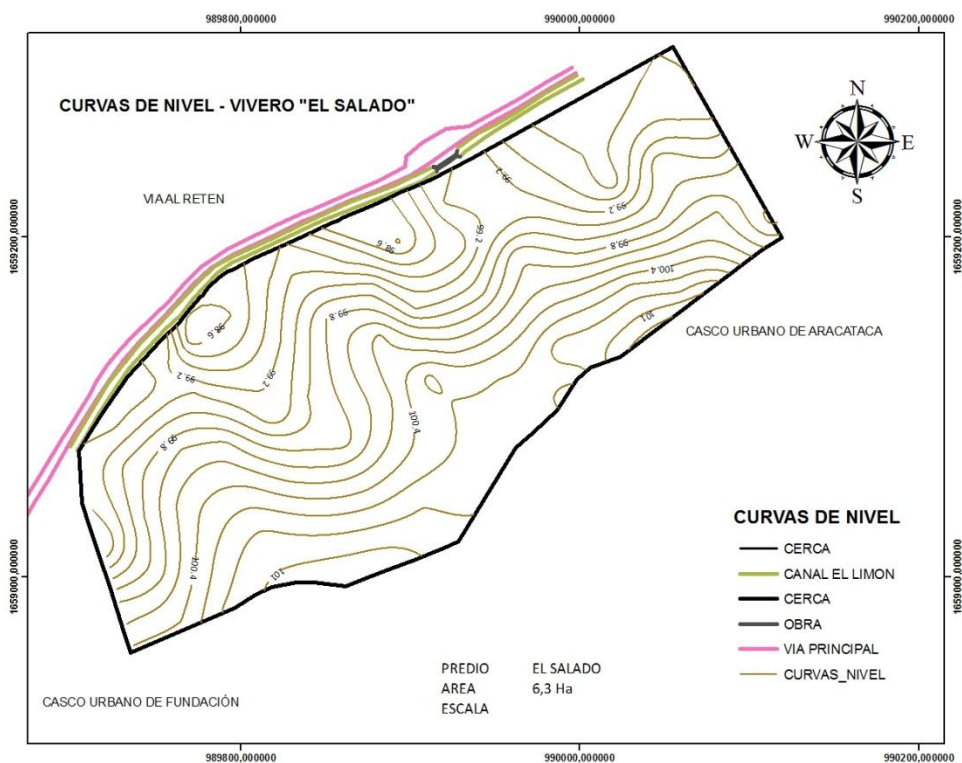


Gráfico 5: Curvas de nivel del vivero predio el Salado



### 3.5 ANÁLISIS DE SUELO

Aprovechando el análisis de suelo de unas muestras para un proyecto de obras civiles, se enviaron junto a estas las muestras del sustrato utilizado en el vivero al laboratorio de la Universidad Surcolombiana para su caracterización físico - química y para ser utilizadas posteriormente en el diseño del sistema de riego y determinación de frecuencia de riego.

El análisis físico obtuvo los siguientes resultados (Ver Anexo 5)

Análisis físico:

$$\text{Capacidad de campo} = 0,15$$

$$\text{Densidad aparente} = 1,26 \left( \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right)$$

*Punto de marchitez permanente = 0,08*

Tabla 1. Textura del suelo

TEXTURA			
ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	TIPO %
76,35	11,95	11,70	Franco Arcillo Arenoso

Infiltración básica: Infiltración promedio de 7 mm/hr

El análisis químico del suelo se resume en la siguiente tabla.

Tabla 2. Análisis químico:

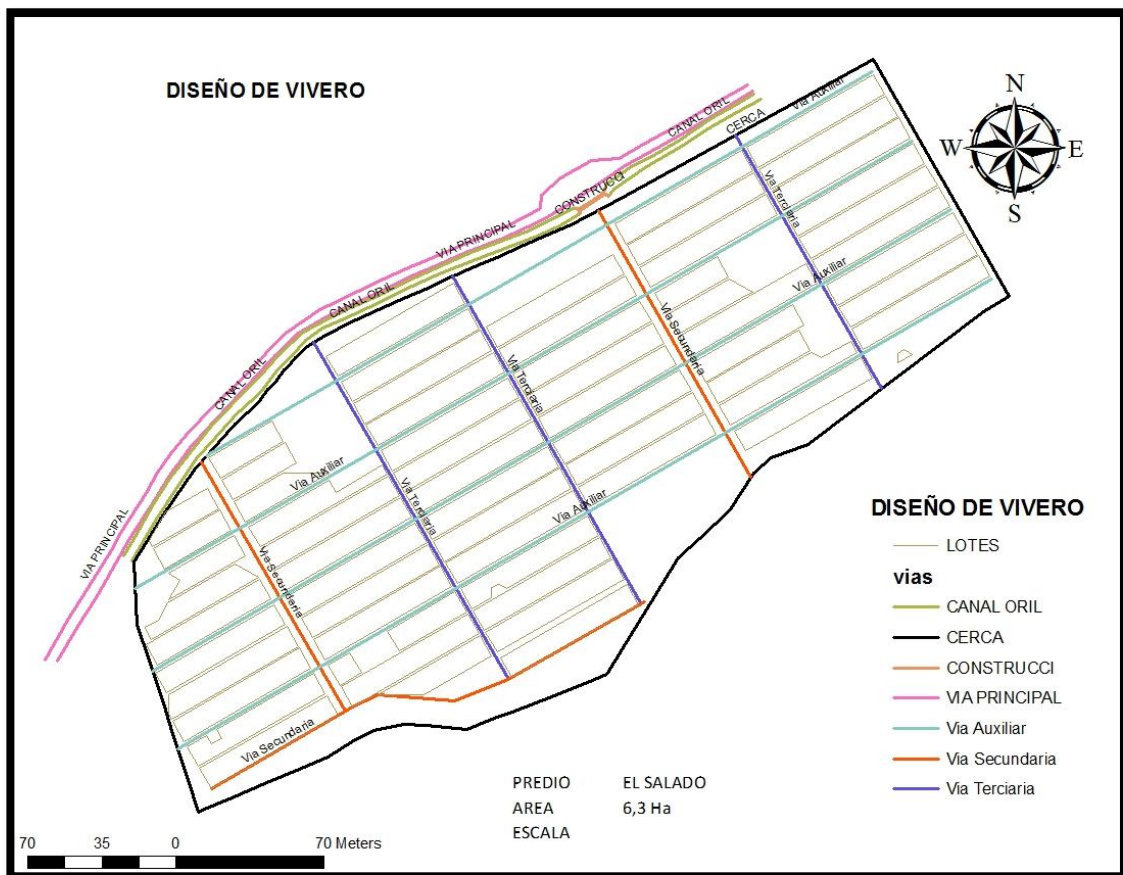
Parámetros	Unidad	Resultado	Recomendado para palma de vivero
pH		6,87	>4.5
Materia orgánica	%	0,6	
C.I.C	Cmol.kg	9,23	
Fosforo	ppm	8,69	6.5 a 7.5
Potasio	Cmol.kg	0,07	>0.2
Bases totales	Cmol.kg	8,23	
Saturación de B.	%	89,17	

El análisis químico muestra que es un suelo que tiene un bajo contenido de materia orgánica, fosforo, potasio y capacidad de intercambio catiónico. Esto implica que se deben establecer los correctivos necesarios a través de la fertilización adecuada para mejorar la respuesta de las plantas en su desarrollo fisiológico en fase de vivero.

### 3.6 DISEÑO DEL VIVERO

Hecha la topografía de la zona se prosiguió a diseñar el vivero (Ver Gráfico 6), Conformado por los bloques de plantas que a su vez conformarían los lotes, estos se distribuyen de tal manera que faciliten las labores dentro del vivero, se diseñan vías de acceso sobre las zonas altas para evitar que inundaciones bloqueen la entrada o salida de maquinaria o de trabajadores y unas vías auxiliares que utilizarán los trabajadores para las labores de cultivo en vivero. (Ver Anexo 3).

Gráfico 6: Diseño del vivero



Debido a que era una zona boscosa la limpieza del terreno no se hizo en forma homogénea, determinando que algunos bloques sean más pequeños que otros (Ver Anexo 1).

### 3.6.1 Cultivo

El cultivo para el cual se hace el diseño del vivero es la palma de aceite o palma africana (*Elais guineensis* jacq.) de variedad Dami -las flores, producida por una plantación llamada las Flores en el municipio de Codazzi-Cesar.

Este cultivo se desarrolla en dos fases de vivero que son: el previvero que consiste en la siembra de semillas germinadas y diferenciadas en bolsas pequeñas, en donde las plantas se desarrollan hasta los 3 meses de edad. La segunda etapa es el vivero que consiste en trasplantar las plantas de esta edad a bolsas grandes hasta que estén preparadas para trasladarse al sitio definitivo es decir hasta los 8 a 12 meses de edad.

El vivero se diseña para esta segunda etapa es por esto que su distancia de siembra entre bolsas es de 90 cm a tres bolillos en dirección norte para garantizar que todas las plantas tenga igual acceso a brillo solar, las bolsas en las que se disponen las plantas son de 40 X 45 cm brindando el espacio optimo de crecimiento. Este diseño posee un área grande e instalaciones locativas y espacios de operación logística para realizar las operaciones rutinarias del cultivo.

Tabla 3. Espaciamiento entre bolsas en un vivero según el tiempo de permanencia de las plántulas y capacidad de vivero

Edad (Meses)	Espaciamiento (cm)		Capacidad de vivero (Plántulas por Hectárea)
	entre bolsas	entre líneas	
8 – 10	80	69,28	18040
10 – 12	90	77,94	14260
12 – 14	100	86,8	11550
>14	120	103,92	8020
24	180	155,88	3560

Fuente: Manejo de viveros de palma – Cenipalma 2003)

Tabla 4. Tamaño de bolsas de vivero, según la edad escogida para la siembra

Edad de siembra	Tamaño de bolsas (cm)	
	Ancho	Largo
9 a 12 meses	40	45
12 a 18 meses	45	60
18 a 24 meses	60	75

Fuente: Manejo de viveros de palma – Cenipalma 2003)

### 3.6.2 Vías

En el diseño propuesto para el vivero tenemos 6 vías auxiliares, 2 secundarias, 3 terciarias y una principal.

Tabla 5. Longitud y ancho en metros de las vías propuestas para el vivero

VIAS	AUXILIAR	SECUNDARIA	TERCIARIA	PRINCIPAL
ANCHO (metros)	3	8	3	4,5
LARGO (metros)	363,76	136,16	184,53	446
	424,57	145,49	178,8	
	437,08		138,51	
	445,07			
	1670,48			
	3340,96			
Total LARGO	6681,92	281,65	501,84	446

Los bloques diseñados dentro del vivero son seis, donde el más grande cuenta con un área de 12.180,64 m<sup>2</sup> y el menor con un área de 6.811,87 m<sup>2</sup>. Estos bloques serán útiles en el manejo de prácticas agronómicas dentro del cultivo y también en la programación de labores de riego.

Tabla 6 Bloques que conforman el vivero y su correspondiente área

Bloques	Área (m <sup>2</sup> )
Lote 1	7123,28
Lote 2	9015,95
Lote 3	12180,64
Lote 4	6811,87
Lote 5	8601,46
Lote 6	7637,37

### 3.7 CALCULO DE LA DOTACIÓN Y LAMINA DE RIEGO

El agua a suministrar depende del tipo de terreno y del consumo de la planta, para ello se calcula:

Lámina de riego neta (LRN)

$$LRN = (CC - PM) * Da * Pr \text{ (cm)}$$

$$LRN = (0,18 - 0,10) * 1,5 * 45 = 5,4 \text{ cm} \approx 54 \text{ mm}$$

Lámina de riego a aplicar (LRA)

$$LRA = LRN * \%R$$

$$LRA = 54 \text{ mm} * 0,50 = 27 \text{ mm}$$

Lámina de riego bruta (LRB)

$$LRB = \frac{LRA}{Ea * Ec}$$

Donde,

Ea= Eficiencia de aplicación en decimales

Ec= Eficiencia de conducción en decimales



$$LRB = \frac{27 \text{ mm}}{0,9 * 0,9} = 33,33 \text{ mm}$$

Intervalo y frecuencia de riego en días (I)

$$I = \frac{LRA + Pe}{ETP/MES}$$

Pe= precipitación efectiva del mes critico en mm

ETP= Evaporación del mes critico en mm

La precipitación efectiva es aquella fracción de la precipitación total que es aprovechada por las plantas. Depende de múltiples factores como pueden ser la intensidad de la precipitación o la aridez del clima, y también de otros como la inclinación del terreno, contenido en humedad del suelo o velocidad de infiltración<sup>1</sup>. Si son climas áridos es el 80% de la precipitación pero si esta es mayor 5 mm, en este caso la precipitación se encuentra por debajo entonces es cero.

$$I = \frac{27 \text{ mm} + 0 \text{ mm}}{\frac{120,08}{31} \left(\frac{\text{mm}}{\text{día}}\right)} = 6,97 \text{ día} \approx 7 \text{ días}$$

El mes critico del año es marzo con una Pe de 0,7 mm y una ETP de 120,08 mm en 31 días que tiene el mes de marzo.

---

<sup>1</sup> CENIPALMA. Memorias, primer curso internacional de palma de aceite. Bogotá: Centro de Investigaciones en palma de aceite –Cenipalma, 1996.

<sup>2</sup> Cifuentes, Miguel Germán; Tesis “METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO A

Tabla 7 Balance Hídrico del cultivo de palma

Mes	T° media	Precipitación media (mm)	Precipitación efectiva (mm)	Evaporación (mm)	EVT (mm)	NR (mm)
Enero	24	1,3	0,26	136	102	101,74
Febrero	24	0,3	0,06	146	109,5	109,44
Marzo	24	3,5	0,7	158	118,5	117,8
Abril	25	11,3	2,26	152	114	111,74
Mayo	25	53	10,6	137	102,75	92,15
Junio	25	43,6	8,72	126	94,5	85,78
Julio	25	44,5	8,9	130	97,5	88,6
Agosto	25	68,5	13,7	127	95,25	81,55
Septiembre	25	91,2	18,24	118	88,5	70,26
Octubre	24	100,3	20,06	117	87,75	67,69
Noviembre	24	43,8	8,76	109	81,75	72,99
Diciembre	24	16,4	3,28	117	87,75	84,47
Totales		477,7	95,54	1573	1179,75	1084,21

La evapotranspiración es calculada de la siguiente manera  $EVT = EVP \cdot K$  donde, es el coeficiente de cada cultivo en el caso de la palma es 0,75.

La necesidad de riego (NR) está dada por la EVT menos la precipitación efectiva de cada mes obteniendo un total de 1084,21 mm al año esto para calcular los costos en agua de riego en el año.

Relación: tiempo de suministro (TS) y tasa de infiltración

$$TS = \frac{LRB}{I}$$

$$TS = \frac{33,33 \text{ mm}}{7 \text{ mm/hr}} = 4,76 \text{ Hr}$$

Caudal máximo requerido (QM), según infiltración del suelo

$$QM = \frac{LRB + A}{TS}$$

Donde A es el área total del vivero es decir 6300 m<sup>2</sup>

$$QM = \frac{0,033 m + 63000 m^2}{4,76Hr} = 436,76 \frac{m^3}{hr} \approx 192 GPM$$

Grado de aplicación (Ga) según aspersor

$$Ga = \frac{360 * QUR}{EL * EUR} = cm/Hr$$

Donde,

EL es igual al espaciamiento entre laterales, EUR la distancia entre unidades de riego y QUR el caudal de la unidad de riego.

$$Ga = \frac{360 * 0,15 LPS}{20 m * 12,6m} = 0,21 cm/Hr$$

Siendo el grado de aplicación inferior a la infiltración básica.

### 3.8 DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO

Realizado el vivero se diseñó el sistema de riego por aspersión (Gráfico 7: Diseño del sistema de riego por aspersión), se diseñaron dos sistemas, con sus respectivas casetas de bombeo el sector 1 será llamado el que se encuentra en el lado izquierdo del plano y el sector 2 en el lado derecho, cada uno con su tubería de alimentación, principal, laterales y aspersores (Ver Anexo 4).

Gráfico 7: Diseño del sistema de riego por aspersión

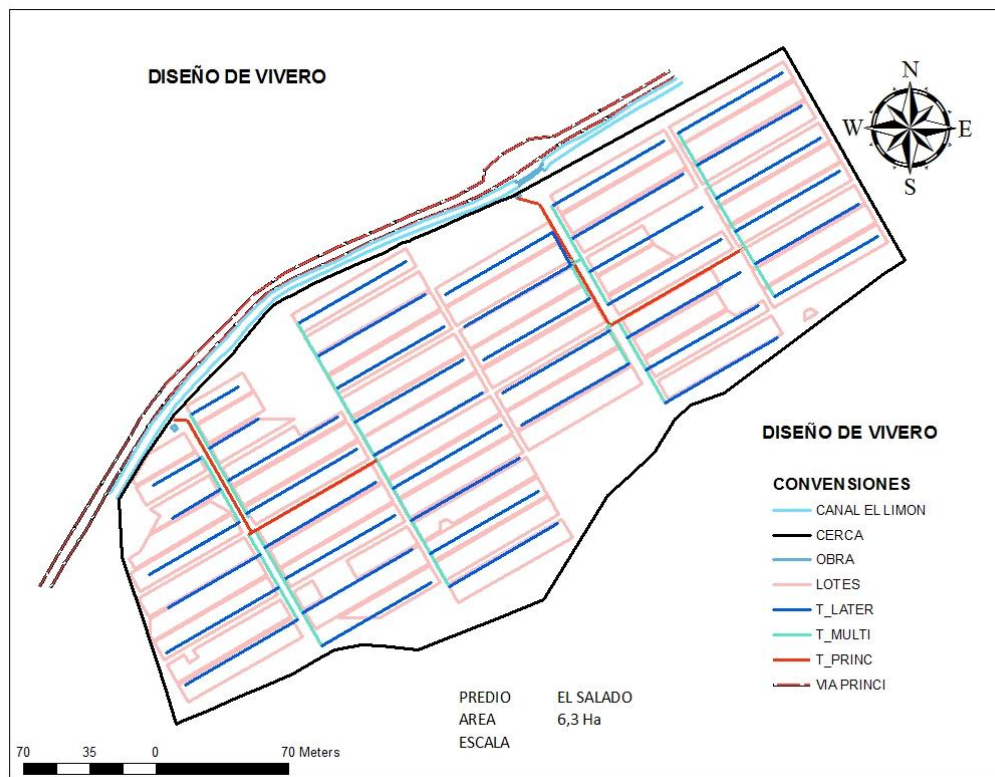


Tabla 8 Características y especificaciones del sistema

Descripción	características
área	6,3 Ha
modalidad	Aspersión
Forma	Fijo
Unidad de riego	Aspersor 3020
presión de trabajo	50,75 PSI
caudal	2,27 GPM
diámetro húmedo	26,6 m
elevación del aspersor	2 m
velocidad del viento	3 km/hr
distribución de aspersores	cuadrado
cultivo	palma de aceite
fuelle de abastecimiento	rio Aracataca canal "El Limón"
Caudal disponible	200 GPM

### 3.8.1 Diseño de Riego Caseta de Bombeo Sector 1

Para el cálculo del diseño se utilizan las tablas de pérdidas que se anexan al final del documento.<sup>2</sup>

### 3.8.2 Calculo de pérdidas por fricción en la tubería lateral ( $J_{\text{Tubería lateral}}$ )

$$J_{\text{Tubería Lateral}} = (F)(L)(j)$$

Donde, F es el factor de corrección de múltiples salidas, (L) la longitud total en el sector crítico y (j) las pérdidas por fricción (m/m), según el fabricante.

$$L(m) = L_R + L_e$$

$L_R =$  Longitud real Y  $L_e =$  Longitud equivalente por accesorios

$$L_R = N_S * E_L + T_I + T_F$$

$N_S =$  Numero de espacios entre unidades de riego

$E_L =$  Espaciamiento entre unidades de riego sobre el lateral

$T_I =$  Tramo inicial desde la conexión hasta el primer aspersor

$T_F =$  tramo final desde el ultimo aspersor hasta el tapón de lavado

#### 3.8.2.1 Pérdidas por fricción en lateral ( $J_{\text{lateral}}$ )

$Q_{UR} =$  Caudal de unidad de riego

$$Q_{UR} = 2,27 \text{ GPM}$$

$$Q_{LAT} = N_S * Q_{UR}$$

$$Q_{LAT} = 13,62 \text{ GPM}$$

$j = 0,017624 \text{ m}$ , según el fabricante

---

<sup>2</sup> Cifuentes, Miguel Germán; Tesis "METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO A PRESIÓN CASO: GRANJA LA "UNIVERSIDAD" DISTRITO DE RIEGO USO JUNCAL.

$$N_S = 5$$

$$F = 0,435$$

$$E_L = 12,6 \text{ m}$$

$$T_I = 6,3 \text{ m}$$

$$T_F = 0 \text{ m}$$

$$L_R = 5 * 12,6 \text{ m} + 6,3 \text{ m} + 0 \text{ m} = 69,3 \text{ m}$$

El lateral posee los siguientes accesorios:

Una tee activa de 2 a 1 ¼" con pérdidas de 1 m

Cinco tee activa de 1 ¼" con pérdidas de 11,5 m

Un codo de 90° de 1 ¼" con pérdidas de 1,1 m

$$L_e = 1 \text{ m} + 11,5 \text{ m} + 1,1 \text{ m} = 13,6 \text{ m}$$

$$L(m) = 69,3 \text{ m} + 13,6 \text{ m} = 82,9 \text{ m}$$

$$j = 0,0176 \text{ m}$$

$$J_{Lateral} = 0,435 * 82,9 \text{ m} * 0,0176 \text{ m} = 0,635 \text{ m}$$

### 3.8.2.2 Pérdidas por conexión a la unidad de riego ( $J_{CUR}$ )

$$Longitud \text{ del elevador} = 2 \text{ m}$$

Accesorios en la conexión de la unidad de riego

Una reducción de 1 ¼" a ¾" con pérdidas de 0,75m

Un hidrante de ¾" con pérdidas de 1,6m

$$L_e = 0,75 \text{ m} + 1,6 \text{ m} = 2,35 \text{ m}$$

$$L = 2 \text{ m} + 2,35 \text{ m} = 4,35 \text{ m}$$

$$j = 0,0176 \text{ m}$$

$$J_{CUR} = 0,0176 \text{ m} * 4,35 \text{ m} = 0,0767 \text{ m}$$

### 3.8.2.3 Pérdidas por unidad de riego ( $J_{UR}$ )

El Aspersor a utilizar es el 3023 de boquilla verde con un caudal de 2,27 galones por minuto (GPM), un diámetro húmedo de 26.6 metros de pavco y una presión de 50,75 PSI (Ver Anexo 7).

$J_{UR} = Presión(m) - 0,99 * Presión(m)$  , donde 0,99 es el factor que corresponde a si es un equipo nuevos o usado

$$J_{UR} = 35,68m - 0,99 * 35,68m = 0,3568 m$$

### 3.8.2.4 Pérdidas Totales ( $J_{Total}$ )

$$J_{Total} = J_{Lateral} + J_{UR} + J_{CUR} = 0,497 m$$

$$J_{Total} = 0,0635m + 0,3568m + 0,0767 m = 0,497 m$$

Presión requerida en la entrada del lateral ( $P_{EL}$ )

$$P_{EL} = P_{UR} + J_{Total} + \Delta H$$

Donde,

$P_{UR} = Presión\ unidad\ de\ riego$

$J_{Total} = Perdidas\ totales$

$\Delta H = Diferencia\ de\ cota$

$$P_{UR} = 35,68 m$$

$$J_{Total} = 0,497 m$$

$$\Delta H_{sector\ 1} = 1,85 m$$

$$P_{EL} = 35,68 m + 0,497 m + 1,85m = 38,027 m$$

3.8.2.5 Cálculo de pérdidas por fricción en la tubería de alimentación (J alimentación)

$$N_S = 4$$

$$F = 0,486$$

$Q_{TA} =$  Caudal en la tubería de Alimentación

$$Q_{TA} = Q_{UR} * \text{Numero de Aspersores a beneficiar}$$

$$Q_{TA} = 2,27 \text{ GPM} * 24 = 54,48 \text{ GPM}$$

$$L_R = 76,94 \text{ m}$$

Tabla 9 Accesorios dentro de la tubería de alimentación,

Accesorio	Cantidad	Longitud equivalente	Le Total
Reducción 3"X2"	1	1,5	1,5
Tee activa 2"	3	3,5	10,5
Codo 90° 2"	1	1,7	1,7

$$L_e = 1,5m + 10,5m + 1,7m = 13,7 \text{ m}$$

$$L = 13,7 \text{ m} + 76,94 \text{ m} = 90,64 \text{ m}$$

$$j = 0,0309 \text{ m}$$

$$J_{\text{alimentación}} = 0,486 * 90,64 \text{ m} * 0,0309 \text{ m} = 1,36 \text{ m}$$

3.8.2.6 Cálculo de la velocidad (V)

Tubería de PVC de 2" RDE 41

$$\text{Diametro interno} = 0.05728 \text{ m}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0036}{\pi(0,0289)^2} = 1,372 \text{ m/seg}$$

3.8.2.7 Presión requerida en la entrada de la tubería de alimentación

$$P_{EA} = J_T + P_{EL} + \Delta H$$



Donde,

$P_{EL}$  = Presión requerida en la entrada del lateral

$J_T$  = Perdidas totales

$\Delta H$  = Diferencia de cota

$P_{EL} = 38,027m$

$J_T = 1,36 m$

$\Delta H = 1,37 m$

$P_{EA} = 38,027 m + 1,36 m + 1,37 m = 40,757 m$

Accesorios dentro de la tubería principal sector 1,

$F = 0,639$

$Q = \sum Q_{\text{sector de riego}}$

$Q = 2,27 \text{ GPM} * 54 = 122,58 \approx 123 \text{ GPM}$

$L_R = 151,2782 m$

Tabla 10 Accesorios dentro de la tubería principal sector 1

Accesorio	Cantidad	Longitud equivalente	Le Total
Válvula	2	17,4	34,8
Tee activa 3"	2	5,2	10,4
Codo 90° 3"	1	2,5	2,5

$L_e = 34,8m + 10,4m + 2,5m = 47,7 m$

$L = 47,7 m + 151,2782 m = 198,978 m$

$j = 0,01420$

$J = 0,639 m * 198,978 m * 0,01420 = 1,806 m$

### 3.8.2.8 Cálculo de la velocidad (V)

Tubería de PVC de 3" RDE 41

*Diametro interno = 0,08456 m*

$$V = Q/A = 0,0083 / \pi(0,04228)^2 = 1,478 \text{ m/seg}$$

### 3.8.2.9 Presión requerida en la entrada de la tubería principal

$$P_{EP} = J_T + P_{EA} + \Delta H$$

Donde,

*P<sub>EA</sub> = Presión requerida en la entrada de alimentación*

*J<sub>T</sub> = Perdidas totales*

*ΔH = Diferencia de cota*

$$P_{EA} = 40,757 \text{ m}$$

$$J_T = 1,806 \text{ m}$$

$$\Delta H = 0,29 \text{ m}$$

$$P_{EP} = 40,757 \text{ m} + 1,806 \text{ m} + 0,29 \text{ m} = 42,85 \text{ m}$$

### 3.8.2.10 Calculo para la estación de Bombeo

*Lequivalente = 20 m*

Válvula de pie de 3"

*Longitud de tubería = 5 m*

$$L_{total} = 5 \text{ m} + 20 \text{ m} = 25 \text{ m}$$

$$j = 0,03$$

$$HTubería = 25 \text{ m} * 0,03 = 0,75 \text{ m}$$

*Altura de succión = 1 m*

*Altura de descarga = 4,01 m*

*Presión Atmosférica = 10,21 mca*

*J<sub>lateral</sub> = 0,497 m*

*J<sub>alimentación</sub> = 1,36 m*

*J<sub>principal</sub> = 1,806 m*

*P<sub>unidad de riego</sub> = 35,85 mca*

*Cabeza dinámica total(CDT)*

$$\begin{aligned} &= 0,75m + 1m + 4,01m + 10,21m + 0,497m + 1,36m + 1,806m \\ &+ 35,85m = 55,48 m \end{aligned}$$

*CDT ≈ 80 PSI*

*Sedimentos = 5 m m*

*Q<sub>DISEÑO</sub> = 123 GPM*

*Altura sobre el nivel del mar = 40 m*

*Presión Atmosférica = 10,21 mca*

*Presión de vapor = 0,642 m*

$$HP(\text{potencia requerida}) = \frac{Q \times CDT}{3960\eta}$$

$$HP(\text{potencia requerida}) = \frac{123GPM \times 182,15 \text{ pies}}{3960 \times 0,65} = 8,7 HP$$

$$NPSH(\text{diseño de riego}) = 10,21m - 0,642m - 1m - 0,75m = 7,818 m$$

Donde, NPSH corresponde a la Cabeza neta positiva de succión.

Especificaciones de la bomba (Ver Anexo 8) Modelo 30AG/f400

Succión: 3"

Descarga 3"

Sello mecánico  
Rotor 170 mm  
Partículas máximas de 5 mm  
Motor de 10 HP  
RPM 3500  
NPSH mínimo requerido 3 m

### 3.8.3 Diseño de Riego Caseta de Bombeo Sector 2

#### 3.8.3.1 Perdidas por fricción en lateral

$$Q_{UR} = 2,27 \text{ GPM}$$

$$Q_{LAT} = 13,62 \text{ GPM}$$

$$j = 0,017624$$

$$N_S = 5$$

$$F = 0,435$$

$$E_L = 12,6 \text{ m}$$

$$T_I = 6,3 \text{ m}$$

$$T_F = 0 \text{ m}$$

$$L_R = 5 * 12,6\text{m} + 6,3\text{m} + 0 = 69,3 \text{ m}$$

El lateral posee los siguientes accesorios:

Una tee activa de 2 a 1 ¼" con pérdidas de 1 m

Cinco tee activa de 1 ¼" con pérdidas de 11,5 m

Un codo de 90° de 1 ¼" con pérdidas de 1,1 m

$$L_e = 1\text{m} + 11,5\text{m} + 1,1\text{m} = 13,6 \text{ m}$$

$$L(m) = 69,3 \text{ m} + 13,6\text{m} = 82,9 \text{ m}$$

$$j = 0,0176$$

$$J = 0,435 * 82,9 \text{ m} * 0,0176 = 0,635 \text{ m}$$

### 3.8.3.2 Perdidas por conexión a la unidad de riego

$$\text{Longitud del elevador} = 2m$$

Accesorios en la conexión de la unidad de riego

Una reducción de 1 ¼" a ¾" con pérdidas de 0,75m

Un hidrante de ¾" con pérdidas de 1,6m

$$L_e = 0,75m + 1,6m = 2,35 m$$

$$L(m) = 2m + 2,35m = 4,35 m$$

$$j = 0,0176$$

$$J = 0,0176 * 4,35m = 0,0767 m$$

### 3.8.3.3 Perdidas por unidad de riego

El Aspersor a utilizar es el 3023 de boquilla verde con un caudal de 2,27 galones por minuto (GPM), un diámetro húmedo de 26.6 metros de pavco y una presión de 50,75 PSI (Ver Anexo 7).

$$J = \text{Presión}(m) - 0,99 * \text{Presión}(m)$$

$$J = 35,68m - 0,99 * 35,68m = 0,3568 m$$

### 3.8.3.4 Pérdidas Totales

$$J_{Total} = 0,635m + 0,3568m + 0,0767 m = 1,068 m$$

### 3.8.3.5 Presión requerida en la entrada del lateral

$$P_{EL} = P_{UR} + J_T + \Delta H$$

$$P_{UR} = 35,68 m$$

$$J_T = 1,068 m$$

$$\Delta H_{sector\ 2} = 1,79\ m$$

$$P_{EL} = 35,68\ m + 1,068\ m + 1,79\ m = 38,54\ m$$

### 3.8.3.6 Cálculo de pérdidas por fricción en la tubería de alimentación

$$N_S = 3$$

$$F = 0,535$$

$$Q = \sum Q_{sector\ de\ riego}$$

$$Q = 2,27\ GPM * 18 = 40,86 \approx 41\ GPM$$

$$L_R = 50,1\ m$$

Tabla 11 Accesorios dentro de la tubería de alimentación,

Accesorio	Cantidad	Longitud equivalente	Le Total
Reducción 3"X2"	1	1,5	1,5
Tee activa 2"	2	3,5	7
Codo 90° 2"	1	1,7	1,7

$$L_e = 1,5\ m + 7\ m + 1,7\ m = 10,2\ m$$

$$L = 10,2\ m + 50,1\ m = 60,3\ m$$

$$j = 0,01815$$

$$J = 0,01815 * 60,3\ m * 0,535 = 0,586\ m$$

### 3.8.3.7 Cálculo de la velocidad

Tubería de PVC de 2" RDE 41

$$Diametro\ interno = 0.05728\ m$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0027}{\pi(0,0289)^2} = 1,029\ m/seg$$

### 3.8.3.8 Presión requerida en la entrada de la tubería de alimentación

$$P_{EA} = J_T + P_{EL} + \Delta H$$

Donde,

$$P_{EL} = \text{Presión requerida en la entrada del lateral}$$

$$J_T = \text{Perdidas totales}$$

$$\Delta H = \text{Diferencia de cota}$$

$$P_{EL} = 38,54 \text{ m}$$

$$J_T = 0,586 \text{ m}$$

$$\Delta H = 0,50 \text{ m}$$

$$P_{EA} = 38,54 \text{ m} + 0,586 \text{ m} + 0,50 \text{ m} = 39,63 \text{ m}$$

### 3.8.3.9 Calculo de pérdidas por fricción en la tubería principal

$$N_S = 2$$

$$F = 0,639$$

$$Q = \sum Q_{\text{sector de riego}}$$

$$Q = 2,27 \text{ GPM} * 42 = 95,34 \text{ GPM}$$

$$L_R = 168.915 \text{ m}$$

Tabla 12 Accesorios dentro de la tubería principal

Accesorio	Cantidad	Longitud equivalente	Le Total
Válvula	2	17,4	34,8
Tee activa 3"	2	5,2	10,4
Codo 90° 3"	1	2,5	2,5

$$L_e = 34,8 + 10,4 + 2,5 = 47,7 \text{ m}$$

$$L = 47,7 \text{ m} + 168,915 \text{ m} = 216.615 \text{ m}$$

$$j = 0,013035$$

$$J = 0,639 \text{ m} * 216,615 \text{ m} * 0,01305 = 1,804 \text{ m}$$

### 3.8.3.10 Cálculo de la velocidad

Tubería de PVC de 3" RDE 41

*Diametro interno = 0,08456 m*

$$V = Q/A = 0,0063 / \pi(0,04228)^2 = 1,122 \text{ m/seg}$$

### 3.8.3.11 Presión requerida en la entrada de la tubería principal sector 2

$$P_{EP} = J_T + P_{EA} + \Delta H$$

Donde,

*P<sub>EA</sub> = Presión requerida en la entrada de alimentación*

*J<sub>T</sub> = Perdidas totales*

*ΔH = Diferencia de cota*

*P<sub>EA</sub> = 39,63 m*

*J<sub>T</sub> = 1,804 m*

*ΔH = 1,6 m*

$$P_{EP} = 39,63 \text{ m} + 1,804 \text{ m} + 1,6 \text{ m} = 43,03 \text{ m}$$

### 3.8.3.12 Cálculo para la estación de Bombeo

*Lequivalente = 20 m*

*Válvula de pie de 3"*

*Longitud de tubería = 5 m*

*Ltotal = 5 + 20 m = 25*

*j = 0,03 mca*

*HTubería = 25 m \* 0,03 = 0,75 m*

*Altura de succión = 1 m*

*Altura de descarga = 4,2 mca*

*Presión Atmosférica = 10,21 mca*



$$J_{lateral} = 1,068 \text{ m}$$

$$J_{alimentación} = 0,586 \text{ m}$$

$$J_{principal} = 1,804 \text{ m}$$

$$P_{unidad \text{ de riego}} = 3 \text{ m}$$

*Cabeza dinám. total*

$$\begin{aligned} &= 0,75\text{m} + 1\text{m} + 4,2\text{m} + 10,21\text{m} + 1,068\text{m} + 0,586\text{m} + 1,804\text{m} \\ &+ 35,85\text{m} = 55,47 \text{ m} \end{aligned}$$

$$CDT \approx 79 \text{ PSI}$$

$$Sedimentos = 5 \text{ m m}$$

$$Q_{DISEÑO} = 95,34 \text{ GPM}$$

$$ASNM = 90 \text{ m}$$

$$Presión \text{ Atmosférica} = 10,21 \text{ mca}$$

$$Presión \text{ de vapor} = 0,642 \text{ m}$$

$$HP(\text{potencia requerida}) = \frac{Q \times CDT}{3960\eta}$$

$$HP(\text{potencia requerida}) = \frac{95,34\text{GPM} \times 182,1 \text{ pies}}{3960 \times 0,65} = 6,75 \text{ HP}$$

$$NPSH(\text{diseño de riego}) = 10,21\text{m} - 0,642\text{m} - 1\text{m} - 0,75\text{m} = 7,818 \text{ m}$$

## 4. RESULTADOS

### 4.1 MONTAJE EN CAMPO

Fotografía 1 Limpieza del terreno con retroexcavadoras y buldócer



Fotografía 2 Limpieza del terreno



Fotografía 3 Levantamiento topográfico



Fotografía 4 Alineación y abertura de zanjas para instalación de la tubería



Fotografía 5 Adecuación del canal de riego “El limón”



Fotografía 6 Construcción de casetas



Fotografía 7 Transporte de tierra y llenado de bolsas para el vivero



Fotografía 8 Alineación de las palmas de vivero





Fotografía 9 Distribución en lotes



Fotografía 10 Montaje de bomba



Fotografía 11 Cajas de protección para válvulas



Fotografía 12 Prueba del sistema de riego



Fotografía 13 Prueba del sistema





## 4.2 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO

Tabla 13 Materiales para la construcción del sistema de riego

Item	Ref.	Unidad	Descripción	Cant.	Costo Unitario	Costo Total
1		Unidad	Manómetros de 3" con lectura hasta 100 psi	2	\$ 25.000	\$ 50.000
2	13683	Unidad	Aspersores 3023 boquilla nº 8 lila (3,18mm) macho	384	\$ 12.000	\$ 4.608.000
3	12344	m	Tubería Presión Unión Platino RDE 41 - 3"	117	\$ 49.476	\$ 5.788.692
4	12329	m	Tubería Presión Unión Platino RDE 41 - 2"	113	\$ 24.113	\$ 2.724.769
5	12598	m	Tubería Presión RDE 26 Extremo Liso 1"	414	\$ 7.820	\$ ...709.376
6	12592	m	Tubería Presión RDE 21 Campana 3/4" extremo liso	128	\$ 5.542	\$ 3.746.392
7	12075	Unidad	Tee Presión DE 3"	12	\$ 21.616	\$ 259.392
8	12065	Unidad	Tee Presión DE 2"	42	\$ 4.921	\$ 206.682
9	12114	Unidad	Tee Presión Reducida 1" x 3/4"	244	\$ 522	\$ 127.368
10	11985	Unidad	Tee doble riego PVC de 2" x 1"	46	\$ 2.300	\$ 105.800
11	12906	Unidad	Unión Presión de 1"	250	\$ 445	\$ 111.250
12	10527	Unidad	Buje soldado Presión 3" x 2"	14	\$ 8.546	\$ 119.644
13	10476	Unidad	Buje soldado Presión 2" x 1"	30	\$ 2.371	\$ 71.130
14	10406	Unidad	Buje soldado Presión 1" x 3/4"	140	\$ 522	\$ 73.080
15	10134	Unidad	Adaptador hembra Presión 3/4"	384	\$ 378	\$ 145.152
16	10203	Unidad	Adaptador macho Presión 3"	16	\$ 5.500	\$ 88.000
17	10193	Unidad	Adaptador macho Presión 2"	8	\$ 2.472	\$ 19.776
18		Unidad	Válvula de registro tipo cortina de 3" hembra	8	\$ 274.414	\$ 2.195.312
19		Unidad	Válvula de registro tipo cortina de 2" hembra	4	\$ 179.214	\$ 716.856
20	10870	Unidad	Codo de 90° PVC de 3"	9	\$ 16.711	\$ 150.399
21	10822	Unidad	Codo de 45° PVC de 3"	2	\$ 20.000	\$ 40.000
22	10860	Unidad	Codo de 90° PVC de 2"	4	\$ 4.971	\$ 19.884
23	10838	Unidad	Codo de 90° PVC de 1"	140	\$ 844	\$ 118.160
24		Unidad	Cuarto de Galón de limpiador removedor PVC	10	\$ 53.170	\$ 531.700
25	11755	Unidad	Cuarto de Galón de soldadura líquida PVC	21	\$ 26.636	\$ 559.356
26	11198	Docena	Rollo de teflón para impermeabilizar	2	\$ 2.000	\$ 4.000
27		Unidad	Marco de segueta	4	\$ 5.000	\$ 20.000
28		Unidad	Hoja de segueta	8	\$ 2.500	\$ 20.000
29		Unidad	Bomba 30AG/f40 3"x3" de 10 HP	2	\$ 1.200.000	\$ 2.400.000
TOTAL						\$ 25.221.258

Tabla 14 Costos de mano de obra

Actividad	Unidad	Cantidad	Costo unt.	Costo Total
Abertura de zanja	m	4632	\$ 500,0	\$ 2.316.000,0
Tapada de la zanja	m	4632	\$ 200,0	\$ 926.400,0
Caja de válvulas	Jornales	18	\$ 16.480,0	\$ 296.640,0
Caseta de Bombeo	Jornales	10	\$ 16.480,0	\$ 164.800,0
Limpieza con cortamalezas del vivero	Jornales	1	\$ 64.610,0	\$ 64.610,0
llenado de bolsas de vivero	unidad	1	\$ 69.258,2	\$ 69.258,2
acarreo de bolsas al vivero	Jornales	23	\$ 16.480,0	\$ 379.040,0
alineación y estaquillado de vivero	Jornales	6	\$ 16.480,0	\$ 98.880,0
Topografía	Jornales	4	\$ 16.480,0	\$ 65.920,0
Trasplante de plantas a bolsas	Jornales	47	\$ 16.480,0	\$ 774.560,0
Instalación de Tubería	Jornales	14	\$ 16.480,0	\$ 230.720,0
Maquinaria	hr	60	\$ 20.000,0	\$ 1.200.000,0
Total				\$ 6.586.828,3

Tabla 15 Costo total del proyecto

Ítems	Costos Totales	Precio por Ha
Materiales	\$ 25.221.258	\$ 4.003.374
Mano de obra	\$ 6.586.828,3	\$ 1.045.528
Total Proyecto	\$ 31.808.086	\$ 5.048.902

## 5. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

### 5.1 OBJETIVO

El proyecto tiene como objetivo diseñar un sistema de riego por aspersión para un vivero de palma de aceite, cultivo que se presenta como fuente principal de empleo para ciento de personas campesinas y del casco urbano de Aracataca, Fundación, Reten y Tucurínca, desde profesionales, técnicos y personal con ningún grado de escolaridad.

Mediante la evaluación de impacto ambiental del proyecto se busca identificar los posibles impactos negativos e impactos positivos que genera este proyecto dentro de la zona influencia en que se encuentra, buscando medidas que permitan mitigar u optimizar cada uno de estos impactos convirtiendo el proyecto en una actividad sostenible al igual que el área donde se encuentra.

### 5.2 ÁREA DE INFLUENCIA

Tiene una superficie de influencia dentro del proyecto de 44 Km. Se encuentra en la parte Este del municipio. Presenta un caudal promedio mensual de 17,17 m<sup>3</sup>/seg siendo el máximo de 56,32 m<sup>3</sup>/seg y el mínimo de 2,08 m<sup>3</sup>/seg.

El área de influencia del proyecto comprende unos 57,79 km<sup>2</sup>, pertenecientes a la micro cuenca del río Aracataca. Teniendo al norte el municipio de El Reten y el corregimiento de Tucurínca y al sur al municipio de Fundación.

En el desarrollo del proyecto los principales recursos naturales que se van a utilizar son el agua del río Aracataca obtenida por el canal “El Limón”, el suelo donde se instalara el proyecto perteneciente al sector privado.

La plantación Tequendama se destaca a nivel nacional e internacional como uno de las principales extractores de Aceite puramente orgánico, es decir, que no hace uso de ningún químico en su producción de futo y mucho menos en su extracción, convirtiéndose en protector del medio ambiente, esto asegura que en el proyecto no se utilizará ninguna clase de herbicidas, fertilizantes químicos, ni el uso indiscriminado en la zona que pueda afectar el medio que lo rodea; así obteniendo residuos no tóxicos al medio o área de influencia.

### 5.3 PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL:

Según el POT estos suelos son de uso agrícola, por ser sector privado evita el ingreso de personas indiscriminadas que botan basura o talan la vegetación natural de la rivera del rio.

### 5.4 RECURSOS

Los recursos que serán manejados dentro del área de influencia son:

#### 5.4.1 Suelo

El área de influencia posee procesos y Geoformas de Agradación, estos procesos de agradación encierran aquellos fenómenos geomorfológicos constructivos, los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie terrestre, mediante la depositación de los materiales que provienen de la denudación de geoformas adyacentes o sedimentación aluvial o fluvial.

## Abanicos Aluviales

Los abanicos de materiales sedimentarios no consolidados (aluviones) se presentan hacia la parte baja de los principales ríos (Aracataca, Tucurínca, Fundación) con un relieve ligeramente inclinado a plano y disectado.

### Llanura Aluvial de Desborde (FA-c)

Se extiende desde el casco urbano del municipio de Aracataca, entre los ríos Fundación y Tucurínca, hasta la Ciénaga Grande de Santa Marta, formando la zona plana del municipio.

Cuando las corrientes de agua rebosan sus orillas, durante los periodos de crecidas, láminas de agua abandonan el cauce y se extienden lateralmente hacia la llanura, originando erosión diferencial de su carga en suspensión, dando origen a las formas de estos paisajes.

### Aptitud agrologica

De acuerdo a investigaciones geológicas realizadas en la zona, tales como el “Estudio General de Suelos de la Sierra Nevada de Santa Marta”. IGAC. 1995 y “Clasificación de los suelos y características de la cobertura vegetal y las vertientes hidrográficas en el departamento del Magdalena”. CORPES C. A. 1996, el área de influencia posee suelos de clase II.

### Suelos de la Clase II

Entre las características más importantes de esta clase se anotan:

- Susceptibilidad moderada a la erosión
- Exceso de humedad corregible mediante drenajes.
- Presencia de piedras

- Sales fácilmente corregibles
- Daños por inundaciones periódicas
- Se le debe establecer prácticas de conservación de suelos para obtener buenas cosechas.
- Son suelos de relieve plano, de textura fina. Los colores son gris oscuro en los primeros horizontes y pardo amarillento o pardo grisáceo en los últimos horizontes.
- Son suelos muy aptos para actividades agrícolas y de ganadería. Puede cultivarse maíz, sorgo, algodón, ajonjolí, frijol, tabaco, plátano, palma africana y frutales.
- Esta clase se extiende a manera de franja con dirección N-S al oeste del casco urbano, en la zona de inundación.

#### 5.4.2 Agua

Ubicación: Esta es la mayor cuenca en el Municipio, abarcando la parte central del área montañosa y plana. Limita al Norte con la cuenca del río Tucurinca, al Sur con las cuencas de los ríos Piedras y Fundación, al Este con los Departamentos de la Guajira y Cesar y al Oeste con la Ciénaga Grande de Santa Marta.

La cuenca del río Aracataca tiene una forma alargada, mostrando hacia la parte alta un ensanchamiento que disminuye a medida que se desciende.

A partir de la quebrada El Café hasta la desembocadura del río Aracataca en la Ciénaga Grande de Santa Marta la cuenca aparece como una franja estrecha.

Los límites geomorfológicos de la cuenca son:

Alto Casa Blanca, Cuchilla Marimonda, Cuchilla Cutumaco, Cerro Aenasatusi, Alto Canchuncuaya, Cerro Incanchincuyarica, Cuchilla Dindua, Alto Sucaca, Alto Chocoruque, Alto Puritagaca, Cuchilla Chabachucua, Cerro Vincavincagaca, y Pico El Guardián.

### Características del drenaje:

El río Aracataca a una cota aproximada de 1200 m.s.n.m. cambia de nombre, de ahí hasta su nacimiento pasa a llamarse río Mamancanaca, mostrando una longitud total de 92.87 Km. Ver tabla 44 y mapa Hidrográfico.

El patrón de drenaje en la cuenca está controlado por la litología (tipos de roca) existente, así, en la parte alta donde afloran rocas metamórficas el patrón de drenaje es subparalelo, en el que las longitudes de las principales quebradas son de largas a medias, observándose un fuerte socavamiento en el terreno, algunos drenajes están marcadamente controlados por las geoformas glaciares (Morrenas, Circos, etc.). Igualmente esta zona de la cuenca posee un gran conjunto de lagunas donde convergen y nacen innumerables quebradas.

En la parte media de la cuenca el patrón de drenajes es subdendrítico a dendrítico en concordancia en las rocas ígneas aflorantes. En la parte baja los drenajes presentan patrones meándricos.

### 5.5 IMPACTOS AMBIENTALES

En el siguiente cuadro se resume según su importancia los impactos positivos y negativos que genera este proyecto, estos impactos fueron seleccionados por medio del método de redes anexo en este documento (Ver Anexo 9).

Tabla 16 Lista de impactos que genera el proyecto

Categoría	Impactos Positivos	Impactos Negativos
1°	Aumento de la eficiencia del agua (I <sub>1</sub> )	Deforestación (I <sub>6</sub> )
2°	Mejor aprovechamiento del área (I <sub>2</sub> )	Compactación del suelo (I <sub>7</sub> )
3°	Aumento de la productividad (I <sub>3</sub> )	Erosión (I <sub>8</sub> )
4°	Disminución de los costos (I <sub>4</sub> )	Disminución de la fauna (I <sub>9</sub> )
5°	Valoración de la tierras (I <sub>5</sub> )	Contaminación Auditiva (I <sub>10</sub> )

## 5.5.1 Descripción de los impactos

### 5.5.1.1 Impactos Positivos

Aumento de la eficiencia de riego: está demostrado que el riego por superficie tiene una eficiencia de riego mucho menor que el riego a presión, el riego localizado disminuye pérdidas por conducción, aplicación y por percolación, haciendo que el recurso agua sea bien aprovechado.

Mejor aprovechamiento del área: en las zonas donde la topografía no es totalmente plana, se dificulta el riego superficial ya que el agua no llegaría a todas las plantas, con el riego localizado es posible aprovechar toda el área incluso las áreas con pendientes un poco inclinadas.

Aumento de la productividad: El buen diseño de los viveros hace que las prácticas agronómicas del cultivo se desarrolle eficazmente, sumado a esto el buen riego produce plántulas en condiciones favorables que en un futuro probablemente tengan las mejores producciones de la zona, obviamente siguiendo un plan de manejo de fertilización, control de plagas etc.

Disminución de los costos: el alto costo del agua significa una gran limitación de inversión en la zona agropecuaria, por eso es muy importante maximizar la eficiencia en el uso del agua, disminuyendo notablemente los costos al momento de producir.

Valoración de las tierras: algún tiempo atrás las tierras del departamento del Magdalena eran desvalorizadas, el conflicto social que se vivía en el país no permitía una inversión segura en estas zonas, con el tiempo la implementación de cultivos como el banano y la palma necesitaron el uso de profesional permitiendo la tecnificación de estas tierras dándoles el valor que ahora tienen; en un futuro



cuando el riego sea totalmente tecnificado probablemente aumentan su valor económico

#### 5.5.1.2 Impactos Negativos

**Deforestación:** la tala de la flora natural desequilibra el medio ambiente de la zona, provocando no solo la emigración o muerte de la vida silvestre, sino también un grave daño al suelo.

**Compactación del suelo:** es producido por la deforestación y el uso de maquinaria agrícola, se vive de manera sutil dentro del proyecto en la construcción de las vías en el diseño del vivero.

**Erosión:** la zona de influencia tiene antecedentes de erosión causadas por las crecientes de los ríos Aracataca y Fundación, desbordándose y tomando su curso natural que ahora está abarcado por cientos de hectáreas de palma y banano. Con estos proyectos aunque no se acaba totalmente con la cobertura vegetal si los hace más susceptible a futuras crecientes, transportando más fácilmente el material de la zona.

**Disminución de la fauna:** la tala de la vegetación silvestre hace que muchas especies emigren o mueran, este cambio del entorno producen desequilibrios ambientales ligeros pero que sumados pueden considerarse una verdadera amenaza ambiental.

**Contaminación auditiva:** el trabajo que genera la instalación de estos proyectos a causa del movimiento de material, trabajo de maquinaria y las bombas de riego, producen un ruido ajeno de la zona natural y aunque no es un impacto de alto riesgo debe considerarse.

## 5.6 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL PROYECTO

A continuación se muestra las medidas de prevención, mitigación, corrección, compensación para cada uno de los impactos negativos y optimización de los impactos positivos que se generan en el proyecto de “Diseño de un sistema de riego por aspersión para un vivero de palma de aceite”

Tabla 17 Medidas de prevención, mitigación, corrección, compensación para cada uno de los impactos negativos y optimización de los impactos positivos

IMPACTOS	NOMBRE DEL IMPACTO	MEDIDAS DE PREVENSIÓN, MITIGACION, CORRECCION , compensación PARA CADA UNO DE LOS IMPACTOS NEGATIVOS U OPTIMIZACIÓN DE LOS POSITIVOS
POSITIVOS	Aumento de la eficiencia del agua (I <sub>1</sub> )	Hacer uso del sistema de riego; no excederse de los tiempos de riego (M1) y en un futuro replantar el sistema y volverlo localizado (M2), de esta forma aumentar la eficiencia en el uso del agua.
	Mejor aprovechamiento del área (I <sub>2</sub> )	Utilizar materiales de siembra con distancias más reducidas (Compactas) esto aumentará el número de palmas por Ha. (M3)
	Aumento de la productividad (I <sub>3</sub> )	Ceñirse a la programación de fertilización dada por el agrónomo y brindarle el agua que necesita para su crecimiento (M4).
	Disminución de los costos (I <sub>4</sub> )	Tecnificar otras áreas del cultivo que disminuyan el costo de operación y de suministro (M5).
	Valoración de la tierras (I <sub>5</sub> )	Hacer uso del profesional calificado para tecnificar los cultivos y las zonas ganaderas (M6).
NEGATIVOS	Deforestación (I <sub>6</sub> )	Utilizar materiales de siembra compactos que disminuyan la zona que se prepara para el vivero (M3), reforestar en otras zonas preferiblemente en las laderas de los ríos para compensar el daño ambiental que se esté haciendo en la zona del proyecto (M7).
	Compactación del suelo (I <sub>7</sub> )	No hacer uso excesivo de la maquinaria agrícola para cada preparación del terreno (M8)
	Erosión (I <sub>8</sub> )	usar vegetación como el maní forrajero que es bajo, evita la erosión y no impide en nada el crecimiento optimo de las palmas (M9)
	Disminución de la fauna (I <sub>9</sub> )	Reforestando otras zonas creara habitat para otras especies compensando el área donde se disminuye la fauna (M10).
	Contaminación Auditiva (I <sub>10</sub> )	Evitar usar maquinaria ruidosa, utilizar casetas de bombeo que impidan salir el ruido (M11).

Tabla 18 Proyectos del plan de manejo ambiental

PROYECTO	IMPACTOS	CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN	COSTO
M <sub>1</sub>	I <sub>1</sub> , I <sub>3</sub> , I <sub>4</sub> y I <sub>5</sub> ,	5 años	2'000.000
M <sub>2</sub>	I <sub>1</sub> , I <sub>3</sub> , I <sub>4</sub> , y I <sub>5</sub> ,	5 años	40'000.000
M <sub>3</sub>	I <sub>1</sub> , I <sub>2</sub> , I <sub>4</sub> , I <sub>6</sub> , I <sub>7</sub> , I <sub>8</sub> y I <sub>9</sub>	1 año	
M <sub>4</sub>	I <sub>3</sub>	12 meses	3'000.000 mes
M <sub>5</sub>		5 años	
M <sub>6</sub>	I <sub>5</sub>	indefinido	3'000.000 mes
M <sub>7</sub>	I <sub>6</sub> , I <sub>7</sub> , I <sub>8</sub> y I <sub>9</sub>	Indefinido	
M <sub>8</sub>	I <sub>7</sub> , I <sub>8</sub> y I <sub>9</sub>	Indefinido	
M <sub>9</sub>	I <sub>8</sub> y I <sub>9</sub>	indefinido	3'000.000
M <sub>10</sub>	I <sub>10</sub>	2 años	5'000.000
M <sub>11</sub>	I <sub>11</sub>	5 años	1'000.000

## 6. CONCLUSIONES

- En el diseño del vivero se utilizaron distancias entre palma y palma con sentido norte de 90 cm en tres bolillo, esto para que las plantas de forma equitativa aprovecharan la luz del sol estimulando un crecimiento y desarrollo uniforme entre palmas en su fase de vivero.
- El resumen meteorológico que muestra la estación de la plantación Aceites S. A., los periodos de sequia se presenta en los meses de diciembre, enero febrero y marzo; siendo este último el más crítico del año con evaporaciones de 158 mm y precipitaciones de 3.5 mm, obteniendo así un requerimiento anual de agua de 1084.21 mm.
- La evapotranspiración del cultivo se toma de la evaporación del mes critico y se multiplica por el K del cultivo que es 0.75, esto nos da una evapotranspiración de 3.8 mm/día expresado en términos de gasto continuo por unidad de superficie se tiene 0.44 Lit/seg/Ha.
- Según las características del sustrato dispuesto en las bolsas de vivero la lamina de riego neta es de 57 mm, y debido a su textura franco arcillo arenoso el 50% de esta lamina de riego neta corresponde a la lamina de reinicio de riego o lamina de riego a aplicar es decir 27 mm .
- El grado de aplicación es de 0,21 cm/hr inferior a la infiltración básica que es de 7 mm/hr demostrando que el espaciamiento entre unidades de riego y laterales corresponden a un diseño acertado.
- La utilidad de diseñar dos sistemas de riego y no uno surgió de la disposición inicial de una bomba de 10 Hp nueva sin ningún uso en la empresa, disminuyendo el costo de una bomba de 18 Hp que se necesitaría para mover el sistema completo, a una bomba de 10 Hp, cumpliendo además con la

protección a cualquier circunstancia que se presente con alguna de las bombas ya sea daño o mantenimiento, la programación de riego se acomodaría a una sola bomba sin dejar que las plantas sean sometidas a alguna clase de estrés hídrico.

- Los costos totales del proyecto están en 31'808.086 de pesos entre materiales y mano de obra generando un gasto de 5'048.092 de pesos por Hectárea, estos costos no incluyen costos de agua debido a que la empresa posee una concesión de agua libre por año con el distrito de riego USO-ARACATACA.
- La Plantación C.I. Tequendama es una de las pocas plantaciones orgánicas a nivel mundial, de esta manera asegura actividades que permitan optimizar los impactos positivos y mitigar los impactos negativos en el área de Influencia.
- En el desarrollo de este proyecto se generan cinco impactos positivos y cinco impactos negativos, estableciendo como los más importantes según el método de redes el Aumento de la eficiencia del agua ya que el proyecto minimiza el consumo de agua con respecto al riego tradicional o superficial, pero que en un futuro podría ser optimizado con la construcción de riego localizado es decir por goteo; la deforestación por el contrario es el impacto negativo más significativo pues la tala de 6.3 Ha produce la emigración de algunas especies de animales como también acaba con la flora nativa de la zona, aunque el cultivo de palma cubre gran parte de zonas dedicadas antes a la ganadería mejorando las propiedades físicas del suelo también es un cultivo extensivo y que crece a una razón del 20% anual según algunas investigaciones del ministerio de agricultura.

## 7. RECOMENDACIONES

- ✓ Integrar la información del diseño hidráulico, el diseño logístico del vivero con la información agronómica que genera el vivero para hacer un análisis estadístico que permitan medir las oportunidades que brinda el riego localizado con respecto al riego superficial, y reconocer el papel importante que juega un profesional en la tecnificación del cultivo.
  
- ✓ Los requerimientos hídricos deben calcularse diariamente para aportar una información más verídica que la hecha mensualmente, esto implicaría la toma de información diaria del tanque evaporímetro, de los niveles freáticos en el suelo y las medidas de precipitación; realizando una hoja de cálculo que permite introducir diariamente esta información y la integre con las características del suelo generando los intervalos de riego y las horas de riego en el vivero.
  
- ✓ Desarrollar las actividades en el plan de manejo ambiental para de esta manera mitigar, optimizar, corregir o compensar los impactos generados por el proyecto de sistema de riego por aspersion y el diseño de un vivero de palma de aceite.

## BIBLIOGRAFIA

CENIPALMA. Memorias, primer curso internacional de palma de aceite. Bogotá: Centro de Investigaciones en palma de aceite –Cenipalma, 1996. 434 p.

FRANCO BAUTISTA, Pedro Nel. Manejo de viveros de palma de aceite. Bogotá: Centro de Investigaciones en palma de aceite –Cenipalma, 2003. 72 p.

GOMEZ CEDEÑO, Maijdinayiver Mairan. “Diseño, construcción y evaluación del sistema de riego por aspersion en el predio “La María”, municipio de Rivera, Departamento del Huila”, Tesis de grado, 1999.

IDEAM, Circulación General De La Atmósfera. Instituto De Hidrología Meteorología Y Estudios Ambientales IDEAM 2007.

IDEAM. “Mapas de Brillo Solar, Colombia”: Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo territorial, Ministerio de Minas y Energía., 2008.

IGAC. Análisis Geográfico, Fundamentos para la definición de Pisos Bioclimáticos. Santafé de Bogotá, D.C.

IGAC. “Plan Básico de Ordenamiento Territorial 2000 – 2009”, Municipio Aracataca – Magdalena., 97 pag.



INSTITUTO COLOMBIA DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION.  
Normas Colombianas para la presentación de tesis de grado. Bogotá:  
INCONTEC., 1996. 132 p. NTC.1307

LONIN S, ANDUCKIA J, PARRA C, MOLARES R. Sistema De Pronóstico De  
Las Condiciones Oceanográficas Del Mar Caribe Para Operaciones Navales.  
Boletín Científico CIOH No. 21, 2003.

MALAGON, Dimas y MONTENEGRO, Hugo. “propiedades físicas de los  
suelos” Bogotá: IGAC, 1990.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL  
“Decreto número 1220 de Abril de 2005, Estudio de Impacto Ambiental”. 2005

PAVCO, Manual Técnico, sistemas de tuberías y accesorios uso agrícola.  
Bogotá: 2009

## ANEXOS

### Anexo 1. PUNTOS Y BM DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

## Anexo 2. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO (CURVAS DE NIVEL)

## Anexo 3. DISEÑO DE VIVERO

## Anexo 4. DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

## Anexo 5. ANALISIS FISICO Y QUIMICO DE SUELO

## Anexo 6. ANALISIS QUIMICO DE AGUA

## Anexo 7. ESPECIFICACIONES DEL ASPERSOR



## Anexo 8. ESPECIFICACIONES DE LA BOMBA

## Anexo 9. METODO DE REDES