

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS Y AMBIENTALES

**SISTEMATIZACIÓN DE EXPERIENCIAS EN EL USO  
DE SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO EN LIMÓN  
(*Citrus limón* L.), PERÍODO 2010 -2016,  
GUATEMALA, C. A.**

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE  
LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE  
SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

**VÍCTOR HUGO RAMÍREZ PÉREZ**

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO  
EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA  
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2017

# UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

## RECTOR

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

### Junta Directiva de la Facultad de Agronomía

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL I	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL II	Ing. Agr. M.A. Cesar Linneo García C.
VOCAL III	Ing. Agr. MSc. Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL IV	Perito Agr. Walfer Yasmany Godoy S.
VOCAL V	Perito Cont. Neydi Yassmine Juracán M.
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

Guatemala, noviembre de 2017

Guatemala, noviembre de 2017

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señores miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado:

**SISTEMATIZACIÓN DE EXPERIENCIAS EN EL USO DE  
SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO EN LIMÓN, PERÍODO  
2010 -2016, GUATEMALA, C.A.**

Presentado como requisito previo a obtener el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

En espera de su aprobación, me suscribo de ustedes.

Atentamente,

---

Víctor Hugo Ramírez Pérez

## **ACTO QUE DEDICO A:**

**DIOS:** Que me ha dado mucho más de lo que merezco.

**MIS PADRES:** Víctor Manuel Ramírez Lima (Q.E.P.D.) y Dolores Pérez Manrique de Ramírez (Q.E.P.D.) para que sirva éste para honrar su memoria en agradecimiento a todos sus esfuerzos.

**MIS HIJOS:** Víctor Hugo Ramírez García y Alan Francisco Ramírez García, motores que han impulsado mi vida y razón principal de mi ser.

**MI CONYUGUE:** Norma Leticia Cabrera Galicia, por su compañía y dedicación a través de los años.

**SEÑORA:** Susana Lucía García Mencos, por haberme dado mis 2 hijos, mis mejores tesoros.

## **TESIS QUE DEDICO A:**

Ingeniero Waldemar Nufio, director del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales; Ingenieros Pompilio Gutiérrez y Manuel Martínez, asesores de éste trabajo, que desempeñaron un papel fundamental en el desarrollo del mismo.

Ingeniero Carlos Alberto Villalta Rivera, gerente general de Riegos Modernos de Guatemala, S.A., por su amistad y valiosa ayuda.

La Facultad de Agronomía.

La Universidad de San Carlos de Guatemala.

Los obreros agrícolas de la república de Guatemala.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	iv
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Marco Conceptual	3
2.1.1 Sistema de Riego	3
2.1.1.1 Riego Superficial	3
2.1.1.2 Riego por Aspersión	3
2.1.1.3 Riego por Micro Aspersión	3
2.1.1.4 Riego por Goteo	4
2.1.1.4.1 Bombeo	4
2.1.1.4.2 Filtros	4
2.1.1.4.3 Tuberías de Riego	5
2.1.1.4.4 Válvulas	5
2.1.1.4.5 Goteros	5
2.1.2 Diseño Agronómico	5
2.1.2.1 Fuente de Agua	5
2.1.2.2 Evapotranspiración	6
2.1.2.3 Lámina de Riego	6
2.1.2.3.1 Lámina Neta de Riego	6
2.1.2.3.2 Frecuencia de Riego	6
2.1.2.3.3 Lámina Bruta de Riego	6
2.1.2.4 Caudal Demandado por El Sistema	7
2.1.3 Diseño Hidráulico	7
2.1.3.1 Topografía	7
2.1.3.2 Trazo de la Conducción	7
2.1.3.3 Diseño Parcelario	7
2.1.3.4 Memoria Hidráulica	8
2.1.3.5 Necesidad de Bombeo	8
2.1.3.6 Obras de Infraestructura	8
2.1.3.7 Calendario de Riego	8
2.2 Marco Referencial	8
2.2.1 Localidades con sistema de riego por goteo instalado para cultivo de cítricos	8
2.2.2 Ubicación geográfica de lugar seleccionado para documentar la instalación de sistema de riego por goteo en cítricos	9
2.2.3 Antecedentes del uso del riego en cítricos	9
3. OBJETIVOS	14
3.1 Objetivo General	14
3.2 Objetivos Específicos	14
4. METODOLOGÍA	15
4.1 Diseño de un Sistema de Riego por Goteo en el Cultivo de Limón	15

	Página
4.1.1 Diseño Agronómico	15
4.1.1.1. Fuente de Agua	15
4.1.1.1.1 Calidad del agua	15
4.1.1.1.2 Caudal de agua	15
4.1.1.2 Evapotranspiración	16
4.1.1.3 Lámina de Riego	16
4.1.1.3.1 Lámina de Riego Neta	16
4.1.1.3.2 Frecuencia de Riego	16
4.1.1.3.3 Lámina Bruta de Riego	16
4.1.1.4 Caudal Demandado por El Sistema	17
4.1.2 Diseño Hidráulico	17
4.1.2.1 Fuente de Agua	17
4.1.2.1.1 Calidad del Agua	17
4.1.2.1.2 Caudal de La Fuente	17
4.1.2.2 Topografía	17
4.1.2.3 Trazo de Conducción	18
4.1.2.4 Diseño Parcelario	19
4.1.2.5 Memoria Hidráulica	20
4.1.2.6 Necesidad de Bombeo	20
4.1.2.7 Obras de Infraestructura	21
4.1.2.8 Calendario de Riego	21
4.2 Análisis Financiero del cultivo de limón que incluye la inversión realizada en el sistema de riego por goteo	21
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
5.1 Diseño de un Sistema de Riego por Goteo en el Cultivo de Limón	21
5.1.1 Diseño Agronómico	21
5.1.1.1 Fuente de Agua	21
5.1.1.1.1 Calidad del Agua	21
5.1.1.1.2 Caudal de Agua	22
5.1.1.2 Evapotranspiración	23
5.1.1.3 Lámina de Riego	26
5.1.1.3.1 Lámina neta de Riego	26
5.1.1.3.2 Frecuencia de Riego	26
5.1.1.3.3 Lámina bruta de Riego	26
5.1.1.4 Caudal demandado por el sistema	27
5.1.2 Diseño Hidráulico	27
5.1.2.1 Fuente de Agua	27
5.1.2.2 Levantamientos Plani-altimétricos	28
5.1.2.3 Trazo de Conducción	33
5.1.2.4 Diseño Parcelario	33
5.1.2.5 Memoria Hidráulica	35
5.1.2.6 Necesidad de Bombeo	36
5.1.2.7 Obras de Infraestructura	37
5.1.2.8 Calendario de Riego	38
5.2 Análisis Financiero del cultivo de limón que incluye la inversión realizada en el sistema de riego por goteo	39



	Página
5.2.1 Costos de Inversión	39
5.2.1.1 Resumen de Costos de Inversión	39
5.2.2 Evaluación Financiera	39
5.2.2.1 Presupuestos de Inversión	40
5.2.2.2 Costo de Producción	41
5.2.2.3 Flujo de Caja	43
5.2.2.4 Indicadores Financieros	44
6. CONCLUSIONES	45
7. RECOMENDACIONES	47
8. BIBLIOGRAFÍA	48
9. ANEXOS	

**INDICE DE CUADROS**

	Página
Cuadro 1. Resultado de análisis de agua	22
Cuadro 2. Datos climatológicos	24
Cuadro 3. Cálculo de la evapotranspiración	25
Cuadro 4. Libreta topográfica	28
Cuadro 5. Memoria hidráulica a gotero más lejano	35
Cuadro 6. Memoria hidráulica a gotero más alto más distante	35
Cuadro 7. Calendario de riego diario	38
Cuadro 8. Resumen de los costos de inversión	40
Cuadro 9. . Presupuesto de inversión	41
Cuadro 10. Costo de producción de una manzana de limón con riego	42
Cuadro 11. Programa de pagos de interés y capital	43
Cuadro 12. Flujo de caja	44
Cuadro 13. Indicadores financieros	45

## INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Mapa de Ubicación Geográfica de la Plantación de Zitrone	10
Figura 2. Vista aérea de la Finca Zitrone desde 1.4 km de altura	11
Figura 3. Fotografía de Riego por Goteo por Semi Circunferencia	12
Figura 4 Fotografía de Riego por Goteo por Semi Circunferencia	13
Figura 5. Fotografía de GPS marca Garmín	18
Figura 6. Levantamiento Plani-altimétrico	32
Figura 7. Trazo de Conducción y Diseño Parcelario	34
Figura 8. Curva de Rendimiento de bomba	36
Figura 9. Obras de Infraestructura	37
Figura 10. Plano de Turnos de Riego	38

**RESUMEN**

**“SISTEMATIZACIÓN DE EXPERIENCIAS EN EL USO DE SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO EN LIMÓN, PERÍODO 2010 -2016, GUATEMALA, C.A.”**

**ABSTRACT**

**“SYSTEMATIZATION OF EXPERIENCES IN THE USE OF DRIP IRRIGATION SYSTEMS IN LEMON, PERIOD 2010 -2016, GUATEMALA, C. A.”**

El cultivo de limón se ve fuertemente influenciado por la disponibilidad de agua. La aplicación de agua a través de diferentes sistemas de riego supe agua al cultivo, para obtener la mayor producción y la máxima utilidad posible.

Debido a que el agua es un recurso natural cada vez más escaso, se hace necesaria la correcta utilización del mismo. El riego por goteo es un sistema que dada su alta eficiencia permite colocar el agua en el área radicular de los cultivos, con nulo o mínimo desperdicio del agua.

El presente trabajo es una sistematización de las experiencias obtenidas en el diseño, instalación, operación y mantenimiento de sistemas de riego por goteo en cultivo de limón.

Las plantaciones de limón con riego, llegan a producir 1,700 frutos por año, que con manejo adecuado concentra la mayoría en los meses de diciembre a abril, cuando mejores precios se obtienen de la venta de frutos de limón.

Se han detectado deficiencias en el uso de los sistemas de riego por goteo que redundan en incremento de costo de energía cuando se usan sistemas de bombeo, así como desperdicio de agua en sistemas presurizados por bombeo o por gravedad.

## 1. INTRODUCCIÓN

La producción de limón bajo riego ha tenido mucho auge en Guatemala, a nivel nacional, a partir del año 2,000, incrementándose desde el 2,006. Se cultiva limón (*Citrus limón* L.) desde los 25 m (Escuintla), hasta los 1,600 m s.n.m. (Fraijanes y Chimaltenango).

Durante los meses de diciembre a abril, se obtienen precios por unidad de fruto de limón que van desde los Q. 0.20 hasta Q. 1.00. Para obtener buenos precios por el fruto del cultivo de limón, es indispensable producir en los meses de diciembre a abril y en algunos años hasta mayo.

Para que una plantación de limón pueda producir en estos meses es necesario que cuente con suficiente humedad en el suelo, aportada por un manto freático alto o artificialmente a través de sistemas de riego.

Para suplir de agua al cultivo se han utilizado diferentes sistemas de riego que van desde riego superficial, por surcos o inundación, por aspersión, micro aspersión y goteo. Los sistemas de riego por goteo son ampliamente utilizados para diferentes cultivos que van desde hortalizas a frutales, tomando como base que presentan una alta funcionalidad y eficiencia, cuando son adecuadamente diseñados y utilizados.

El presente trabajo consta de una sistematización de las experiencias que se han obtenido en el uso de riego por goteo en el cultivo de limón en la plantación de Zitrone, ubicada en las coordenadas 14°54'31" latitud norte y 89°59'38" longitud este, a 300 m s.n.m., en el kilómetro 86 de la carretera que conduce de la Villa del Rancho, en San Agustín Acasaguastlan, hacia El Jícaro, en el departamento de el Progreso. La zona de vida, según la clasificación de Holdridge, es un Bosque Espinoso Subtropical (1).

Se presenta, debidamente documentado el diseño, instalación, uso y mantenimiento de dicho sistema. También se documentan las principales deficiencias que se han detectado en el diseño, operación y mantenimiento del sistema instalado.

La investigación realizada contiene, además, el análisis financiero del cultivo de limón que incluye entre los costos de producción el valor de la inversión necesaria para la implementación del sistema de riego por goteo y la operación del mismo.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Marco conceptual**

#### 2.1.1 Sistema de riego

Se le denomina sistema de riego al conjunto de elementos que permiten conducir el agua desde la fuente para suministrarla a los cultivos. Existen diferentes sistemas, entre los que se encuentra los siguientes:

##### 2.1.1.1 Riego superficial

El riego superficial consiste en suplir al cultivo aplicando el agua sobre la superficie del suelo, ya sea por surcos o por inundación. Presenta el inconveniente del desperdicio de agua, transporte de plagas y enfermedades y además de la des uniforme distribución del vital líquido.

##### 2.1.1.2 Riego por aspersión

El riego por aspersión consiste en emisores que lanzan el agua sobre el cultivo, que cuando están trabajando bien lo hacen el forma de gotas que semejan la lluvia. Presenta el inconveniente que necesita alta presión en los sistemas, 28 libras por pulgada cuadrada (psi por sus siglas en inglés) en el emisor, moja un gran porcentaje de las plantas lo que permite el desarrollo de enfermedades debido a la frecuencia con que se hace, lo que implica mayor costo en el uso de pesticidas, además de ser muy afectado por el viento.

##### 2.1.1.3 Riego por microaspersión

El riego por micro aspersión es similar al riego por aspersión, se diferencia en que los emisores son más pequeños, la gota es más pequeña, el diámetro de mojado es más pequeño y requiere de menor presión. Tiene los mismos problemas que el

anterior, aunque en menor grado, requiere menor presión en el emisor, 21 psi, y por ser un riego localizado de relativamente alto caudal, generalmente ocasiona mucha concentración de agua en el tallo de los árboles, lo que ocasiona gastos extra por el uso de pesticidas.

#### 2.1.1.4 Riego por goteo

Es un sistema donde el agua es conducida desde la fuente hasta el área radicular del cultivo por tuberías de cloruro de polivinilo (pvc) y de polietileno para ser entregada en forma de gotas. El riego por goteo es un riego de bajo volumen y de alta frecuencia.

El riego por goteo no es influenciado por el viento, requiere presiones de 14 psi para goteros convencionales y de 8.4 a 46 psi para goteros auto regulados. Un sistema de goteo está conformado por: bombeo, filtros, tuberías de conducción, válvulas y goteros.

##### 2.1.1.4.1 Bombeo

Cuando el agua no está presurizada por la gravedad, se utiliza el sistema de bombeo, que consiste en una máquina capaz de impulsar el agua desde un punto hacia otro. Existen muchas clases de sistemas de bombeo y los motores que mueven las bombas pueden ser accionados por combustible o por energía eléctrica.

##### 2.1.1.4.2 Filtros

Es un conjunto de elementos que tienen la función de interceptar las partículas en suspensión en el agua de riego, que podrían obstruir los goteros. Existen filtros de malla, de grava y de anillos, así como combinaciones de los mismos. El filtro que se utiliza depende de la fuente de agua.



#### 2.1.1.4.3 Tuberías de riego

Constituida por todos los conductos que permiten transportar agua. Las más comunes son las de cloruro de polivinilo, PVC por sus siglas en inglés y las de polietileno.

#### 2.1.1.4.4 Válvulas

Pueden ser válvulas sectorizadoras y válvulas de aire, así como reguladoras de presión, de alivio y válvulas de cheque.

#### 2.1.1.4.5 Goteros

Son los emisores por los que el agua, debido al diseño de los mismos, sale en forma de gotas. Los goteros pueden ser integrales, que son los que están soldados en el interior de la tubería o manguera de polietileno y de inserción que son los que se colocan en una manguera sin perforar, denominada manguera "ciega". Los goteros integrales y los de inserción pueden ser convencionales o auto compensados. Para ambos casos existen de diferentes caudales.

### 2.1.2 Diseño agronómico

Constituido por todos los elementos iniciales que se deben considerar previo al diseño hidráulico de un sistema de riego.

#### 2.1.2.1 Fuente de agua

La fuente de agua puede ser un río, una laguna, un pozo mecánico, un pozo somero, una represa o cualquier otro cuerpo de agua que no sea el mar. Para elegir o evaluar la fuente de agua se consideran 2 aspectos fundamentales. La calidad del agua y el caudal.

### 2.1.2.2 Evapotranspiración

Es la suma de la evaporación y de la transpiración de las plantas; se mide en milímetros. El objetivo de conocerla es devolver al cultivo lo que ha perdido de agua por éste factor pues varía con la ubicación geográfica y la climatología del lugar de establecimiento del mismo.

### 2.1.2.3 Lámina de riego

Se refiere a la cantidad de agua que se aplica a los cultivos. La lámina se expresa en mm, donde 1 mm es igual a 1 L/m<sup>2</sup>.

#### 2.1.2.3.1 Lámina neta de riego

Es la cantidad de agua que se devolverá al cultivo como consecuencia de la evapotranspiración, también se mide en milímetros.

#### 2.1.2.3.2 Frecuencia de riego

Es el tiempo que transcurre entre un riego y otro. Está determinado por factores como la textura de suelo, edad de la planta, sistema radicular, condiciones climáticas. La unidad de medida son días.

#### 2.1.2.3.3 Lámina bruta de riego

Es la totalidad de agua que se debe aplicar en cada riego. Se obtiene de multiplicar la lámina neta de riego por la frecuencia de riego y el resultado dividirlo entre la eficiencia del sistema de riego. En el riego por goteo se estima una eficiencia no menor al 99 %. Esta lámina también se mide en mm.

#### 2.1.2.4 Caudal demandado por el sistema

Es la cantidad de agua por unidad de tiempo necesaria para que el sistema funcione. Éste se determina multiplicando el número de emisores funcionando a la vez por el caudal de los mismos o se puede establecer dividiendo en volumen total diario requerido, entre el número de horas de riego.

#### 2.1.3 Diseño hidráulico

Es la distribución en que irá instalada la tubería y los emisores. Para poder realizarlo, se necesita conocer: la plani-altimetría del lugar, la línea de conducción, el diseño del sistema dentro del área cultivada, los cálculos hidráulicos del sistema, el tamaño del equipo de bombeo, la frecuencia de riego y el calendario de riego.

##### 2.1.3.1 Topografía

Es la representación gráfica de las dimensiones y el relieve del área de cultivo. Permite determinar longitud de la tubería y diferencia de nivel entre la fuente de agua y los emisores.

##### 2.1.3.2 Trazo de la conducción

Se refiere a los lugares donde pasará la tubería y el diámetro y resistencia adecuada para la misma.

##### 2.1.3.3 Diseño parcelario

Es el que indica las dimensiones de cada parcela o sector de riego, así como donde se instalará cada tubería de distribución y los emisores, para éste caso, goteros.

#### 2.1.3.4 Memoria hidráulica

Es el procedimiento para establecer las pérdidas de carga por fricción desde la fuente hasta los emisores. Esta información permite establecer la diferencia de nivel necesaria en la fuente si es riego presurizado por gravedad.

#### 2.1.3.5 Necesidad de bombeo

Cuando los emisores están más altos que la fuente de agua, hay que sumar la diferencia de nivel a las pérdidas de carga. Con ésta información se puede establecer la capacidad del bombeo necesario.

#### 2.1.3.6 Obras de infraestructura

También llamada obra civil, que es donde se agrupan la caseta de protección para el bombeo y los filtros, los pasos aéreos cuando son necesarios, presas y todo lo relacionado con la construcción.

#### 2.1.3.7 Calendario de riego

Consiste en establecer que sectores, de acuerdo al diseño parcelario, se regarán cada día y en que horario. El calendario es determinado por el caudal disponible, ya sea por gravedad o la capacidad del bombeo.

## **2.2 Marco referencial**

### 2.2.1 Localidades con sistemas de riego instalados para cultivo de cítricos

Se han diseñado, instalado, operado y dado mantenimiento a sistemas de riego por goteo en cultivo de limón en múltiples localizaciones en la república de Guatemala: Masagua, Escuintla; Puerto de San José, Escuintla; Fray Bartolomé de Las Casas, Alta Verapaz, Chiquimulilla, Santa Rosa; Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa; Guzacapan, Santa Rosa; Fraijanes, Guatemala; Retalhuleu,

Retalhuleu; Nuevo San Carlos, Retalhuleu; Santa Bárbara, Suchitepéquez; Guastatoya, El Progreso; San Agustín Acasaguastlan, El Progreso; El Júcaro, El Progreso; Salamá, Baja Verapaz; Esquipulas, Chiquimula; Chiquimula, Cabecera; El Palmar, Quetzaltenango; Melchor de Mencos, Petén; Teculután, Zacapa; Huité, Zacapa.

### 2.2.2 Ubicación geográfica del lugar seleccionado para documentar la instalación del sistema de riego por goteo en cítricos.

Para efectos de ésta sistematización, nos referiremos a lugar seleccionado para documentar la experiencia en el diseño, instalación, operación y mantenimiento del sistema de riego por goteo, aplicado en el cultivo de limón (*Citrus limón* L.).

La localidad seleccionada es la plantación de Zitrone, ubicada en las coordenadas 14°54'31" latitud norte y 89°59'38" a 300 m s.n.m., en el kilómetro 86 de la carretera que conduce de la Villa del Rancho, en San Agustín Acasaguastlan hacia El Júcaro, del departamento de El Progreso (figuras 1 y 2); cuya zona de vida, según la clasificación de Holdridge es un Boque Espinoso Subtropical (1).

### 2.2.3 Antecedentes del uso del riego en cítricos

Previo a la tecnificación del uso del riego, a nivel de goteo, los agricultores instalaban una manguera en el surco de árboles del cultivo, para aplicar suficiente cantidad de agua, que cubriera la demanda del cultivo. A pesar de ello, la plantación de limón no fructificaban lo que se esperaba, circunstancia que afectaba la producción obtenida, durante la cosecha.



Fuente: Google maps, 2017.

Figura 1. Mapa de la ubicación geográfica de la plantación de Zitrone.



Fuente: Google maps, 2017.

Figura 2. Vista aérea de la finca Zitrone, ya delimitada.

Para corregir esta baja producción, se instalaron mangueras a cada lado del surco, práctica que provocó un cambio notorio en el aumento de la producción; pero ocasionaba pérdidas de agua de los goteros que quedaban entre un árbol y otro (opinión de los agricultores).

Con base en estas experiencias y con la finalidad de hacer más eficiente y eficaz el uso de los recursos, se adoptó el método de la semi circunferencia o “cola de ratón”, también llamado “cola de coche” (figuras 3 y 4). Este método, consiste en una sección de manguera con goteros que rodea el árbol, con el objetivo de humedecer las raíces desde el “área de goteo” hacia adentro. Se le denomina área de goteo a la que está desde el tallo del árbol hasta donde llegan las ramas laterales del mismo.

Esta experiencia se documentó en las fincas: Zitrone, con 10.5 ha de cultivo, propiedad de la empresa del mismo nombre, ubicada en San Agustín Acasaguastlan, El Progreso; El Limón, con 70 ha de cultivo, propiedad de Citrex, S.A, ubicada en la aldea Las Ovejas, El Jícaro, El Progreso; finca Panamá, con 210 ha de cultivo, propiedad de Agropecuaria Atitlan, en Santa Bárbara, Suchitepéquez; finca San Damian, con 84 ha de cultivo, propiedad de Vimad, S.A., ubicada en la aldea San Miguel Las Flores, Masagua, Escuintla.

Actualmente, es el método más utilizado, siendo adoptado inicialmente por las fincas Panamá, El Limón y San Damián.



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 3. Fotografía de riego por goteo por media circunferencia o cola de ratón





Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 4. Fotografía de riego por goteo por media circunferencia o cola de ratón

### **3. OBJETIVOS**

#### 3.1 Objetivo general

Documentar las experiencias en la aplicación de riego por goteo en limón (*Citrus limón* L.), desde el diseño hasta el mantenimiento del sistema y el correspondiente análisis financiero

#### 3.2 Objetivos específicos

1. Elaborar un documento que contenga el diseño, instalación, operación y mantenimiento de un sistema de riego por goteo en el cultivo de limón.
2. Documentar las experiencias de los usuarios del sistema de riego por goteo, aplicado al cultivo de limón.
3. Documentar el análisis financiero del cultivo de limón, bajo riego por goteo, desde la inversión realizada, hasta el cálculo de utilidades.

## 4. METODOLOGIA

Desde el año 2000 se ha realizado el diseño, instalación, operación y mantenimiento de sistemas de riego por goteo en el cultivo de limón, acorde a dicha experiencia, la metodología consistirá en:

### 4.1 Diseño de un sistema de riego por goteo en el cultivo de limón

Para diseñar un sistema de riego por goteo para el cultivo de limón es necesario considerar los aspectos siguientes:

#### 4.1.1 Diseño agronómico

##### 4.1.1.1 Fuente de agua

##### 4.1.1.1.1 Calidad del agua

Para el proyecto que se está documentando, se utiliza agua de un pozo somero que ya existe en el terreno. Con ayuda de una cuerda y un objeto pesado se sumergió en el agua del pozo un recipiente plástico con capacidad para 2 L. Se hizo el mismo procedimiento 2 veces para enjuagar el envase en el agua del pozo. Posteriormente se llenó el recipiente, se envolvió con papel periódico, se introdujo en una bolsa plástica de color negro y se envió al laboratorio de agua y suelos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

##### 4.1.1.1.2 Caudal de la fuente

Se hizo un aforo por el método volumétrico con la ayuda dos bombas eléctricas que el propietario tiene instaladas en el sistema. Éstas 2 bombas están adentro del pozo, a 3 m sobre el nivel del agua, trabajan simultáneamente y descargan su producción en un tubo de 3". Se colocó un recipiente de 1,000 L en el punto donde está el reservorio para el agua que se utiliza para riego, para recibir el agua que sale del tubo, se hicieron 5 repeticiones. Posteriormente se hicieron también 3 repeticiones en diferentes días del tiempo de llenado del reservorio que en el

interior mide 7 m de ancho por 9 m de longitud por 1.3 m de profundidad, para un total de 81.9 m<sup>3</sup>.

#### 4.1.1.2 Evapotranspiración

Se determinó por el método de Blaney & Criddle, utilizando los datos de la estación Morazán que se encuentra a 16 km de la finca Zitrone y tiene un clima muy similar al de ésta.

#### 4.1.1.3 Lámina de riego

##### A. Lámina de riego neta

Es igual a la lámina de evapotranspiración determinada por el método de Blaney & Criddle, que permitió conocer la máxima evapotranspiración durante determinado mes del año.

##### B. Lámina bruta de riego

Se obtuvo multiplicando la lámina neta de riego por 1 que es el número de días de la frecuencia de riego y el resultado se dividió entre la eficiencia de aplicación que para el riego por goteo es del 99 %.

#### 4.1.1.4 Frecuencia de riego

Los riegos se hacen diarios, por lo que en cada riego solo se aplica lo que se evapotranspiró en el día anterior, cuando no ha habido precipitación pluvial o ésta ha sido menor a la evapotranspiración.

#### 4.1.1.5 Caudal demandado por el sistema

Se obtuvo multiplicando el caudal del gotero por el número de goteros que estarán funcionando simultáneamente.

#### 4.1.2 Diseño hidráulico

##### 4.1.2.1 Fuente de agua

###### A. Calidad del agua

En ésta parte del proceso se corroboró lo que se estableció durante el diseño agronómico, se confirmó que la calidad del agua es apropiada para el riego.

###### B. Caudal de la fuente

Al igual que en el proceso anterior se corroboró lo que se estableció en el Diseño Agronómico. Se confirmó que la fuente cuenta con el agua suficiente para abastecer a la plantación.

##### 4.1.2.2 Levantamiento plani-altimétrico del área de cultivo

Para hacer un diseño correcto, es necesario conocer las dimensiones y las diferencias de nivel entre el bombeo y el emisor más alto y el más bajo en la plantación.

Se utilizó un equipo marca Garmin modelo 62s (figura 5), con Sistema de Posicionamiento Global –GPS-, para tomar puntos en cada vértice del terreno y el punto del reservorio de agua.

Estos puntos se descargaron en una computadora con el programa Map Source. Posteriormente se procesan con auxilio de los programas Excel y Surfer 7.0 para posteriormente, el archivo con extensión “dxf”, se exportó al programa Autocad, donde se convierte a extensión “dwg” y se procede a dibujarlo a escala para obtener las medidas reales del área delimitada por los puntos tomados con el gps.

Éste procedimiento permite obtener un plano con dimensiones y curvas a nivel.



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 5. Fotografía de GPS marca Garmin

#### 4.1.2.3 Trazo de la conducción

Con el plano topográfico se hizo el diseño por donde debe y puede pasar la tubería, de manera que sea funcional y lo más estéticamente posible. En ésta etapa del diseño es cuando se define el diámetro de la tubería, tomando el criterio de no tener velocidades mayores a 2.0 m/s en la tubería, para que el agua tenga un flujo laminar y no flujo turbulento que incrementa las pérdidas de carga por fricción del agua con la tubería. Velocidades de flujo menores a 0.5 m/s, ocasionan sedimentación cuando el agua transporta sólidos en suspensión.

La rapidez “V” del flujo de agua en la tubería, se determina con la ecuación de Hazen Williams siguiente:

$$V = 0.8494 * C * R^{0.63} * S^{0.54}$$

Donde:

V = Rapidez del agua en la tubería (m/s)

R = Radio hidráulico (m)

S = Pérdida de carga (energía) por unidad de longitud

C = Coeficiente de rugosidad de la tubería

Los valores de "C", dependen del material de la tubería que lo conduce y del tiempo que esta tubería lleva en uso. Se utilizan estos valores, sin considerar el tiempo de uso:

- 90 para tubos de acero soldado.
- 100 para tubos de hierro fundido.
- 150 para tubos de PVC.
- 150 para tubos de PRFV.
- 128 para tubos de fibrocemento.
- 150 para tubos de polietileno de alta densidad.

Se puede simplificar la ecuación anterior, con un resultado bastante aproximado usando la ecuación siguiente:

$$V = Q / D$$

Donde:

V = Rapidez de flujo (m/s)

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/h)

D = Diámetro interior (m)

#### 4.1.2.4 Diseño Parcelario

Con el plano topográfico se conocieron las dimensiones de la plantación y de acuerdo al marco de siembra, se pudo establecer cuántos árboles hay en total en la plantación. La orientación de los surcos es norte a sur.

Con el objetivo de pagar únicamente 2 operadores de riego, se decidió dividir la plantación en 2 secciones o turnos de riego.

#### 4.1.2.5 Memoria hidráulica

Las pérdidas de carga por fricción, en metros columna de agua (m c.a.), se determinaron utilizando la ecuación de Hazen-Williams que se presenta a continuación

$$H_f = 10.67 * \left( \frac{Q}{C} \right)^{1.852} * \frac{L}{D^{4.87}}$$

Donde:

H <sub>f</sub>	=	Pérdidas de carga por fricción (m c.a.)
Q	=	Caudal en (m <sup>3</sup> /s)
C	=	Coeficiente de rugosidad del material de la tubería según tabla
L	=	Longitud del tramo de tubería (m)
D	=	Diámetro interior de la tubería (m)

#### 4.1.2.6 Necesidad de bombeo

La sumatoria de las pérdidas de carga por fricción del agua adentro de la tubería, expresada en metros de columna de agua (m c.a.), las pérdidas de carga en los filtros, las pérdidas en los accesorios, la presión de operación de los emisores es mayor a la diferencia de nivel entre el reservorio y los goteros en el punto más alto de la plantación, al igual que en la mayoría de los goteros.

Lo anterior indicó que se necesitó un sistema de bombeo capaz de producir esa sumatoria de carga en el punto donde está la fuente de agua, es decir dónde está el reservorio de agua. Para estimar la potencia del bombeo se utilizó la ecuación siguiente:



$$P = ((Q * H_d) / (2.7 * E_f)) * F_s$$

Donde:

P	=	Potencia del motor (hp)
Q	=	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
H <sub>d</sub>	=	Carga dinámica total (m c.a.)
E <sub>f</sub>	=	Eficiencia de la bomba
F <sub>s</sub>	=	Factor de servicio

#### 4.1.2.7 Obras de infraestructura

Para instalación y protección del sistema de bombeo y de filtros, se utilizó un espacio que anteriormente se utilizaba como bodega. Está circulado con malla de alambre galvanizado, con piso de cemento y techo de lámina que está contiguo al reservorio.

#### 4.1.2.8 Calendario de riego

Debido a que el total de la plantación de limón es factible de regarse en 2 partes, se hizo un calendario de riego con únicamente 2 turnos de 6.3 horas cada uno.

#### 4.2 Análisis Financiero del cultivo de limón, bajo un sistema de riego por goteo

Se hará un análisis calculando el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y la relación beneficio / costo (B/C).

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Diseño de sistema de riego por goteo en el cultivo de limón

#### 5.1.1 Diseño agronómico

##### 5.1.1.1 Fuente de agua

###### A. Calidad del agua

La calidad del agua es C2S1. Agua de salinidad media y baja probabilidad que el sodio altere las propiedades físicas del suelo. Reacción ligeramente alcalina. (cuadro 1)

Cuadro 1. Resultado de análisis de agua.

Procedencia	Pozo somero
Identificación	08-155
PH	7.43
conductividad eléctrica uS/Cm	527
Sólidos en solución PPM	
Suma de cationes Meq/l	5.415
Suma de aniones Meq/l	5.492
Calcio Meq/l	2.869
Magnesio Meq/l	2.42
Sodio Meq/l	0.115
Potasio Meq/l	0.011
Carbonatos Meq/l	0.692
Bicarbonatos Meq/l	4.673
Cloruros Meq/l	0.127
Sulfatos	-
% de sodio soluble	2.124
Carbonato de sodio residual	0.076
RAS	0.071
Clase	C2S1

Fuente: Laboratorio de suelos y Agua del MAGA, 2010.

## B. Caudal de la fuente

En las 5 repeticiones, 100 s es el tiempo máximo que tardó en llenarse el recipiente de 1,000 L, lo que indica que ambas bombas operando de manera simultánea extraen del pozo 36 m<sup>3</sup>/h. En las 3 repeticiones de llenado del reservorio de 81.9 m<sup>3</sup>, el mayor tiempo es de 2 h, 16.5 min., que también significa que el caudal es de 36 m<sup>3</sup>/h. Para corroborar abatimiento del pozo se midió la profundidad del espejo de agua en el pozo al inicio, siendo 8 m abajo del brocal y después de 12 h de bombeo, la profundidad del espejo es de 8.95 m abajo del brocal, presentando un abatimiento de 0.95 m entre el inicio y el final del bombeo.

### 5.1.1.2 Evapotranspiración

Se utilizó la información de la estación Morazán del Insivumeh (cuadro 2), para calcular las evapotranspiraciones diarias (cuadro 3), donde puede observarse que la evapotranspiración máxima de los períodos estudiados es 5.4 mm, ocurrida en el mes de mayo de ese año y calculada con el método de Blaney & Criddle.

Para determinar la evapotranspiración mensual se utilizó el cuadro desarrollado por el Plan de Acción Para la Modernización de la Agricultura Bajo Riego, comúnmente llamado Plamar, del Fideicomiso denominada Desarrollo Integral en Áreas con Potencial de Riego y Drenaje del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (cuadro 3)

Cuadro 2. Datos Climatológicos de la estación Morazán\*

AÑO	VARIABLE	MEDIDA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1996	Lluvia	mm	0.5	0.0	12.9	58.1	24.1	242.0	88.2	93.8	141.3	52.6	17.5	0.3	731.3
1997		mm	0.0	1.2	1.0	62.2	87.1	174.9	34.2	120.3	115.6	69.8	20.5	6.3	693.1
1998		mm	0.2	0.2	0.0	113.0	35.9	242.9	71.1	159.4	318.4	79.3	7.4	18.8	1046.6
1999		mm	0.3	2.4	0.2	165.8	142.2	67.8	214.4	133.4	74.6	82.2	69.8	3.1	956.2
2000		mm	2.0	0.7	29.9	3.9	34.2	176.9	147.9	44.9	285.8	101.3	26.7	30.0	884.2
2001		mm	2.0	0.0	0.9	0.2	75.2	125.6	177.3	180.8	136.7	156.2	191.6	3.9	1050.4
2002		mm	0.0	0.5	0.0	6.4	25.0	174.3	88.8	172.9	268.7	214.7	8.6	4.1	964.0
2003		mm	0.8	0.0	0.0	0.0	328.9	230.5	25.1	113.7	229.2	73.1	32.3	1.0	1034.6
2004		mm	7.8	3.1	38.2	0.0	111.2	58.0	80.8	81.4	210.0	71.8	1.1	43.4	706.8
2005		mm	3.6	7.9	0.0	0.2	35.7	86.3	53.5	46.3	221.4	59.4	26.8		541.1
Promedio de Lluvia mensual			4.2	1.6	8.1	43.2	94.8	160.4	91.4	111.3	175.3	93.5	37.7	11.9	833.4
AÑO	VARIABLE	MEDIDA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1996	Temperatura Media Mensual	° C	26.3	27.5	28.2	29.7	30.5	28.8	27.9	27.9	27.5	27.9	26.2	26.1	27.8
1997		° C	24.4	28.4	29.2	30.3	30.0	28.4	29.3	28.3	27.9	28.3	27.1	26.0	28.1
1998		° C	27.0	27.0	29.4	30.0	30.8	29.2	28.3	28.3	27.3	26.6	26.2	26.3	28.0
1999		° C	25.7	26.7	27.9	29.4	28.4	28.9	28.0	26.5	29.0	27.7	25.5	25.8	27.4
2000		° C	26.6	27.1	29.0	31.2	31.4	28.8	28.8	29.2	28.4	27.4	27.8	26.8	28.5
2001		° C	27.6	29.2	29.4	31.0	31.0	29.1	28.3	29.1	20.3	28.4	26.0	26.3	26.3
2002		° C	25.7	26.8	28.1	30.5	31.0	28.6	27.8	28.3	27.3	26.4	22.5	24.8	27.3
2003		° C	25.1	27.0	29.4	30.3	28.8	27.4	28.9	28.0	27.7	26.8	27.6	24.2	27.6
2004		° C	25.2	27.1	27.7	30.2	30.1	28.9	29.2	30.0	28.4	27.3	26.4	26.3	28.0
2005		° C	26.2	26.8	29.4	30.3	30.7	29.9	29.6	29.4	28.5	28.4	26.9		
PROMEDIO			26.1	27.2	29.0	30.3	30.1	28.7	28.6	28.5	27.3	27.5	26.3	25.8	27.9

Fuente: Departamento de Climatología, Insivumeh, 2009.

\*Datos de la estación climatológica Morazán PHCA (No. 12.003.01, INSIVUMEH), tipo C, latitud norte 14°55'74", longitud oeste 90°09'07", elevación: 360 m s.n.m.

Con los datos de la estación Morazán, se utilizó el siguiente procedimiento para calcular la evapotranspiración diaria:

Fi	=	Factores mensuales de uso consuntivo (cm)
	=	$(0.457 * T \text{ } ^\circ\text{C} + 8.13) * P$ , donde P es el porcentaje de insolación mensual para una latitud de 15 grados.
Kt	=	Coeficiente de temperatura = $0.24 + 0.0312 * T \text{ } (^\circ\text{C})$ , donde T( $^\circ\text{C}$ ) es la temperatura media mensual registrada en la estación Morazán
Et	=	Evapotranspiración global = $F_i * K_c * K_t$ , donde Kc es el coeficiente de desarrollo del cultivo (varía según la edad de éste)
K'	=	Suma Et / suma Fi = 1.115
Fc	=	Factor de corrección = $K / K'$ , donde K = es un coeficiente global de ajuste que depende de varios factores, entre ellos, el tipo de cultivo, la humedad del suelo. Para esta zona semiárida y el tipo de cultivo, $K = 0.8$ ; por lo que $F_c = K / K' = 0.8 / 1.15 = 0.72$
ETP	=	Evapotranspiración real del cultivo (mm) = $E_t * F_c$
ETP/día	=	Evapotranspiración diaria real del cultivo (mm)
	=	ETP/días del mes

Los resultados obtenidos con este procedimiento, se ordenan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Cálculo de la evapotranspiración diaria

MES	T (°C)	P	Fi	Kt	Kc	Et	Fc	ETP	ETP/día
ENERO	26.1	7.94	159.26	1.0543	1.00	167.909	0.72	120.43	<b>3.9</b>
FEBRERO	27.2	7.37	151.53	1.0886	1.00	164.962	0.72	118.32	<b>4.2</b>
MARZO	29	8.44	180.47	1.1448	1.00	206.605	0.72	148.18	<b>4.8</b>
ABRIL	30.3	8.45	185.71	1.1854	1.00	220.129	0.72	157.88	<b>5.3</b>
MAYO	30.1	8.98	196.53	1.1791	1.00	231.737	0.72	166.21	<b>5.4</b>
JUNIO	28.7	8.80	186.96	1.1354	1.00	212.286	0.72	152.26	<b>5.1</b>
JULIO	28.6	9.03	191.44	1.1323	1.00	216.769	0.72	155.47	<b>5.0</b>
AGOSTO	28.5	8.83	186.79	1.1292	1.00	210.928	0.72	151.29	<b>4.9</b>
SEPTIEMBRE	27.3	8.27	170.41	1.0918	1.00	186.049	0.72	133.44	<b>4.4</b>
OCTUBRE	27.5	8.26	170.96	1.0980	1.00	187.716	0.72	134.64	<b>4.3</b>
NOVIEMBRE	26.3	7.75	156.16	1.0606	1.00	165.612	0.72	118.78	<b>4.0</b>
DICIEMBRE	25.8	7.88	156.97	1.0450	1.00	164.032	0.72	117.65	<b>3.8</b>
SUMATORIAS			2093.20			2334.734			

Fuente: Plan de Acción Para la Modernización de la Agricultura Bajo Riego del Maga, 2005.

### 5.1.1.3 Lámina de riego

#### A. Lámina neta de riego

Como se puede apreciar en el cuadro 3, la lámina neta máxima es de 5.4 mm, igual a la evapotranspiración máxima, ocurrida durante el mes de mayo.

#### B. Lámina bruta de riego

Esta se calculó, utilizando el siguiente modelo matemático:

$$Lb = (Ln \times Fr) / Ef$$

Donde:

Lb	=	Lámina bruta
Ln	=	Lámina neta
Fr	=	Frecuencia de riego
Ef	=	Eficiencia de aplicación

Sustituyendo los datos correspondientes, se determina la lámina bruta a aplicar, como se muestra a continuación:

$$L_b = (5.4 \times 1) / 0.99$$

$$L_b = 5.4545 \text{ mm}$$

Los 5.4545 mm de lámina bruta, en volumen de agua por unidad de área de terreno, equivalen a:

$$\text{Volumen total/ha} = 5.4545 \times 10,000 = 54,545 \text{ L de agua.}$$

En una hectárea de cultivo hay 357.14 árboles, éste dato se obtuvo dividiendo el área entre la multiplicación de la distancia entre surcos por la distancia entre árboles en el surco. En la finca Zitrone el marco de siembra es 7 m X 4 m, de tal manera que la cantidad de árboles por hectárea, se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Arboles por hectárea} = 10,000 / (7 \times 4) = 357.14$$

Con una distribución homogénea, de los 54,545 L que se aplican a una hectárea de cultivo, a cada árbol corresponden 152.73 L de agua, calculados de la siguiente forma:

$$\text{Litros por árbol} = 54,545 / 357.14 = 152.73$$

#### 5.1.1.4 Frecuencia de riego

Debido a que el suelo en la plantación es arenoso y que el riego por goteo es un riego de alta frecuencia, los riegos se hacen diarios, es decir todas las plantas reciben agua todos los días.

#### 5.1.1.5 Caudal demandado por el sistema

El área de la plantación son 10.5 ha, que equivalen a 105,000 m<sup>2</sup>, que al dividirlo entre 28 (multiplicación del marco de siembra), da como resultado que hay 3,750 árboles en la plantación. Cada árbol tiene 24 goteros y cada gotero con un caudal de 1 L/h, por lo que en cada árbol se están aplicando 24 L/h. De los 3,750 árboles de la plantación, se riegan simultáneamente 1,875 árboles, por lo que el caudal total, demandado por el sistema, es 45,000 L/h; resultado obtenido al multiplicar 1,875 X 24.

#### 5.1.2 Diseño hidráulico

##### 5.1.2.1 Fuente de agua

En el diseño agronómico se determinó que la calidad de la fuente de agua es C2S1, que es un agua de salinidad media y baja probabilidad que el sodio altere las propiedades físicas del suelo. La reacción es ligeramente alcalina, por lo que es adecuada para el riego.

Así mismo se estableció que la cantidad de agua que produce el pozo es mayor que los 572.72 m<sup>3</sup>/día que demanda el proyecto. La bombas del pozo deberán trabajar 15.91 h/día.

La demanda diaria de agua del proyecto se calculó multiplicando la lámina bruta por el área total, tomando en cuenta que 1 mm de lámina es equivalente a 1 L/m<sup>2</sup>.

La demanda diaria = 5.4545 X 105,000 = 572,722.5 L = 572.72 m<sup>3</sup>

##### 5.1.2.2 Levantamientos plani-altimétricos

Los puntos tomados con el GPS se procesaron para obtener datos topográficos del área de estudio, que se presentan en el cuadro 4.



Cuadro 4. Libreta del levantamiento topográfico del área de estudio

No.	GRAD	MIN	SEG	GRAD	MIN	SEG	ALT	X	Y
410	14	54	32.6	89	59	41.6	309	1490905.56	8999488.89
411	14	54	33.0	89	59	40.7	307	1490916.67	8999463.89
412	14	54	33.0	89	59	42.1	308	1490916.67	8999502.78
413	14	54	33.6	89	59	41.6	306	1490933.33	8999488.89
414	14	54	34.2	89	59	42.4	305	1490950.00	8999511.11
415	14	54	32.8	89	59	43.0	306	1490911.11	8999527.78
416	14	54	32.5	89	59	43.8	304	1490902.78	8999550.00
417	14	54	32.4	89	59	44.9	312	1490900.00	8999580.56
418	14	54	32.2	89	59	46.4	308	1490894.44	8999622.22
419	14	54	31.1	89	59	46.7	307	1490863.89	8999630.56
420	14	54	31.1	89	59	47.6	307	1490863.89	8999655.56
421	14	54	29.7	89	59	47.1	306	1490825.00	8999641.67
422	14	54	28.8	89	59	47.5	306	1490800.00	8999652.78
423	14	54	27.6	89	59	47.2	306	1490766.67	8999644.44
424	14	54	25.9	89	59	46.1	307	1490719.44	8999613.89
425	14	54	24.5	89	59	46.9	310	1490680.56	8999636.11
426	14	54	23.9	89	59	46.6	311	1490663.89	8999627.78
427	14	54	23.7	89	59	43.8	308	1490658.33	8999550.00
428	14	54	23.9	89	59	41.6	299	1490663.89	8999488.89
429	14	54	27.1	89	59	43.5	304	1490752.78	8999541.67
430	14	54	27.0	89	59	41.3	295	1490750.00	8999480.56
431	14	54	29.0	89	59	43.6	303	1490805.56	8999544.44
432	14	54	29.2	89	59	42.9	296	1490811.11	8999525.00
433	14	54	28.6	89	59	41.1	293	1490794.44	8999475.00
434	14	54	29.2	89	59	39.8	293	1490811.11	8999438.89
435	14	54	29.3	89	59	41.7	301	1490813.89	8999491.67
436	14	54	30.9	89	59	40.6	291	1490858.33	8999461.11
437	14	54	31.6	89	59	40.8	294	1490877.78	8999466.67
438	14	54	32.4	89	59	39.4	289	1490900.00	8999427.78
439	14	54	33.4	89	59	37.6	288	1490927.78	8999377.78
440	14	54	33.9	89	59	37.5	289	1490941.67	8999375.00
441	14	54	34.5	89	59	36.6	287	1490958.33	8999350.00
442	14	54	34.4	89	59	35.8	296	1490955.56	8999327.78
443	14	54	33.5	89	59	36.6	301	1490930.56	8999350.00
444	14	54	31.5	89	59	37.8	303	1490875.00	8999383.33
445	14	54	29.9	89	59	38.8	292	1490830.56	8999411.11
446	14	54	29.7	89	59	36.2	301	1490825.00	8999338.89
447	14	54	28.8	89	59	34.5	303	1490800.00	8999291.67
448	14	54	28.6	89	59	36.2	302	1490794.44	8999338.89
449	14	54	27.3	89	59	36.0	303	1490758.33	8999333.33
450	14	54	28.8	89	59	36.9	301	1490800.00	8999358.33

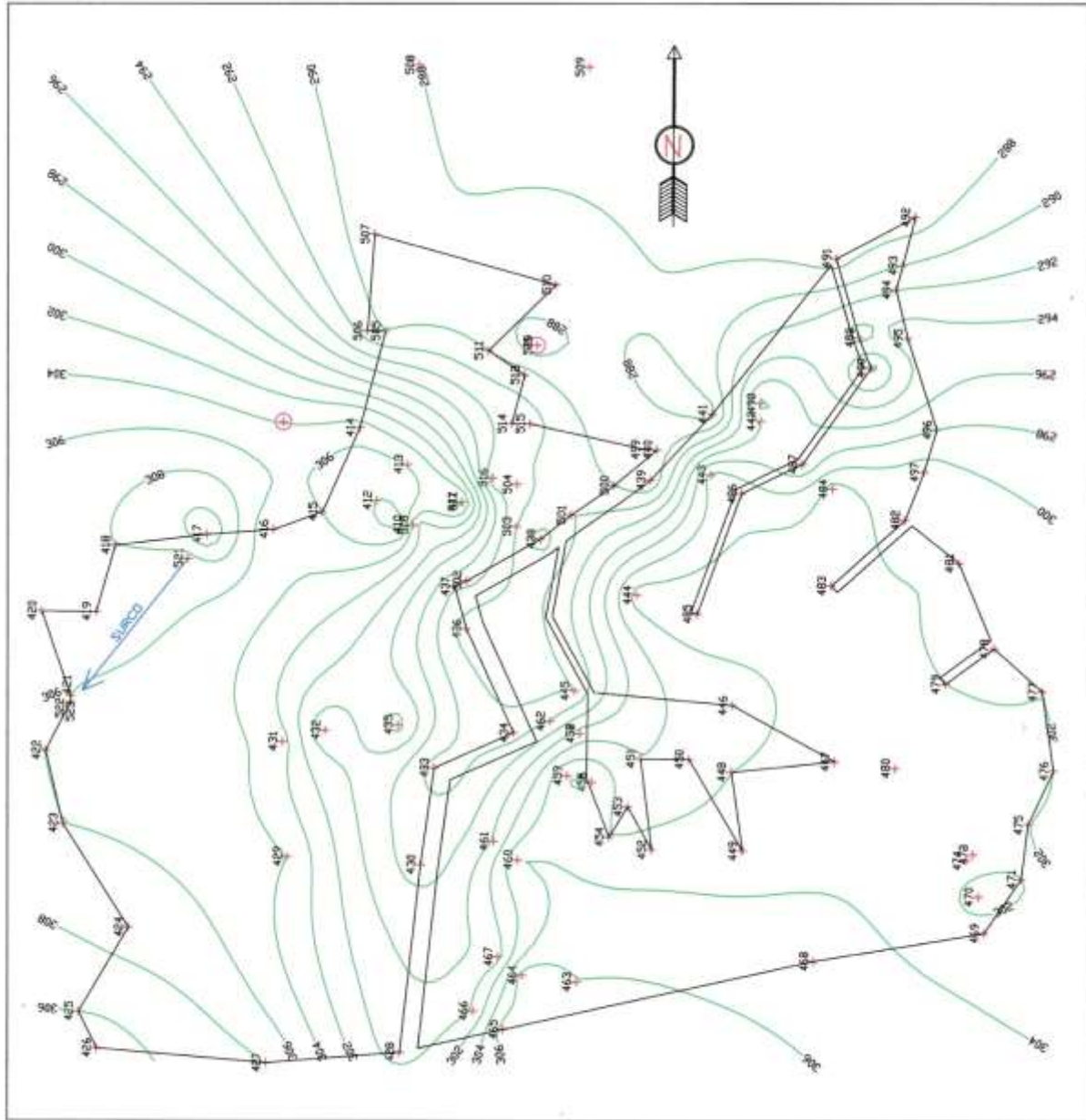
451	14	54	28.8	89	59	37.7	300	1490800.00	8999380.56
452	14	54	27.3	89	59	37.5	303	1490758.33	8999375.00
453	14	54	28.0	89	59	37.9	301	1490777.78	8999386.11
454	14	54	27.5	89	59	38.2	302	1490763.89	8999394.44
455	14	54	28.4	89	59	38.5	304	1490788.89	8999402.78
456	14	54	28.4	89	59	38.5	304	1490788.89	8999402.78
457	14	54	29.2	89	59	38.7	299	1490811.11	8999408.33
458	14	54	29.2	89	59	38.7	299	1490811.11	8999408.33
459	14	54	28.5	89	59	38.9	304	1490791.67	8999413.89
460	14	54	27.1	89	59	39.7	304	1490752.78	8999436.11
461	14	54	27.4	89	59	40.1	298	1490761.11	8999447.22
462	14	54	29.4	89	59	39.2	294	1490816.67	8999422.22
463	14	54	25.1	89	59	38.7	306	1490697.22	8999408.33
464	14	54	25.2	89	59	39.6	307	1490700.00	8999433.33
465	14	54	24.3	89	59	39.9	307	1490675.00	8999441.67
466	14	54	24.6	89	59	40.4	300	1490683.33	8999455.56
467	14	54	25.5	89	59	40.0	299	1490708.33	8999444.44
468	14	54	25.5	89	59	34.8	305	1490708.33	8999300.00
469	14	54	26.0	89	59	32.0	303	1490722.22	8999222.22
470	14	54	26.6	89	59	32.1	301	1490738.89	8999225.00
471	14	54	26.9	89	59	31.4	302	1490747.22	8999205.56
472	14	54	27.3	89	59	32.2	303	1490758.33	8999227.78
473	14	54	27.3	89	59	32.2	303	1490758.33	8999227.78
474	14	54	27.2	89	59	32.3	303	1490755.56	8999230.56
475	14	54	27.8	89	59	31.3	302	1490772.22	8999202.78
476	14	54	28.7	89	59	30.9	302	1490797.22	8999191.67
477	14	54	30.0	89	59	31.1	302	1490833.33	8999197.22
478	14	54	30.7	89	59	31.9	301	1490852.78	8999219.44
479	14	54	30.1	89	59	32.7	302	1490836.11	8999241.67
480	14	54	28.7	89	59	33.5	304	1490797.22	8999263.89
481	14	54	32.1	89	59	32.5	302	1490891.67	8999236.11
482	14	54	32.8	89	59	33.4	301	1490911.11	8999261.11
483	14	54	31.7	89	59	34.6	302	1490880.56	8999294.44
484	14	54	33.3	89	59	34.6	303	1490925.00	8999294.44
485	14	54	31.2	89	59	36.8	303	1490866.67	8999355.56
486	14	54	33.2	89	59	36.1	301	1490922.22	8999336.11
487	14	54	33.7	89	59	35.1	296	1490936.11	8999308.33
488	14	54	35.8	89	59	34.2	295	1490994.44	8999283.33
489	14	54	35.8	89	59	34.2	296	1490994.44	8999283.33
490	14	54	35.3	89	59	34.0	289	1490980.56	8999277.78
491	14	54	37.1	89	59	34.6	287	1491030.56	8999294.44
492	14	54	37.8	89	59	33.3	287	1491050.00	8999258.33
493	14	54	37.0	89	59	33.5	290	1491027.78	8999263.89
494	14	54	36.6	89	59	33.6	292	1491016.67	8999266.67
495	14	54	35.8	89	59	33.4	295	1490994.44	8999261.11
496	14	54	34.3	89	59	32.9	298	1490952.78	8999247.22
497	14	54	33.6	89	59	33.1	301	1490933.33	8999252.78

498	14	54	34.7	89	59	35.8	299	1490963.89	8999327.78
499	14	54	33.9	89	59	37.7	290	1490941.67	8999380.56
500	14	54	33.3	89	59	38.2	290	1490925.00	8999394.44
501	14	54	32.8	89	59	38.9	292	1490911.11	8999413.89
502	14	54	31.7	89	59	40.6	295	1490880.56	8999461.11
503	14	54	32.6	89	59	39.8	292	1490905.56	8999438.89
504	14	54	33.3	89	59	39.8	293	1490925.00	8999438.89
505	14	54	35.8	89	59	42.0	290	1490994.44	8999500.00
506	14	54	35.8	89	59	42.3	291	1490994.44	8999508.33
507	14	54	37.4	89	59	42.2	289	1491038.89	8999505.56
508	14	54	40.2	89	59	41.5	288	1491116.67	8999486.11
509	14	54	40.2	89	59	38.7	287	1491116.67	8999408.33
510	14	54	36.6	89	59	39.2	290	1491016.67	8999422.22
511	14	54	35.5	89	59	40.3	290	1490986.11	8999452.78
512	14	54	35.1	89	59	39.7	291	1490975.00	8999436.11
513	14	54	35.1	89	59	39.7	290	1490975.00	8999436.11
514	14	54	34.3	89	59	39.9	293	1490952.78	8999441.67
515	14	54	34.3	89	59	39.6	293	1490952.78	8999433.33
516	14	54	33.4	89	59	40.2	292	1490927.78	8999450.00
517	14	54	33.0	89	59	40.7	299	1490916.67	8999463.89
518	14	54	32.6	89	59	41.5	301	1490905.56	8999486.11
519	14	54	35.6	89	59	39.5	287	1490988.89	8999430.56
520	14	54	35.6	89	59	39.6	287	1490988.89	8999433.33
521	14	54	32.0	89	59	45.2	307	1490888.89	8999588.89
522	14	54	29.6	89	59	47.1	305	1490822.22	8999641.67
523	14	54	29.6	89	59	47.1	305	1490822.22	8999641.67

Fuente: elaboración propia, 2010.

Con los datos mostrados en el cuadro anterior, se procedió a elaborar el plano topográfico, con datos de altimetría que permiten obtener un plano de curvas a nivel, mismas que se trazaron con ayuda del programa Surfer 7.0 ® .

Dicho plano se exportó como archivo dxf al programa autocad para convertirlo en archivo dwg a la escala correspondiente (figura 6).



Fuente: elaboración propia, 2010.  
 Figura 6. Levantamiento Plani-almétrico

### 5.1.2.3 Trazo de conducción

El trazo de conducción se realizó considerando las condiciones topográficas del área y su geomorfología. La instalación de la tubería se realizó siguiendo este trazo, no existiendo problemas estéticos y funcionales. Los laterales de riego

quedaron con una longitud homogénea, de acuerdo a las condiciones del área cultivada.

En el trazo, se consideró el volumen de agua que fluye dentro de cada lateral, condicionado a ser suministrado a todos los árboles en dicho lateral.

Para calcular el agua que debe fluir en cada lateral se multiplicó el número de árboles que dependen del mismo, por el número de goteros en cada árbol.

El proceso de cálculo inicia considerando el perímetro de la circunferencia de manguera con goteros que rodea al árbol. Generalmente, este perímetro es igual a la distancia entre árboles.

Para la finca Zitrone, se instaló un 20 % más de goteros, con el objetivo que la descarga sea mayor. Debido a las irregularidades topográficas del terreno, se instaló una manguera con goteros auto compensados de 1 L/h a cada 20 cm. En terrenos con muchas irregularidades topográficas, un mismo lateral de riego presenta emisores en partes altas y en partes bajas.

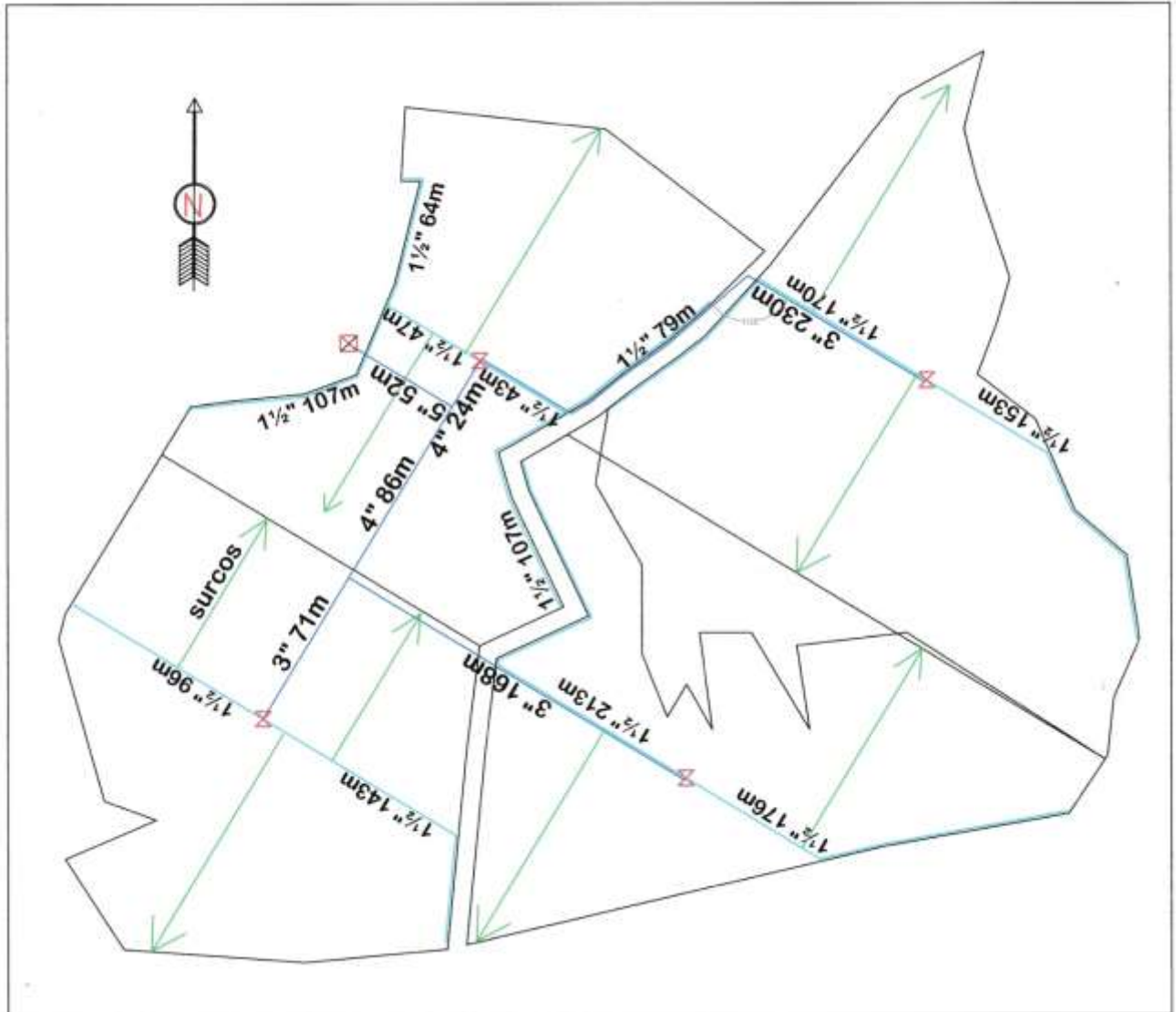
Cada árbol tendrá una semi-circunferencia de 4 m, que es la distancia entre árboles más 20 % solicitados, hacen un total de 4.80 m. Los goteros son de 1 L/h y están a cada 20 cm, por lo que en cada árbol de limón se aplican 24 L/h (figura 7).

#### 5.1.2.4 Diseño parcelario

Para que el agua en los laterales de polietileno fluya a menos de 1.5 m/s es necesario que conduzca un caudal no mayor a los 700 L/h.

Dividiendo el caudal total de 700 L/h por los 24 L/h aplicados en cada árbol, se obtiene una cantidad de 29 árboles que se pueden regar, simultáneamente.

La distancia entre árboles es de 4 m, que al multiplicarlo por 29 árboles da como resultado que los laterales pueden tener una longitud máxima de 116 m. Con ésta información se colocaron las tuberías de PVC, que alimentan a las mangueras de polietileno que, a su vez, surten a las mangueras con goteros (figura 7).



Fuente: elaboración propia, 2010.

Figura 7. Trazo de conducción y diseño parcelario

#### 5.1.2.5 Memoria hidráulica

Se hicieron 2 cálculos de pérdidas totales. Uno, al gotero más lejano de la fuente de agua (cuadro 5) y el otro, al gotero más alto y distante en la plantación (cuadro 6).

Cuadro 5. Memoria hidráulica al gotero más lejano.

Diámetro de Tubería ó Causa de Pérdidas	Caudal (m³/h)	Longitud (m)	Velocidad (m/s)	Hf (Hazen Williams)
Principal 5 in	45	52	1.02	0.38
Secundaria 4 in	22.5	24	0.68	0.10
Secundaria 3 in	22.5	230	1.13	3.22
Distribución 1 ½ in	11.25	170	2.01	5.16
Manguera de Conducción				7.00
Filtro	45			1.50
Válvula Hidráulica	22.5			2.00
Diferencia de Nivel				-2.00
Operación de la manguera				10.00
Carga Dinámica Total				<b>27.36</b>

Fuente: elaboración propia, 2010.

Cuadro 6. Memoria hidráulica a gotero más alto y distante de la plantación.

Diámetro de Tubería ó Causa de Pérdidas	Caudal m³ / h	Longitud (m)	Velocidad (m/s)	Hf (Hazen Williams)
Principal 5"	45	52	1.02	0.38
Secundaria 4"	21.01	86	0.61	0.29
Secundaria 3"	22.91	71	1.05	0.88
Distribución 1 ½"	11.455	142	2.05	4.61
Manguera de Goteo			1.34	7.00
Filtro	45			1.50
Válvula Hidráulica	22.5			2.00
Diferencia de Nivel				2.00
Operación de la manguera				10.00
Carga Dinámica Total				<b>28.66</b>

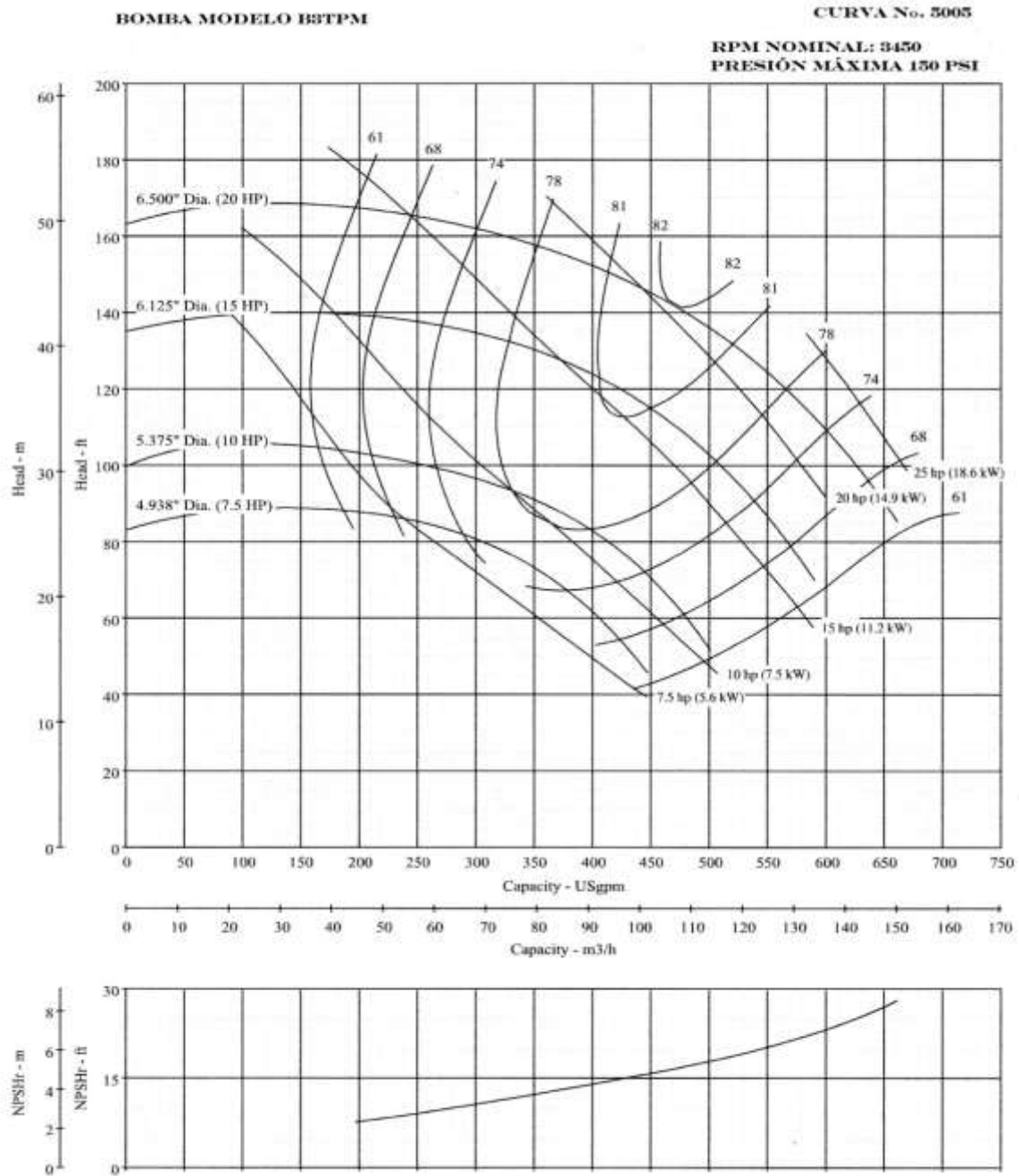
Fuente: elaboración propia, 2010.

#### 5.1.2.6 Necesidad de Bombeo

Luego de determinar la carga dinámica total, se calculó la potencia necesaria de la bomba capaz de impulsar el caudal de 45 m³/h, demandado por el sistema, a una carga hidráulica igual o mayor a los 28.66 m c.a. (metros columna de agua). La potencia "P" de la bomba necesaria (Hp), se calculó así:

$$P = \frac{45 \times 28.66 \times 1.15}{2.7 \times 60} \text{ (Hp)} = 9.16 \text{ Hp}$$

Se instaló una bomba marca Berkeley acoplada a un motor eléctrico Baldor de 10 HP que funciona según lo descrito en la curva 5005 (figura 8).



Fuente: Curvas de Bombas Berkely, Rimogua 2010.  
Figura 8. Curva de Rendimiento de bomba



### 5.1.2.7 Obras de Infraestructura

Para proteger el bombeo y los filtros de los efectos dañinos del sol y la lluvia se colocaron en una estructura ya existente, que a la vez los protege del robo o de daños mecánicos por las personas (figura 9).



Fuente: elaboración propia, 2010.  
Figura 9. Obras de Infraestructura

### 5.1.2.8 Calendario de Riego

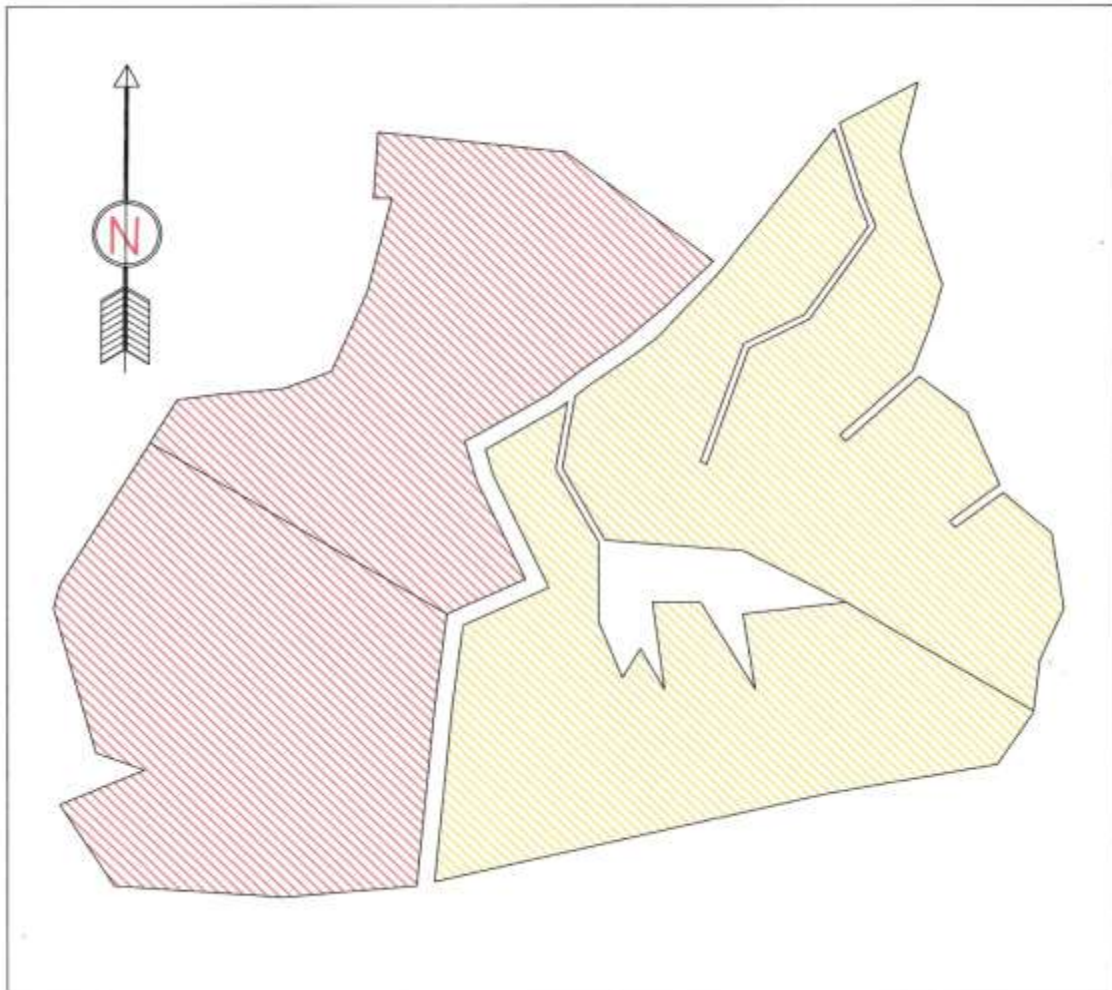
Toda la plantación se riega en 2 turnos de 6.3 horas cada uno y un intervalo de rellenado del reservorio de 1 hora con 45 minutos (cuadro 7).

El área regada en cada turno se aprecia en el Plano de Turnos de Riego que se divide en 2 sectores (figura 10).

Cuadro 7 Calendario de Riego Diario

TURNO	Hora de Inicio	Hora de Finalización
1	6:00	12:18
2	14:10	20:28

Fuente: elaboración propia, 2010.



Fuente: elaboración propia, 2010.

Figura 10. Plano de Turnos de Riego

## 5.2 Análisis Financiero del cultivo de limón que incluye la inversión realizada en el sistema de riego por goteo

Para determinar la rentabilidad del cultivo de limón con instalación de riego por goteo, se realizó el correspondiente análisis financiero que incluye el cálculo de 3 indicadores: el valor actual neto (VAN), el beneficio/costo (B/C) y la tasa interna de retorno (TIR).

### 5.2.1 Costos de Inversión de la instalación del riego por goteo

En el cuadro 8, se presenta un resumen de los costos de inversión derivados de la instalación del sistema de riego por goteo en la plantación de limón.

Cuadro 8 Resumen de los costos de inversión

No.	CONCEPTO	MEDIDA	CANTIDAD	TOTAL
1	EQUIPO DE RIEGO	GLOBAL	1	116,330.43
2	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN SIN ACCESORIOS	GLOBAL	1	17,905.16
3	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN	GLOBAL	2	6,361.88
4	ACCESORIOS	GLOBAL	3	10,666.02
5	EQUIPO DE FILTRADO	BATERÍA	1	5,231.52
6	EQUIPO DE BOMBEO	SISTEMA	1	28,000.00
	MANO DE OBRA NO CALIFICADA PARA ACARREO DE TUBOS, MANGUERA, ETC	GLOBAL	1	4,500.00
7	MANO DE OBRA NO CALIFICADA PARA APERTURA Y CIERRE DE ZANJAS	GLOBAL	1	8,230.00
8	SUPERVISION DE INSTALACIÓN	GLOBAL	1	6,112.00
	<b>TOTAL DEL SISTEMA</b>			<b>203,337.00</b>

Fuente: elaboración propia, 2010.

## 5.2.2 Evaluación Financiera

En este acápite, se presentan los componentes de la inversión financiera: el presupuesto de inversión, el costo de producción del cultivo, el flujo de caja y los indicadores financieros, que permiten determinar la rentabilidad de instalar riego por goteo en la plantación de limón.

### 5.2.2.1 Presupuesto de Inversión

En el cuadro 9, se presentan datos completos del presupuesto de la inversión realizada en la instalación del sistema de riego por goteo en el cultivo de limón.

### 5.2.2.2 Costo de Producción

En el cuadro 10, se muestran los gastos realizados para que la planta produzca la mayor cantidad de frutas con la calidad requerida por el mercado, en los meses donde se obtiene mejores precios.

### 5.2.2.3 Programa de amortizaciones a interés y capital

El financiamiento para la instalación del sistema de riego se obtuvo a través de un préstamo hipotecario con un banco del sistema privado. La tasa de interés anual aplicada al préstamo fue de 18%, con un período de gracia de 5 años para pago de capital, pero con la condicionante de tener el crédito para 9 años; dado el caso de querer pagar todo el capital antes del período estipulado, se deben pagar los intereses del mismo, pues el préstamo goza del período de gracia para pago de capital.

La amortización del préstamo, se realizó a través de pagos únicamente de intereses generados, realizados durante los primeros 4 años, a una tasa de interés del 18% anual. En el quinto año, se pagaron intereses y el primer abono a capital.

Los pagos se realizan de acuerdo a lo mostrado en el cuadro 11.

Cuadro 9 Presupuesto de Inversión

<b>CANTIDAD</b>	<b>MATERIALES Y ACCES. PVC</b>	<b>PRECIO</b>	<b>TOTAL</b>
195	TUBOS PVC 1½" * 100 PSI	Q32.63	Q6,361.88
95	TUBOS PVC 3" * 100 PSI	Q111.16	Q10,560.32
26	TUBOS PVC 4" * 100 PSI	Q184.92	Q4,807.97
9	TUBOS PVC 5" * 100 PSI	Q281.87	Q2,536.87
	ACCESORIOS		Q10,666.02
	<b>SUB TOTAL</b>		<b>Q34,933.05</b>
	<b>EQUIPO DE RIEGO</b>		
21,000	Mts. de manguera Drip Net PC 25, 1.0 L/H c.0.20	Q2.44	Q51,266.25
350	Conectores PVC *16mm	Q3.35	Q1,171.80
3,750	Conectores Tee 16mm	Q2.72	Q10,200.94
3,750	Conectores 16mm * Typhoon	Q2.65	Q9,939.38
14,000	Mts. P.E. 16mm	Q2.48	Q34,720.00
2	Válvulas hidráulicas 2" Baccara	Q581.51	Q1,163.01
2	Válvulas de aire 2" Ari Barak	Q989.06	Q1,978.11
4	Válvulas de aire 2" Ari Emek	Q236.24	Q944.97
	<b>SUB TOTAL</b>		<b>Q111,384.46</b>
	<b>EQUIPO DE FILTRADO</b>		
4	Filtros Arkal 2" Leader 120 mesh	Q828.14	Q2,957.65
8	Válvulas de bola 2" bronce	Q242.31	Q1,730.80
1	Válvula de aire 2" Ari Emek	Q236.24	Q210.93
1	Set manométrico	Q372.00	Q332.14
	<b>SUB TOTAL</b>		<b>Q5,231.52</b>
	<b>EQUIPO FERTIRRIGACION</b>		
1	Inyectora Amiad Mod 4-01	Q4,837.16	Q4,837.16
2	Válvulas de bola ¾" bronce	Q54.41	Q108.81
	<b>SUB TOTAL</b>		<b>Q4,945.97</b>
	<b>MANO DE OBRA</b>		
1,646	Apertura de zanjas	Q3.00	Q4,938.00
1,646	Tapado de zanjas	Q2.00	Q3,292.00
75	Jornales para acarreo de tubos, manguera, etc	Q60.00	Q4,500.00
	<b>SUB TOTAL</b>		<b>Q12,730.00</b>
	<b>SISTEMA DE BOMBEO</b>		
1	Bomba Berkeley modelo B3TPM c/motor eléctrico	Q28,000.00	Q28,000.00
	<b>SUB TOTAL</b>		<b>Q28,000.00</b>
	<b>INSTALACIÓN</b>		
1	Asesoría en la instalación y puesta en marcha	Q6,112.00	Q6,112.00
	<b>SUB TOTAL</b>		<b>Q6,112.00</b>
	<b>TOTAL</b>		<b>Q203,337.00</b>

Fuente: elaboración propia, 2010.

Cuadro 10 Costo de producción de 1 manzana de limón con riego

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	MONTO TOTAL
<b>I. COSTO DIRECTO</b>					21,705.00
1. Arrendamiento de la tierra	Mz	1	1,000.00	1,000.00	1,000.00
2. Mano de obra					14,580.00
Preparación de la tierra	Jornal	0	60.00	0.00	
Siembra y fertilización	Jornal	0	60.00	0.00	
Primera limpia	Jornal	6	60.00	360.00	
Segunda limpia	Jornal	6	60.00	360.00	
Podas	Jornal	12	60.00	720.00	
Control fitosanitario	Jornal	24	60.00	1,440.00	
Aplicación de riego	Jornal	150	60.00	9,000.00	
Cosecha	Jornal	30	60.00	1,800.00	
Clasificación y empaque	Jornal	15	60.00	900.00	
3. Insumos					6,125.00
Semilla	árbol	0	15.00	0.00	
Desinfectante de suelo	qq	0	200.00	0.00	
Insecticidas					
Sistémico	lts	3	85.00	255.00	
Contacto	lts	3	280.00	840.00	
Fungicidas	lb	24	70.00	1,680.00	
Adherente	lts	5	30.00	150.00	
Fertilizantes					
15-15-15	qq	10	180.00	1,800.00	
Orgánico	qq	20	40.00	800.00	
Foliales	lts	10	60.00	600.00	
4. Otros costos					
Gastos de venta (transporte)	qq	0			0.00
<b>II. COSTO INDIRECTO</b>					5,220.75
1. Cuota patronal IGSS (s/M.O.)	Porcentaje	10.50%	14,580.00	1,530.90	
2. Financieros (s/C.D. X 4 meses)	Porcentaje	21.00%	21,705.00	1,519.35	
3. Administración (s/C.D.)	Porcentaje	5.00%	21,705.00	1,085.25	
4. Imprevistos (s/C.D.)	Porcentaje	5.00%	21,705.00	1,085.25	
<b>III. COSTO TOTAL POR MANZANA</b>					26,925.75
Producción	qq	400.00			
<b>IV.COSTO UNITARIO</b>	qq				67.31
<b>V.INGRESO VENTA DE PRODUCCIÓN</b>	qq	400.00	150.00		60000.00
<b>VI.INGRESO NETO</b>					33,074.25
<b>VII.RENTABILIDAD</b>					122.84%

Fuente: elaboración propia, 2010.

Cuadro 11 Programa de pagos de intereses y capital

AÑO	CAPITAL	AMORTIZACIÓN	INTERES	TOTAL
2011	203,337.00		36,600.66	36,600.66
2012	203,337.00		36,600.66	36,600.66
2013	203,337.00		36,600.66	36,600.66
2014	203,337.00		36,600.66	36,600.66
2015	203,337.00	40,667.40	36,600.66	77,268.06
2016	162,669.60	40,667.40	29,280.53	69,947.93
2017	122,002.20	40,667.40	21,960.40	62,627.80
2018	81,334.80	40,667.40	14,640.26	55,307.66
2019	40,667.40	40,667.40	7,320.13	47,987.53
	0.00		<b>256,204.62</b>	<b>459,541.62</b>

Fuente: elaboración propia, 2010.

### 5.2.2.3 Flujo de caja

Conociendo los costos de producción y el programa de pagos, se puede estimar un flujo de caja. Para dicho flujo, considerando que cuando el riego se instaló los árboles ya tenían 2 años de sembrados, se estima que los árboles produjeron un promedio de 100 frutos cada uno el primer año, el segundo año un promedio de 250, el tercer año 500, el cuarto año 1,000 y del quinto en adelante 1,500. Se estima que se pueden obtener hasta 1,700 frutos por árbol; por lo que, para el análisis financiero, se consideraron un máximo promedio de 1,500 frutos por árbol y un promedio de 600 frutos/qq.

El flujo de caja, basado en el precio promedio de venta de Q. 150.00/qq, se presenta en el cuadro 12.

Cuadro 12. Flujo de caja

CONCEPTO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9
<b>INGRESOS:</b>	<b>0.00</b>	<b>93,750.00</b>	<b>234,375.00</b>	<b>468,750.00</b>	<b>937,500.00</b>	<b>1,406,250.00</b>	<b>1,406,250.00</b>	<b>1,406,250.00</b>	<b>1,406,250.00</b>	<b>1,406,250.00</b>
Venta del Producto	0.00	93,750.00	234,375.00	468,750.00	937,500.00	1,406,250.00	1,406,250.00	1,406,250.00	1,406,250.00	1,406,250.00
<b>EGRESOS</b>	<b>203,337.00</b>	<b>480,486.91</b>	<b>480,486.91</b>	<b>480,486.91</b>	<b>480,486.91</b>	<b>480,486.91</b>	<b>473,166.78</b>	<b>465,846.65</b>	<b>458,526.51</b>	<b>451,206.38</b>
Inversión	203,337.00									
Operación y Mantenimiento		40000.00	40000.00	40000.00	40000.00	40000.00	40000.00	40000.00	40000.00	40000.00
Costos de producción agrícola		403,886.25	403,886.25	403,886.25	403,886.25	403,886.25	403,886.25	403,886.25	403,886.25	403,886.25
Pago de intereses por deuda		36,600.66	36,600.66	36,600.66	36,600.66	36,600.66	29,280.53	21,960.40	14,640.26	7,320.13
Pago de capital										
DISPONIBILIDAD BRUTA	<b>203,337.00</b>	<b>-386,736.91</b>	<b>-246,111.91</b>	<b>-11,736.91</b>	<b>457,013.09</b>	<b>925,763.09</b>	<b>933,083.22</b>	<b>940,403.35</b>	<b>947,723.49</b>	<b>955,043.62</b>
PAGO DE CAPITAL						40,667.40	40,667.40	40,667.40	40,667.40	40,667.40
DISPONIBILIDAD NETA				<b>-11,736.91</b>	<b>457,013.09</b>	<b>885,095.69</b>	<b>892,415.82</b>	<b>899,735.95</b>	<b>907,056.09</b>	<b>914,376.22</b>
<b>Superavit/Déficit acumulado</b>	<b>203,337.00</b>	<b>-590,073.91</b>	<b>-836,185.82</b>	<b>-847,922.73</b>	<b>-390,909.64</b>	<b>534,853.45</b>	<b>1,467,936.67</b>	<b>2,408,340.03</b>	<b>3,356,063.51</b>	<b>4,311,107.13</b>

Fuente: elaboración propia, 2010.

El costo de Operación y mantenimiento comprende:

Energía para bomba en reservorio	=	Q. 4,110.90/mes X 5 meses	=	Q. 20,554.50
Energía para bombas	=	Q. 2,650.80/mes X 5 meses	=	Q. 13,254.00
Total energía eléctrica al año	=	Q. 33,808.50		
Otros gastos	=	<u>Q. 6,191.50</u> (Pintura, mantenimiento a bombas, limpieza a pozo)		
Total operación y mantenimiento	=	Q. 40,000.00		



### 5.2.2.4 Indicadores Financieros

Se calcularon 3 indicadores financieros: el valor actual neto (VAN), el beneficio/costo (B/C) y la tasa interna de retorno (TIR), mismos que se muestra en el cuadro 13.

Cuadro 13. Indicadores financieros

costos originales	Costos	Ingresos originales	Ingresos	Ingresos Netos	Actualización al 18.00%				Actualización al 40.24%			
					Factor	Costos Actualiz.	Ingresos Actualiz.	Beneficio Neto	Factor	Costos Actualiz.	Ingresos Actualiz.	Beneficios Netos
203,337.00	203,337.00	0.00	0.00	-203,337.00	1.00000	203,337.00	0.00	-203,337.00	1.00000	203,337.00	0.00	-203,337.00
480,486.91	480,486.91	93,750.00	93,750.00	-386,736.91	0.84746	407,192.30	79,449.15	-327,743.14	0.71307	342,619.79	66,850.12	-275,769.67
480,486.91	480,486.91	234,375.00	234,375.00	-246,111.91	0.71818	345,078.22	168,324.48	-176,753.74	0.50847	244,311.17	119,171.68	-125,139.50
480,486.91	480,486.91	468,750.00	468,750.00	-11,736.91	0.60863	292,439.17	285,295.72	-7,143.45	0.36257	174,210.45	169,954.99	-4,255.46
480,486.91	480,486.91	937,500.00	937,500.00	457,013.09	0.51579	247,829.80	483,552.07	235,722.27	0.25854	124,223.88	242,378.90	118,155.02
480,486.91	480,486.91	1,406,250.00	1,406,250.00	925,763.09	0.43711	210,025.26	614,684.84	404,659.58	0.18435	88,580.06	259,248.92	170,668.86
473,166.78	473,166.78	1,406,250.00	1,406,250.00	933,083.22	0.37043	175,275.90	520,919.35	345,643.45	0.13146	62,201.31	184,862.08	122,660.77
465,846.65	465,846.65	1,406,250.00	1,406,250.00	940,403.35	0.31393	146,240.92	441,457.08	295,216.15	0.09374	43,667.58	131,819.22	88,151.63
458,526.51	458,526.51	1,406,250.00	1,406,250.00	947,723.49	0.26604	121,985.55	374,116.17	252,130.62	0.06684	30,648.66	93,996.05	63,347.39
451,206.38	451,206.38	1,406,250.00	1,406,250.00	955,043.62	0.22546	101,727.22	317,047.60	215,320.38	0.04766	21,505.68	67,025.57	45,519.89
<b>4,454,517.87</b>	<b>4,454,517.87</b>	<b>8,765,625.00</b>	<b>8,765,625.00</b>	<b>4,311,107.13</b>		<b>2,251,131.33</b>	<b>3,284,846.45</b>	<b>1,033,715.12</b>		<b>1,335,305.60</b>	<b>1,335,307.52</b>	<b>1.92</b>

<b>VAN</b>	<b>1,033,715.12</b>
<b>REL B/C</b>	<b>1.46</b>
<b>TIR</b>	<b>40.24%</b>

## 6. CONCLUSIONES

1. Al diseñar un sistema de riego, previo al diseño hidráulico, se hizo un diseño agronómico, que permitió conocer la calidad, caudal y disponibilidad total de agua para irrigación. A través de los años, se han encontrado sistemas de riego con aguas de calidades no adecuadas para riego, y los agricultores por razones principalmente económicas no practican el tratamiento de agua o el mantenimiento a los sistemas de riego, con la consecuencia la obstrucción de los goteros. También se han encontrado sistemas de riego con goteros obstruidos debido a que los usuarios no drenan las puntas de las mangueras de goteo. En la finca seleccionada para el presente informe, la calidad de agua es C2S1, que es adecuada para el riego. También la disponibilidad total de agua es suficiente para regar todos los días toda la plantación, aportándole la cantidad de agua necesaria.
2. Para diseñar un sistema de riego es imprescindible establecer la demanda diaria del cultivo, previendo que ésta no es la misma cuando el cultivo está en su fase inicial que en su etapa de madurez y producción. Al diseñar, hay que hacerlo en base a la demanda máxima. Se han visitado sistemas de riego que fueron diseñados para irrigar los cultivos en las etapas iniciales, pero cuando éstos demandaron más agua, la disponibilidad no fue suficiente. Por el contrario, se ha visitado plantaciones donde se ha regado más tiempo del necesario, con el consecuente desperdicio de agua y gasto innecesario de energía eléctrica o de combustible. En la finca Zitrone la lámina bruta que se aplica es de 5.4545 mm por día, que equivalen a un volumen total de 572,722.5 L para las 15 mz (10.5 ha) de la plantación de limón. El pozo de donde se extrae ese volumen es capaz de producir esa cantidad de agua.
3. Para diseñar un sistema de riego es necesario contar con un plano altimétrico de la totalidad de la plantación, con lo que se evitarán inconvenientes con la presión de agua en el sistema. Se han visitado plantaciones en que el agricultor manifiesta que en algunos sectores de la plantación los goteros no funcionan, esto se debe a que la presión del agua en el punto de bombeo no es la adecuada para vencer todas las pérdidas por fricción más las diferencias de nivel. Esto se debe a que cuando se realizó el diseño, no se calculó o no se hizo bien el cálculo de la memoria hidráulica. Los cálculos de la memoria hidráulica del diseño del sistema de riego de la finca Zitrone comprueban que la carga dinámica total es igual a 28.66 m c.a. (40.78 psi), mismos con que la bomba acoplada a un motor eléctrico de 10 Hp es capaz de impulsar el caudal de diseño del sistema, con una eficiencia mayor al 65 %.

4. La tubería de distribución del agua de riego se instaló utilizando manguera de polietileno de 16 mm de diámetro exterior y 13.6 mm de diámetro interno. Los laterales son de una longitud máxima de 112 m en donde hay un máximo de 28 árboles y cada árbol tiene una manguera de goteo con 24 goteros de 1 L/h. Para obtener ésta longitud, la totalidad de la plantación se dividió en 2 turnos de riego y cada turno en 2 sectores que trabajan simultáneamente.
5. Las estructuras existentes en la finca funcionan adecuadamente para proteger el sistema de bombeo, de filtrado y de inyección de fertilizantes, por lo que no se construyeron nuevas obras, con el fin de disminuir los costos de instalación del sistema de riego.
6. El costo directo total para la instalación del sistema de riego a 15 manzanas de limón (10.5 ha) de limón, con el sistema de semicircunferencia, en el año 2010 fue de Q. 203,337.00 (cuadro 9).
7. El costo anual de producción de limón, es menor que los ingresos anuales obtenidos de la venta de frutos frescos de limón. En los ingresos no se considera el limón sobre maduro ni el limón pequeño que no es comprado por el mercado para consumo de limón fresco, pues estos se venden a empresas que lo compran para venderlo deshidratado, pero la demanda no es constante y el precio es muy variable (cuadro 10).
8. En la evaluación financiera se observa que el crédito utilizado para la instalación del sistema de riego generó intereses por Q. 256,204.62 (cuadro11).
9. En el flujo de caja se observa que en el año 2,014, a los 4 años de funcionamiento del proyecto, la empresa Zitrone empezó a tener utilidades y que la totalidad de la inversión se pagó en el año 2,015, a los 5 años de funcionamiento del proyecto pues el superávit acumulado es mayor que la inversión más los interese pendientes de pagar por el mismo (cuadro 12).
10. Al determinar los indicadores financieros se estableció que el valor actual neto, con una tasa de actualización del 18% anual será igual Q. 1,033,715.12. Esto significa que después de 9 años de funcionamiento habrá generado utilidades por ése valor. La tasa interna de retorno después de 9 años de funcionamiento será igual a 40.24 %, que equivale a los intereses que habrá generado el proyecto sobre la inversión. La relación B/C es igual a 1.46, que indica que por cada quetzal invertido se recuperan Q. 1.46.

## 7. RECOMENDACIONES

1. Previo a realizar el diseño hidráulico para cualquier sistema de riego y cultivo, es imprescindible tener información en lo que a calidad y cantidad de agua disponible se refiere. Esto evitará inconvenientes cuando el cultivo esté en su fase de madurez y fructificación, que es cuando más agua demanda. Así mismo, conociendo la calidad del agua se pueden establecer las prácticas necesarias para evitar daños al suelo y al sistema de riego.
2. Todo sistema de riego debe ser diseñado para la etapa del cultivo en que requiere del total de la lámina bruta de riego establecida en el diseño agronómico, para garantizar que la misma podrá ser proporcionada cuando sea necesario. El levantamiento plani-altimétrico es necesario, para realizar el diseño hidráulico de un sistema de riego y considerar las diferencias de nivel para sumarlas a las pérdidas por fricción que debe vencer el sistema de bombeo.
3. Al calcular los diámetros de tubería, no se debe limitar los mismos, pues la inversión en tuberías se hace solo una vez y la operación del cultivo será durante varios años.
4. Todo sistema de riego que se instale y opere, debe contar con un manual de operación y mantenimiento, que incluya el mantenimiento al sistema de bombeo, sistema de filtración, sistema de conducción y distribución. Es importante hacer énfasis en que los sistemas de riego por goteo deben ser drenados periódicamente para evitar la acumulación de sedimentos que atraviesan los filtros y que al flocularse pueden ocasionar taponamiento de los goteros. Dicho manual también debe considerar tratamientos físicos al agua cuando sea necesario y tratamientos químicos en el interior del sistema de riego.
5. De acuerdo a los indicadores financieros obtenidos, se recomienda instalar riego por goteo a las plantaciones de limón, que siendo manejadas adecuadamente, generan ingresos considerables, una tasa interna de retorno anual mayor a la que pagó el crédito con que se instaló el riego. La relación beneficio costo es aceptable.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Blanco Herrera, SA. 2001. Estudio comparativo Guatemala-México sobre la competitividad del cultivo de lima persa (*Citrus latifolia* Tan.) para el mercado de los Estados Unidos de América. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 58 p.
2. Castillo Arroyo, ME. 2005. Proyecto de factibilidad para la producción y comercialización del limón, en el municipio de El Júcaro, departamento de El Progreso. Tesis Ing. Civ. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería. p. 51-75.
3. Hornsgren, C. 1988. Contabilidad de costos. México, Prentice Hall. 562 p.
4. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala). 1977. Plan maestro para el riego en Guatemala. Guatemala. 128 p.
5. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Unidad de Políticas e Información Estratégica, Guatemala). 2001. Programa de emergencia por desastres naturales. Guatemala. 57 p.
6. Ponce Victoria, F. 2006. Manual para ensayo de pérdidas de energía en accesorios de tubería del laboratorio de hidráulica. Tesis Ing. Civ. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería. p. 6 y 7.
7. Potter C, M; Wiggert, DC. 1988. Mecánica de fluidos. 2 ed. México, Prentice Hall. p. 526-528.
8. Riegos Modernos de Guatemala, Guatemala. 2015. Inventario de proyectos. Guatemala. 10 p.