

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ciencias de la Vida**

Diseño de un sistema de riego para la producción de cultivos ciclo corto mediante el rescate de una albarrada en el recinto Chumbo, cantón Colimes, provincia Guayas.

### **PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero Agrícola y Biológico**

Presentado por:

Jasson Roberto Prado Triviño

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2020

## **DEDICATORIA**

Les dedico mi trabajo y esfuerzo a mis padres, hermano y demás familiares que estuvieron apoyándome y siendo guía durante todo mi trayecto universitario.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, quiero agradecer a Dios por brindarme salud, mis padres y hermano por brindarme su apoyo durante todo mi trayecto de vida, mis tíos que me dieron un hogar al cual llegar durante mi vida universitaria, mis abuelos que con sus sabios consejos lograron ayudarme durante este importante tramo de mi vida y a mis demás familiares y amigos que tuvieron confianza en mis capacidades para convertirme en un profesional.

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Prado Triviño Jasson Roberto, doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Jasson Prado Triviño', written in a cursive style.

---

Jasson Prado Triviño

# EVALUADORES



.....  
**PhD María Isabel Jiménez Feijoo**  
PROFESOR DE LA MATERIA

.....  
**M.Sc. Jaime Luis Proaño Saraguro**  
PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

El cantón Colimes tiene problemas de escasez de agua durante los meses de junio a noviembre, que son considerados meses secos, especialmente en zonas altas, por ejemplo, el recinto Chumbo, donde se realizan cultivos ciclo corto como: maíz duro, maní, arroz, frejol, entre otros. Pero, dichos cultivos son realizados, en su mayoría, solo durante la época de lluvias por el problema de agua ya mencionado. Sin embargo, existen agricultores que cuentan con fuentes superficiales de agua, como albardas o pozos superficiales, permitiéndoles realizar más de una cosecha al año. Por ello, se va a realizar un diseño de sistema de riego para el cultivo de maíz duro mediante el rescate de una albarda.

Se realizó la localización, el estado en que se encuentra la albarda, las labores a realizar para su rescate y la estimación de la capacidad volumétrica de dicha albarda. Posteriormente, efectuamos el diseño del sistema de riego para el cultivo de maíz y calculamos la superficie cultivable que será abastecida por el agua almacenada en la albarda.

**Palabras Clave:** Zona alta, albarda, rescate, sistema de riego.

## **ABSTRACT**

*The Colimes country has water shortage problems during the months of June to November, which are considered dry months, especially in the highlands, for example, the Chumbo area, where short-cycle crops such as hard corn, peanuts, rice, beans, among others, are cultivated. However, most of these crops are cultivated only during the rainy season due to the previously mentioned water shortage. However, there are farmers who have superficial sources of water, such as albarradas or surface wells, allowing them to harvest more than one crop per year. Therefore, an irrigation system design for the production of hard corn will be carried out by rescuing an albarrada.*

*The location, the condition of the fence, the work to be done for its rescue and the estimation of the volumetric capacity of the fence were determined. Afterwards, we carried out the design of the irrigation system for the corn crop and calculated the cultivable area that will be supplied by the water stored in the albarrada.*

*Keywords: highlands, albarrada, rescue, irrigation system.*

## ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES .....	5
RESUMEN .....	I
ABSTRACT .....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS .....	VI
SIMBOLOGÍA .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
ÍNDICE DE ANEXOS.....	X
CAPÍTULO 1.....	11
1. Introducción .....	11
1.1 Descripción del problema .....	11
1.2 Justificación del problema.....	12
1.3 Objetivos.....	12
1.3.1 Objetivo general .....	12
1.3.2 Objetivos específicos .....	12
1.4 Marco teórico .....	13
1.4.1 Formas de riego ancestrales: Albarrada .....	13
1.4.2 Riego a partir de albarradas.....	15
1.4.3 Producción de maíz.....	19
CAPÍTULO 2.....	24
2. Metodología .....	24
2.1 Rescate de la albarrada.....	25

2.1.1	Diagnóstico y localización de la albarrada .....	25
2.1.2	Medición del área que cubre la albarrada .....	26
2.1.3	Determinación de labores a realizar para mejorar la infraestructura de la albarrada26	
2.1.4	Capacidad volumétrica de la albarrada .....	26
2.2	Sistema de Riego .....	27
2.2.1	Levantamiento de información geográfica.....	27
2.2.2	Características del suelo .....	27
2.2.3	Diseño del sistema de riego .....	28
2.3	Producción de maíz .....	28
2.3.1	Diseño agronómico .....	28
2.4	Rentabilidad del proyecto .....	29
CAPÍTULO 3.....		30
3.	Resultados Y ANÁLISIS.....	30
3.1	Rescate de la albarrada.....	30
3.1.1	Diagnóstico y localización de la albarrada .....	30
3.1.2	Medición del área que cubre la albarrada .....	30
3.1.3	Labores que se propuso para mejorar infraestructura de la albarrada...	31
3.1.4	Capacidad volumétrica de la albarrada .....	31
3.2	Sistema de Riego .....	32
3.2.1	Levantamiento de información geográfica.....	32
3.2.2	Características del suelo .....	33
3.2.3	Diseño del sistema de riego .....	34
3.3	Producción de maíz .....	35
3.3.1	Diseño agronómico .....	35
3.4	Rentabilidad del proyecto .....	37

CAPÍTULO 4.....	38
4. Conclusiones y Recomendaciones.....	38
Conclusiones .....	38
Recomendaciones .....	38
5. Bibliografía .....	39
ANEXOS .....	41

## **ABREVIATURAS**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
INIAP	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
ESPAC	Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua
SENAGUA	Secretaría Nacional del Agua
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería

## SIMBOLOGÍA

mm	Milímetro
Lt	Litro
m <sup>3</sup>	Metros Cúbicos
m	Metro
m <sup>3</sup> /h	Metros Cúbicos por Hora
Ha	Hectárea
°C	Grados Centígrados
m/s	Metros por Segundo
Kg	Kilogramo
cm	Centímetro
HP	Caballos de Fuerza

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Visualización actual del muro o terraplén, el vaso de la albarrada y el área de desfogue [Creado por el autor] .....	25
Figura 3.1 Área actual que cubre la albarrada [Creado por el autor] .....	31
Figura 3.2 Área proyectada (amarillo y rojo) vs el área actual de la albarrada (azúl) [Creado por el autor] .....	32
Figura 3.3 Superficie de la finca ubicada en el recinto Chumbo del cantón Colimes.	33
Figura 3.4 Plano de la finca con estación de bombeo, albarrada, tuberías primarias, secundarias y laterales, válvulas, entre otros, realizado en AutoCAD. [Creado por el Autor] .....	35
Figura 3.5 Flujo de caja en cinco años. [Creado por el autor].....	37
Figura 3.6 Indicadores financieros [Creado por el autor] .....	37

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1.- Diferencias de los sistemas de riego. [(Arboleda Acosta, 2019) (Salinas Sequeira & Gómez López, 2018) & (Zapata, Robles, Cavero, & Playán, 2016)] .....	17
Tabla 1.2 Clasificación taxonómica del maíz. [Roca Mendoza, 2019] .....	19
Tabla 1.3 Requerimientos nutricionales del maíz. [IPNI, s/f].....	21
Tabla 1.4 Características principales de las variedades de maíz más sembradas en el cantón Colimes. [(Roca Mendoza, 2019) (Moreira Cortez, 2019) (Agrizon, 2020) & (ECUAQUÍMICA, 2020) .....	22
Tabla 2.1 Coordenadas geográficas en formato UTM del área de estudio. [Creado por el autor].....	25
Tabla 3.1 Resumen del análisis del suelo realizado por laboratorios de INIAP [Creado por el autor].....	33
Tabla 3.2 Datos climáticos del sector y características del emisor para el sistema de riego. [Creado por el autor].....	34
Tabla 3.3 Resultados del programa CROPWAT 8.0 y plantilla en Excel. [Creado por el autor].....	35
Tabla 3.4 Descripción de materiales usados en el sistema de riego de la finca. [Creado por el autor].....	36

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Plano del área en estudio y albarrada actual.....	41
Anexo 2. Resultados del análisis de suelo realizado en los laboratorios de INIAP...	41
Anexo 3. Emisor de aspersión, Jolly RH 1 ¼.....	42
Anexo 4. Diseño agronómico del sistema de riego para la producción de maíz.....	43
Anexo 5. Tabla de los datos climáticos del sector. ....	44
Anexo 6. Tabla de los requerimientos hídricos del cultivo en el sector.....	44
Anexo 7. Cotización de los materiales y accesorios .....	45

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

Datos de La Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (2019), en el Ecuador se cultivan aproximadamente 334.767 hectáreas de maíz duro por año, de las cuales anualmente son cosechadas alrededor de 322.846 hectáreas, obteniendo una producción de 1.479.770 toneladas métricas anuales. La provincia de Los Ríos es la de mayor superficie cultivada, le sigue la provincia de Manabí y en tercer lugar la provincia del Guayas con 129.000, 99.000 y 55.000 hectáreas respectivamente y una producción anual de 648.000, 415.000 y 242.000 toneladas métricas, respectivamente (ESPAC, 2019).

Las albardas eran fuentes de agua indispensables para nuestros antepasados; razón por la cual la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) tiene un programa emblemático, que impulsa el desarrollo de albardas comunitarias, tanto para su rescate como para la construcción de nuevas. En zonas de escasez de agua como las provincias de Guayas y Manabí, que durante la época seca del año no pueden realizar actividades agropecuarias, la implementación y funcionamiento de estas estructuras es realmente importante (SENAGUA, 2013).

En el marco expresado, este trabajo tiene como finalidad diseñar un sistema de riego tecnificado para el cultivo de maíz duro en época seca, mediante el rescate de una albarda que sirva como fuente de agua de riego para la producción agrícola en el cantón Colimes, provincia del Guayas.

### 1.1 Descripción del problema

Según la consultoría de María José Castillo (2012) sobre los cantones de la provincia del Guayas que más hectáreas de maíz duro siembran, destacan Balzar, El Empalme, Colimes y Pedro Carbo, con 17.348, 16.174, 3.402 y 11.021 hectáreas por año, respectivamente. El cantón Colimes se caracteriza por ser un sector agropecuario, la superficie cultivada de maíz duro es de aproximadamente 3.402 hectáreas, obteniendo rendimientos promedios de 135 quintales por hectárea. La mayor parte se produce en época lluviosa; mientras que, en los meses secos no se produce maíz duro por la

ausencia de precipitaciones y el escaso uso de otras fuentes de agua como: pozos superficiales, albarradas, pozos profundos, entre otros. Actualmente el recinto Chumbo presenta diversos problemas como la escasa actividad agrícola del cultivo de maíz, provocado por la pobre tecnificación y el difícil acceso a fuentes naturales de agua del sector.

## **1.2 Justificación del problema**

Ante la problemática, se propuso el diseño de rescate de una albarrada para recolectar agua de precipitaciones y esorrentía durante la época de lluvias y utilizarla en épocas secas. Además, se diseñó un sistema de riego que sea abastecido por dicha albarrada y que sirva para irrigar el cultivo de maíz duro en la época seca del año. Con el diseño desarrollado, se espera implementar la propuesta, en el menor tiempo posible, para dar uso eficiente a fuentes de agua que ya están disponibles, incrementar las fuentes de trabajo de agricultores y jornaleros del sector y aumentar la actividad agrícola del recinto Chumbo durante la época seca.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

- Diseñar un sistema de riego para la producción de maíz duro mediante el uso del agua superficial en el recinto Chumbo, cantón Colimes, provincia del Guayas.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Determinar la localización, estado en que se encuentra, labores por ejecutarse y capacidad volumétrica de la albarrada del sector para que sirva de almacenamiento de agua de riego en las áreas de estudio.
- Diseñar un sistema de riego que se adapte al almacenamiento de agua en la albarrada para la producción de maíz.
- Calcular que hectareaje abastece el agua almacenada en la albarrada para la producción de maíz duro en época seca.
- Determinar si el proyecto es económicamente rentable mediante el cálculo de los indicadores financieros: tasa interna de retorno (TIR), valor actual neto (VAN) y relación beneficio costo.

## 1.4 Marco teórico

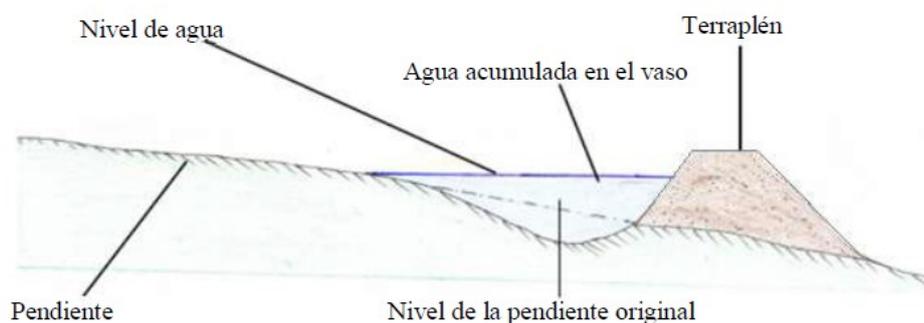
### 1.4.1 Formas de riego ancestrales: Albarrada

#### 1.4.1.1 Albarradas y sus características

Las albarradas son una forma de almacenamiento de agua superficial de orígenes pre hispanos, el objetivo de una albarrada es captar la mayor cantidad de agua posible durante la época de precipitaciones para usarla en la época seca, puede ser usada en agricultura, ganadería y también para el consumo del ser humano. Su mayor utilidad se evidencio en zonas de vida clasificadas, según Holdridge, de bosque seco tropical, donde se evidencian las dos épocas del año antes mencionadas (Plúa, 2018).

La infraestructura de una albarrada no es más que una construcción realizada con la tierra mismo, es decir, trasladar o mover tierra de un lugar a otro para que en el centro se almacene el agua recolectada por precipitaciones o también por escorrentía, se puede simplemente seguir la parte más baja de un sector y construir un terraplén o "muro" de tierra en ese punto, con lo cual se logra recolectar el agua por escorrentía que viene desde la parte más alta del sector (Aristizábal, 2020).

La variable que determina la capacidad de almacenamiento de la albarrada es la profundidad, con este parámetro y el área cubierta podemos estimar el volumen de agua que tendremos disponible para la época seca. Estas estructuras pueden saturarse, si las precipitaciones y escorrentías del sector cubren la demanda de agua que se requiere (Plúa, 2018).



**Ilustración 1.1 Esquema de las albarradas**

**Fuente: (Plúa, 2018)**

#### **1.4.1.2 Impacto ambiental y económico**

Las albardadas provocan un impacto ambiental positivo, en particular para mantener una integridad entre la flora y fauna del sector, dando habidad para algunos animales (terrestres y acuáticos) y condiciones para el desarrollo de plantas. Las plantas pueden crecer de manera natural en los alrededores de la albardada debido a la humedad que está emite y a su vez disminuyen la erosión del suelo que podría provocar un menor volumen de agua acumulada en el vaso, causado por el arrastre de sedimentos desde la parte alta hacia la albardada (Litben & Zulaican, 2015).

El impacto económico se mide en el beneficio que causa a una comunidad, es decir si cumple el objetivo con el cuál fue realizada la albardada, bien puede ser como fuente de agua para consumo (personas o animales) o para riego de cultivos. En el caso de ser utilizado en sistemas de riego, debe suplir los requerimientos hídricos de los cultivos en todas sus etapas, con ello se obtiene una producción económicamente rentable y el capital invertido retorna al inversionista que puede seguir dando mantenimiento o bien ampliar la capacidad de la albardada, priorizando la sostenibilidad de la fuente de agua a través del tiempo (Litben & Zulaican, 2015).

#### **1.4.1.3 Valor agronómico**

El impacto agronómico que efectúan las albardadas es la cantidad de agua que podrán aportar para el desarrollo óptimo de los cultivos, esperando así obtener buenos rendimientos al momento de la cosecha, de esta manera los agricultores pueden beneficiarse de este sistema tradicional y ejercer agricultura en las épocas de escasez de agua, con ello pueden realizar tanto cultivos de ciclo corto como perennes (Montoya Plúa, 2018).

#### **1.4.1.4 Rescate de albardadas**

##### **Infiltración**

Un punto sustancial en los diseños de albardadas es la infiltración de agua que conservan, por ello es importante construir albardadas en suelos semi-impermeables o impermeables, es decir, suelos con bastante contenido de arcillas, con esto el agua almacenada durante la época de lluvias en la albardada se mantiene por más tiempo en la época seca (Erazo Maldonado, 2008).

Realizar una calicata para determinar a qué profundidad se encuentra el mayor contenido de arcilla en la albarrada es un método recomendable para reducir la infiltración del agua que existirá en el sector (Chango, 2020) & (Jacome, 2020).

### **Profundidad**

La profundidad es una variable muy importante para el rescate de albarradas, porque determina la capacidad volumétrica, comúnmente los sedimentos que llegan a la albarrada reducen la variable, por esto se debe realizar una limpieza, moviendo los sedimentos con tractor agrícola y logrando una mayor profundidad en la albarrada (Chango, 2020) & (Jacome, 2020).

### **Asolvamiento**

Un método para reducir el traslado de sedimentos desde las partes altas hacia la albarrada es plantar o replantar árboles en los alrededores, con ello se reduce la erosión y existe un menor asolvamiento dentro de la albarrada. Otra manera es realizar una limpieza superficial, trasladando los sedimentos y azolves con maquinaria pesada, para despejar el área cubierta por la albarrada (CICEANA) .

### **Desfogue**

El desfogue es por donde sale el agua cuando hay exceso dentro del vaso, con ello aseguramos la sostenibilidad de la albarrada, de lo contrario el agua pasaría el muro y esté terminaría cediendo hasta romperse, comúnmente se hace en uno de los extremos de la albarrada con una compuerta de madera o metal, esta es abierta y cerrada con facilidad (Kashyapa A., 2013). Otro tipo de desfogue es dejar uno de los extremos por debajo del nivel del muro, entonces el agua en exceso buscará salir por allí y no trepar el muro, así no cede ni se rompe la albarrada.

## **1.4.2 Riego a partir de albarradas**

### **1.4.2.1 ¿Qué es el riego?**

Se entiende por riego a la acción de mojar o humedecer el sistema suelo/planta con el fin de obtener la producción de un cultivo, sea está, un fruto o el follaje de la planta, optimizando el uso del agua para suplir las necesidades hídricas del cultivo (Erazo Maldonado, 2008).

Las principales fuentes de agua dulce para riego son aquellas que se encuentran superficialmente como: albarradas, pozos superficiales, ríos, etc. Por esto el acceso a fuentes de agua dulce generalmente es difícil por ello la finalidad del riego tecnificado

es usar de forma eficiente el agua y optimizar el tiempo que tarda realizar esta labor (Cisneros Zayas, Gonzales Arias, García López, Placeres Miranda, & Jiménez Espinoza, 2014).

#### **1.4.2.2 Tipos de sistemas de riego para maíz**

Los sistemas de riego que más se adaptan al cultivo de maíz son por cañones, aspersión y goteo. Se requieren de diversos componentes para su correcto funcionamiento, entre ellos se destacan los siguientes:

- “Fuente de agua para riego: Es de donde proviene el agua para ser usada en el sistema de riego.
- Estación de bombeo: Es donde se sitúan la bomba y sistemas de filtrado para el sistema de riego en general.
- Sistema de filtración: Sirve para evitar o disminuir el paso de agregados hacia las tuberías de riego o los emisores.
- Válvulas de control: Dan apertura o cierre al paso de agua en el sistema de riego.
- Manómetros: Sirven para controlar la presión del sistema y así evitar daños en las tuberías o emisores.
- Tuberías primarias, secundarias y terciarias: Es por donde fluye el agua de riego hacia los emisores.
- Emisores: Son la parte final del riego, de aquí sale el agua hacia el cultivo o suelo.”

(Liotta, Carrión, Ciancaglini, & Holguin, 2015)

#### **Riego por aspersión**

El riego por aspersión trata de cubrir el 100% de la superficie cultivada, tratando de tomar la forma de precipitaciones a través de aspersores, por ello es muy usado en pastizales o cultivos que tienen gran cobertura del suelo. La presión mínima requerida para este tipo de riego es de 300 KPa, este es un punto en contra, debido a que la cantidad de energía que necesita una estación de bombeo para cubrir dicha presión es muy elevada (Zapata, Robles, Cavero, & Playán, 2016). Existe una clasificación del riego por aspersión según su movilidad, el riego por aspersión fijo y el riego por aspersión móvil, la diferencia entre ambos es que el móvil puede ser trasladado a otra

área a diferencia del fijo, con esto se logra disminuir la inversión inicial en la compra de aspersores.

### **Riego por cañones**

El sistema de riego por cañones es recomendado si existe una buena cobertura de las plantas sobre la superficie del terreno, ya que su función es similar al método de aspersión, es decir, tratar de imitar las lluvias y cubrir el 100% del área superficial. Este logra regar hasta más de 100 metros a la redonda. Existen los cañones fijos y también los móviles que llevan ruedas permitiéndoles ser trasladados para tener mayor cobertura. Un beneficio de este sistema es el bajo costo de inversión, sin embargo, su demanda de agua es elevada, por lo que no es recomendable en lugares de poco volumen de agua (Arboleda Acosta, 2019).

### **Riego por goteo**

El riego por goteo se caracteriza por ser el que menos cantidad de agua requiere para su correcto funcionamiento, llevando el líquido a través de tuberías pequeñas y emisores, de esta manera el riego llega de forma frecuente al sistema radicular (Blair, 1979). Este tipo de riego cubre entre el 30% al 70% de la superficie, teniendo eficiencias mayores al 90% (Salinas Sequeira & Gómez López, 2018).

**Tabla 1.1.- Diferencias de los sistemas de riego. [(Arboleda Acosta, 2019) (Salinas Sequeira & Gómez López, 2018) & (Zapata, Robles, Cavero, & Playán, 2016)]**

Tipo de riego	Pro's	Contras
Por aspersión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor costo de inversión inicial en equipos y tuberías.</li> <li>• Bajo gasto en mano de obra una vez ya instalado el sistema, si es aspersión permanente.</li> <li>• El sistema de aspersión no requiere filtrado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencia del 80%</li> <li>• Mayor demanda de agua para regar, con caudales de 150 a 450 l/h o 2.0 a 3.0 bares de presión.</li> <li>• Mayor consumo de combustible</li> <li>• Velocidades del viento mayor a 3 m/s distorsiona la uniformidad del riego.</li> </ul>

Por cañones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo costo de inversión inicial en equipos y tuberías.</li> <li>• El gasto en mano de obra es bajo.</li> <li>• No necesita sistema de filtrado para los aspersores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencia del 80%.</li> <li>• Requiere un mayor volumen de agua, caudal de 3,000 a 20,000 l/h de 3.0 a 4.0 bares de presión.</li> <li>• Velocidades del viento mayor a 3 m/s distorsiona la uniformidad del riego.</li> </ul>
Por goteo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor consumo de agua, caudal de 0.5 a 8 l/h o 0.5 a 1 bar de presión.</li> <li>• Eficiencia del 90-95 %.</li> <li>• Área superficial bajo riego del 30 al 70%.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor costo de inversión inicial en equipos y tuberías.</li> <li>• Requiere sistema de filtrado, para evitar que los emisores se tapen.</li> </ul>

#### 1.4.2.3 Factores para considerar en la selección del sistema de riego

Cuando hablamos de los factores que se deben considerar, básicamente debemos referirnos a las características físicas del suelo.

Dentro de las características físicas tenemos la textura del suelo, la cual nos contribuye información sobre el drenaje que tendrá, especialmente la permeabilidad de los sustratos que deriva en el drenaje superficial. Otro factor para considerar es la estructura del suelo, este ayuda a medir la velocidad de infiltración que el agua tendrá en el terreno, con ello se tiene una idea de cuánto regar y así evitar pérdidas por escorrentía. El perfil del suelo describe los horizontes que encontramos y la profundidad de cada uno de ellos, sirve para describir las características de cada horizonte y la afectación que puede ejercer sobre la plantación (Trujillo U., 1989).

#### 1.4.2.4 Valor social de los sistemas de riego en el Ecuador

Uno de los problemas que afrontan los pequeños agricultores de la zona alta de la provincia del Guayas es la gran cantidad de miembros en sus familias, los pocos ingresos anuales y la pobre fuente de trabajo durante la época seca del año. Por ello el nivel socioeconómico de estas familias es considerado bajo, es decir el nivel de educación y salud a la que tienen acceso es de baja a mediana calidad. El sistema de

riego ayuda a realizar cultivos durante la época seca, con ello se oferta trabajo y otros agricultores también pueden acceder a realizar cultivos bajo riego (Bravo Loor, 2012).

### 1.4.3 Producción de maíz

El maíz es el cultivo con mayor producción a nivel mundial, por encima del trigo, creciendo anualmente a una tasa de 2.5%, siendo la mayor parte de esta producción maíz amarillo con 92% y un 8% maíz blanco (Roca Mendoza, 2019).

**Tabla 1.2 Clasificación taxonómica del maíz. [Roca Mendoza, 2019]**

Clasificación taxonómica	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Genero	<i>Zea</i>
Especie	<i>mays</i>

La planta de maíz mide entre 1 a 2.5 m de longitud, su tallo es una caña que tiene nudos y entrenudos, tiene un diámetro de 3 cm aproximadamente. Tiene raíces fasciculadas que sobresalen a la superficie y su principal objetivo es fijar la planta al suelo y absorción de nutrientes. Las hojas son alargadas y surgen de cada nudo del tallo, son de color verde oscuro en su etapa vegetativa y tornan marchitas en su etapa final. En la parte superior de la planta surge la espiga que es el órgano reproductor masculino, aquí se localiza el polen, que, con ayuda del viento, lluvias, insectos u otro medio se transporta hasta el órgano femenino ubicado a media altura de la planta (en dependencia de la especie o variedad). Una mazorca llena de granos es el fruto del maíz el cual ya es cosechado a los 100-125 días después de plantada la semilla (Moreira Cortez, 2019; Roca Mendoza, 2019).

#### 1.4.3.1 Requerimientos edafológicos y climáticos

##### Clima

La planta de maíz se desarrolla de manera óptima en temperaturas de 18 a 25 °C, es muy susceptible a las bajas o altas temperaturas, cuando el maíz se encuentra a más

de 30°C la actividad celular es se ve afectada, lo cual conlleva a una disminución en la absorción de agua y nutrientes a través de las raíces. El cultivo de maíz se desarrolla en altitudes de 0 a 3.000 msnm, pero mientras menor sea la altitud su estado fenológico dura menos días, en altitudes cercanas al nivel del mar el maíz tarda entre 100-120 días, pero en sectores altos puede prolongarse hasta los 300 días (Moreira Cortez, 2019; Roca Mendoza, 2019).

### **Suelo**

El maíz se adapta muy bien a todo tipo de suelos, pero sus mayores rendimientos se dan en suelos de textura media y pesada, en arcillas donde exista buen drenaje o limos que retengan agua, profundos y con un pH que oscile entre 6.5 y 7.5, de esta manera los nutrientes están disponibles para su absorción (Roca Mendoza, 2019).

### **Agua**

El cultivo se desarrolla bien en lugares donde la precipitación va desde los 650 a 1300 mm/año, sin embargo, el maíz requiere entre 500 a 700 mm de agua por ciclo, donde su mayor demanda del líquido es en la etapa de floración y llenado de granos, en este tramo se evidencia el rendimiento que obtendrá el cultivo de maíz (Roca Mendoza, 2019; Moreira Cortez, 2019).

#### **1.4.3.2 Prácticas para la producción de maíz.**

##### **Preparación del suelo**

Se puede utilizar o no maquinaria agrícola para preparar el suelo, dejándolo mullido hasta una profundidad de 30-40 cm de profundidad que es hasta donde llegan las raíces del maíz, este uso de maquinaria depende del tipo de suelo. Otro factor importante es tener el suelo sin malezas para el momento de la siembra, con ello el trabajador avanza más o la sembradora realiza una mejor cobertura (Moreira Cortez, 2019).

##### **Siembra**

La densidad de siembra va en dependencia de la especie a sembrar, en el caso de los híbridos de maíz que existen en la provincia del Guayas pueden ser sembrados a una densidad de 55.000 a 65.000 plantas por hectárea. Existen dos tipos de siembra, la manual y la mecánica. La siembra manual es realizada por el hombre, donde ellos realizan la siembra haciendo agujeros en el suelo de 3 cm de profundidad aproximadamente y otra persona coloca la semilla en el agujero y lo tapa. La siembra

mecánica es realizada con tractor agrícola y una sembradora, esta siembra a la distancia preestablecida y calibrada en la sembradora. Para realizar la labor es recomendable que el suelo se encuentre húmedo, evitando el encharcamiento, con ello la semilla germina sin problema alguno, también debe encontrarse libre de malezas e insectos que perjudiquen la germinación del maíz (Moreira Cortez, 2019; Roca Mendoza, 2019).

### **Nutrición**

Los requerimientos nutricionales van en dependencia del rendimiento a obtener, el rendimiento también dependerá de otros factores como: pH del suelo, capacidad de intercambio catiónico, materia orgánica del suelo, entre otros. A continuación, se muestra un estándar para obtener un rendimiento de 9.000 kg/ha:

**Tabla 1.3 Requerimientos nutricionales del maíz. [IPNI, s/f]**

Nutriente	Necesidad por hectárea (Kg/ha)
Nitrógeno	198
Fósforo	36
Potasio	171
Calcio	27
Magnesio	27
Azufre	36
Boro	0,180
Cloro	3,996
Cobre	0,117
Hierro	1,125
Manganeso	1,701
Molibdeno	0,008
Zinc	0,477

### **Plagas y enfermedades**

Las enfermedades en el cultivo de maíz no tenían mayor importancia económica hasta la temporada 2017, que la enfermedad de mancha de asfalto empezó a evidenciarse en algunos agricultores a nivel Nacional y ya en los años posteriores también se evidencio otra enfermedad denominada pudrición de mazorca que se da cuando la

humedad relativa y la temperatura son elevadas, causada por el hongo *fusarium* (Roca Mendoza, 2019).

El insecto de mayor importancia económica para el maíz es el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), en el año 2017 el 81% de los productores manifestaron que tuvieron afectación por este insecto y en algunos casos el insecto causó pérdidas totales para los agricultores (Roca Mendoza, 2019).

Los controles que se realizan a nivel Nacional en la actualidad mayormente son basados en el uso de pesticidas (insecticidas, bactericidas y fungicidas). Dichas aplicaciones se realizan con maquinaria agrícola, bombas de pulverización, bombas tipo mochila, avionetas y helicópteros.

### **Cosecha**

La cosecha va en dependencia de la variedad cultivada, esta puede tardar de 100 a 135 días en la zona costera del Ecuador, se realiza cuando la planta ha llegado a su madurez total, cuando el grano de la mazorca ya está duro, también puede medirse la humedad del grano y debe ser menor al 30%. En este momento las mazorcas son recolectadas por jornaleros o maquinaria, posteriormente pasan por un proceso de desgrane y es almacenado en un lugar seco para luego ser comercializado (Moreira Cortez, 2019).

#### **1.4.3.3 Variedades de maíz más comunes cultivadas en el cantón Colimes**

Las variedades más cultivadas en el cantón Colimes son el ADV9313, ADV9139, EMBLEMA777 y Dekalb7088, a continuación, mostramos las principales características de dichas variedades:

**Tabla 1.4 Características principales de las variedades de maíz más sembradas en el cantón Colimes. [(Roca Mendoza, 2019) (Moreira Cortez, 2019) (Agrizon, 2020) & (EQUAQUÍMICA, 2020)]**

Características	Advanta 9313	Advanta 9139	Emblema 777	Dekalb 7088
Días de emergencia	5-6	5-6	5-6	5-6
Días de floración	54-55	53-55	54	54
Tipo de grano	Semi- cristalino	Semi- cristalino	Semi- cristalino	Cristalino ligero
Color de grano	Amarillo-	Amarillo-	Anaranjado-	Amarillo-

	Naranja	Naranja	Rojizo	Naranja
Altura de planta (m)	2,80	2,70-2,80	2,60	2,32
Altura de mazorca (m)	1,25-1.30	1,10-1,25	1,50	1,45
% de desgrane	80-82	80-85	84	81
# de hileras por mazorca	18-20	18-20	14-16	16-20
Granos por hilera	35-45	35-40	34-37	-
Resistencia al acame	Muy buena	Muy buena	Muy buena	Muy buena
Densidad poblacional	62.500- 75.000	62.500- 75.000	62.500- 70.000	62.500- 70.000
Rendimiento qq/ha	220	220	220	280

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA



## 2.1 Rescate de la albarrada

### 2.1.1 Diagnóstico y localización de la albarrada

El área de estudio para el presente trabajo fue determinada mediante el uso del GPS, donde las coordenadas geográficas en medidas UTM son:

**Tabla 2.1** Coordenadas geográficas en formato UTM del área de estudio. [Creado por el autor]

	Coordenadas en el eje "X"	Coordenadas en el eje "Y"
Lote en estudio	605009	9840896
Albarrada en estudio	605143	9841005

A continuación, se muestra el estado actual de la albarrada.



**Figura 2.1** Visualización actual del muro o terraplén, el vaso de la albarrada y el área de desfogue [Creado por el autor]



**Figura 2.2. Se muestra el estado actual del vaso de la albarrada, observado desde el muro. [Creado por el autor]**

### **2.1.2 Medición del área que cubre la albarrada**

Se realizaron las medidas con GPS y cinta métrica. La profundidad fue medida con la cinta métrica, tomando un nivel desde la parte del desfogue hasta el final de la albarrada y el área cubierta actualmente fue medida con el GPS y corroborada usando el imágenes satelitales en google earth.

### **2.1.3 Determinación de labores a realizar para mejorar la infraestructura de la albarrada**

- Se realizó el diagnóstico del estado actual de la albarrada.
- Con ayuda de expertos se analizó que labores se pueden realizar en la albarrada.
- Se estimó la inversión que se debe realizar para el rescate de la albarrada.

### **2.1.4 Capacidad volumétrica de la albarrada**

Para medir la capacidad volumétrica de la albarrada se utilizó el programa de "Google Earth", con ello se estimó el área actual de la albarrada y el área luego de realizar las labores para mejorar su infraestructura, la profundidad actual fue medida en campo con piola, nivel y cinta métrica y además se estimó la profundidad necesaria una vez realizado su rescate.

## **2.2 Sistema de Riego**

### **2.2.1 Levantamiento de información geográfica**

Para el levantamiento de información geográfica se utilizó las coordenadas obtenidas con el GPS y se siguieron los siguientes pasos:

- Pasar las coordenadas al programa Google Earth.
- Guardar los datos del archivo en formato ".kmz "
- Abrir el archivo en el programa Global Mapper.
- Se procedió a obtener las curvas de nivel del área de estudio.
- Se exportó el plano a formato "AutoCAD", para poder realizar variaciones.

### **2.2.2 Características del suelo**

Se realizó análisis de muestras en laboratorios del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), se analizó la textura del suelo, conductividad eléctrica y contenido de materia orgánica del suelo. Los materiales a usar son: Barra, excavadora, fundas para almacenar, marcador y cinta métrica. Para la toma de muestras se hicieron las siguientes actividades:

- Realizar perforaciones en el suelo a dos profundidades: 0-20 cm y 20-40 cm.
- Tomar suelo de las paredes de la perforación, una muestra por cada profundidad.
- Colocar cada muestra en una funda de almacenamiento.
- Marcar la muestra para poder distinguirlas, indicando la profundidad y ubicación.
- Repetir el ejercicio en dependencia de la cantidad de muestras a enviar al laboratorio.

También se analizó la densidad aparente del suelo, esta muestra no fue enviada a laboratorio, fue realizada por el autor. Para ello son necesarios tubos PVC de 15 cm de longitud y 50 mm de diámetro.

- Los tubos fueron llenados a presión con las paredes del suelo, un tubo por cada profundidad.
- Se cortó cada tubo hasta una longitud de 10 cm.
- Estuvieron en una estufa por 48 horas a 105°C para obtener una muestra de suelo seca
- La muestra de suelo seco fue pesada en una báscula.

- Se emplearon las siguientes ecuaciones para el cálculo de volumen de suelo en el tubo y densidad aparente:

$$Vol_{suelo} = \frac{\pi * D^2}{4} * h$$

**Ecuación 2.1**

Donde, "D" es el diámetro de la muestra; y, "h" es la altura o longitud de la muestra.

$$\delta_{aparente} = \frac{m_{seca\ del\ suelo}}{Vol_{suelo}}$$

**Ecuación 2.2**

Donde, "m" es la masa del suelo; y,  $\delta$  es la densidad aparente del suelo.

### 2.2.3 Diseño del sistema de riego

Se realizó investigación bibliográfica de diseños de sistemas de riego aplicados al cultivo de maíz, entonces se relacionó lo investigado con la capacidad de almacenamiento de la albarrada y el área disponible para realizar labores agrícolas. También se buscó información de la distancia entre plantas e hileras de maíz para calcular el número de plantas por hectárea.

## 2.3 Producción de maíz

### 2.3.1 Diseño agronómico

Para realizar el diseño agronómico se necesitó datos meteorológicos del sector o cercano, se hizo una revisión bibliográfica en búsqueda de un set de datos que al menos tenga 15 años.

- En base a datos de (Climate-Data) y el uso del programa CROPWAT versión 8.0, se obtuvo la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) del sitio para cada mes del año.
- Con el mismo programa obtuvimos los requerimientos hídricos del cultivo de maíz, programando la siembra para el mes de mayo y realizando la cosecha en septiembre.
- También se ingresó las características del suelo y tiempos de riego.
- Se exportó la tabla de requerimientos hídricos y programación de riego a una plantilla de excel.

- Se transformó la columna de mm/dec a m<sup>3</sup>/ha realizando una multiplicación por el factor de conversión “10” y con ello se obtuvo el requerimiento hídrico por cada riego.
- Se sumó la columna de m<sup>3</sup>/ha y se obtuvo el requerimiento hídrico del maíz por ciclo.
- Se realizó la respectiva división del agua disponible en la albarrada por el requerimiento hídrico del maíz por ciclo y con ello se calculó el hectareaje que puede ser abastecido por la albarrada.
- En otra plantilla de excel se realizo los cálculos para obtener: lamina bruta, superficie de riego por turno, turnos por lote, caudales, caudal requerido, número de emisores, horas de riego entre otros.
- Se usó el programa AutoCAD para dibujar el plano de la finca con la albarrada, estación de bombeo, tuberías, válvulas, emisores, entre otros.

#### 2.4 Rentabilidad del proyecto

- Se cotizó el gasto en maquinaria agrícola y mano de obra necesaria para las labores a realizar en el rescate de la albarrada.
- Se investigó precios comerciales de equipos y materiales necesarios para la implementación del sistema de riego.
- Se realizó un flujo de cajas en base a la inversión inicial, gastos, costos e ingresos que se obtendrán en los años posteriores de implementado el proyecto y en base a ello se calculó los indicadores financieros de valor actual neto y tasa interna de retorno, usando el programa Excel.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} - I_0$$

**Ecuación 2.3**

Ecuación para el cálculo del Valor Actual Neto (VAN). Dónde: “t” indica el año; “k” la tasa de descuento; “F” el flujo de cajas del año; y, “I<sub>0</sub>” es la inversión del año 0.

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{F_n}{(1+i)^n}$$

**Ecuación 2.4**

Ecuación para el cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR). Dónde: “T” significa el año; “Fn” el flujo de caja neto; “i” indica la tasa de descuento.

Ecuación 2.7

$$Relación\ B/C = \frac{VAN_{Ingresos}}{VAN_{Costos} + Inversión\ Inicial}$$

**Ecuación 2.5**

Ecuación de la Relación Beneficio – Costo (B/C). Dónde: Se realiza el cálculo del VAN de ingresos y el VAN de costos; La Inversión Inicial es la que se muestra en el flujo de cajas.

## CAPÍTULO 3

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 3.1 Rescate de la albarrada

##### 3.1.1 Diagnóstico y localización de la albarrada

La albarrada está ubicada en el recinto Chumbo del cantón Colimes en la provincia del Guayas. En las figuras 2.1 y 2.2 se muestra como la albarrada en general está cubierta por malezas, especialmente lo que es el vaso de la albarrada, también se observó que reserva poca agua para el mes de noviembre (mes en que se tomaron las fotos). El desfogue de la albarrada es parte del muro, solo que se encuentra por debajo del nivel del muro y con este método de salida de agua se ha mantenido la albarrada durante algunos años.

##### 3.1.2 Medición del área que cubre la albarrada

Se estimó que actualmente existe una profundidad de agua de 20 centímetros, en la parte cercana al muro, disminuyendo a medida que se aleja del muro hasta llegar a 0. El largo del muro de la albarrada es de 40 metros y de altura tiene 1.70 metros. El área actual que mantiene agua en la albarrada es cercana a los 20 metros cuadrados.

### 3.1.3 Labores que se propuso para mejorar infraestructura de la albarrada

- Limpieza del muro o terraplén y del vaso de la albarrada.
- Elevar y ampliar el nivel del muro o terraplén, que actualmente es de 40 metros de longitud..
- Con maquinaria agrícola ampliar el área que cubre el vaso de la albarrada, dicha área actual es de 2900 metros cuadrados.
- Realizar una profundización en el vaso de la albarrada, actualmente la profundidad es de 1,70 metros.
- Manejar un talud que evite deslizamientos o derrumbes en los alrededores del vaso y muro de la albarrada.

### 3.1.4 Capacidad volumétrica de la albarrada



**Figura 3.1 Área actual que cubre la albarrada [Creado por el autor]**



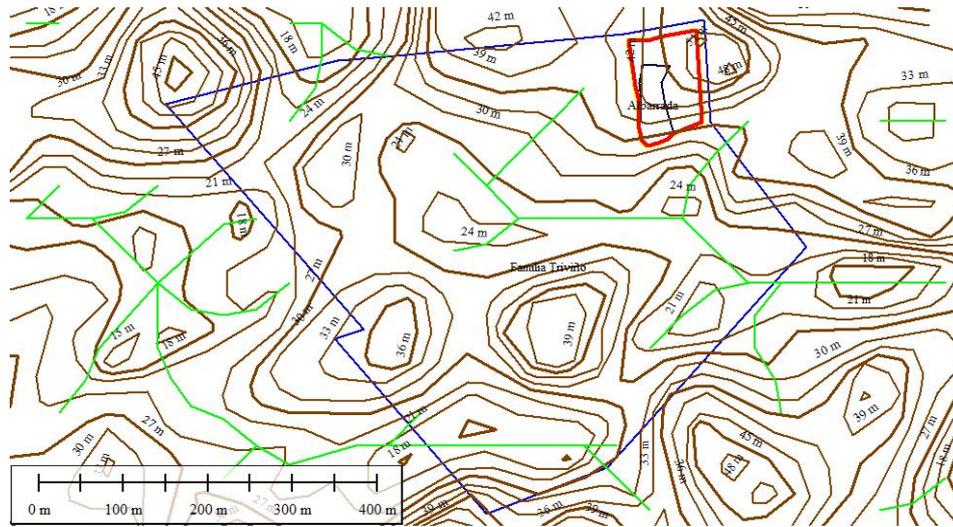
**Figura 3.2 Área proyectada (amarillo y rojo) vs el área actual de la albarrada (azúl) [ Creado por el autor]**

- La longitud del muro paso a ser de 40 a 73 metros aproximadamente, con un talud de  $30^\circ$  para mitigar procesos erosivos del suelo.
- El área del vaso de la albarrada paso a ser de 2900 a 9000 metros cuadrados.
- La profundidad de la albarrada es de 2.50 metros y en la parte más cercana de 3 metros, esto para colocar la bomba de riego en este lugar.
- Con esto se estimó una capacidad volumétrica de 23,000 metros cúbicos aproximadamente.

## **3.2 Sistema de Riego**

### **3.2.1 Levantamiento de información geográfica**

Se calculó la superficie total de la finca mediante las coordenadas obtenidas en el GPS y procesadas en el programa Google Earth. El área de la finca es de 25,80 hectáreas.



**Figura 3.3 Superficie de la finca ubicada en el recinto Chumbo del cantón Colimes.**

En la figura 3.3 se muestra la superficie de la finca en proyecto, donde la albarrada está ubicada en la parte superior derecha y enmarcada de color azul (albarrada actual) y rojo (albarrada proyectada). También, se muestra las curvas de nivel (color marrón) y las líneas de agua superficial que atraviesan el área (color verde claro).

### 3.2.2 Características del suelo

**Tabla 3.1 Resumen del análisis del suelo realizado por laboratorios de INIAP [Creado por el autor]**

<b><i>Muestra</i></b>	<b><i>Profundidad</i></b>	<b><i>Arena (%)</i></b>	<b><i>Limo (%)</i></b>	<b><i>Arcilla (%)</i></b>	<b><i>Tipo de suelo</i></b>	<b><i>MO (%)</i></b>	<b><i>CE (mS/cm)</i></b>
<i>Albarrada</i>	0-20 cm	50	22	28	Franco-arcillo-arenoso	1	0.11
<i>Albarrada</i>	20-40 cm	56	18	26	Franco-arcillo-arenoso	0.7	0.12
<i>Lote</i>	0-20 cm	37	21	42	Arcilloso	1.9	0.17
<i>Lote</i>	20-40 cm	31	19	50	Arcilloso	0.4	0.11

Cálculos para determinación de densidad aparente del suelo

Datos:

Diámetro (D) = 5 cm

Longitud (H) = 10 cm

Masa seca del suelo (m) = 280,70 g

$$Vol_{suelo} = \frac{(\pi * 5^2)}{4} * 10 = 196.35 \text{ cm}^3$$

$$\delta_{aparente} = \frac{280,70 \text{ g}}{196,34 \text{ cm}^3} = 1,43 \text{ g/cm}^3$$

### 3.2.3 Diseño del sistema de riego

El sistema de riego a aplicar en el sector es de riego por aspersión, éste se adapta a las condiciones del sitio y cultivo, además es de menor inversión que otros tipos de riego como el goteo, estos detalles colaboraron a la selección del sistema. Los detalles de los datos climáticos, emisores y otros datos para el sistema de riego se muestran a continuación:

**Tabla 3.2 Datos climáticos del sector y características del emisor para el sistema de riego. [Creado por el autor]**

Temperatura mínima promedio	20,0°
Temperatura máximo promedio	30,2°
Meses de precipitación	Diciembre hasta abril
Precipitación efectiva anual	1045,0 mm
Emisor	Jolly RH 1 ¼ con boquilla de 8*4 pulgadas
Eficiencia	80%
Espaciamiento entre emisores	18 metros
Espaciamiento entre laterales	18 metros
Presión de operación	21 metros
Angulo de cobertura	360°
Horas máximas de operación	8 horas
Días de paro	2 días
Intervalo de riego ajustado	3
Turnos diarios ajustados	7

### 3.3 Producción de maíz

#### 3.3.1 Diseño agronómico

Tabla 3.3 Resultados del programa CROPWAT 8.0 y plantilla en Excel. [Creado por el autor]

Datos	Valor
Evapotranspiración de referencia	2,50 mm/día
Precipitación efectiva anual	648,6 mm
Requerimiento hídrico por hectárea	2149,00 m <sup>3</sup> /ha
Programación de riego	Riego 2 veces por semana
Lamina de riego	10,50 mm
Lamina bruta	13,13 mm
Número de turnos	13
Emisores por turno	55 aproximadamente
Superficie bajo riego por turno	1,79 Ha/turno
Dosis de riego bruta por turno	231 m <sup>3</sup> /turno
Caudal específico	9,26 m <sup>3</sup> /Ha/h



Figura 3.4 Plano de la finca con estación de bombeo, albarrada, tuberías primarias, secundarias y laterales, válvulas, entre otros, realizado en AutoCAD. [Creado por el Autor]

En la figura 3.4 se observa el plano de las 25,80 hectáreas de la finca, de las cuales 23,00 hectáreas son cultivables. Para la primera etapa del proyecto se regarán cuatro turnos o 7,33 hectáreas que es lo que abastecerá el agua de la albarrada con las mejoras en su infraestructura. Además, en la figura se aprecia la albarrada, caminos, fuentes de agua superficial que atraviesan el área, estación de bombeo, tuberías, emisores, entre otros detallados a continuación:

**Tabla 3.4 Descripción de materiales usados en el sistema de riego de la finca. [Creado por el autor]**

Superficie cultivable	23 hectáreas
Bomba de riego	Weichai 68 HP serie 226
Tuberías PVC (para 23 Has)	32, 63, 75, 110, 160, 200 y 250 mm
Válvulas de aire	
Válvulas de volante o compuerta	6"
Adaptador de aspersores	32 mm x 1"
Aspersores de	4200 l/h
Reductores para las tuberías	32, 63, 75, 110, 160, 200 y 250 mm
Tee's para las conexiones	32, 63, 75, 110, 160, 200 y 250 mm
Codos	32, 63, 75, 110, 160, 200 y 250 mm
Cruces	32, 63, 75, 110, 160, 200 y 250 mm
Tapón	

### 3.4 Rentabilidad del proyecto

FLUJO DE CAJAS PRIVADO						
	Año 0	Año1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos	\$ -	\$ 39,271.60	\$ 39,271.60	\$ 39,271.60	\$ 39,271.60	\$ 39,271.60
Gastos operativos		\$ -23,428.16	\$ -23,428.16	\$ -23,428.16	\$ -23,428.16	\$ -23,428.16
Gastos administrativos		\$ -2,100.00	\$ -2,100.00	\$ -2,100.00	\$ -2,100.00	\$ -2,100.00
Depreciación de maquinarias		\$ -3,389.26	\$ -3,389.26	\$ -3,389.26	\$ -3,389.26	\$ -3,389.26
Amortización Gastos pre-operativos		\$ -100.00	\$ -100.00	\$ -100.00	\$ -100.00	\$ -100.00
<b>Utilidad antes de impuestos</b>		<b>\$ 10,254.18</b>				
Impuestos		\$ -3,076.25	\$ -3,076.25	\$ -3,076.25	\$ -3,076.25	\$ -3,076.25
<b>Utilidad neta</b>		<b>\$ 7,177.92</b>				
Ajuste por depreciación		\$ 3,389.26	\$ 3,389.26	\$ 3,389.26	\$ 3,389.26	\$ 3,389.26
Ajuste por amortización		\$ 100.00	\$ 100.00	\$ 100.00	\$ 100.00	\$ 100.00
Capital de trabajo	\$ -12,911.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 12,911.00
Gastos pre-operativos	\$ -600.00					
Valor de desecho						\$ 16,946.31
Inversión Inicial	\$ -38,972.21					
<b>FLUJO NETO</b>	<b>\$ -52,483.21</b>	<b>\$ 10,667.18</b>	<b>\$ 10,667.18</b>	<b>\$ 10,667.18</b>	<b>\$ 10,667.18</b>	<b>\$ 40,524.49</b>

Figura 3.5 Flujo de caja en cinco años. [Creado por el autor]

Años	5
Tasa de dscto	13%
Indicadores Financieros	
<b>VAN</b>	<b>\$1,241.09</b>
<b>TIR</b>	<b>14%</b>
<b>Relación B/C</b>	<b>\$1.07</b>

Figura 3.6 Indicadores financieros [Creado por el autor]

En la figura 3.5 se muestra la inversión inicial del proyecto, incluye: labores en albarrada, estación de bombeo, sistema de riego y capital de trabajo necesario para la producción de maíz. También se detalla de manera anual los ingresos, gastos, depreciación, valor de desecho, entre otros.

La tasa de descuento evaluada es del 13% anual, a 5 años, se obtiene un Valor Actual Neto (VAN) de \$1.241,09, una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 14% y la relación beneficio costo (B/C) es de \$1,07, como se muestra en la figura 3.6.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

La albarrada está ubicada dentro de los límites de la finca en el recinto Chumbo, cantón Colimes, provincia del Guayas. Actualmente el área del vaso de la albarrada es de 2.900 metros cuadrados aproximadamente y con las labores de ampliación del muro, área del vaso y profundización del mismo se obtendrá una capacidad volumétrica de 23.000 metros cúbicos aproximadamente.

El sistema de riego a utilizar es por aspersion, esto en base a los análisis de suelo realizados y los resultados obtenidos de estos análisis y además la capacidad volumétrica de la fuente de agua, en este caso la albarrada.

Basado en la capacidad volumétrica de la albarrada, el requerimiento hídrico del cultivo de maíz en el sector, que es de 2.149 metros cúbicos por hectárea, y los turnos o módulos obtenidos en el diseño agronómico, se calculó el área cultivable que puede ser abastecida por la albarrada, que es de 7,33 hectáreas o 4 turnos para la primera etapa del proyecto.

Se determinó los indicadores financieros del Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y relación Beneficio/Costo (B/C), los cuales fueron \$1.241,09, 14% y \$1,07, respectivamente. Basado en los resultados obtenidos, se concluye que la producción de maíz bajo el sistema de riego por aspersion en el recinto Chumbo del cantón Colimes, es económicamente rentable.

### Recomendaciones

Se recomienda diseñar otra fuente de almacenamiento de agua superficial que sirva para el riego que no abastecerá la albarrada proyectada o a su vez, realizar labores adicionales en la albarrada proyectada que aumenten la capacidad volumétrica de la misma, esto en el tiempo que no se use el agua de la albarrada en riego o durante su

abastecimiento, como por ejemplo el mes de noviembre que no hay presencia de precipitaciones y tampoco se realiza el cultivo de maíz.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

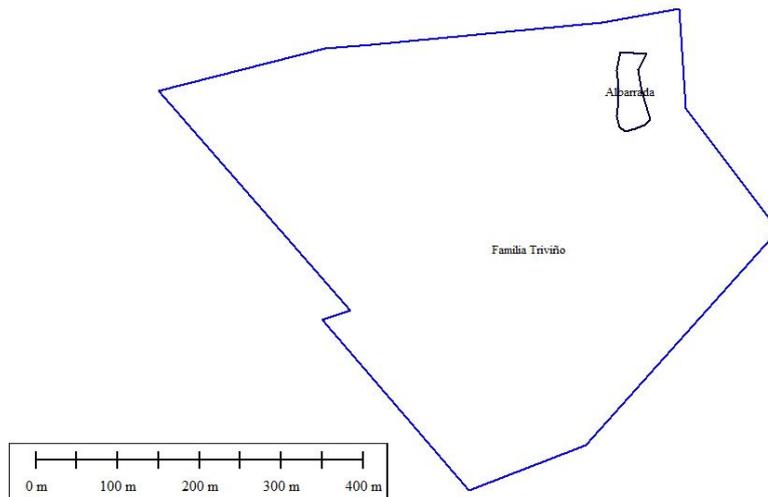
- Agrizon*. (2020). Obtenido de <https://www.e-agrizon.com/producto/emblema-bosa/>
- Arboleda Acosta, A. A. (Julio de 2019). Influencia de cuatro métodos de riego en el cuajado del fruto de cacao. Milagro, Guayas, Ecuador.
- Aristizábal, M. F. (Febrero de 2020). Albarradas: Pertinencia de los saberes ancestrales frente a la colonialidad del desarrollismo. Londrina, Brasil.
- Blair, I. E. (Octubre de 1979). III Seminario Latinoamericano sobre Riego por Goteo. Campinas, São Paulo, Brasil.
- Bravo Llor, A. L. (2012). Estudio socio-económico y financiero de los pequeños agricultores de maíz dulce en la zona agrícola del cantón Balzar, provincia Guayas. Quevedo, Los Ríos, Ecuador.
- Castillo Vélez, M. J. (2012). Consultoría sobre productividad del sector agropecuario ecuatoriano con énfasis en banano, cacao, arroz y maíz duro. Ecuador.
- Chango, J. (Noviembre de 2020). Ingeniero Civil. (J. Prado, Entrevistador)
- CICEANA*. (s.f.). Obtenido de <http://www.ciceana.org.mx/recursos/Asolvamiento.pdf>
- Cisneros Zayas, E., Gonzales Arias, A., García López, A., Placeres Miranda, Z., & Jiménez Espinoza, E. (2014). Evaluación y propuesta de medidas en diferentes técnicas de riego por aspersión para un uso eficiente del agua. Cuba.
- Climate-Data*. (s.f.). Obtenido de Clima Colimes: <https://es.climate-data.org/americadel-sur/ecuador/provincia-del-guayas/colimes-178305/>
- ECUAQUÍMICA*. (2020). Obtenido de <http://www.ecuanoticias.com.ec/dekalb7088.html>
- Erazo Maldonado, B. A. (Marzo de 2008). Análisis y revalorización de sistemas de riego tradicionales andino, para la aplicación en la comunidad Santa Rosa de la parroquia Ayora, cantón Cayambe. Quito, Pichincha, Ecuador.
- ESPAC, E. d. (2019). *ESPAC*. Obtenido de INEC: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2019/Presentacion%20de%20los%20principales%20resultados%20ESPAC%202019.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2019/Presentacion%20de%20los%20principales%20resultados%20ESPAC%202019.pdf)

- IPNI*. (s.f.). Obtenido de [http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/0B4CDA48FABB666503257967007DD076/\\$FILE/AA%203.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/0B4CDA48FABB666503257967007DD076/$FILE/AA%203.pdf)
- Jacome Hernández, D. M. (Noviembre de 2020). Ingeniero Agrónomo. (J. R. Prado Triviño, Entrevistador)
- Kashyapa A., Y. (2013). Prácticas ancestrales de crianza de agua. Ecuador.
- Liotta, I. M., Carrión, R., Ciancaglini, I. N., & Holguin, I. A. (2015). *INTA*. Obtenido de [https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/4528/INTA\\_EEASa nJuan\\_Liotta\\_Riego\\_por\\_goteo.pdf?sequence=1](https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/4528/INTA_EEASa nJuan_Liotta_Riego_por_goteo.pdf?sequence=1)
- Litben, S. G., & Zulaican, L. (8 de Julio de 2015). Indicadores de sustentabilidad en sistemas de albardas: aportes metodológicos. Santa Elena, Ecuador.
- Montoya Plúa, J. F. (2018). Pre-diseño de un sistema de riego mediante la captación de agua en la albarda "La Grande" de la comuna Sancán. Jipijapa, Manabí, Ecuador.
- Moreira Cortez, B. W. (2019). Evaluación agronómica de híbridos de maíz, en la época lluviosa en el cantón Mocache, provincia de Los Ríos. Mocache, Quevedo, Ecuador.
- Netafim - Catalogos*. (2019). Obtenido de <https://www.netafim.com/es-pe/bynder/5987B652-B3CF-41A4-845334C47869F03F-general-product-cataloge---spa.pdf>
- Roca Mendoza, C. O. (2019). Respuesta agronómica de tres híbridos de maíz sembrados a dos distancias en la parroquia La Esperanza. Quevedo, Los Ríos, Ecuador.
- Salinas Sequeira, F., & Gómez López, G. (Abril de 2018). Factores socioeconómicos de la adopción de tecnología de sistema de riego por goteo y aspersión. La Conquista, Managua, Nicaragua.
- SENAGUA, S. N. (Julio de 2013). *SENAGUA*. Obtenido de <https://www.agua.gob.ec/albardas-ancestrales-dan-servicio-a-comunidades-de-la-zona-norte-de-manabi/>
- Trujillo U., E. (1989). Diseño y selección del sistema de riego y drenaje para el valle del río Daule. Guayaquil, Guayas, Ecuador.

Zapata, N., Robles, O., Cavero, J., & Playán, E. (2016). Análisis del riego por aspersión a baja presión en un cultivo de maíz. Zaragoza, España.

# ANEXOS

Anexo 1. Plano del área en estudio y albarrada actual



Anexo 2. Resultados del análisis de suelo realizado en los laboratorios de INIAP.


**ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR**  
**"DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**  
Km. 26 Vía Durán - Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi - Guayas - Ecuador  
 Teléfono: 042724260 - 042724119 e-mail: lab.suelos.ela@iniap.gob.ec

**INFORME DE ANALISIS DE SUELOS**

DATOS DEL PROPIETARIO			DATOS DE LA PROPIEDAD			DATOS DE LA MUESTRA		
Nombre :	JACKSON PRADO TRIVINO	Nombre :	S/N	Informe No. :	23245	Factura No. :	7917	
Dirección :	RCTO. CHUMBO	Provincia :	GUAYAS	Responsable Muestreo :	Cliente	Fecha Análisis :	10/12/2020	
Ciudad :	COLIMES	Cantón :	COLIMES	Fecha Muestreo :	02/12/2020	Fecha Emisión :	14/12/2020	
Teléfono :	0985307780	Parroquia :	COLIMES	Fecha Ingreso :	04/12/2020	Fecha Impresión :	14/12/2020	
Fax :	N/E	Ubicación :	RCTO. CHUMBO	Condiciones Ambientales :	TC: 25.0 %H: 58.0	Cultivo Actual :	VACIO	

N° Laborat.	Identificación	* Textura (%)			* Clase Textural	mg/100ml			mS/cm	%			mg/100ml			Ca	Mg	Ca+Mg
		Arena	Limo	Arcilla		* Al+H	* Al	* Na		C.E.	* M.O.	K	* Ca	* Mg	Σ Bases			
73222	MUESTRA ALBARRADA 0 - 20CM	50	22	28	Franco-Arcillo-Arenoso	0.11	NS	1.00	B									
73223	MUESTRA ALBARRADA 20 - 40CM	56	18	25	Franco-Arcillo-Arenoso	0.12	NS	0.70	B									
73224	MUESTRA T1 0 - 20CM	37	21	42	Arcilloso	0.17	NS	1.90	B									
73225	MUESTRA T1 20 - 40CM	31	19	50	Arcilloso	0.11	NS	0.40	B									

Interpretación	
AH, AL, Na	CE
NS = No Salino	NS = No Salino
LT = Ligero Salino	LS = Lig. Salino
T = Salino	S = Salino
	MS = Muy Salino

Abstracciones	
C.E. Conductividad Eléctrica	
M.O. Materia Orgánica	
CIC Capacidad de Intercambio Catiónico	

Determinación		Metodología		Extractante	
M.O.	Walkley Black			Distilado de K	
CIC		Azulito de Amonio		Cloruro de Bario	
Na					
C.E.	Extracto de pasta saturada			Agua	

Niveles de Referencia					
Lig. Límite mg/100ml	C.E.	Lig. Salino (DSM)	Medio	Medio (mg/100ml)	
Al+H 0.51 - 1.5	2.5 - 4.0	CaMg 2.0 - 8.0	K 0.2 - 0.4		
Al 0.31 - 1.0	Medio (C)	MgK 2.5 - 10.0	Ca 4 - 8		
Na 0.5 - 1.0	M.O. 3.1 - 5.0	(Ca+Mg)/K 12.5 - 50.0	Mg 1 - 2		

NE = No entregado  
 <LC = Menor al Límite de Cuantificación

  
 Responsable Técnico del Laboratorio

Anexo 3. Emisor de aspersión, Jolly RH 1 ¼.



#### Anexo 4. Diseño agronómico del sistema de riego para la producción de maíz

Método de riego			<b>Aspersión</b>
<b>Ef</b> (Eficiencia del sistema)	%		<b>80.00%</b>
Emisor	tipo		<b>JOLLY RH 1 1/4 BO</b>
Presión de operación	m(altura)		<b>21.00</b>
<b>qe</b> (Caudal del emisor)	(L/h)		<b>4,200.00</b>
<b>dl</b> (Espaciamiento entre laterales)	m		<b>18.00</b>
<b>de</b> (Espaciamiento entre emisores)	m		<b>18.00</b>
Espaciamiento de la red	m <sup>2</sup>		<b>324.00</b>
<b>d</b> Diámetro efectivo/humedecido	m		<b>35.00</b>
Angulo de cobertura	grados		<b>360.00</b>
<b>Hd</b> (Max. horas de operación por día)	H		<b>8.00</b>
Días de paro	d		<b>2.00</b>
<b>Ld<sub>zr</sub></b> (Lamina disponible de la zona radicular)	mm/zr		<b>69.78</b>
<b>Vd<sub>zr</sub></b> (Volumen de agua disponible -zona radicular)	(m <sup>3</sup> /Ha/zr )		<b>697.84</b>
<b>Laz<sub>r</sub></b> (Lamina aprov. a la prof. radicular)	mm/zr	296.8%	<b>20.94</b>
<b>Par</b> (Porcentaje del area bajo riego)	%	962.11	<b>100.0%</b>
<b>Ph<sub>r</sub></b> (Precipitación horaria del sistema de riego)	mm/h		<b>12.96</b>
<b>K<sub>tan</sub></b> (Coeficiente del tanque clase "A")			<b>1.00</b>
<b>ET<sub>c</sub></b> (Uso consuntivo )	mm/día		<b>3.50</b>
<b>Ir</b> (Intervalo de riego)	d		<b>5.98</b>
<b>Ir<sub>aj</sub></b> (Intervalo de riego aj.)	d		<b>3.00</b>
<b>CR</b> (Ciclo de riego)	d		<b>1.00</b>
<b>LR(aj)</b> (Lamina de riego ajustado)	mm		<b>10.50</b>
<b>Pa</b> (Porcentaje del agua aprovechada)	%		<b>15.05%</b>
<b>LB</b> (Lamina bruta)	mm		<b>13.13</b>
<b>DB</b> (Dosis de riego bruta)	(m <sup>3</sup> /Ha )		<b>131.25</b>
<b>Ht</b> (Horas de riego por turno)	h/turno		<b>1.01</b>
<b>Td</b> (Max. numero de turnos de riego diarios)	turno/día		<b>7.90</b>
<b>Td<sub>aj</sub></b> (Max. numero de turnos de riego diarios ajustado)	turno/día		<b>7.00</b>
<b>Hd</b> (Horas de riego por día)	h/día	<b>CIERTO</b>	<b>7.09</b>
<b>Hc</b> (Horas de turnos por ciclo)	h/ciclo		<b>7.09</b>
<b>Tc</b> (Numero de turnos por ciclo)	turnos/ciclo		<b>7.00</b>
<b>St</b> (Superficie bajo riego, por turno)	Ha/turno		<b>1.00</b>
<b>DBt</b> (Dosis de riego bruta por turno)	(m <sup>3</sup> /turno )		<b>131</b>
<b>Q<sub>r</sub></b> (Caudal requerido)	(m <sup>3</sup> /h )	<b>CIERTO</b>	<b>130</b>
<b>E<sub>mt</sub></b> (Numero de emisores por turno)	e/turno		<b>31</b>
<b>V<sub>Bc</sub></b> (Volumen bruto por ciclo de riego)	(m <sup>3</sup> /ciclo )		<b>919</b>
<b>Q<sub>e</sub></b> (Caudal específico)	(m <sup>3</sup> /Ha/h )		<b>18.52</b>

Anexo 5. Tabla de los datos climáticos del sector.

Eto Penman-Monteith mensual							
Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/día	horas	MJ/m <sup>2</sup> /día	mm/día
Enero	20.9	30.5	81.0	130.0	2.9	13.6	3.2
Febrero	21.1	30.6	82.0	138.0	3.3	14.6	3.4
Marzo	21.4	31.0	85.0	147.0	3.5	15.0	3.4
Abril	21.3	31.2	83.0	121.0	4.1	15.4	3.5
Mayo	20.6	30.5	84.0	104.0	3.2	13.2	3.0
Junio	19.8	29.3	84.0	112.0	2.5	11.7	2.7
Julio	18.8	29.1	84.0	121.0	2.4	11.7	2.7
Agosto	18.7	29.6	79.0	138.0	3.2	13.6	3.2
Septiembre	18.8	30.3	77.0	147.0	3.1	14.1	3.4
Octubre	18.9	30.2	78.0	164.0	2.3	13.0	3.3
Noviembre	19.1	30.2	76.0	156.0	2.8	13.5	3.4
Diciembre	20.3	30.1	77.0	147.0	2.8	13.2	3.3
Promedio	20.0	30.2	81.0	135.0	3.0	13.5	3.2

Anexo 6. Tabla de los requerimientos hídricos del cultivo en el sector.

Requerimiento de agua del cultivo durante el primer año.							
Mes	Decada	Prec. efec	Req.Riego				
			mm/dec	mm/dec	l/s/ha	l/s/ 7.33 ha	m3/ha
2	Inic	0.9	0.9	0.03	0.23	9.00	65.97
3	Inic	9.5	9.5	0.33	2.42	95.00	696.35
1	Des	8.5	8.5	0.30	2.16	85.00	623.05
2	Des	12.9	12.9	0.45	3.28	129.00	945.57
3	Des	19.4	19.4	0.67	4.94	194.00	1,422.02
1	Des	26	26	0.90	6.62	260.00	1,905.80
2	Med	30.6	30.6	1.06	7.79	306.00	2,242.98
3	Med	36	36	1.25	9.16	360.00	2,638.80
1	Med	34.7	34.7	1.20	8.83	347.00	2,543.51
2	Fin	33.6	33.6	1.17	8.55	336.00	2,462.88
3	Fin	2.8	2.8	0.10	0.71	28.00	205.24
Requerimiento TOTAL						<b>2149.00</b>	<b>15,752.17</b>

### Anexo 7. Cotización de los materiales y accesorios

DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO U.	TOTAL
TUBO PVC 63mm/0.8 MPA	84	\$ 7.60	\$ 639.67
TUBO PVC 75mm/0.63 MPA	267	\$ 9.61	\$ 2,563.47
TUBO PVC 90mm/0.63 MPA	271	\$ 14.80	\$ 4,010.43
TUBO PVC 110mm/0.63 MPA	20	\$ 22.23	\$ 441.38
TUBO PVC 160mm/0.63 MPA	43	\$ 43.22	\$ 1,880.00
TUBO PVC 200mm/0.63 MPA	14	\$ 71.03	\$ 1,020.46
TUBO PVC 250mm/0.63 MPA	72	\$ 116.66	\$ 8,360.63
VALVULA DE AIRE	2	\$ 49.00	\$ 98.00
VALVULA DE VOLANTE O COMPUERTA DE 6"	8	\$ 175.84	\$ 1,406.72
ADAPTADOR DE ASPERSORES 32 X 1"	64	\$ 0.77	\$ 49.28
ASPERSORES DE 4200 L/h	64	\$ 8.44	\$ 540.16
TUBO PVC 32mm/1.2 MPA	32	\$ 3.85	\$ 123.20
REDUCTOR 250 MM A 160 MM	5	\$ 34.36	\$ 171.80
REDUCTOR 160 MM A 110 MM	5	\$ 16.80	\$ 84.00
REDUCTOR 110 MM A 75 MM	10	\$ 6.85	\$ 68.50
REDUCTOR 250 MM A 200 MM	2	\$ 38.31	\$ 76.62
REDUCTOR 200 MM A 160 MM	3	\$ 24.95	\$ 74.85
REDUCTOR 110 MM A 90 MM	12	\$ 7.06	\$ 84.72
REDUCTOR 90 MM A 75 MM	12	\$ 4.57	\$ 54.84
REDUCTOR 160 MM A 90 MM	21	\$ 22.06	\$ 463.26
REDUCTOR 90 MM A 63 MM	9	\$ 2.80	\$ 25.20
REDUCTOR 75 MM A 63 MM	3	\$ 2.49	\$ 7.47
REDUCTOR 160 MM A 63 MM	0		\$ -
REDUCTOR 160 MM A 75 MM	7	\$ 21.41	\$ 149.87
REDUCTOR 200 MM A 110 MM	1	\$ 29.75	\$ 29.75
REDUCTOR 75 MM A 32 MM	54	\$ 1.50	\$ 81.00
REDUCTOR 90 MM A 32 MM	33	\$ 1.50	\$ 49.50
REDUCTOR 63 MM A 32 MM	15	\$ 1.50	\$ 22.50
'T" DE 250 MM	5	\$ 81.19	\$ 405.95
'T" 75 MM	6	\$ 4.63	\$ 27.78
'T" 160 MM	2	\$ 29.12	\$ 58.24
'T" 110 MM	1	\$ 6.30	\$ 6.30
'T" 90 MM	3	\$ 4.01	\$ 12.03
'T" 200 MM	1	\$ 80.55	\$ 80.55
'T" 63 MM	1	\$ 2.26	\$ 2.26
'T" 90 MM *32	52	\$ 2.53	\$ 131.56
'T" 75 MM* 32	57	\$ 4.63	\$ 263.91

'T" 63 MM * 32	17	\$	2.25	\$	38.25
CODO 45° 75 MM	10	\$	3.30	\$	33.00
CODO 90° 75 MM	54	\$	3.33	\$	179.82
CODO 90° 250 MM	1	\$	46.85	\$	46.85
CODO 45° 110 MM	1	\$	8.81	\$	8.81
CODO 45° 90 MM	6	\$	5.92	\$	35.52
CODO 90° 90 MM	34	\$	5.92	\$	201.28
CODO 45° 200 MM	1	\$	39.10	\$	39.10
CODO 90° 160 MM	2	\$	26.64	\$	53.28
CODO 90° 200 MM	1	\$	39.10	\$	39.10
CODO 90° 63 MM	18	\$	2.23	\$	40.14
CODO 45° 160 MM	2	\$	26.64	\$	53.28
CRUZ 75 MM	7	\$	14.05	\$	98.35
CRUZ 160 MM	15	\$	27.66	\$	414.90
CRUZ 110 MM	8	\$	10.05	\$	80.40
CRUZ 90 MM	8	\$	4.76	\$	38.08
CRUZ 250 MM	1	\$	88.48	\$	88.48
CRUZ 63 MM	1	\$	3.39	\$	3.39
TAPON 250 MM	1	\$	30.00	\$	30.00

SUBTOTAL	\$ 25,087.89
Descuento	\$ 1,505.27
TOTAL	\$ 23,582.61