

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE DIEZ HECTÁREAS DE RIEGO POR
GOTEO EN EL ÁREA DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE
AGRICULTURA CONSIDERANDO LAS CONDICIONES EDÁFICAS,
HIDROLÓGICAS Y DE CULTIVO.

POR:

EDUARDO ARIEL CASTRO BLANDIN

DIAGNÓSTICO



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

Marzo, 2014.

ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE DIEZ HECTÁREAS DE RIEGO POR
GOTEO EN EL ÁREA DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE
AGRICULTURA CONSIDERANDO LAS CONDICIONES EDÁFICAS,
HIDROLÓGICAS Y DE CULTIVO

POR:

EDUARDO ARIEL CASTRO BLANDIN

RENE CACERES, M.SC.

Asesor Principal

DIAGNÓSTICO

PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AGRÓNOMO

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS

Marzo, 2014

ACTA DE SUSTENTACIÓN

DEDICATORIA

A mi **DIOS TODO PODEROSO** por darme la oportunidad de salir adelante con éxitos, demostrarme día con día su infinito amor y misericordia, dándome sabiduría y fortalezas para culminar mi carrera universitaria.

A mis preciados padres **Mirian Lourdes Blandin** y **Willian Omar Cárcamo**, a ellos debo todo mis logros alcanzados, los amo, respeto, y brindo toda mi admiración.

A mi abuela **María Benita Blandin**, siempre me ha brindado su apoyo incondicional

A mi tía **Dina Ruth Blandin** por estar disponible siempre en los momentos que la he necesitado y ser una madre para mí.

A mi hermano **Santiago Antonio Blandin** y familia.

AGRADECIMIENTO

A **DIOS TODO PODEROSO**, por brindarme la oportunidad de existir y permitirme cumplir cada una de mis metas propuestas hasta hoy, tener cuidado de mi vida y darme la orientación para que cada actividad que emprenda me salga bien.

A mis preciados padres **Mirian Lourdes Blandin** y **Willian Omar Cárcamo**, Por darme la oportunidad de salir adelante, gracias a sus esfuerzos, sacrificios y dedicación, son los mejores padres del mundo.

A mi novia **Sonia Elena Cáceres Granados**, por estar a mi lado en los momentos cuando he necesitado de su apoyo, por su comprensión y dedicación.

A la **Universidad Nacional de Agricultura (UNA)**, por ser la cuna que me abrigó durante mi estadía de cuatro años, a todos y cada uno del personal técnico, docente y administrativo y a cada una de las personas que contribuyeron a mi formación en esta institución mil gracias.

A mis asesores de tesis **M.sc. René Cáceres**, **M.sc. Ramón Canaca** y **M.sc. Mario Rivera** por brindarme su apoyo y orientación para realizar mi trabajo de tesis.

Al **ing. Marcio Barahona** por brindarme su apoyo cuando lo he necesitado

A mis amigos **Claudia Zambrano**, **Wilson Echeverría**, **Manuel Echeverría**, **Manuel Chavarría**, **Fabrizio Gómez**, **Olbin Lara**, **Tulio Valle**, **Melvin Amador**, por compartir muchos momentos a mi lado y por su colaboración brindada hacia mi persona.

CONTENIDO

	Pág.
ACTA DE SUSTENTACIÓN.....	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
CONTENIDO	iv
LISTA CUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE ANEXOS.....	viii
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1. Generalidades de riego.....	4
3.1.1. Origen e importancia del riego	4
3.1.2. Función del riego	5
3.2. Relación básica suelo-agua- planta.....	6
3.2.1. Propiedades físicas del suelo	6
3.2.2. Infiltración del agua en el suelo.....	11
3.3. Requerimiento de agua de los cultivos	14
3.3.1. Lámina de riego	15
3.3.2. Lámina neta de riego	16
3.3.3. Lámina bruta de riego.....	16
3.3.4. Intensidad de la aplicación	17
3.3.5. Tiempo de riego.....	18
3.3.6. Tipos de riego	18

3.3.7. Programa CROPWAT	21
IV. MATERIALES Y MÉTODO	23
4.1. Materiales.....	23
4.2. Métodos	23
4.2.1. Sitio de estudio	23
4.2.2. Determinar la disponibilidad de agua para riego.....	24
4.2.3. Análisis de infiltración	25
4.2.4. Calcular la Capacidad de almacenamiento de agua en el suelo	27
4.2.5. Conocer Datos Climatológicos.....	27
4.2.6. Recopilar información de los cultivos.....	27
4.2.7. Determinar la Evapotranspiración potencial	28
4.2.8. Calcular los requerimiento de riego de los cultivos	28
4.2.9. Reconocer el área donde se implementara el sistema de riego por goteo	29
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
5.1. Descripción del proyecto.	30
5.2. Disponibilidad de agua para riego	31
5.2.1. Volumen de agua no disponible para riego	31
5.2.2. Volumen de agua del tanque disponible para riego.....	32
5.3. Propiedades físicas del suelo	33
5.4. Capacidad de infiltración del suelo.....	34
5.5. Humedad del suelo.....	37
5.6. Datos climatológicos de la ciudad de Catacamas	37
5.7. Datos de los cultivos	38
5.8. Requerimiento de agua de los cultivos	39
5.8.1. Calculo de requerimiento de riego del cultivo de Banano.....	40
5.9. Área que comprende el proyecto	46
VI. CONCLUSIONES.....	48
VII. RECOMENDACIONES.....	49
VIII. BIBLIOGRAFIA	50
ANEXOS	54

LISTA CUADROS

Cuadro 1. Diferentes diámetros de las arenas, limos y arcillas en diferentes clasificaciones.	7
Cuadro 2. Efecto de la textura sobre el movimiento de agua en el suelo.....	9
Cuadro 3. Clasificación de la estructura del suelo.	10
Cuadro 4. Velocidad de infiltración en los diferentes suelos.....	12
Cuadro 5. Relación de la textura, capacidad de campo, densidad aparente y punto de marchites permanente para determinar infiltración	13
Cuadro 6. Eficiencia de aplicación según método de riego	17
Cuadro 7. Lecturas del medidor de caudal.....	32
Cuadro 8. Propiedades físicas de los suelos.....	33
Cuadro 9. Datos de infiltración obtenidos en campo.	34
Cuadro 10. Aplicación de la ecuación de Kostiakov	35
Cuadro 11. Infiltración en milímetros por hora en cada una de las pruebas.	36
Cuadro 12. Curvas de retención de humedad de los suelos	37
Cuadro 13. Datos climatológicos	38
Cuadro 14. Datos de cultivos	39
Cuadro 15. Requerimiento de riego para el cultivo de banano	41
Cuadro 16. Programación de riego para el cultivo de mango	43
Cuadro 17. Cantidad diaria de agua que se necesita para riego	44
Cuadro 18. Requerimiento mensual de riego	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Triángulo de la textura	8
Figura 2. Lugar donde se realizó la investigación	24
Figura 3. Mapa del área que ocupara el proyecto de riego y ubicación del reservorio de agua.....	46
Figura 4. Mapa de distribución de los cultivos en el primer ciclo	47

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Requerimiento de agua del cultivo de ajonjolí.	55
Anexo 2. Programación de riego para el cultivo de ajonjolí.	55
Anexo 3. Requerimiento de agua del cultivo de girasol.	56
Anexo 4. Programación de riego para el cultivo de girasol.	56
Anexo 5. Requerimiento de agua para el cultivo de Jamaica.	57
Anexo 6. Programación de riego para el cultivo de Jamaica.	57
Anexo 7. Requerimiento de agua para el cultivo de maracuyá.	58
Anexo 8. Programación de riego para el cultivo de maracuyá.	59
Anexo 9. Requerimiento de agua del cultivo de piña.	60
Anexo 10. Programación de riego del cultivo de piña.	61
Anexo 11. Requerimiento de agua del cultivo de plátano.	62
Anexo 12. Programación de riego del cultivo de plátano.	63
Anexo 13. Requerimiento de riego para el cultivo de papaya.	64
Anexo 14. Programación de riego para el cultivo de papaya.	65
Anexo 15. Cálculo de riego para el cultivo de mango.	66
Anexo 16. Requerimiento de riego para el cultivo de cacao.	67
Anexo 17. Caudal de la cinta de goteo en base a cada cultivo.	68
Anexo 18. Dimensiones del reservorio, Vista en planta.	69
Anexo 19. Vista lateral del estanque.	71

Anexo 20. Diseño de un sistema de riego por goteo.	71
Anexo 21. presupuesto de la instalación del sistema de riego por goteo.	72
Anexo 22. Análisis de la muestra 1 de infiltración en Omega B1.	73
Anexo 23. Análisis de la muestra 2 de infiltración en Omega B2.	74
Anexo 24. Análisis de la muestra 3 de infiltración en Omega A2.	75
Anexo 25. Análisis de infiltración.	76
Anexo 26. Condiciones de riego actual.	76
Anexo 27. Condiciones de suelo en la estación lluviosa, Omega B1.	76

Castro Blandin E.A. Análisis de la implementación de diez hectáreas de riego por goteo en el área de agronomía de la Universidad Nacional de Agricultura considerando las condiciones edáficas, hidrológicas y de cultivo. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Honduras. C.A. 88 pág.

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en la sección de Agronomía de la Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho, en el área de Cultivos Industriales y parte de Granos y Cereales, con el propósito de conocer las necesidades hídricas y la programación riego de los cultivos de ajonjolí, jamaica, girasol, papaya, plátano, banano, maracuyá, piña, mango y cacao, así como brindar información para implementar un sistema de riego por goteo en diez hectáreas en el área de Agronomía, este proyecto está contemplado dentro del proyecto PINPROS. El trabajo consistió en calcular la disponibilidad de agua para riego, para suplir las necesidades hídricas de los cultivos, para lo cual en un inicio se pensaba usar el agua del tanque ubicado en la sección de pastos y forrajes, para esto se calculó el agua que se usa para otras actividades en la Universidad, siendo este consumo de 124 m^3 diarios y la disponibilidad de agua del tanque es de 227.124 m^3 , el agua disponible para riego es de 103.124 m^3 . Se recopiló información sobre las propiedades físicas del suelo donde se implementará el sistema de riego por goteo, se determinó la capacidad de infiltración del suelo, la cual es de 9 mm/hora y la humedad mayor del suelo es de 10.9% correspondiente a los primeros 30 cm del área de Cultivos Industriales. Se requirieron datos climáticos del área de estudio, para esto se visitó las instalaciones del Servicio Meteorológico Nacional para que brindasen esta información. Luego se determinaron los requerimientos hídricos de los cultivos haciendo uso del programa cropwat, el cual además de calcular la lámina de riego en mm brinda una programación de riego. Se estimó el requerimiento diario de agua, para conocer la mayor necesidad de agua por día, siendo esta de $2,494 \text{ m}^3$ para el día 10 de Abril, el tanque de pastos y forrajes no supe estas necesidades habiendo un déficit de $2,391 \text{ m}^3$ de agua para riego, por esta razón se recomienda la construcción de un reservorio de agua, el cual será alimentado con el agua del canal principal de riego de la Universidad Nacional de Agricultura, con el fin de cubrir las necesidades riego del proyecto.

I. INTRODUCCIÓN

Las plantas necesitan del agua para realizar procesos fundamentales para su funcionamiento como ser; crecimiento o elongación, transpiración y transporte (Alberto, f. Vicente, B. 2005). Hay varios factores que interfieren en la disponibilidad del agua en el suelo, como ser la textura, estructura, cantidad de materia orgánica en el suelo y los factores climáticos, estas en conjunto determinan la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente. El agua esta retenida en el suelo en los macro y micro poros y es de aquí de donde las plantas la absorben por medio de las raíces.

El riego es una actividad de vital importancia en la producción agrícola, en tiempos antiguos varias civilizaciones presentaron gran auge debido a la forma en que manejaron la agricultura. Esta es la base de la alimentación humana, por lo cual se debe dar un manejo adecuado a los cultivos para asegurar excelentes rendimientos. La aplicación del riego es una alternativa para un buen manejo en el cultivo, pero el uso del agua debe de hacerse de una manera eficiente para asegurar su disposición.

Para la actual crisis mundial de reducción de fuentes hídricas, surge la necesidad de optimizar los recursos disponibles y así surge la implementación de sistemas de riego por goteo. El agua aplicada por este método de riego se infiltra hacia las raíces de las plantas irrigando directamente la zona de influencia de las raíces a través de un sistema de tuberías y emisores (goteros). El riego por goteo aporta agua directamente a la raíz del cultivo para que este lo aproveche de una manera eficiente y haya menor pérdida por percolación y evaporación.

En la Universidad Nacional de Agricultura es de mucha importancia implementar un sistema de riego por goteo en cada una de las parcelas, ya que cada día la demanda de agua aumenta y el agua disponible no supe todas las necesidades hídrícas de riego. El propósito de este trabajo, es brindar la información requerida para establecer un proyecto de riego por goteo en diez hectáreas, el cual podrá ser usado como base para realizar estudios en cada una de las secciones, para conocer las necesidades hídrícas e implementar sistemas de riego por goteo, para tener un uso más eficiente del agua disponible para riego.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Analizar el proyecto de riego por goteo propuesto para diez hectáreas, en el área de Agronomía de la Universidad Nacional de Agricultura, para conocer las necesidades de riego, considerando las condiciones edáficas, hidrológicas y de cultivo.

2.2. Objetivos específicos

Analizar las condiciones edáficas, hidrológicas y de cultivo de las diez hectáreas donde se implementará el sistema de riego por goteo, brindando información para hacer un uso racional y eficiente de los recursos agua suelo.

Distribuir los cultivos en el área destinada para la implementación del sistema de riego por goteo, para calcular las necesidades de riego.

Hacer una programación de riego determinando la lámina requerida y frecuencia de riego de los cultivos que estarán dentro del proyecto de riego por goteo.

Determinar la disponibilidad de agua para la implementación del sistema de riego por goteo.

.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Generalidades de riego

El riego ha sido utilizado a través del tiempo por grandes civilizaciones que han florecido y caído de acuerdo a la forma en que lo han manejado en la agricultura. Han existido grandes obras de ingeniería para conducir el agua en trayectos largos y difíciles, desde la época de los faraones en Egipto. En China aún existe la presa de Tu-Kiang, construida en el año 200 antes de Cristo, que abastece 200,000 hectáreas de arroz y que aún se mantiene en operación, en India cuentan con datos de riego practicados hace varios miles de años antes de Cristo. En Perú y México en el momento de la colonización se observaron varios reservorios de agua y canales de conducción, pero fue hasta la época moderna que el riego tuvo auge para un mejor aprovechamiento de los recursos agua y tierra (Valverde 2007).

3.1.1. Origen e importancia del riego

La existencia de vida en nuestro planeta está íntimamente asociada y condicionada a la presencia del agua, y sobre todo la humanidad la requiere en cantidad y calidad suficiente y adecuada para satisfacer sus necesidades. Dada la creciente escasez del agua en la tierra, debido a los cambios climáticos y al existir hoy una mayor demanda de los limitados recursos hídricos; el uso eficiente de las aguas superficiales y subterráneas disponibles, empieza a ser crucial. El desarrollo de los pueblos está ligado estrechamente a la agricultura y ésta, al suelo y al agua, lo que obliga a potenciar la investigación y desarrollo de técnicas que permitan conservar las tierras y administrar y utilizar en forma eficiente el agua, tanto desde la captación y conducción (Romero 2005).

Los paradigmas de la actualidad reconocen al agua como un recurso natural renovable, pero este es limitado, escaso y vulnerable para algunas sociedades de alto valor económico, así como para otras de alto valor social, existe una relación muy estrecha con el desarrollo sustentable, por ser imprescindible para la vida y la alimentación, así como para las cadenas de valor agregado. Forma parte de los servicios ambientales y elemento básico en el desarrollo de áreas semi áridas y áridas. En América Latina el agua se constituye un tema de vital importancia debido a que cuenta con un 30 % de los recursos hídricos del total del mundo (IPAF 2012).

Los primeros sistemas de riego por goteo en Honduras, aparecieron a mediados de la décadas de los setenta en el sur del país. A medida que se perfeccionaba la parte industrial en la fabricación de los emisores o goteros y se solucionaba el problema de filtrado del agua, los resultados en el campo eran cada vez mejores. Es decir: se utilizaba menor cantidad de agua para el riego de un cultivo y se obtenían mayores producciones comparados con los sistemas convencionales de esa época que eran los de Riego por Surco o Inundación y sistemas de riego por Aspersión. La introducción del Sistema de Riego por Goteo obligo a los productores usuarios a tener mayores conocimientos del Suelo, Fuente de Agua y Cultivo a regar entre otros (CAMOSA, 2013).

3.1.2. Función del riego

El agua constituye una función importante en las plantas, para su funcionamiento, transporte, transpiración, crecimiento, floración y cada función fisiológica. Cuando el cultivo no cuenta con una fuente de suministro de agua (precipitación), es necesario aplicar riego, para aportar el agua que se ha perdido por evapotranspiración y percolación, evitando que la planta sufra de estrés hídrico y continúe con sus funciones fisiológicas y pueda cumplir el propósito por el cual fue establecido; producir (Alberto, f. Vicente, B. 2005).

3.2. Relación básica suelo-agua- planta

Las plantas tienen cierta disponibilidad del agua que se encuentra en el suelo, para determinarla es necesario hacer análisis para conocer las curvas de retención de humedad (capacidad de campo y punto de marchitez permanente). La capacidad de campo es la mayor capacidad de retención de agua en el suelo bajo condiciones de libre drenaje y riego abundante. En el punto de marchitez permanente el agua está demasiado retenida por parte de las partículas de suelo, de manera que el agua no puede ser absorbida por las plantas o necesitaría demasiada energía para disponer del agua en el suelo (Díaz J. 2006).

El agua es un componente fundamental en la producción agrícola. El agua en el suelo está retenida en los poros a diferentes niveles de energía, para que la planta la pueda absorber, el agua retenida, debe de superar estos niveles. El agua y las porciones orgánicas e inorgánicas forman la porción de suelo. Hay algunos conceptos de energía del agua-suelo como: tensión superficial que es una propiedad que se desarrolló en la inter fase líquida-gas, agua-aire; tensión superficial, capilaridad, estado energético del agua en el suelo, movimiento del agua en el suelo, contenido hídrico del suelo y capacidad hídrica del suelo.

El agua se comporta dependiendo de las propiedades del sólido, en el caso del suelo, el agua moja la superficie de las partículas a través del ángulo de contacto. El agua forma un ángulo de contacto agudo con el suelo, debido a que las fuerzas de adhesión que inciden entre el sólido y el líquido son mayores que las fuerzas de cohesión que inciden en el líquido, por esta razón es que el agua moja el suelo. Cuando hay contacto del agua, suelo y poros, hay una atracción por parte del agua (adhesión, absorción) esto genera el concepto de capilaridad (García, J. Sosa, F. Fernández, J. 2002).

3.2.1. Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas del suelo juegan un papel muy importante para la determinación del tipo de riego, y es la que determinan como regar (EIAS. 2002).

Textura del suelo

Es una de las propiedades más importantes de suelo, ya que esta influye en otras características o propiedades del suelo. Indica las porciones porcentuales de las agrupaciones por tamaño de los granos individuales en una masa de suelo (limo, arena y arcilla). Las arenas son partículas menores a 2 mm de diámetro, si es mayor se denomina Pedroso o gravoso.

Cuadro 1. Diferentes diámetros de las arenas, limos y arcillas en diferentes clasificaciones.

Dimensión de las partículas elementales (mm)	Attember (Sistema Internacional)	U.S. Departamento de Agricultura	Ex – U.R.S.S.
< 0.001	Arcilla	Arcilla	Arcilla
< 0.002			Limo fino
0.005	Limo	Limo	Limo medio
0.01			Limo grueso
0.02			
0.05	Arena fina	Arena muy fina	Arena fina
0.1		Arena fina	
0.25			Arena media
0.2			
0.5	Arena gruesa	Arena gruesa	Arena gruesa
1.0		Arena muy gruesa	
2.0	Grava fina	Grava fina	Grava
3.0			
5.0			
10.0	Grava	Grava	
20.0	Grava gruesa y piedras	Gravas gruesas y piedras	
>20.0			Gravas gruesas y

Fuente: (USDA 2006).

La textura del suelo está basada en las distintas combinaciones de arena, limo, arcilla. La textura del suelo y las posibles combinaciones de ella se presentan gráficamente en el triángulo de las texturas, Figura 1 según (USDA 2006).

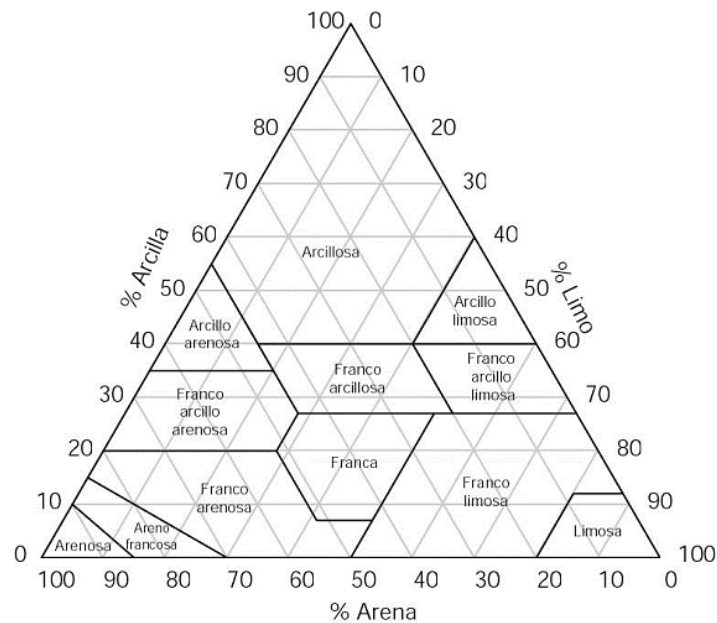


Figura 1. Triángulo de la textura

Dependiendo de la textura del suelo se pueden identificar varios factores como la capacidad de retención de agua de los suelos, la velocidad de infiltración, movimiento lateral de agua y drenaje. Para un suelo arenoso la capacidad de retención de agua es baja, debido a que tiene una alta tasa de infiltración, debido a esto el movimiento lateral del agua es bajo ya que esta se percola o se escurre rápido a perfiles más profundos de suelo, el agua se infiltra rápidamente por lo cual hay un alto drenaje.

Cuadro 2. Efecto de la textura sobre el movimiento de agua en el suelo

Textura del suelo	Habilidad de retener agua	Velocidad de infiltración	Movimiento lateral del agua	Drenaje
Arenoso y franco arenoso	baja	Alta	bajo	Alto
Franco arenoso			 Alto	
Franco			 Bajo	
Franco arcilloso			Bajo	
	Alta	Baja	Bajo	Bajo

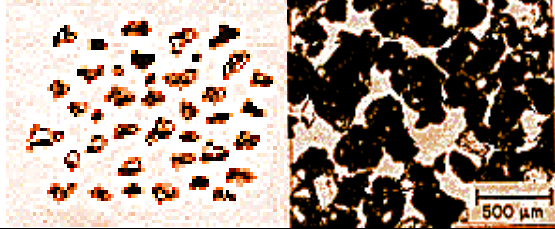
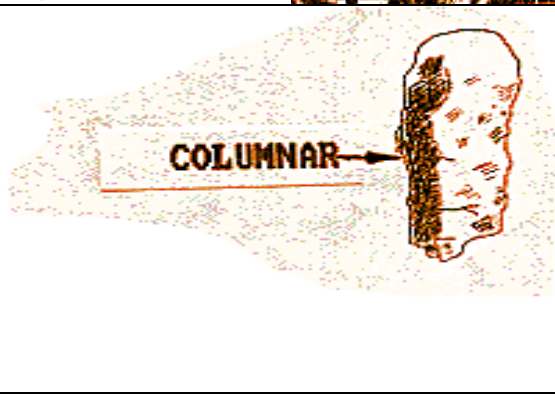
Fuente (Cahn 2002)

Al momento de regar hay que tener en cuenta una serie de factores que influyen en el aprovechamiento del agua de riego; cuando un suelo posee una textura arcillosa los suelos son capaces de retener bastante agua y aire, por lo tanto la circulación de estos elementos se dará con cierta dificultad. En suelos arenosos la circulación del agua y el aire se dan con facilidad reteniendo así el suelo poca humedad (Pavón Chocano, A. 1999).

Estructura del suelo

Morfológicamente es el grado, forma o modo en que las partículas se encuentran integradas en el suelo, asociadas entre sí, que se encuentran en forma y se unen de forma natural sin la intervención del hombre, las estructuras más comunes se observan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Clasificación de la estructura del suelo.

Estructura	Descripción
 Diagrama de estructura migajosa: Muestra agregados pequeños y dispersos. Micrografía: Muestra agregados oscuros y dispersos con una escala de 500 µm.	Migajosa: No poroso con agregados pequeños menor a dos cm de diámetro. Comúnmente localizado en el horizonte A.
 Diagrama de estructura en bloques angulares: Muestra un bloque angular. Micrografía: Muestra bloques angulares con una escala de 5 cm.	Son bloque limitados por otros agregados cuyas caras angulares bien definidas, forman el molde de estos. Generalmente se rompen en bloques más pequeños, se localizan en el horizonte B
 Diagrama de estructura en bloques subangulares: Muestra bloques subangulares. Micrografía: Muestra bloques subangulares con una escala de 2 cm.	Gránulos similares a bloques limitados por otros agregados. Se localizan en el horizonte B.
 Diagrama de estructura prismática: Muestra una columna prismática. Micrografía: Muestra columnas prismáticas con una escala de 1 dm.	Agregados similares a columnas con las partes superiores no redondeadas, se localiza en el horizonte B
 Diagrama de estructura columnar: Muestra una columna con grietas verticales y horizontales. Etiqueta: COLUMNAR.	Las dimensiones verticales de los agregados en posición natural son mayores que sus dimensiones horizontales, las columnas estas separadas por grietas verticales y generalmente quebradas por grietas horizontales. Se localiza en el horizonte B en suelos alcalinos (sódicos)
 Diagrama de estructura laminar: Muestra placas laminadas. Etiqueta: LAMINAR.	Son agregados similares a placas, se impiden y sobreponen a la permeabilidad, se encuentra en el horizonte A dos.

Fuente (Cisneros 2003).

En la estructura las arcillas y la materia orgánica son los encargados de aglutinar los componentes del suelo. Para un buen aprovechamiento de riego la estructura debe de ser granular, la estructura laminar dificulta mucho la circulación del agua (Pavón Chocano, A. 1999).

Porosidad

El volumen de suelo está constituido en general por 50 % de material solido (45% mineral y 5 % de materia orgánica) y 50 % de espacio poroso, el cual en condiciones de capacidad de campo se compone de 25 % aire y 25 % agua.

Densidad aparente del suelo

Es la relación entre la masa del suelo seco y el volumen total o aparente del suelo, incluyendo tanto la parte sólida y los poros. La densidad aparente varía entre 0.7 g/cm^3 en suelos volcánicos (muy porosos y ligeros) y 1.8 g/cm^3 en suelos arenosos y para un mismo suelo varia con la compactación.

Densidad real del suelo

Relación entre la masa del suelo seco y el volumen ocupado por las partículas solidadas, es decir el volumen del suelo seco descontando los poros, la densidad real de los suelos es casi constante e igual a 2.6 g/cm^3 pudiendo disminuir cuando abunda la materia orgánica (Ingeniería Rural, 2012).

3.2.2. Infiltración del agua en el suelo

Es una propiedad de gran importancia en los suelos y consiste en la facilidad que tiene el suelo para absorber agua a una condición dada. Cada suelo tiene características de infiltrabilidad que le son particulares y específicas. La infiltrabilidad del suelo y su variación con el tiempo, dependen además del estado hídrico inicial del suelo, de varias

propiedades físicas tales como: textura, estructura y uniformidad del perfil (Alvarado Marchant 2006).

Velocidad de infiltración

Se refiere al volumen de agua que fluye en el perfil, por unidad de superficie y unidad de tiempo ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{segundo}$), expresa la rapidez con que penetra el agua en el suelo a través de la superficie de suelo. Los suelos que poseen baja velocidad de infiltración, deben de regarse mayor tiempo, con el objetivo de poder incorporar un determinado volumen de agua. En comparación a los suelos que poseen alta velocidad de infiltración (Alvarado Marchant 2006).

En suelo con textura arcillosa la capacidad de infiltración es lenta por lo tanto la velocidad de riego debe de ser moderada, en suelo arenoso hay que aplicar el agua de riego más rápido por la alta capacidad de infiltración. Ver cuadro 1. (EIAS. 2002).

Cuadro 4. Velocidad de infiltración en los diferentes suelos

Textura	Velocidad de infiltración
Muy arenoso	20-25 mm/h
Arenoso	15-20 mm/h
Limo-arenoso	10-15 mm/h
Limo-arcilloso	8-10 mm/h
Arcilloso	< 8 mm/h

Fuente: Gras 2012.

Cuadro 5. Relación de la textura, capacidad de campo, densidad aparente y punto de marchitez permanente para determinar infiltración

Textura	Filtración y permeabilidad cm/hora	Densidad aparente g/cm ³	Capacidad de Campo	Punto de marchitez Permanente
Franco-Arcilloso	5 (2.5-25.5)	1.65 (1.55-1.80)	9 (16-22)	4 (2-5)
Franco	0.8 (0.25-1.5)	1.35 (1.30-1.40)	27 (23-31)	13 (11-15)
Arcilloso Arenoso	1.3 (0.8-2.0)	1.40 (1.35-1.50)	22 (18-26)	10 (8-12)
Arcilloso-Arenoso	0.25 (0.03-0.25)	1.30 (1.25-1.35)	31 (27-35)	15 (13-17)
Arcilloso	0.05 (0.01-0.1)	1.25 (1.20-1.30)	35 (31-39)	17 (15-19)

Fuente: (Israelsen O. Hansen V. 1985).

Según la ecuación de Kostiakov. La velocidad de infiltración puede representarse por:

$$F = k.t^a + f_0 \cdot T$$

F = velocidad de infiltración (mm/hora)

a y k= coeficiente de ajustes

T = tiempo transcurrido desde el inicio de la infiltración llamado también tiempo de oportunidad o tiempo de contacto del agua con el suelo (horas)

F₀ = infiltración básica (minutos/hora)

Entonces linealizando la ecuación anterior

$$\text{Log } F = \text{Log } A + B \log t \quad (\text{Alvarado Marchant. 2006}).$$

Medición de la infiltración

Hay varios métodos para medir la infiltración de agua en el suelo entre ellos está el uso de cilindros infiltrómetros. Los materiales necesarios para ejecución adecuada son: cilindro metálico de acero de un diámetro no inferior a 30 centímetros y de 0.5 centímetros de grosor, martillo (pesado para labores de penetración en el suelo), recipiente con agua (de 10 a 15 litros), agua, regla milimétrica, protector de erosión (plástico, madera en el fondo del cilindro), cronometro o reloj, registro de mediciones (se realiza en base a una tabla con distintas alturas de agua en el cilindro, a intervalos periódicos a modo de registrar intervalos a los 5, 10, 20, 30, 45, 60, 90 minutos) (EIAS 2002).

Infiltración acumulada

Expresa la lámina total de agua infiltrada (mm) en función del tiempo; a medida que se desarrolla el proceso de infiltración. Permite calcular, a partir del valor de la lámina de riego o reposición, el tiempo necesario para aplicar dicha lamina. Según la ecuación de Kostiakov esta se representa así:

$$D = K * T^n$$

Dónde:

D = infiltración acumulada (cm)

K = cantidad de agua infiltrada (cm) al minuto 1

a. T (min), tiempo (Alvarado Marchant 2006).

3.3. Requerimiento de agua de los cultivos

Al momento de regar hay que tener en cuenta el criterio de riego (CR) está señala el porcentaje tolerable de disminución de agua aprovechable del suelo, se debe de conocer la profundidad radicular de cada cultivo, para determinar la profundidad aprovechable de riego. Esto significa que si el cultivo de maíz tiene una profundidad radicular de 120 centímetros y un criterio de riego de 0.65, el agua debe de estar a no menos de 78

centímetros de profundidad para que la planta pueda aprovechar el agua del suelo o sea que cuando se haya absorbido una lámina de 42 centímetros de humedad hay que proceder a regar (Jara Ramírez, J. 1998).

Cuando la evaporación y la transpiración ocurren de manera simultánea se da el proceso de evapotranspiración (ET) y no hay una manera simple de distinguir estos dos procesos. La evapotranspiración de un cultivo estará determinada por la radiación solar que llega a la superficie del suelo. En una parcela se pueden distinguir dos tipos de evapotranspiración, una es la del cultivo (ETc) y la otra es la evapotranspiración potencial (ETp) que es la pérdida total o la pérdida esperada, tomando en cuenta los factores climáticos, de cultivo y características del suelo (FAO 2006).

3.3.1. Lámina de riego

Las plantas toman el agua del suelo, los requerimientos hídricos se aplicarán a través del riego, por lo tanto es necesario calcular la lámina de riego que se aplicará al suelo. La lámina de riego se calcula (Lr) dependiendo del tipo de suelo y profundidad de las raíces del cultivo, cuyas relaciones se expresan mediante la siguiente formula:

$$Lr = (CC - PMP) / 100 * Pr * Da$$

Dónde:

Lr = Lámina de riego (mm)

CC = Capacidad de campo (%)

PMP = Punto de marchitez permanente (%)

100 = Factor de corrección

Pr = Profundidad radicular de los cultivos (metros)

Da = Densidad aparente del suelo (g/cm³).

3.3.2. Lámina neta de riego

Es la relación de la evapotranspiración potencial mm/día (ET_o) y los intervalos de riego y se calcula mediante la siguiente formula

$$L_n = ET_o * I_r.$$

Dónde:

L_n = Lámina neta de riego (mm)

ET_o = Evapotranspiración Potencial (mm/día)

I_r = Intervalos de riego (días).

3.3.3. Lámina bruta de riego

Cuando se aplica el riego hay pérdidas y se debe a la eficiencia de riego, con este dato se ajusta la lámina neta de riego, mediante el cálculo de la lámina de riego bruta que considera las pérdidas del sistema mediante la expresión.

$$L_b = L_n / E_f.$$

Dónde:

L_b = Lámina bruta de riego (mm)

L_n = Lámina neta de riego (mm)

E_f = eficiencia del riego (Chow J.L. 2012).

Eficiencia en la aplicación de riego

La eficiencia de riego dependerá del método o tipo de riego a emplear y de la manera en que se aplique el tipo de riego, la eficiencia descrita a continuación es teórica.

Cuadro 6 Eficiencia de aplicación según método de riego

Método de riego	Eficiencia (%)
Surcos rectos	55-70
Surcos en contorno	50-55
Corrugación	50-70
Aspersión (clima seco y cálido)	60
Aspersión (clima moderado)	70
Aspersión (clima frío y húmedo)	85
Riego por goteo	85-95

Fuente (Petillo García 2011).

3.3.4. Intensidad de la aplicación

Conociendo la lámina bruta de riego, cuyo valor indica la humedad necesaria para sustituir la humedad consumida por el cultivo y factores ambientales en un periodo de tiempo no obstante dicha lámina se aplica a través del sistema de riego, por lo que necesitamos conocer la intensidad de la aplicación, dato que está dado en mm/hora. La estimación de la intensidad de la aplicación se hace mediante la expresión:

$$I_a = q_e / (d_l * d_e)$$

Dónde:

I_a = Intensidad de aplicación (litros/hora)

q_e = Caudal (litros/hora)

d_l = Distancia entre laterales (metros)

d_e = Distancia entre emisores (metros).

3.3.5. Tiempo de riego

Para operar el sistema se necesita conocer el tiempo necesario para aplicar la lámina bruta de riego y se hace mediante la expresión

$$T = Lb/Ia$$

Dónde:

T = tiempo en horas

Lb = Lamina bruta de riego (mm)

Ia = Intensidad de aplicación (mm/hora) (Chow J.L. 2012).

3.3.6. Tipos de riego

Al momento de determinar el tipo de riego a usar hay que tener en cuenta varios factores como ser: propiedades físicas del suelo, factores climáticos, disponibilidad de agua, tipo de cultivo y disponibilidad de recursos económicos. Existen diferentes tipos de riego, uno de los más eficientes es el sistema de riego por goteo.

Sistema de riego por goteo

Es un método de riego localizado, el agua se aplica al suelo en forma de gotas a través de emisores, comúnmente denominados “goteros”. La descarga de los emisores depende del tipo de gotero, fluctúa en el rango de 1 a 4 litros por hora por gotero. El riego por goteo suministra a intervalos frecuentes pequeñas cantidades de humedad a la raíz de cada planta por medio de delgados tubos de plástico. Este método, utilizado con gran éxito en muchos países, garantiza una mínima pérdida de agua por evaporación o filtración, y es válido para casi todo tipo de cultivos (Romero 2005).

Componentes del sistema

Un riego presurizado básicamente consiste en: la fuente de abastecimiento de agua, cabezal principal, tuberías de conducción principal, tuberías terciarias, cabezales de campo, laterales de riego con emisores. Dentro del sistema se pueden encontrar diferentes sectores.

➤ Subunidad de Riego

Es el área que se riega con una válvula o cabezal de riego, es el conjunto de laterales (tuberías que portan los goteros), normalmente de PE (polietileno), así como de tuberías que los alimentan (terciarias), normalmente de PE o de PVC.

➤ Unidad o Sector de Riego

Es la superficie que se riega simultáneamente tomando un conjunto de sub unidades de riego, que funcionan juntas o con las mismas características. Se suelen agrupar las subunidades que funcionarán dentro de un mismo turno de riego.

➤ Red de distribución

Es el conjunto de tuberías que alimentan a las subunidades a todos los sectores desde el punto de cabecera de la red. Normalmente de PVC.

➤ Cabezal

Será el conjunto de dispositivos para el bombeo, control, e inclusión de fertilizantes y automatismos del sistema de riego (Universidad de Jaume I. 2005).

➤ Fuentes de abastecimiento de agua

Se puede disponer de diferentes fuentes de agua, en la actualidad se usa el agua del sub suelo, haciendo perforaciones para poderla extraer, se puede usar agua de ríos, vertientes, agua conducida por canales, reservorios etc. Existen varios tipos de reservorios siendo los más comunes los cubiertos por una membrana impermeable. La capacidad dependerá de las necesidades hídricas (AMIAD 2012).

➤ **Cabezal de riego**

Es el conjunto de elementos que dominan toda la instalación y sirve para proveer presión y caudal al sistema, filtrar el agua, inyectar fertilizantes, medir volúmenes, etc. Los componentes principales son:

- ✓ El equipo de bombeo que provee el caudal y presión suficiente para que funcione el equipo.
- ✓ Sistema de filtrado, compuesto por uno o varios filtros de acuerdo al caudal e impurezas y válvulas de retrolavado.
- ✓ Unidad de fertilización.
- ✓ Aparatos de control y medición.
- ✓ Válvulas de aire, reguladoras de presión, de alivio etc.

➤ **Equipo de bombeo**

Está constituido por una o más bombas cuyo tamaño y potencia depende de la superficie a regar. El dimensionamiento de la bomba debe ser tal que la presión requerida sea suficiente para vencer las diferencias de cota y la pérdidas de carga de todo el sistema. Las más usadas son las de acción centrífuga abastecidas por energía eléctrica y en menor grado las accionadas con motores de explosión (Curso Iniciación de Riego Presurizado 2000).

➤ **Sistema de filtrado**

Es la parte clave del sistema ya que es la que evitara el ingreso de partículas minerales en suspensión (arcilla, limo, arena), materia orgánica y precipitada. Para evitar la entrada de estos elementos al sistema se debe de tomar precauciones desde el ingreso del agua al reservorio haciendo uso de: rejillas o decantadores, pre filtrado en la succión.

Los filtros se clasifican en: hidrociclones, filtros de grava, filtros de malla o anillas (AMIAD 2012).

➤ **Unidad de fertilización**

Se utiliza para inyectar al sistema fertilizante, ácido clorhídrico, fosfórico. Consiste en dos partes: depósito de almacenamiento, es un tanque resistente a la corrosión, de polietileno, fibra de vidrio o fibrocemento, el tamaño depende de las necesidades del sistema. La

inyección o fertilización, es realizado por distintos dispositivos para inyectar la solución al sistema, los más usados son: tanque de fertilización, venturi y bombas de inyección.

➤ **Tuberías de conducción**

Las tuberías más empleadas son las de cloruro de polivinilo (PVC) y de polietileno. El PVC se usa en diámetros superiores a 50 mm para líneas de distribución primaria, secundarias y terciarias. Las tuberías se clasifican por clase en relación a la presión que son capaces de soportar en Kg/cm^2 . La tubería que se ubica dentro del cultivo son laterales de riego, que se ubica a lo largo de la hilera de plantas y una cierta distancia en el caso de doble línea, normalmente son de 16 y 20 mm en función del caudal a distribuir la longitud de riego, soporta presiones de 2-3 Kg/cm^2 (Osorio Ulloa 2004).

3.3.7. Programa CROPWAT

CROPWAT es un programa de computación que puede ser usado para el cálculo de los requerimientos de agua de los cultivos y de sus requerimientos de riego en base a datos climáticos y de cultivos ya sea existente o nuevos. Además, el programa permite la elaboración de calendarios de riego para diferentes condiciones de manejo y el cálculo de esquema de provisión de agua para diferentes patrones de cultivo. El propósito principal de CROPWAT es calcular los requerimientos de agua y la programación de riego de los cultivos en base a datos introducidos por el usuario. Estos datos pueden ser directamente ingresados en CROPWAT o importados de otras aplicaciones.

Para los cálculos de requerimiento de agua del cultivo, CROPWAT requiere de datos de evapotranspiración (ET_o). CROPWAT permite al usuario ingresar valores de ET_o, o ingresar datos de temperatura, humedad velocidad del viento y radiación solar, lo cual permite al programa calcular la ET_o aplicando la ecuación de Penman Monteith. Permite el uso de archivos provenientes de la base de datos CLIMWAT. Son necesarios los datos de precipitación y son utilizados por CROPWAT para calcular precipitación efectiva o precipitación confiable y de los programas de riego, también datos de suelo si el usuario desea determinar la programación de riego y programaciones para un cultivo, también

puede calcular un esquema de suministro de agua, que es básicamente la combinación de los requerimientos de agua de varios cultivos, cada uno con su fecha de siembra individual (patrón de cultivo) (FAO 2010).

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1. Materiales

Para la investigación se utilizaron los siguientes materiales y equipos: computadora, cámara, cinta métrica, regla, bolsa plástica, baldes, cilindros infiltrómetros, cronómetro, pala, gvSIG (sistema de información geográfica), medidor de caudal 5.08 centímetros.

4.2. Métodos

4.2.1. Sitio de estudio

El trabajo se realizó en la Universidad Nacional de Agricultura, que se encuentra ubicada entre las coordenadas geográficas 14° 50' 22" latitud norte, 85° 52' 32" latitud oeste, a 6 Km sur este de la ciudad de Catacamas, Olancho, Honduras C.A. con una altitud de 371 metros, una temperatura máxima de 33.8 °C y una temperatura mínima de 16.8 °C, precipitación pluvial de 1000 a 1300 milímetros al año. (Servicio Meteorológico Nacional de Honduras, 2013).

El proyecto de riego que se implementará es un sub proyecto de PINPROS; el cual consiste en establecer riego por goteo en diez hectáreas en el área de agronomía, como alternativa para tener un auto abastecimiento de alimentos utilizados en el comedor estudiantil de Universidad Nacional de Agricultura y tener un mejor aprovechamiento del agua de riego.

El lugar de trabajo dentro de la Universidad está ubicado en la sección de agronomía, en las parcelas ubicadas en la Sección de Cultivos industriales y Granos y Cereales.



Figura 2 Lugar donde se realizó la investigación

4.2.2. Cálculo de la disponibilidad de agua para riego

Se determinó al inicio del proyecto que como fuente de abastecimiento de agua para suplir las necesidades hídricas de los cultivos se usaría el agua que dispone el tanque ubicado en la sección de pastos y forrajes, por lo cual se tomaron datos del mismo.

Para conocer la cantidad de agua que se puede disponer del tanque fue necesario calcular la cantidad de agua que se usa para otras actividades dentro de la Universidad Nacional de Agricultura, actividades de operación que realizaran en la planta cárnica, para determinar la cantidad de agua que se utilizara en la planta cárnica se entrevistó a la persona encarga de esta área de trabajo.

Del tanque de pastos y forrajes también se dispone agua para mantenimiento de algunos baños dentro de la universidad, para calcular la cantidad de agua que se utiliza para esta actividad fue necesario contar con un medidor de caudal de agua de 5.08 centímetros y

colocarlo en el tubo de 5.08 centímetros que conduce agua del tanque de pastos y forrajes, el medidor se colocó a 50 metros noreste del Kínder de la Universidad Nacional de Agricultura.

El medidor calcula el volumen de agua en m^3 que está circulando, al conocer el volumen diario de agua que circula por el tubo se determinó la cantidad de agua que se utiliza en los baños, para tener un dato confiable se tomaron lecturas diarias por dos semanas, de lunes a viernes a las doce del mediodía, los días sábado y domingo no se tomaron lecturas debido a que el uso de los baños es más reducido y para calcular el requerimiento diario de agua fue necesario sacar una media de las lecturas obtenidas.

La suma de los dos requerimientos de agua constituye el total de agua no aprovechable para riego, para conocer el volumen disponible para riego, fue necesario conocer la cantidad de agua que puede almacenar el tanque y la capacidad de succión de la bomba de agua que lo abastece. La cantidad de agua disponible del tanque menos la cantidad de agua no aprovechable para riego constituye el volumen de agua disponible para riego.

4.2.3. Análisis de infiltración

Para determinar la velocidad de infiltración de agua en el suelo se usó cilindros infiltrometros, con un diámetro interno de 14 centímetros, grosor de 1.7 centímetros y una altura de 30 centímetros. Se seleccionó el lugar donde se realizó las pruebas de infiltración, evitando hacer las pruebas en caminos o bordas. Con una pala se limpió la vegetación de la superficie donde se instaló el cilindro, evitando alterar la estructura del suelo, a continuación con golpes suaves sobre un trozo de madera, puesto sobre el cilindro se introduce hasta una profundidad de 10 a 15 centímetros, forrando el interior del cilindro con una bolsa plástica, agregar lentamente el agua sobre la lámina de plástico teniendo cuidado a que se escurra por los lados, luego se retiró el plástico suavemente unos segundos después, controlando con el cronometro el tiempo de cada lectura.

El intervalo de cada lectura depende de la velocidad de infiltración, al inicio cada 1 minuto, luego cada 5, 10, 15, 20, 30 y 60 minutos hasta completar ocho horas, los datos obtenidos se analizaron con la ecuación de Kostiakov modificada. Para esto se necesita calcular el tiempo acumulado en minutos y la infiltración acumulada en milímetros. Para este estudio se realizaron tres pruebas, una en las parcelas de Granos y Cereales y dos en la sección de Cultivos Industriales, con separación de 250 metros cada una.

La ecuación de ecuación de Kostiakov modificada es:

$$F = K \cdot T^a + f_0 \cdot T$$

Dónde:

F = Infiltración en (mm/hora)

K = Anti log b

b = $y/n - (a \cdot x)/n$

$$a = \frac{\frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}}{n}$$

x = log tiempo acumulado

y = log Z

Z = z (infiltración aculada) – (f₀ * T)

F₀ = (z ultima lecuta – z penúltima lectura) / (t ultimo – t penúltimo).

Nota: Para realizar estas pruebas de infiltración solo se usó un cilindro infiltrometro, se recomienda usar dos uno de mayor diámetro, esto para tener una infiltración más uniforme, pero solo disponía de un cilindro, por tal razón realice las pruebas de esta manera.

4.2.4. Calculo de la Capacidad de almacenamiento de agua en el suelo

En base a la retención de humedad y densidad aparente del suelo, se calcula la lámina de riego que se debe aplicar de acuerdo a la retención de humedad de ese suelo y la exploración de raíces del cultivo para ellos sustituimos la ecuación.

$$Lr = \frac{(CC-PMP) * Da * Pr}{100}$$

Para calcular la capacidad de almacenamiento de agua del suelo se aplicó la siguiente formula. Humedad del suelo % = (CC-PMP).

4.2.5. Obtener información de Datos Climatológicos

Se visitaron las instalaciones del Servicio Meteorológico Nacional ubicado en la ciudad de Tegucigalpa; Francisco Morazán, Honduras, para solicitar información de la estación meteorológica de la ciudad de Catacamas, Olancho, ya que en la ciudad de Catacamas no están autorizados a brindar esta información. Los datos solicitados son precipitación mensual, temperatura máxima y mínima mensual, velocidad del viento y horas luz.

4.2.6. Información de los cultivos

Se entrevistó a la persona encargada de manejar el proyecto de riego, para determinar que cultivos se establecerán al momento que el proyecto entre en funcionamiento. Para conocer las necesidades de riego de los cultivos fue necesario conocer información específica de cada uno de los cultivos como profundidad radicular, etapas de desarrollo, Kc en cada una de sus etapas y la fracción de agotamiento crítico, estos datos fueron tomados de manual de (Riego y Drenaje FAO 56).

4.2.7. Determinación de la Evapotranspiración potencial

La ETo (evapotranspiración de referencia) se calculó haciendo uso de la ecuación de Penman Moteith. Para calcular los requerimientos de riego de los cultivos se utilizó el programa de cropwat, el cual incluye esta ecuación para determinar la ETo, se necesita ingresar datos de horas luz, velocidad del viento (Km/hora), Temperatura máxima y temperatura mínima (°C) y humedad relativa (%), todos estos datos tiene que ser históricos y se ingresa la media mensual de cada uno de ellos.

4.2.8. Cálculo de los requerimiento de riego de los cultivos

Este cálculo se hizo usando el programa Cropwat, Este programa calcula el RAC (requerimiento de agua del cultivo) para este cálculo el programa trabaja con varios módulos y en cada uno de ellos hay que ingresar datos, el primero es el de clima y los datos que requiere son de temperatura mínima y máxima (°C), humedad relativa (%), Velocidad del viento (Km/hora) y la insolación o cantidad de horas luz al día, los valores que se ingresan en el programa son las medias mensuales, el programa calcula la radiación ($\text{MJ/m}^2/\text{día}$) y hace uso de la ecuación de Penman Moteith para calcular la ETo (evapotranspiración de referencia).

En el siguiente modulo hay que ingresar datos de la media mensual de precipitación, luego el programa calcula la precipitación efectiva, esta varía de acuerdo a la fórmula que se seleccionó, en este caso se usó la fórmula de FAO/AGLW la cual el programa la incluye en su sistema.

El siguiente modulo es de cultivo y aquí se requiere ingresar información básica y específica para cada cultivo como la profundidad efectiva de las raíces (metros), el coeficiente del cultivo en cada una de sus etapas de desarrollo y los datos que se especifican en el siguiente cuadro.

Se requiere de información de suelos la humedad disponible (mm/metro), máxima profundidad radicular, datos de infiltración (mm/hora).

Al ingresar estos datos el programa brinda información de programación de riego y patrón de cultivo. Para hacer el cálculo de requerimientos de agua de los cultivos se hace una configuración del programa para regar cuando hay un 80% de agotamiento crítico del cultivo y la eficiencia de riego de 90% (riego por goteo) y de esta manera se obtiene los datos de riego como Lamina Neta de riego, que es la cantidad de agua que necesita el cultivo y la lámina bruta, la que se le suministra al cultivo, incluye las pérdidas del sistema.

4.2.9. Delimitación el área donde se implementara el sistema de riego por goteo

Con uso de GPS se tomaron puntos para delimitar el área que ocupara el proyecto de riego por goteo, los puntos fueron usados para elaborar mapa y hacer la distribución para el primer ciclo de cada cultivo.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La época en que se realizó el trabajo de investigación estuvo comprendida entre los meses Agosto, Septiembre y Octubre de 2013. Se inició con la colocación del medidor de agua para determinar el volumen de agua usado para actividades de mantenimiento de algunas áreas de la Universidad.

5.1. Descripción del proyecto

La Universidad Nacional de Agricultura cuenta actualmente con un área considerable para la producción agrícola, sin embargo el nivel de eficiencia en cuanto a rendimientos es bajo debido principalmente a la falta de tecnología adecuada como sistemas de riego por goteo que permiten hacer un uso eficiente del agua y reducir los costos de mano de obra por riego, fertilización y control de plagas y enfermedades. Debido a esta situación, en algunos casos la Universidad Nacional de Agricultura no es capaz de responder completamente a la demanda del comedor estudiantil y se ve en la necesidad de comprar los productos agrícolas necesarios para la alimentación de los estudiantes.

Considerando la rápida degradación de los recursos naturales, incluyendo la reducción de los recursos hídricos de todo el mundo, se hace prioritario aplicar técnicas que contribuyan al uso racional y apropiado de los mismos. Para el caso, el Río Talgua, que es la fuente superficial natural que abastece de agua para riego a la Universidad Nacional de Agricultura, en los últimos 15 años, ha tenido una reducción del 80% de su caudal, situación que preocupa a las autoridades universitarias, por lo que es necesario realizar proyectos que ayuden a utilizar de una manera eficiente el recurso hídrico que aún provee la naturaleza, aprovechándolo en la producción de cultivos que tiene alta demanda en el

comedor estudiantil, lo que permitirá ahorrar fondos en la adquisición de estos productos, ya que no se comprarán en el mercado.

La Universidad cuenta con un sistema de riego superficial, que se constituye por una toma de agua, canales primarios, secundarios y terciarios. El canal principal consta de 3,000 metros lineales, de los cuales, 2,850 metros se encuentran revestidos con paredes de bloque y base de concreto. De la demanda que presenta el comedor estudiantil de cinco productos de consumo básico, apenas se cubren los siguientes porcentajes de la demanda del comedor estudiantil: plátano 9.0%, banano 4.8%, papaya 20%, yuca 9.7% y elotes el 12.5%.

5.2. Disponibilidad de agua para riego

El agua que se podrá disponer para fines de riego, será el agua total del tanque ubicado en la sección de pastos y forrajes menos el agua que destinada o usada para otras actividades dentro de la Universidad Nacional de Agricultura. A continuación se detalla cual la cantidad de agua que no está disponible para riego.

5.2.1. Volumen de agua no disponible para riego

Según información obtenida al entrevistar a la persona encargada de la planta cárnica la cantidad de agua estimada a usar para mantenimiento y operaciones diarias de la planta cárnica es de 30 m³, esta cantidad de agua será descartada para fines de riego (Benito Pereira, 2013).

En el cuadro 7 se representa los datos de las lecturas diarias tomadas en el medidor de caudal, obteniendo un promedio de 94 m³ de agua utilizada, este dato se estima, será el consumo diario de agua para actividades de mantenimiento de algunos baños de la Universidad Nacional de Agricultura.

Cuadro 7. Lecturas del medidor de caudal

Lecturas	Día	Lectura m ³	Volumen de agua usado
1	Lunes 12/10/13	027586	Base
2	Martes 13/10/13	027681	027681-027586 = 95
4	Jueves 15/10/13	027818	027818-027722 = 96
5	Viernes 16/10/13	027914	027914-027818 =96
6	Lunes 18/10/13	028170	Base
7	Martes 20/10/13	028263	028263-028170 =93
8	Miércoles 21/10/13	028361	028361-028263 =98
9	Jueves 22/10/13	028451	028451-028361 =90
10	Viernes 23/10/13	028540	028540-028451 =89
Promedio m ³			94
Agua a usar en la planta m ³			30
Total de agua a utilizar m ³			124

De acuerdo al cuadro anterior el total del agua utilizada al día es de 124 m³, este es el volumen que se descarta para fines de riego del total del agua disponible del tanque de pastos y forrajes.

5.2.2. Volumen de agua del tanque disponible para riego.

El tanque ubicado en pastos y forrajes tiene una capacidad de 113,562.00 litros de agua, la bomba tiene una capacidad de succión 302.83 litros / minuto, que equivale a 18,169.8 litros/hora, para calcular el tiempo en que tarda el tanque en llenarse se aplicó la siguiente formula $T = CT/CS$.

Dónde:

T = Tiempo de llenado del tanque (horas)

CT = Capacidad del tanque (litros)

CS = Capacidad de succión (litros/hora)

$T = 113,562.00 \text{ litros} / 18,169.80 \text{ litros/hora}$

T = 6.25 horas

El tanque tarda en llenarse 6.25 horas, en un lapso de tiempo de 12.50 horas al día se podría disponer del doble de la capacidad de agua del tanque 227,124.00 litros de agua, que es igual a 227.124 m^3 , esto se determinó para que la bomba de succión solo trabaje parte del día para no reducir su vida útil. El agua disponible para riego será el agua disponible del tanque menos total de agua a utilizar.

$$\text{Agua disponible para riego} = 227.124 \text{ m}^3 - 124 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua disponible para riego} = 103.124 \text{ m}^3.$$

5.3. Propiedades físicas del suelo

Datos recopilados del estudio Edafotecnico realizado en el 2011 en el área donde se implementara el proyecto de riego muestra las propiedades físicas del suelo descritas en el cuadro 8.

Cuadro 8. Propiedades físicas de los suelos

Parcelas	Profundidad	Estructura	Textura
Omega B1	0 – 30 cm	Bloque sub-angulares	Arcillo limoso
	30 – 60 cm	Bloque sub-angulares	Arcilla
Cultivos industriales	0 – 30 cm	Bloque sub-angulares	Franco arcilloso limoso
	30 – 60 cm	Bloque sub-angulares	Arcilloso limoso

Tanto en cultivos industriales como en Omega B1 predomina la estructura en bloque sub-angulares y la textura de arcilloso limoso se presenta en los dos pero a diferentes profundidades en Omega B1 en los primeros 30 cm de profundidad y en Cultivos industriales de 30 a 60 cm de profundidad.

5.4. Capacidad de infiltración del suelo

Los datos obtenidos en campo al realizar las pruebas de infiltración fueron los siguientes: prueba 1 (Omega B1), prueba 2 (Omega B2) y prueba 3 (Omega A2).

Cuadro 9. Datos de infiltración obtenidos en campo.

prueba 1				prueba 2				prueba 3			
tiempo acumulad o minutos	lectura s cm	Agregado cm	mm acumulad o	tiempo acumulad o	lectura s cm	Agrega r	mm acumulad o	tiempo acumulad o	lectura s cm	Agrega r	mm acumulad o
0	20		0	0	20		0	0	22		0
1	13		70	1	2	20	180	1	17.8		42
2	5	20	150	2	12.8		262	2	16.5		55
3	12.5		225	3	6.5		315	3	14.6		74
4	8	20	270	4	3	20	350	4	13.7		83
5	16		310	5	16.2		388	5	11.9		101
10	5	20	420	6	12.6		424	10	10.8	20	112
15	10	20	520	7	9.7		453	15	18		132
20	8	20	640	8	7		480	20	14.8		164
45	6	20	780	9	5.1		499	30	13.4		178
60	11	20	870	10	3.2	20	518	45	12.5		187
90	12.5	20	945	15	9.7		621	60	11.8		194
120	9	20	1075	20	3.8	20	690	90	11	20	202
180	12.1	20	1154	25	11.8		772	120	18.9		213
240	15		1204	30	6	20	830	180	17.5		227
300	12		1234	40	10.7		923	240	16.03		241.7
360	10		1254	50	5.5	20	985	300	14.9		253
420	9.1		1263	65	9.9	20	1086	360	14		262
480	8.2		1272	80	11	20	1176	420	13		272
				95	6	20	1336	480	12		282
				125	10.9	20	1447				
				155	13		1426				
				185	8.4	22	1472				
				245	8.9	20	1603				
				305	11.9	20	1694				
				365	13	20	1774				
				425	12	20	1854				
				485	11.2		1862				

Aquí se muestran los datos obtenidos en campo en cada una de las pruebas de infiltración, en la primera columna se muestra el tiempo acumulado en minutos hasta un total de 8 horas que es igual a 480 minutos, en la segunda columna se observa la altura del agua en centímetros para cada lectura, en caso de que la lámina de agua bajase diez cm se agrega agua tal como se muestra en la columna 3 y en la columna cuatro se puede apreciar la infiltración acumulada en milímetros de acuerdo a cada lectura. Estos datos se analizaron aplicando la ecuación de Kostiakov modificada y se muestra en el anexo 22 al 24.

Cuadro 10. Aplicación de la ecuación de Kostiakov

constantes	prueba 1	prueba 2	prueba 3
a	0.398000211	0.367910353	0.232116216
b	2.101115083	2.143265873	1.76226202
k	126.2161949	139.0803814	29.66620681
Infiltración básica	9 mm/hora	8 mm/hora	10 mm/hora

Cuadro 11. Infiltración en milímetros por hora en cada una de las pruebas.

$$F = k.T^a + f_0.T$$

	prueba 1	prueba2	prueba 3
tiempo (Horas)	Infiltración (mm/hora)	Infiltración (mm/hora)	Infiltración (mm/hora)
1	126.3661949	139.2137147	39.66620681
2	166.6125739	179.7474371	53.2992682
3	195.8881951	208.7549019	65.62737455
4	219.7467765	232.1500907	77.37725115
5	240.2498757	252.1007649	88.79353453
6	258.4250292	269.6783129	99.99046821
7	274.8694422	285.5014185	111.0312276
8	289.9653561	299.9639923	121.9546428
9	303.9743038	313.334355	132.7863874
10	317.0842309	325.8045867	143.5443708
11	329.4353895	337.5175364	154.2416116
12	341.1356177	348.5827035	164.8878866
13	352.2698712	359.0861136	175.4907355
14	362.9064422	369.0967435	186.0561021
15	373.1011691	378.67086	196.5887599
16	382.9003761	387.8550414	207.0926031
17	392.3429802	396.6883393	217.5708533
18	401.4620364	405.2038602	228.026207
19	410.2858938	413.429947	238.4609454
20	418.8390749	421.3910758	248.8770166
21	427.142956	429.1085481	259.2760979
22	435.2162994	436.6010325	269.6596447
23	443.0756762	443.884994	280.0289282
24	450.7358057	450.9750372	290.3850655

En el terreno de Omega B1 la infiltración acumulada es de 9 mm/hora debido a su textura franco arcillosa, los resultados en la prueba 1 (Omega B1) y en la prueba 2 (Omega B2) son similares, tienen una infiltración de 540 mm a las 24 horas. En la prueba 3 (Omega A2) la infiltración inicial es bien baja es por esto que la infiltración 24 horas es menor en comparación a las pruebas 1 y 2, en la parcela donde se hizo esta prueba el suelo esta compactado y debido a esto hay una menor infiltración.

5.5. Humedad del suelo.

En el siguiente cuadro se muestran valores de capacidad de campo (cp), punto de marchites permanente (pmp), densidad aparente (da) y el porcentaje de humedad del suelo, para efectos de riego estos datos son fundamentales, la humedad del suelo y la densidad aparente se usan para el cálculo de la lámina de riego y para cálculo de la humedad del suelo es necesario determinar la cc y pmp.

Cuadro 12. Curvas de retención de humedad de los suelos

Lote	Profundidad cm	Capacidad de Campo Atm 0.316	Punto de marchites permanente	Densidad aparente g/cm ³	Humedad %
Cultivos industriales	0 – 30	42	31.91	1.5161	10.09
	30 – 60	41.16	33.07	1.5612	8.09
Omega 1B	0 – 30	38.89	30.47	1.5548	8.42
	30 – 60	40.77	31.70	1.53	9.07

Fuente: (Mejía Mendoza, A.D. 2001.)

La capacidad de retención de humedad del suelo se calcula restándole el punto de marchites permanente a la capacidad de campo, por ejemplo en el suelo de cultivos industriales para los primeros 30 cm de profundidad la capacidad es de 42 % y el punto de marchitez permanente es de 31.91%, la fórmula para determinar la capacidad de retención del agua para este suelo es, $HS = (CC - PMP)$

Dónde:

$$HS = (42 - 31.91)$$

$$HS = 10.09 \%$$

Este es el porcentaje de humedad para el suelo de cultivos industriales a los primero 30 cm de profundidad.

5.6. Datos climatológicos de la ciudad de Catacamas

Los datos climatológicos de cada mes de enero a diciembre presentados en el cuadro 13 describen el promedio de precipitación mensual, temperatura máxima y mínima mensual, humedad relativa, velocidad del viento y horas luz. Estos datos son requeridos para

ingresarlos en el programa Cropwat, para calcular la precipitación efectiva se necesita de la precipitación mensual y los demás valores los usa para calcular la evapotranspiración potencial, haciendo uso de la ecuación de Penman Monteith.

Cuadro 13. Datos climatológicos

requerimientos climáticos para determinar Rad y Eto								Precipitación	
Meses	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo	Precipit.	Prec. Efec
	°C	°C	%	km/día	Horas	MJ/m²/día	mm/día	Mm	Mm
Enero	13.1	32.6	74	177	11.3	22.3	4.63	29.9	7.9
Febrero	13.9	33.9	69	177	11.7	24.8	5.37	20.5	2.3
Marzo	14.6	35.4	65	177	12.2	27.4	6.2	11.4	0
Abril	17	36.2	62	177	12.4	28.6	6.69	21.2	2.7
Mayo	19.3	35.9	67	177	12.8	29	6.71	133.4	82.7
Junio	19.4	34.7	75	177	13	28.9	6.37	193.8	131
Julio	18.9	32.6	79	177	12.9	28.9	5.94	191.5	129.2
Agosto	19.1	33.3	78	133	12.6	28.6	5.86	131.5	81.2
Septiembre	19.4	35.5	79	133	12.2	27.5	5.92	108.4	62.7
Octubre	17.6	33.3	81	133	11.8	25.3	5.14	199	135.2
Noviembre	15.9	32.4	80	133	11.4	22.8	4.48	64.4	28.6
Diciembre	13.4	32.7	77	177	11.2	21.5	4.44	35.6	11.4
								1140.6	675
Promedio	16.8	34	74	162	12.1	26.3	5.65		

(Sistema Meteorológico Nacional 2013)

En la ciudad de Caticamas la máxima temperatura en el año es de 36.2 °C para el mes de Abril, debido a esto hay una mayor ETo y es en este mes en donde debería de haber mayor requerimiento de agua para riego, ya que en este mes hay una baja precipitación de 21 mm y hay menos humedad relativa de 62 %.

5.7. Datos de los cultivos

Los cultivos a establecer son: plátano, piña, Jamaica, ajonjolí, banano, papaya, girasol maracuyá, cacao y mango, estos últimos dos ya se encuentran establecidos. Para cada cultivo se recopiló información específica la cual se describe en el cuadro 14, estos datos

son requeridos al igual que los datos de clima para calcular los requerimientos de agua de los cultivos.

Cuadro 14. Datos de cultivos

cultivos	Profundidad efectiva . Raíces (m)		Kc del cultivo			etapas de crecimiento (días)				Fracción de agotamie nto critico
	Min	Max	inici o	Medi o	Final	Inici o	Desarroll o	Medi o	Fin	
Girasol	0.5	1.5	0.35	1.15	0.55	23	35	45	25	0.45
Banano	0.5	0.9	0.5	1.1	0.95	120	90	120	60	0.35
Piña	0.3	0.6	1	1.05	0.3	80	120	300	100	0.5
Cacao	0.7	1	0.9	1.05	1.05	120	240	300	725	0.3
maracuyá	0.15	0.65	0.36	0.92	0.79	30	70	110	80	0.4
Jamaica	0.3	1.5	0.4	1.2	0.8	25	30	25	25	0.4
Ajonjolí	0.2	1	0.35	1.1	0.25	20	20	10	40	0.35
Plátano	0.5	1	0.5	1.1	0.85	120	90	120	60	0.35
Mango	0.5	1.7	0.4	1.1	0.85	365	1050	4800	4800	0.3
Papaya	0.1	1	1	1	1	36	97	16	210	0.35

Fuente: (FAO 2006)

Aquí se muestra la profundidad efectiva de las raíces de cada cultivo, el Kc de los cultivos en cada etapa de desarrollo, en la etapa de inicio el Kc es menor debido a que el cultivo requiere menor cantidad de agua en comparación a la etapa media, aquí es donde el cultivo requiere mayor cantidad de agua debido a que la tasa de ETo es mayor que en las demás etapas de desarrollo, a excepción del cultivo de papaya que en las tres etapas es constante.

5.8. Requerimiento de agua de los cultivos

Para el calcular del requerimiento de la lámina de riego de los cultivos se usó el programa cropwat y también brinda la programación de riego de los cultivos en base al 80 % del agotamiento crítico y al reponer la lámina de riego lo hace hasta que el suelo llegue a capacidad de campo, no se deja que el cultivo llegue a agotamiento crítico para evitar estrés en la planta. Para calcular los requerimientos de agua y programación se tomó como

referencia el cultivo de banano, procedimiento que es igual para todos los cultivos, los resultados se muestran en los anexos del 1 al 16.

5.8.1. Calculo de requerimiento de riego del cultivo de Banano

Para realizar este cálculo se describirá paso a paso como trabaja el programa cropwat, este trabaja por módulos y el primero es de clima y requiere de datos climáticos los cuales están detallados en el cuadro 13. De esta manera el programa calcula la ETo (Evapotranspiración de referencia), la cual es usada para calcular la ETc (evapotranspiración de cultivo), esta es la perdida diaria de agua, una forma práctica de calcularla requiere de la siguiente fórmula:

$$ETc = ETo * Kc$$

Dónde:

ETc = Evapotranspiración de cultivo (mm/día)

ETo = Evapotranspiración potencial (mm/día)

Kc = Coeficiente del cultivo (Adimensional), este se describe en el cuadro 14.

El segundo módulo es el de precipitación, aquí se ingresan los datos de precipitación de todos los meses y se calcula la precipitación confiable y esta es la que es absorbida por el suelo, la demás se pierde por escorrentía o por infiltración a la capa freática, los datos de precipitación confiable están descritos en el cuadro 13.

Para el tercer módulo hay que ingresar datos de suelo como infiltración en mm/hora, Humedad disponible del suelo en mm/metro y Máxima profundidad radicular en cm, el cultivo de banano está ubicado en el área de Cultivo Industriales y estos datos son:

Infiltración = 9 mm/hora

Humedad disponible del suelo para los primeros 30 cm = 100.9 mm/metro

Humedad disponible del suelo de 30 a 60 cm = 80.9 mm/metro

Máxima profundidad radicular = 90 cm.

El cuarto modulo es el de cultivo, aquí es necesario ingresar el Kc del banano en cada una de sus etapas de desarrollo, duración en días de las etapas de desarrollo, profundidad radicular, fracción de agotamiento crítico y altura máxima de planta, estos datos se especifican en el cuadro 14.

Al completar los módulos se procede a calcular el requerimiento de agua del cultivo de banano, en la columna 5 del cuadro 15 se muestra la cantidad en mm /día de la evapotranspiración de cultivo y en la columna 6 se muestra la evapotranspiración potencial para diez días, en la columna 7 están los datos de precipitación efectiva, para calcular el requerimiento de riego a la ETo se le resta la precipitación efectiva.

Cuadro 15. Requerimiento de riego para el cultivo de banano

Mes	Década	Etapas	Kc	ETc	ETc	Prec.	Req.Riego
Ene	1	Inic	1.07	4.89	48.9	3.1	45.8
Ene	2	Inic	1.04	4.8	48	2.7	45.3
Ene	3	Inic	1.01	4.94	54.3	2.1	23.7
Feb	1	Inic	0.5	2.56	25.6	1.3	24.3
Feb	2	Inic	0.5	2.69	26.9	0.7	26.2
Feb	3	Inic	0.5	2.82	22.6	0.4	22.1
Mar	1	Inic	0.5	2.96	29.6	0	29.6
Mar	2	Inic	0.5	3.1	31	0	31
Mar	3	Inic	0.5	3.18	35	0.1	34.9
Abr	1	Inic	0.5	3.26	32.6	0	32.6
Abr	2	Inic	0.5	3.35	33.5	0	33.5
Abr	3	Inic	0.5	3.35	33.5	2.8	30.6
Mav	1	Des	0.54	3.64	36.4	19.7	16.8
Mav	2	Des	0.62	4.17	41.7	29	12.6
Mav	3	Des	0.7	4.64	51	33.9	17.1
Jun	1	Des	0.78	5.09	50.9	39.9	11
Jun	2	Des	0.86	5.5	55	46	8.9
Jun	3	Des	0.94	5.86	58.6	45	13.5
Jul	1	Des	1.02	6.2	62	44.7	17.3
Jul	2	Des	1.1	6.51	65.1	45.2	19.9
Jul	3	Med	1.18	6.96	76.5	39.2	37.4
Ago	1	Med	1.2	7.08	70.8	31.5	39.3
Ago	2	Med	1.2	7.05	70.5	25.7	44.8
Ago	3	Med	1.2	7.07	77.8	24.1	53.7
Sep	1	Med	1.2	7.1	71	20.1	50.9
Sep	2	Med	1.2	7.12	71.2	16.6	54.6
Sep	3	Med	1.2	6.81	68.1	26.1	42
Oct	1	Med	1.2	6.5	65	42.7	22.3
Oct	2	Med	1.2	6.19	61.9	53.6	8.3
Oct	3	Med	1.2	5.92	65.1	38.9	26.2
Nov	1	Med	1.2	5.65	56.5	18.6	37.9
Nov	2	Med	1.2	5.39	53.9	5.3	48.5
Nov	3	Fin	1.2	5.36	53.6	4.8	48.7
Dic	1	Fin	1.17	5.22	52.2	5.3	46.9
Dic	2	Fin	1.14	5.06	50.6	3.2	47.4
Dic	3	Fin	1.1	4.97	54.7	3	51.7

En el cuadro 16 se muestra cual es la programación de riego para el cultivo de banano, aquí se calcula la lámina neta la cual se muestra en la columna 2, la columna 3 se muestra lámina bruta de riego y en la columna 4 están los tiempos de riego en horas. Para sacar la lámina bruta se toma en cuenta la eficiencia de riego que para el riego por goteo es de 0.9 y se estima de la siguiente forma $Lamina\ Bruta = Lamina\ neta / Eficiencia\ de\ riego$ y el tiempo de riego se calcula con la siguiente formula:

$$Tiempo = \left[\frac{(Lamina\ bruta) * 10}{((Descarga\ del\ gotero) * (Metros\ lineales\ de\ cinta))} \right]$$

Dónde:

Lamina bruta en (mm)

Descarga del gotero en m^3 por metro de cinta de goteo, la cinta de goteo que se usara en el proyecto es de 8 mm con 30 cm entre goteros y la velocidad de descarga por gotero es de $0.0035\ m^3/hora = 3.5\ litros/hora$

Metros lineales de cinta para riego = Distancia entre los surcos * Distancia de los surcos.

Para este cálculo se determinó que los surcos son de 100 metros de distancia y el banano se siembra a una distancia de 2.4 metros, por lo cual se usara 4,082 metros de cinta de goteo. Estos datos están explicados en el anexo 17.

10 = es factor de corrección de unidades

$$Tiempo = \frac{15.8\ mm * 10}{0.0035\ m^3/hora * 4,082\ m}$$

Tiempo = 11.1 horas

El primer riego del cultivo de banano durara 11.1 horas, de la misma manera se calcula el tiempo de riego para cada día que se aplica riego al cultivo.

Cuadro 16. Programación de riego para el cultivo de banano

Fecha	Lámina Neta mm	Lamina Bruta Mm	Tiempo (horas)	Fecha	Lámina Neta mm	Lamina Bruta Mm	Tiempo (horas)
04-ene	14.2	15.8	11.15	06-jul	28.2	31.3	22.1
08-ene	14.2	15.8	11.15	10-jul	24.8	27.5	19.41
11-ene	14.6	16.2	11.44	16-jul	30.1	33.4	23.58
15-ene	14.4	16	11.3	20-jul	26.1	29	20.47
19-ene	14.4	16	11.3	25-jul	25.8	28.7	20.26
22-ene	14.7	16.3	11.51	30-jul	27.8	30.9	21.82
25-ene	14.8	16.5	11.65	04-ago	26.3	29.2	20.62
29-ene	15.2	16.9	11.93	09-ago	26.4	29.3	20.69
02-feb	15	16.7	11.79	14-ago	26.3	29.2	20.62
10-feb	16.6	18.4	12.99	19-ago	26.2	29.2	20.62
19-feb	17.3	19.3	13.63	24-ago	26.3	29.3	20.69
26-feb	16.7	18.6	13.13	29-ago	26.4	29.3	20.69
05-mar	18.3	20.4	14.4	02-sep	28.3	31.5	22.24
12-mar	18.9	21	14.83	06-sep	28.4	31.5	22.24
18-mar	17.1	19	13.41	10-sep	28.4	31.5	22.24
24-mar	16.8	18.6	13.13	15-sep	26.6	29.6	20.9
30-mar	16.9	18.8	13.27	20-sep	28.5	31.7	22.38
05-abr	18.1	20.1	14.19	26-sep	31.9	35.4	24.99
11-abr	18.3	20.3	14.33	16-oct	28.1	31.2	22.03
17-abr	17.9	19.8	13.98	21-oct	30.7	34.1	24.07
25-abr	18.6	20.7	14.61	28-oct	26.5	29.5	20.83
02-may	20.7	23	16.24	02-nov	29.1	32.3	22.8
10-may	20.1	22.4	15.81	09-nov	30.6	34	24
19-may	20.2	22.4	15.81	16-nov	29.7	33	23.3
26-may	23	25.5	18	21-nov	26.9	29.9	21.11
31-may	23.2	25.8	18.21	29-nov	30	33.4	23.58
06-jun	21.5	23.9	16.87	06-dic	29.5	32.8	23.16
11-jun	25.9	28.7	20.26	11-dic	25.9	28.8	20.33
18-jun	24	26.6	18.78	18-dic	25	27.7	19.56
22-jun	22.7	25.2	17.79	24-dic	24.8	27.5	19.41
26-jun	23.4	26	18.36	30-dic	24.6	27.3	19.27
30-jun	23.4	26	18.36				

De esta manera se calculó el requerimiento de agua para cada uno de los cultivos y la programación de riego, estos datos están descritos en los anexos 1 al 16. Para hacer el cálculo del requerimiento total de agua diario se tomó como referencia el día con mayor demanda de agua siendo este de 249.4 mm que es equivalente a 2,494.00 m³ de agua, el cuadro 17 se ilustra los requerimientos de agua en mm para cada día.

Cuadro 17. Cantidad diaria de agua que se necesita para riego

Día/mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
	Lamina en mm	Lamina en mm	Lamina en mm	Lamina en mm	Lamina en mm	Lamina en mm	Lamina en mm	Lamina en mm	Lamina en mm	Lamina en mm	Lamina en mm	Lamina en mm
1	4.8	54.8	157.3	42.6		42.6	30.7	17		34.4		
2	4.8	16.7	85.8	60	67.2		17.9		31.5		32.3	
3	4.8			34.9						16.4		
4	36.5	57.8	75	85.8				51.9	42.3			
5	23.5	62.3	41.6	43.8	44.1	103.1	54.6	86.9	61.9		30.9	
6	4.8	51.6	12.2		35.8	23.9	31.3		31.5	81.8	75.2	137.9
7	4.8			40.3					77.4	4.8		
8	65.2	42.2	52.9	35.3		31.6	63.7	32.4	33.5	29.7	24.9	
9	4.8	127.6	86.3		44.1	64.5	40.1	46.2	43		67.2	
10	112.6	58.9	109.1	249.4	123.1		54.9	28.9	86	45.9	17.2	
11	37.4		147.5	20.3	49.7	92.7		33.4			28.5	55.4
12		48.9	33.7	24	44.1	41.2	17.4	16.8	27.7	36		
13				41.8						2.7		
14	28.4	46.4	66.1					29.2	43.1	28.5		
15	62.9	69.8	71.4		44.1	40.8	86		66.5		28.8	
16	9.7	43.3		80.5			63.1	83.1	33.5	77.1	110.14	49.5
17			38	19.8					84.4	0		
18	9.7	26.7	110.9	93.7	35.9	63.2		53.9				53.5
19	51.2	186.9	33.1	69.1	66.5	88.1	37.5	65.7	43.2		81	
20	104.4	68.8	41.3	140.7	107.6	29.4	85.6	76.2	60.7	80.1		
21	18.2	49.9	170.3				33.7		33.2	68	56.6	
22	75.1	11.7	22.6	44.2	43.4	43.6	17.1					
23		51.1	37.5						35.8			
24	29.9	28.7	70.3	36.5	35.4	32.9		53.9	24.1			53.8
25	64.1			64.9	43	69.8	45.8	17.9	22		33.7	
26	55.7	65.9	107.6		25.5	26	61.6	97.4	67	43.4	107.2	101.9
27		48.4							24.1	28.6		
28	10.2	30.3	49.4					46.6		29.5		
29	87.9		98	106.8	67.6	55.9	107.8	29.3	34.8	32.2	96.2	
30	77.3		47.9	194	81.3	86.9	85.3	76.2	82	53.6		53.7
31			147.9		25.8			33.3		29.4		
máximo	112.6	186.9	170.3	249.4	123.1	103.1	107.8	97.4	86	81.8	110.14	137.9
Volumen	1,126	1,869	1,703	2,494	1,231	1,031	1,078	974	860	818	1,101.4	1379

El máximo requerimiento de agua de los cultivos es de 2,494 m³ y es el día 10 de abril esto es debido a que es la época seca y es el mes donde los cultivos tienen una tasa de evapotranspiración bien alta, el aporte del tanque es de pastos y forrajes es de 103.124 m³ de agua, hay un déficit de agua de 2,391 m³.

Cuadro 18. Requerimiento mensual de riego

Mes/cultivo		ajonjolí	Girasol	Jamaica	maracuyá	Piña	Banano	Plátano	Papaya	mango	Cacao
Enero	Lam.	18.2	0	30.1	142.6	134.4	129.5	110.3	123.3	146.6	152.7
	Tiempo	3.75	0	8.85	126	18	91.4	79.5	108.31	258.8	269.5
Febrero	Lam.	169.4	96	142.5	157	165.4	73	74.3	152.8	107.5	113.8
	Tiempo	39.84	19.77	41.91	139	22	51.3	53.5	134.8	189.7	200.8
Marzo	Lam.	109.3	256.6	255.7	179	211.9	97.8	84.6	193.8	241.1	260
	Tiempo	25.2	52.82	75.2	158	28	69	63.8	171.	425.6	458.8
Abril	Lam.		258	48.5	117	232.9	89.9	95.3	216.2	196.2	216.8
	Tiempo		53.14	14.26	103	31	57.1	68.6	190.79	347.3	382.6
Mayo	Lam.				179.7	214.4	107.2	95.3	180.5	119.5	145.4
	Tiempo				159	28	119.2	68.68	159.28	210.9	256.6
Junio	Lam.				169.2	141.2	156.4	77.1	170.3	51.6	79.4
	Tiempo				149	29	110.42	55.57	150.27	91.09	140.1
Julio	Lam.				156	168.2	180.8	110.2	143.7	44.2	75.2
	Tiempo				138.2	22	127.6	79.42	126.81	78.3	132.7
Agosto	Lam.				152.4	159.7	175.5	179.6	176.6	85.2	106
	Tiempo				134	21	123.9	129.44	155.84	150.4	187.4
Septiembre	Lam.				114.3	155.1	191.2	185.9	138.4	93.4	128.3
	Tiempo				101	21	134.99	135.9	122.13	164.8	166.4
Octubre	Lam.				114.4	160.7	94.8	156.4	141	12.7	39.8
	Tiempo				100.9	21	66.93	112.7	124.4	22.42	70.24
Noviembre	Lam.				70.8	109.5	126.6	158.7	65.6	87.3	121.6
	Tiempo				67.78	14	114.7	114.3	57.8	154.1	214.6
Diciembre	Lam.				116.6.	134.4	144.1	151.7	67.2	86	141.2
	Tiempo				102.9	18	101,7	109.29	59.3	151.8	249.2

Tiempo: horas

Lamina: mm

En el cuadro anterior se muestran los datos de requerimiento mensual de agua para riego por cada cultivo y el tiempo de riego mensual en horas. El cultivo de cacao y mango son los que tienen un requerimiento de agua mayor en comparación a los demás cultivos, en el caso del ajonjolí, girasol y jamaica solo están estimados para un ciclo de cultivo.

5.9. Área que comprende el proyecto

Se determinó que el área para cada cultivo es de una hectárea, el área total es de 10 hectáreas la cual se especifican en la figura 3.

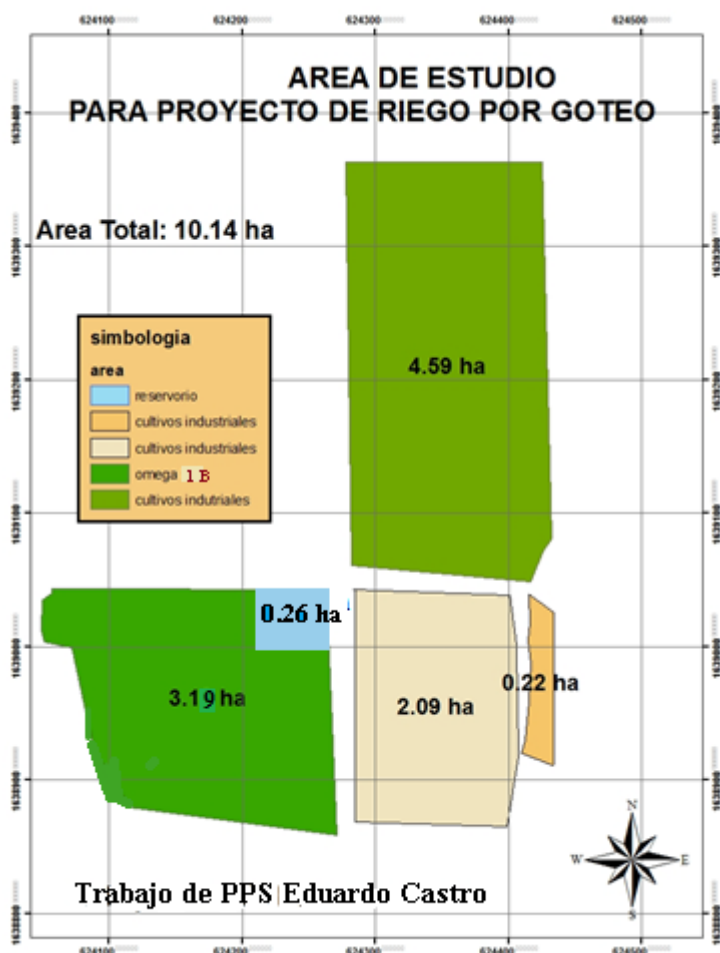


Figura 3. Mapa del área que ocupara el proyecto de riego y ubicación del reservorio de agua

El área útil o área disponible para el proyecto de riego de cultivos industriales es de 6.90 hectáreas y el área de Omega B1 es de 2.93 hectáreas. En la figura 4 se muestra la distribución de los cultivos en el área que ocupara el proyecto de riego por goteo.

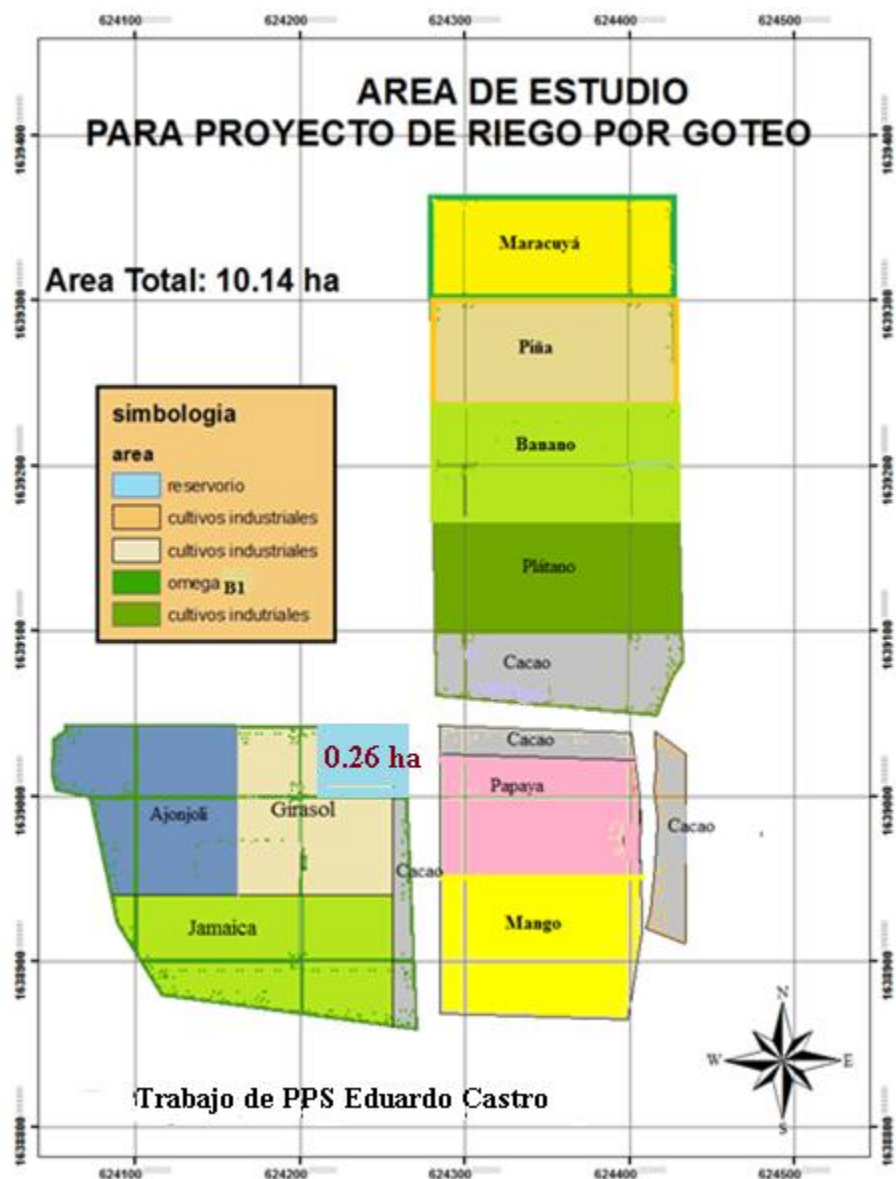


Figura 4. Mapa de distribución de los cultivos en el primer ciclo

En la figura cuatro se muestra la manera en que estarán distribuidos los cultivos para el primer ciclo de cultivo, y el lugar donde se construirá el reservorio de agua. El área para cada cultivo es de una hectárea a excepción del cultivo de cacao que es de 0.88 hectáreas.

VI. CONCLUSIONES

La textura del suelo donde se implementara el riego por goteo varia de arcillo limosa a franco arcillo limosa, con una infiltración de 8 mm/hora en Omega B2, 9mm/hora en Omega B1 y 10 mm/hora en Omega A2.

El suelo donde se implementará el sistema de riego por goteo, es un suelo con buena capacidad de retención de agua (suelo franco arcilloso) por esa característica del suelo es que hay una infiltración moderada de 9 mm/hora.

El 10 de abril hay mayor requerimiento de agua debido a que es la época seca, requiriendo una lámina de riego de 249.4 mm ($2,494 \text{ m}^3$ de agua). El agua que aporta el tanque de pastos y forrajes es de 103.124 m^3 diarios, hay un déficit de $2,391 \text{ m}^3$ de agua para riego.

El cultivo de cacao requieren de un tiempo prolongado de riego hasta de 125 horas debido a que son arboles de porte alto y el requerimiento de agua es mayor que los demás cultivos.

VII. RECOMENDACIONES

Al momento de la preparación del suelo para la siembra de los cultivos, hacer una nivelación uniforme del terreno para tener una mejor eficiencia de riego y hacer canales de drenaje para eliminar el exceso de agua de lluvia, debido a que el suelo se satura rápido de agua y puede haber daños a los cultivos por inundaciones.

Construir un reservorio de agua, como alternativa al déficit de agua, el proyecto usara el agua del canal de riego de la Universidad Nacional de Agricultura, pero este no abastece las necesidades hídricas de los cultivos, abasteciendo el sistema de riego directamente del canal, es por eso que es favorable la construcción del reservorio, se requiere $2,391 \text{ m}^3$ de agua para riego, considerando una pérdida de agua por evaporación de 8.93 m^3 , perdida por infiltración de 194.4 m^3 , es necesario construir el reservorio con una capacidad de $2,594 \text{ m}^3$, el área destinada para su construcción es de 0.26 ha. Las dimensiones del reservorio se especifican en el anexo 18 y 19.

Construir el reservorio de agua en época seca, para facilitar las operaciones de excavación, nivelación y compactado, ya que el suelo tiene buena capacidad de retención de agua con una textura franco arcillosa.

Para los cultivos de mango y cacao implementar otro tipo de riego (gravedad), debido a su alta demanda de agua, el sistema de riego por goteo es caro la implementación y operaciones y estos cultivos comienzan producir a partir de los 6 años debido a esto el retorno de la inversión es demasiado prolongado.

Sustituir el cultivo de piña por uno que se adapte a las condiciones climáticas, la piña en este clima tarda demasiado en producir y no es rentable.

VIII. BIBLIOGRAFIA

Alvarado Marchant. 2006. Antecedentes técnicos: Velocidad de infiltración (en línea). Consultado 28 jun 2013. Disponible en http://www.e-seia.cl/archivos/5c6_Anexo_B._Antecedentes_Tecnicos.pdf

Alberto, F. Bodas, V. 2005. Curso de riego para agricultores: Función del agua en las plantas (Bartolomé, J. Vega, I.) (En línea). Consultado 05 may. 2013. Disponible en http://assets.wwf.es/downloads/curso_de_riego_definitivo.pdf

Cahn, M. 2002. Los principios del agua y el suelo: ¿Cuáles son los factores que afectan el movimiento de agua en el suelo? (en línea). Universidad de California. USA. Consultado 01 may. 2013. Disponible en <http://ceyolo.ucanr.edu/files/53287.pdf>

CAMOSA (Camiones y Motores S.A). 2013 Riego por goteo: Utilizar menor cantidad de agua posible en el riego de los cultivos. (En línea) Consultado 16 nov. 2013. Disponible <http://www.camosa.com/por-goteo/>

Cisneros Almaza, R. 2003. Apunte de la materia de riego y drenaje: Historia del riego (en línea) San Luis Potosí. Universidad autónoma. Consultado 03 may. 2013. disponible en <http://ingenieria.uaslp.mx/web2010/Estudiantes/apuntes/Apuntes%20de%20Riego%20y%20Drenaje%20v.2.pdf>

= = = = = = = **2003.** Apunte de la materia de riego y drenaje: Propiedades físicas del suelo (en línea) San Luis Potosí. Universidad autónoma. Consultado 03 may. 2013. disponible en <http://ingenieria.uaslp.mx/web2010/Estudiantes/apuntes/Apuntes%20de%20Riego%20y%20Drenaje%20v.2.pdf>

Díaz Ortiz, JE. 2006. Riego por Gravedad: Disponibilidad de agua en el suelo. Dueñas, VH; 1^{ra} edic. Cali, Colombia. Universidad del Valle, 189 p.

EIAS (Sociedades Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelo Ltd.) 2002. Curvas de infiltración: Medición de la infiltración (en línea). Consultado 28 jun. 2013. Disponible en http://eias.utralca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/manuales/c_modulo_curva_infiltracion.pdf

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), 2010. CROPWAT: manual del uso de cropwat (en línea) consultado 01 jun 2013. Disponible en http://www.fao.org/nr/water/infores_database_cropwat.html

= = = = = = = = **2006.** Evapotranspiración del cultivo: ETc promedio para diferentes regiones agro climatológicas en mm día⁻¹. Allen; R. Pereira; L. Raes; D. Smith; M. Roma. 298 p.

= = = = = = = = **2006.** Evapotranspiración del cultivo: Evapotranspiración. Allen; R. Pereira; L. Raes; D. Smith; M. Roma. 298 p.

García, J. Sosa, F. Fernández, J. 2002. El agua en el suelo: El agua del suelo (en línea). Consultado 05 may. 2013. Disponible en <http://www.fotossintese.net/pdf/Necessidades%20de%20Agua%20de%20los%20Cultivos.pdf>

= = = = = = = **2002.** El agua en el suelo: evaporación (en línea). Consultado 05 may. 2013. Disponible en <http://www.fotossintese.net/pdf/Necessidades%20de%20Agua%20de%20los%20Cultivos.pdf>

Gras. 2012. Valores Tipicos y Rangos de variación de cc, pmp, para suelos de diferentes clases de texturas: Velocidad de infiltración en diferentes suelos (en línea) consultado el 28 jun. 2013. Disponible en http://www.nutriterra.com/doc/valores_suelos.pdf

Ingeniería Rural, 2012. Relación agua-suelo-planta: Contenido de humedad de agua en el suelo. (en línea) consultado el 13 de dic. 2013. Disponible en: http://www.ingenieriarural.com/Trans_hidr/Tema14.pdf

IPAF (Instituto de Políticas Agrícolas de Federagro), 2012. Primer seminario latinoamericano sobre acceso: Uso y tratamiento del agua para la agricultura familiar, agua de calidad con equidad total (en línea). Quebrada de Humahuaca, Argentina. Consultado 10 may. 2013. Disponible en: <http://www.seminariolatinodeagua.com/>

Jara Ramírez, J. 1998. Necesidad de agua de los cultivos: Criterio de riego (CR) y profundidad radicular efectiva para diferentes cultivos (en línea). Chillan, Chile. Impresora la discusión. Consultado 01 may. 2013. Disponible <http://www.fotossintese.net/pdf/Necessidades%20de%20Agua%20de%20los%20Cultivos.pdf>

Osorio Ulloa 2004. Los Sistemas de riego por goteo y microaspersión: Componentes del sistema (En línea). Consultado 05 oct. 2013. Disponible en <http://www.inta.gob.ar/...riego.../ARTICULO%20RIEGO%20PRESURIZADO.pdf>

Petillo Garcia, M. 2001. Eficiencia de riego: eficiencia de aplicación (en línea). Consultado 28 jun. 2013. Disponible <http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/EFICIENCIA.pdf>

Show J. L. 2012. Método fácil de diseño de sistema de riego por goteo: Calculo de requerimientos de riego. (En línea). Consultado 13 dic. 2013. Disponible: <http://elesteliano.com/MEFADERG/mefaderg.pdf>

Sistema Meteorológico Nacional 2013. Datos climáticos de la ciudad de Catacamas, Olancho, Honduras, Centro América.

Universidad de Jaume I 2005. Riego por Goteo: Fundamentos del Sistem (en línea) consultado el 05 de oct. 2013. Disponible en http://regantespozoalcon.com/archivos_subidos/Documentos/fundamentos_del_diseo.pdf

USDA (Departamento de agricultura de los Estado Unidos). 2006. Claves para la taxonomía del suelo (en línea). Disponible en <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7775/Textura.pdf>

Valverde Conejo, JC.2007. Riego y drenaje: aspectos históricos del riego. Zamora Murillo, CF; 3^{ra} edic. San José, CR. Universidad Estatal a Distancia. 244 p.

ANEXOS

Anexo 1. Requerimiento de agua del cultivo de ajonjolí.

Mes	Década	Etapas	Kc Coeficiente del cultivo	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm. cada diez días
Ene	1	Inic	0.35	1.6	16	3.1	12.9
Ene	2	Inic	0.35	1.62	16.2	2.7	13.5
Ene	3	Des	0.59	2.88	31.7	2.1	29.7
Feb	1	Med	1.01	5.18	51.8	1.3	50.4
Feb	2	Fin	1.15	6.19	61.9	0.7	61.3
Feb	3	Fin	1.03	5.82	46.5	0.4	46.1
Mar	1	Fin	0.83	4.9	49	0	48.9
Mar	2	Fin	0.6	3.72	37.2	0	37.2
Mar	3	Fin	0.36	2.31	25.4	0.1	25.3
					335.7	10.4	325.4

Anexo 2. Programación de riego para el cultivo de ajonjolí.

Fecha	Lámina Neta mm	Lamina Bruta mm	Tiempo (horas) Horas
21-ene	16.4	18.2	3.75
01-feb	26.6	29.6	6.10
08-feb	28.4	31.5	6.49
14-feb	31.7	35.2	7.25
20-feb	33.7	37.5	7.72
26-feb	32	35.6	7.33
04-mar	29.1	32.3	6.65
10-mar	27.2	30.3	6.24
18-mar	26.8	29.8	6.14
30-mar	26.2	29.1	5.99
31-mar	Fin		

Anexo 3. Requerimiento de agua del cultivo de girasol.

Mes	Década	Etapas	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm cada 10 días
Ene	1	Inic	0.35	1.6	16	3.1	12.9
Ene	2	Inic	0.35	1.62	16.2	2.7	13.5
Ene	3	Des	0.4	1.93	21.3	2.1	19.2
Feb	1	Des	0.63	3.23	32.3	1.3	31
Feb	2	Des	0.88	4.7	47	0.7	46.3
Feb	3	Des	1.09	6.18	49.5	0.4	49
Mar	1	Med	1.2	7.13	71.3	0	71.3
Mar	2	Med	1.2	7.46	74.6	0	74.6
Mar	3	Med	1.2	7.66	84.3	0.1	84.2
Abr	1	Med	1.2	7.86	78.6	0	78.6
Abr	2	Fin	1.17	7.82	78.2	0	78.2
Abr	3	Fin	0.95	6.34	63.4	2.8	60.5
May	1	Fin	0.7	4.69	46.9	19.7	27.3
Total					679.6	32.9	646.8

Anexo 4. Programación de riego para el cultivo de girasol.

Fecha	Lámina Neta mm	Lamina Bruta. mm	Tiempo (Horas)
05-feb	38	42.2	8.69
19-feb	48.4	53.8	11.08
01-mar	55.5	61.6	12.69
10-mar	60	66.6	13.72
18-mar	56.8	63.1	12.99
26-mar	58.7	65.3	13.45
02-abr	54	60	12.36
10-abr	61.5	68.4	14.09
18-abr	60.3	67	13.80
29-abr	56.4	62.6	12.89

Anexo 5. Requerimiento de agua para el cultivo de Jamaica.

Mes	Década	Etapa	Kc Coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm/dec
Ene	1	Inic	0.4	1.83	18.3	3.1	15.2
Ene	2	Inic	0.4	1.85	18.5	2.7	15.8
Ene	3	Des	0.57	2.79	30.6	2.1	28.6
Feb	1	Des	0.87	4.46	44.6	1.3	43.3
Feb	2	Med	1.15	6.2	62	0.7	61.3
Feb	3	Med	1.26	7.09	56.8	0.4	56.3
Mar	1	Med	1.26	7.44	74.4	0	74.3
Mar	2	Fin	1.24	7.68	76.8	0	76.8
Mar	3	Fin	1.1	6.97	76.6	0.1	76.6
Abr	1	Fin	0.93	6.04	60.4	0	60.4
					519.1	10.4	508.7

Anexo 6. Programación de riego para el cultivo de Jamaica.

Fecha	Lámina Neta mm	Lamina mm	Tempo (horas)
25-ene	27.1	30.1	8.85
06-feb	36.8	40.9	12.03
15-feb	45.4	50.5	14.85
23-feb	45.9	51.1	15.03
02-mar	47.4	52.7	15.50
09-mar	50	55.5	16.32
15-mar	44.4	49.3	14.50
21-mar	43.9	48.8	14.35
28-mar	44.4	49.4	14.53
04-abr	43.7	48.5	14.26

Anexo 7. Requerimiento de agua para el cultivo de maracuyá.

Mes	Década	Etap	Kc Coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm/dec
Ene	1	Inic	0.94	4.29	42.9	3.1	39.9
Ene	2	Inic	0.94	4.35	43.5	2.7	40.8
Ene	3	Des	0.94	4.59	50.4	2.1	48.4
Feb	1	Des	0.94	4.81	48.1	1.3	46.8
Feb	2	Des	0.94	5.02	50.2	0.7	49.6
Feb	3	Des	0.93	5.26	42.1	0.4	41.6
Mar	1	Des	0.93	5.49	54.9	0	54.9
Mar	2	Des	0.92	5.72	57.2	0	57.2
Mar	3	Des	0.92	5.84	64.3	0.1	64.2
Abr	1	Des	0.91	5.97	59.7	0	59.7
Abr	2	Med	0.91	6.09	60.9	0	60.9
Abr	3	Med	0.91	6.07	60.7	2.8	57.8
May	1	Med	0.9	6.04	60.4	19.7	40.8
May	2	Med	0.9	6.02	60.2	29	31.2
May	3	Med	0.89	5.89	64.8	33.9	30.8
Jun	1	Med	0.89	5.76	57.6	39.9	17.7
Jun	2	Med	0.88	5.63	56.3	46	10.3
Jun	3	Med	0.88	5.47	54.7	45	9.7
Jul	1	Med	0.87	5.32	53.2	44.7	8.5
Jul	2	Med	0.87	5.17	51.7	45.2	6.5
Jul	3	Med	0.87	5.12	56.3	39.2	17.2
Ago	1	Med	0.86	5.07	50.7	31.5	19.2
Ago	2	Med	0.86	5.02	50.2	25.7	24.5
Ago	3	Med	0.85	5.02	55.2	24.1	31.1
Sep	1	Med	0.85	5.01	50.1	20.1	30
Sep	2	Med	0.84	5	50	16.6	33.4
Sep	3	Med	0.84	4.75	47.5	26.1	21.5
Oct	1	Med	0.84	4.51	45.1	42.7	2.5
Oct	2	Med	0.83	4.27	42.7	53.6	0
Oct	3	Med	0.83	4.07	44.7	38.9	5.9
Nov	1	Med	0.82	3.86	38.6	18.6	20
Nov	2	Med	0.82	3.66	36.6	5.3	31.3
Nov	3	Med	0.81	3.63	36.3	4.8	31.5
Dic	1	Med	0.81	3.61	36.1	5.3	3.6
Dic	2	Med	0.94	4.18	41.8	3.2	38.6
Dic	3	Med	0.94	4.24	46.6	3	43.6

Anexo 8. Programación de riego para el cultivo de maracuyá

Fecha	Lámina Neta mm	Lamina Bruta Mm	Tiempo (horas)	Fecha	Lamina Neta mm	Lam.Br. mm	Tiempo (horas)
01-ene	4.3	4.8	4.24	22-abr	18.2	20.2	17.83
02-ene	4.3	4.8	4.24	25-abr	18.2	20.2	17.83
03-ene	4.3	4.8	4.24	29-abr	18.2	20.2	17.83
04-ene	4.3	4.8	4.24	02-may	18.1	20.2	17.83
05-ene	4.3	4.8	4.24	05-may	18.1	20.1	17.74
06-ene	4.3	4.8	4.24	09-may	18.1	20.1	17.74
07-ene	4.3	4.8	4.24	12-may	18.1	20.1	17.74
08-ene	4.3	4.8	4.24	15-may	18.1	20.1	17.74
09-ene	4.3	4.8	4.24	19-may	18.1	20.1	17.74
10-ene	4.3	4.8	4.24	22-may	17.8	19.8	17.47
11-ene	4.4	4.8	4.24	25-may	17.7	19.6	17.30
14-ene	8.7	9.7	8.56	29-may	17.7	19.6	17.30
16-ene	8.7	9.7	8.56	01-jun	17.5	19.5	17.21
18-ene	8.7	9.7	8.56	05-jun	17.3	19.2	16.94
20-ene	8.7	9.7	8.56	09-jun	17.3	19.2	16.94
22-ene	9.2	10.2	9.00	12-jun	17	18.9	16.68
24-ene	9.2	10.2	9.00	15-jun	16.9	18.8	16.59
26-ene	9.2	10.2	9.00	19-jun	16.9	18.8	16.59
28-ene	9.2	10.2	9.00	22-jun	16.6	18.4	16.24
30-ene	9.2	10.2	9.00	25-jun	16.4	18.2	16.06
01-feb	9.4	10.4	9.18	29-jun	16.4	18.2	16.06
04-feb	10.5	11.7	10.32	02-jul	16.1	17.9	15.80
06-feb	9.6	10.7	9.44	05-jul	16	17.7	15.62
08-feb	9.6	10.7	9.44	09-jul	16	17.7	15.62
10-feb	9.6	10.7	9.44	12-jul	15.7	17.4	15.35
12-feb	10	11.2	9.88	15-jul	15.5	17.2	15.18
14-feb	10	11.2	9.88	19-jul	15.5	17.2	15.18
16-feb	10	11.2	9.88	22-jul	15.4	17.1	15.09
18-feb	10	11.2	9.88	25-jul	15.4	17.1	15.09
20-feb	10	11.2	9.88	29-jul	15.4	17.1	15.09
22-feb	10.5	11.7	10.32	01-ago	15.3	17	15.00
24-feb	10.5	11.7	10.32	05-ago	15.2	16.9	14.91
26-feb	10.5	11.7	10.32	09-ago	15.2	16.9	14.91
28-feb	10.5	11.7	10.32	12-ago	15.1	16.8	14.83
02-mar	11	12.2	10.77	16-ago	20.1	22.3	19.68
04-mar	11	12.2	10.77	20-ago	20.1	22.3	19.68
06-mar	11	12.2	10.77	25-ago	16.1	17.9	15.80
08-mar	11	12.2	10.77	30-ago	20.1	22.3	19.68
10-mar	11	12.2	10.77	04-sept	16	17.8	15.71
12-mar	11.4	12.7	11.21	09-sept	16	17.8	15.71
14-mar	11.4	12.7	11.21	14-sept	16	17.8	15.71
17-mar	15.7	17.4	15.35	19-sept	16	17.8	15.71
20-mar	17.2	19.1	16.85	25-sept	19.8	22	19.41
23-mar	15.4	17.1	15.09	30-sept	19	21.1	18.62
26-mar	17.5	19.5	17.21	06-oct	18.1	20.1	17.74
29-mar	17.5	19.5	17.21	10-oct	18.1	20.1	17.74
01-abr	17.7	19.6	17.30	16-oct	17.1	19	16.77
04-abr	16.5	18.4	16.24	20-oct	17.1	19	16.77
07-abr	16.5	18.4	16.24	26-oct	16.3	18.1	15.97

Anexo 9. Requerimiento de agua del cultivo de piña

Mes	Década	Etap	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm/dec
Ene	1	Inic	1.07	4.91	49.1	3.1	46
Ene	2	Inic	1.07	4.98	49.8	2.7	47.1
Ene	3	Inic	1.07	5.24	57.7	2.1	55.6
Feb	1	Inic	1.07	5.51	55.1	1.3	53.8
Feb	2	Inic	1.07	5.78	57.8	0.7	57.1
Feb	3	Inic	1.07	6.07	48.6	0.4	48.1
Mar	1	Inic	1.07	6.36	63.6	0	63.6
Mar	2	Inic	1.07	6.66	66.6	0	66.6
Mar	3	Des	1.07	6.84	75.2	0.1	75.2
Abr	1	Des	1.07	7.02	70.2	0	70.2
Abr	2	Des	1.07	7.19	71.9	0	71.9
Abr	3	Des	1.07	7.2	72	2.8	69.2
May	1	Des	1.07	7.21	72.1	19.7	52.4
May	2	Des	1.07	7.2	72	29	43
May	3	Des	1.06	7.01	77.1	33.9	43.2
Jun	1	Des	1.05	6.81	68.1	39.9	28.2
Jun	2	Des	1.04	6.61	66.1	46	20.1
Jun	3	Des	1.03	6.39	63.9	45	18.8
Jul	1	Des	1.01	6.17	61.7	44.7	17
Jul	2	Med	1	5.95	59.5	45.2	14.3
Jul	3	Med	0.99	5.85	64.4	39.2	25.2
Ago	1	Med	0.98	5.76	57.6	31.5	26.1
Ago	2	Med	0.97	5.66	56.6	25.7	30.9
Ago	3	Med	0.96	5.64	62	24.1	4.9
Sep	1	Med	1.07	6.34	63.4	20.1	43.4
Sep	2	Med	1.07	6.37	63.7	16.6	47.1
Sep	3	Med	1.07	6.09	60.9	26.1	34.8
Oct	1	Med	1.07	5.81	58.1	42.7	15.4
Oct	2	Med	1.07	5.53	55.3	53.6	1.7
Oct	3	Med	1.07	5.29	58.2	38.9	19.3
Nov	1	Med	1.07	5.05	50.5	18.6	31.9
Nov	2	Med	1.07	4.81	48.1	5.3	42.8
Nov	3	Med	1.07	4.8	48	4.8	43.2
Dic	1	Med	1.07	4.79	47.9	5.3	42.6
Dic	2	Med	1.07	4.78	47.8	3.2	44.6
Dic	3	Med	1.07	4.84	53.3	3	50.3

Anexo 10. Programación de riego del cultivo de piña

Fecha	Lámina Neta mm	Lamina Bruta Mm	Tiempo (horas)	Fecha	Lámina Neta mm	Lamina Bruta mm	Tiempo (horas)
04-ene	14.3	15.9	2.10	30-jun	25.6	28.4	3.76
08-ene	14.3	15.9	2.10	05-jul	21.8	24.3	3.22
11-ene	14.8	16.4	2.17	10-jul	24.7	27.4	3.63
15-ene	14.9	16.6	2.20	16-jul	26.7	29.7	3.93
19-ene	14.9	16.6	2.20	20-jul	23.8	26.5	3.51
22-ene	15.5	17.2	2.28	26-jul	26.1	29	3.84
25-ene	15.7	17.5	2.32	30-jul	23.4	26	3.44
29-ene	16.5	18.3	2.42	05-ago	25.6	28.5	3.77
01-feb	16	17.8	2.36	10-ago	23	25.6	3.39
05-feb	18.1	20.1	2.66	16-ago	25	27.7	3.67
09-feb	18.1	20.1	2.66	20-ago	22.6	25.2	3.34
12-feb	17.1	19	2.51	26-ago	24.8	27.6	3.65
15-feb	17.3	19.3	2.55	30-ago	22.5	25.1	3.32
18-feb	13.9	15.5	2.05	04-sept	22	24.5	3.24
21-feb	17.6	19.6	2.59	09-sept	22.7	25.2	3.34
24-feb	15.3	17	2.25	14-sept	22.8	25.3	3.35
27-feb	15.3	17	2.25	19-sept	22.8	25.4	3.36
02-mar	18.8	20.9	2.77	24-sept	21.7	24.1	3.19
05-mar	19.1	21.2	2.81	30-sept	27.5	30.6	4.05
08-mar	17	18.9	2.50	06-oct	25.9	28.7	3.80
11-mar	19.4	21.5	2.85	10-oct	23.2	25.8	3.41
14-mar	18.5	20.6	2.73	16-oct	24.2	26.9	3.56
17-mar	18.5	20.6	2.73	20-oct	22.1	24.6	3.26
20-mar	20	22.2	2.94	26-oct	22.7	25.3	3.35
23-mar	18.4	20.4	2.70	31-oct	26.5	29.4	3.89
26-mar	20.5	22.8	3.02	08-nov	22.4	24.9	3.30
29-mar	20.5	22.8	3.02	15-nov	25.9	28.8	3.81
01-abr	20.7	23	3.04	21-nov	24.1	26.7	3.53
04-abr	19.7	21.9	2.90	29-nov	26.1	29.1	3.85
07-abr	19.7	21.9	2.90	06-dic	26.4	29.3	3.88
10-abr	21	23.4	3.10	11-dic	23.9	26.6	3.52
13-abr	20.5	22.7	3.00	18-dic	23.3	25.8	3.41
16-abr	21.6	24	3.18	24-dic	23.7	26.3	3.48
19-abr	21.6	24	3.18	30-dic	23.8	26.4	3.49
22-abr	21.6	24	3.18				
25-abr	21.6	24	3.18				
29-abr	21.6	24	3.18				
02-may	21.6	24	3.18				
05-may	21.6	24	3.18				
09-may	21.6	24	3.18				
12-may	21.6	24	3.18				
15-may	21.6	24	3.18				
19-may	21.6	24	3.18				
22-may	21.2	23.6	3.12				
25-may	21	23.4	3.10				
29-may	21	23.4	3.10				
01-jun	20.8	23.1	3.06				
05-jun	20.4	22.7	3.00				
09-jun	20.4	22.7	3.00				
12-jun	20	22.3	2.95				
15-jun	19.8	22	2.91				

Anexo 11. Requerimiento de agua del cultivo de plátano

Mes	Década	Etapas	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm/dec
Ene	1	Inic	0.97	4.44	44.4	3.1	41.4
Ene	2	Inic	0.94	4.36	43.6	2.7	40.9
Ene	3	Inic	0.92	4.47	49.2	2.1	21.3
Feb	1	Inic	0.5	2.56	25.6	1.3	24.3
Feb	2	Inic	0.5	2.69	26.9	0.7	26.2
Feb	3	Inic	0.5	2.82	22.6	0.4	22.1
Mar	1	Inic	0.5	2.96	29.6	0	29.6
Mar	2	Inic	0.5	3.1	31	0	31
Mar	3	Inic	0.5	3.18	35	0.1	34.9
Abr	1	Inic	0.5	3.26	32.6	0	32.6
Abr	2	Inic	0.5	3.35	33.5	0	33.5
Abr	3	Inic	0.5	3.35	33.5	2.8	30.6
May	1	Des	0.54	3.6	36	19.7	16.3
May	2	Des	0.6	4.05	40.5	29	11.5
May	3	Des	0.67	4.45	48.9	33.9	15
Jun	1	Des	0.74	4.83	48.3	39.9	8.4
Jun	2	Des	0.81	5.17	51.7	46	5.7
Jun	3	Des	0.88	5.47	54.7	45	9.6
Jul	1	Des	0.95	5.75	57.5	44.7	12.8
Jul	2	Des	1.01	6.01	60.1	45.2	14.9
Jul	3	Med	1.08	6.39	70.3	39.2	31.1
Ago	1	Med	1.1	6.49	64.9	31.5	33.4
Ago	2	Med	1.1	6.46	64.6	25.7	38.9
Ago	3	Med	1.1	6.49	71.3	24.1	47.2
Sep	1	Med	1.1	6.51	65.1	20.1	45
Sep	2	Med	1.1	6.53	65.3	16.6	48.7
Sep	3	Med	1.1	6.24	62.4	26.1	36.4
Oct	1	Med	1.1	5.96	59.6	42.7	16.9
Oct	2	Med	1.1	5.67	56.7	53.6	3.2
Oct	3	Med	1.1	5.43	59.7	38.9	20.8
Nov	1	Med	1.1	5.18	51.8	18.6	33.2
Nov	2	Med	1.1	4.94	49.4	5.3	44
Nov	3	Fin	1.1	4.91	49.1	4.8	44.3
Dic	1	Fin	1.07	4.78	47.8	5.3	42.5
Dic	2	Fin	1.04	4.62	46.2	3.2	43
Dic	3	Fin	1.01	4.54	49.9	3	46.9
Ene	1	Fin	0.97	4.44	44.4	3.1	41.4
Ene	2	Fin	0.94	4.36	43.6	2.7	40.9
Ene	3	Fin	0.92	4.47	22.4	0.9	21.3

Anexo 12. Programación de riego del cultivo de plátano

Fecha	Lámina Neta mm	Lamina Bruta mm	Tiempo (horas)
05-ene	16.9	18.7	13.48
09-ene	13.3	14.8	10.67
14-ene	16.8	18.7	13.48
19-ene	16.7	18.6	13.41
	17.7	19.7	14.20
29-ene	17.8	19.8	14.27
04-feb	15.3	16.9	12.18
12-feb	16.8	18.7	13.48
20-feb	18.1	20.1	14.49
28-feb	16.8	18.6	13.41
08-mar	19.4	21.6	15.57
15-mar	19.9	22.1	15.93
22-mar	20.4	22.6	16.29
29-mar	20.1	22.3	16.07
05-abr	21.3	23.7	17.08
12-abr	21.6	24	17.30
19-abr	22.3	24.8	17.87
30-abr	20.5	22.8	16.43
11-may	23.8	26.5	19.10
20-may	23.4	26	18.74
29-may	22.1	24.6	17.73
05-jun	24	26.7	19.24
11-jun	24.5	27.2	19.60
19-jun	27.2	30.2	21.77
25-jun	23.5	26.1	18.81
01-jul	27.6	30.7	22.13
08-jul	25.5	28.3	20.40
14-jul	26.5	29.5	21.26
20-jul	27.1	30.1	21.69
26-jul	29.3	32.6	23.49
30-jul	25.6	28.4	20.47
05-ago	29.8	33.2	23.93
10-ago	26	28.9	20.83
16-ago	29.8	33.1	23.86
20-ago	25.9	28.7	20.68
26-ago	29.9	33.2	23.93
30-ago	25.9	28.8	20.76
05-sept	30	33.4	24.07
10-sept	26	28.9	20.83
16-sept	30.2	33.5	24.14
20-sept	26.1	29	20.90
26-sept	28.5	31.6	22.77
01-oct	30.9	34.4	24.79
08-oct	26.8	29.7	21.40
14-oct	25.6	28.5	20.54
21-oct	30.5	33.9	24.43
29-oct	29	32.2	23.21
05-nov	27.8	30.9	22.27
11-nov	25.7	28.5	20.54
19-nov	26.3	29.3	21.12
26-nov	26.9	29.9	21.55

Anexo 13. Requerimiento de riego para el cultivo de papaya.

Mes	Década	Etap	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Rieg o mm/dec
Ene	1	Inic	1	4.57	45.7	3.1	42.6
Ene	2	Inic	1	4.63	46.3	2.7	43.6
Ene	3	Inic	1	4.88	53.7	2.1	51.6
Feb	1	Des	1	5.13	51.3	1.3	49.9
Feb	2	Des	1	5.39	53.9	0.7	53.2
Feb	3	Des	1.01	5.68	45.4	0.4	45
Mar	1	Des	1.01	5.97	59.7	0	59.6
Mar	2	Des	1.01	6.26	62.6	0	62.6
Mar	3	Des	1.01	6.45	70.9	0.1	70.9
Abr	1	Des	1.02	6.63	66.3	0	66.3
Abr	2	Des	1.02	6.82	68.2	0	68.2
Abr	3	Des	1.02	6.85	68.5	2.8	65.6
May	1	Des	1.02	6.87	68.7	19.7	49.1
May	2	Med	1.03	6.89	68.9	29	39.9
May	3	Fin	1.03	6.77	74.5	33.9	40.6
Jun	1	Fin	1.03	6.65	66.5	39.9	26.7
Jun	2	Fin	1.03	6.53	65.3	46	19.3
Jun	3	Fin	1.02	6.38	63.8	45	18.8
Jul	1	Fin	1.02	6.23	62.3	44.7	17.6
Jul	2	Fin	1.02	6.08	60.8	45.2	15.5
Jul	3	Fin	1.02	6.05	66.5	39.2	27.3
Ago	1	Fin	1.02	6.01	60.1	31.5	28.6
Ago	2	Fin	1.02	5.98	59.8	25.7	34.1
Ago	3	Fin	1.02	6	66	24.1	41.9
Sep	1	Fin	1.02	6.02	60.2	20.1	40.1
Sep	2	Fin	1.02	6.03	60.3	16.6	43.7
Sep	3	Fin	1.02	5.76	57.6	26.1	31.5
Oct	1	Fin	1.02	5.5	55	42.7	12.3
Oct	2	Fin	1.02	5.23	52.3	53.6	0
Oct	3	Fin	1.02	5	55	38.9	16.1
Nov	1	Fin	1.01	4.77	47.7	18.6	29.1
Nov	2	Fin	1.01	4.54	45.4	5.3	40.1
Nov	3	Fin	1.01	4.53	45.3	4.8	40.4
Dic	1	Fin	1.01	4.51	45.1	5.3	39.8
Dic	2	Fin	1.01	4.5	45	3.2	41.8
Dic	3	Fin	1.01	4.56	22.8	1.4	21.3

Anexo 14. Programación de riego para el cultivo de papaya

Fecha	Lámina Neta mm	Lamina Bruta mm	Tiempo (horas)
08-ene	25.8	28.7	25.33
15-ene	27.2	30.3	26.74
22-ene	28.3	31.4	27.71
29-ene	29.6	32.9	29.03
04-feb	26.3	29.2	25.77
10-feb	26.8	29.8	26.30
16-feb	28.9	32.1	28.33
21-feb	27.2	30.3	26.74
27-feb	28.2	31.4	27.71
04-mar	27.4	30.5	26.91
09-mar	27.7	30.8	27.18
14-mar	29.5	32.8	28.94
19-mar	29.8	33.1	29.21
24-mar	29.9	33.2	29.30
29-mar	30.1	33.4	29.47
03-abr	31.4	34.9	30.80
08-abr	31.8	35.3	31.15
13-abr	32.6	36.2	31.94
18-abr	33	36.7	32.39
24-abr	32.9	36.5	32.21
30-abr	32.9	36.6	32.30
06-may	32.2	35.8	31.59
11-may	34.4	38.2	33.71
18-may	32.3	35.9	31.68
24-may	31.9	35.4	31.24
30-may	31.6	35.2	31.06
05-jun	31	34.5	30.44
11-jun	33.2	36.8	32.47
18-jun	30.2	33.6	29.65
24-jun	29.6	32.9	29.03
30-jun	29.3	32.5	28.68
08-jul	31.8	35.4	31.24
15-jul	33.8	37.6	33.18
21-jul	30.4	33.7	29.74
29-jul	33.3	37	32.65
05-ago	33.2	36.8	32.47
11-ago	30	33.4	29.47
19-ago	32.9	36.5	32.21
26-ago	33	36.6	32.30
31-ago	30	33.3	29.39
08-sept	30.1	33.5	29.56
15-sept	33.2	36.9	32.56
21-sept	29.9	33.2	29.30
29-sept	31.3	34.8	30.71
06-oct	29.7	33	29.12
12-oct	32.4	36	31.77
20-oct	32.8	36.5	32.21
30-oct	32	35.5	31.33
09-nov	29.9	33.2	29.30
19-nov	29.2	32.4	28.59

Anexo 15. Cálculo de riego para el cultivo de mango

Mes	Década	Etap	Kc Coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm/dec	Tiempo (horas)
10-ene	1	Inic	1.07	4.88	48.8	3.1	45.7	80.68
20-ene	2	Inic	1.06	4.91	49.1	2.7	46.4	81.92
30-ene	3	Inic	1.05	5.14	56.6	2.1	54.5	96.21
09-feb	1	Inic	1.05	5.37	53.7	1.3	52.3	92.33
19-feb	2	Inic	1.04	5.59	55.9	0.7	55.2	97.45
01-mar	3	Inic	1.03	5.84	46.7	0.4	46.3	81.74
11-mar	1	Inic	1.03	6.08	60.8	0	60.8	107.34
21-mar	2	Inic	1.02	6.32	63.2	0	63.2	111.57
31-mar	3	Inic	1.01	6.45	70.9	0.1	70.8	124.99
10-abr	1	Inic	1.01	6.57	65.7	0	65.7	115.99
20-abr	2	Inic	1	6.69	66.9	0	66.9	118.11
30-abr	3	Inic	0.99	6.65	66.5	2.8	63.6	112.28
10-may	1	Inic	0.99	6.6	66	19.7	46.4	81.92
20-may	2	Inic	0.98	6.56	65.6	29	36.6	64.61
30-may	3	Inic	0.97	6.41	70.5	33.9	36.5	64.44
09-jun	1	Inic	0.96	6.25	62.5	39.9	22.6	39.90
19-jun	2	Inic	0.96	6.09	60.9	46	14.9	26.30
29-jun	3	Inic	0.95	5.91	59.1	45	14.1	24.89
09-jul	1	Inic	0.94	5.73	57.3	44.7	12.6	22.24
19-jul	2	Inic	0.94	5.56	55.6	45.2	10.4	18.36
29-jul	3	Inic	0.93	5.49	60.4	39.2	21.2	37.43
08-ago	1	Inic	0.92	5.42	54.2	31.5	22.7	40.07
18-ago	2	Inic	0.91	5.36	53.6	25.7	27.9	49.25
28-ago	3	Inic	0.91	5.33	58.7	24.1	34.6	61.08
07-sept	1	Inic	0.9	5.31	53.1	20.1	33	58.26
17-sept	2	Inic	0.89	5.29	52.9	16.6	36.3	64.08
27-sept	3	Inic	0.89	5.02	50.2	26.1	24.1	42.55
07-oct	1	Inic	0.88	4.75	47.5	42.7	4.8	8.47
17-oct	2	Inic	0.87	4.49	44.9	53.6	0	-
27-oct	3	Inic	0.86	4.26	46.8	38.9	7.9	13.95
06-nov	1	Inic	0.86	4.03	40.3	18.6	21.7	38.31
16-nov	2	Inic	0.85	3.81	38.1	5.3	32.7	57.73
26-nov	3	Inic	0.84	3.77	37.7	4.8	32.9	58.08
06-dic	1	Inic	0.84	3.73	37.3	5.3	32	56.49
16-dic	2	Inic	0.83	3.7	37	3.2	3.7	6.53
26-dic	3	Des	1.08	4.85	53.3	3	50.3	88.80

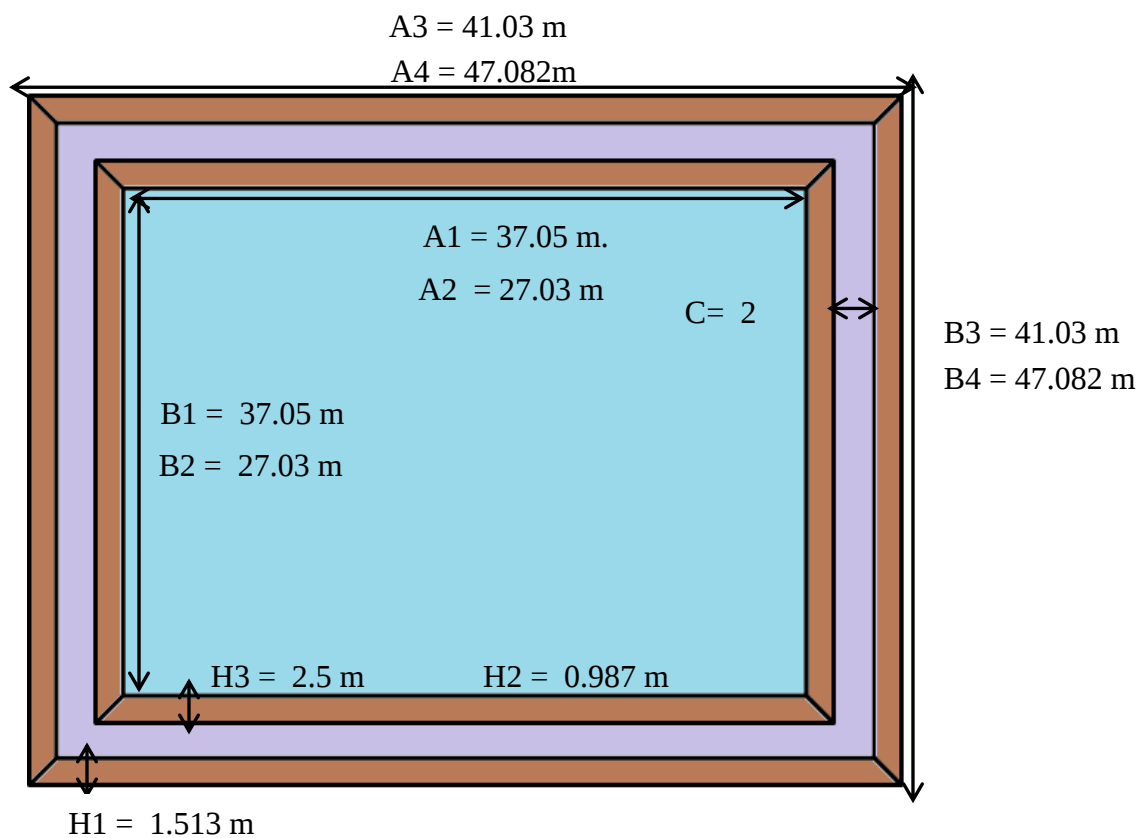
Anexo 16. Requerimiento de riego para el cultivo de cacao

Mes	Década	Etapas	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm/dec	Tiempo (horas)
10-ene	1	Inic	1.1	5.04	50.4	3.1	47.3	83.48
20-ene	2	Inic	1.1	5.1	51	2.7	48.3	85.24
30-ene	3	Inic	1.1	5.38	59.2	2.1	57.1	100.78
09-feb	1	Inic	1.1	5.65	56.5	1.3	55.2	97.42
19-feb	2	Inic	1.1	5.92	59.2	0.7	58.6	103.42
01-mar	3	Inic	1.1	6.23	49.8	0.4	49.4	87.18
11-mar	1	Inic	1.1	6.53	65.3	0	65.2	115.08
21-mar	2	Inic	1.1	6.83	68.3	0	68.3	120.54
31-mar	3	Inic	1.1	7.01	77.1	0.1	77.1	136.08
10-abr	1	Inic	1.1	7.2	72	0	72	127.08
20-abr	2	Inic	1.1	7.38	73.8	0	73.8	130.24
30-abr	3	Inic	1.1	7.39	73.9	2.8	71	125.3
10-may	1	Des	1.1	7.39	73.9	19.7	54.3	95.84
20-may	2	Des	1.1	7.4	74	29	45	79.42
30-may	3	Des	1.1	7.27	80	33.9	46.1	81.36
09-jun	1	Des	1.1	7.15	71.5	39.9	31.6	55.78
19-jun	2	Des	1.1	7.02	70.2	46	24.2	42.72
29-jun	3	Des	1.1	6.86	68.6	45	23.6	41.66
09-jul	1	Des	1.1	6.71	67.1	44.7	22.4	39.54
19-jul	2	Des	1.1	6.55	65.5	45.2	20.3	35.82
29-jul	3	Des	1.1	6.52	71.7	39.2	32.5	57.36
08-ago	1	Des	1.1	6.49	64.9	31.5	33.4	58.94
18-ago	2	Des	1.1	6.46	64.6	25.7	26	45.88
28-ago	3	Des	1.09	6.43	70.7	24.1	46.6	82.24
07-sept	1	Des	1.09	6.45	64.5	20.1	44.4	78.36
17-sept	2	Des	1.09	6.48	64.8	16.6	48.1	84.9
27-sept	3	Des	1.09	6.19	61.9	26.1	35.8	63.18
07-oct	1	Des	1.09	5.91	59.1	42.7	16.4	28.94
17-oct	2	Des	1.09	5.62	56.2	53.6	2.7	4.76
27-oct	3	Des	1.1	5.42	59.6	38.9	20.7	36.54
06-nov	1	Des	1.1	5.18	51.8	18.6	33.2	58.6
16-nov	2	Des	1.1	4.94	49.4	5.3	44	77.66
26-nov	3	Des	1.1	4.93	49.3	4.8	44.4	78.36
06-dic	1	Des	1.1	4.91	49.1	5.3	43.8	77.3
16-dic	2	Des	1.1	4.9	49	3.2	45.8	80.84
26-dic	3	Med	1.1	4.97	54.7	3	51.6	91.06

Anexo 17. Caudal de la cinta de goteo en base a cada cultivo

Cultivo	Distancia entre surcos (metros)	Cantidad de cinta (m)	Caudal de la cinta de goteo (m ³ /hora/metro)	Caudal de la cinta de goteo (m3/hora/ha)
Ajonjolí	0.7	14,286	0.0034	48.57
Cacao	3	3,333	0.0034	11.33
Papaya	3	3,333	0.0034	11.33
Maracuyá	3	3,333	0.0034	11.33
Mango	6	1,667	0.0034	5.67
Girasol	0.7	14,286	0.0034	48.57
Jamaica	1	10,000	0.0034	34.00
Plátano	2.45	4,082	0.0034	13.88
Banano	2.4	4,167	0.0034	14.17
Piña	0.45	22,222	0.0034	75.56

Anexo 18. Dimensiones del reservorio, Vista en planta



Datos

Volumen de agua requerida $2,391 \text{ m}^3$

Perdida por evaporación 8.93 m^3

Perdida por infiltración 194.4 m^3 en 24 horas

Volumen que almacenara el reservorio $2,594 \text{ m}^3$

A1 = Ancho del estanque en la parte alta inferior

A2 = Ancho del estanque en la parte Baja inferior

A3 = Ancho del estanque en la parte alta exterior

A4 = Ancho del estanque en la parte baja exterior

B1 = Largo del estanque en la parte alta inferior

B2 = Largo del estanque en la parte Baja inferior

B3 = Largo del estanque en la parte alta exterior

B4 = Largo del estanque en la parte baja exterior

H1 = Altura del nivel del suelo a la parte alta del borde del estanque

H2 = Altura a la que se necesita excavar

H3 = Altura Total del estanque en la parte inferior

El volumen que se necesita sacar de tierra es de $1,965 \text{ m}^3$ Para hacer las taludes de determino que será a una relación 2:1, debido a que el suelo tiene una textura arcillosa La altura del agua en el estanque es de 2.5 metros y se dejara un espacio libre de 0.5 metros de la lámina de agua a la parte alta del borde del estanque. El área requerida para construir el estanque es de $2,609 \text{ m}^2$ dejando dos metros libres de parte baja del talud exterior.

El suministro de agua para llenar el reservorio será del canal de riego de la Universidad Nacional de Agricultura, disponiendo del agua por la noche para no interferir con otras actividades durante el día, por el canal circula 130 lts/segundo, por noche se dispondría de $5,616 \text{ m}^3$ suficientes para abastecer las necesidades de agua del estanque.

La ecuación usada para determinar el volumen del estanque es:

$$V = (\text{Area 1} + \text{Area 2} + (\sqrt{\text{area 1}} * \sqrt{\text{area 2}})) * H / 3$$

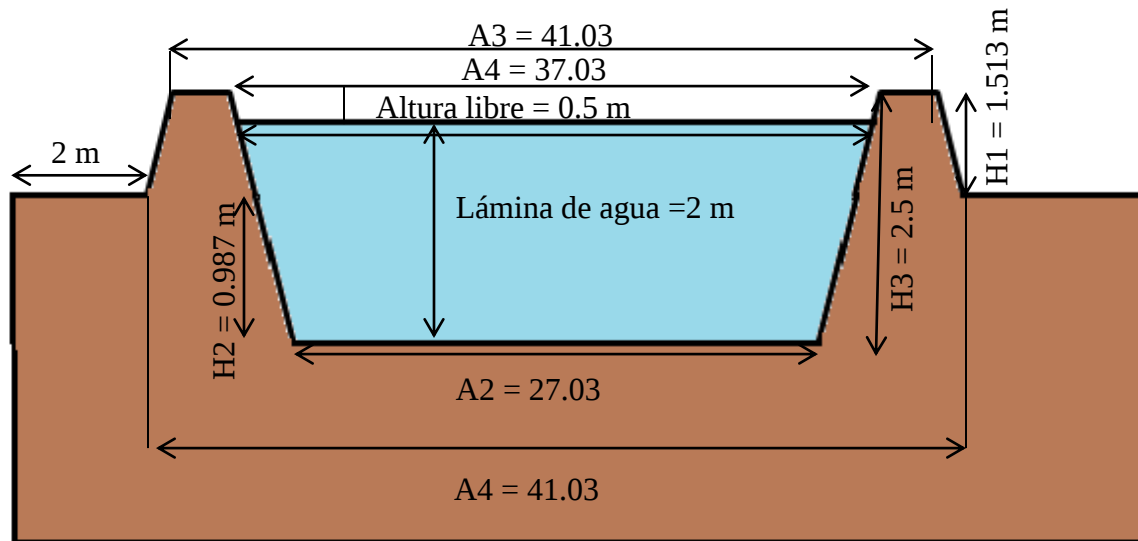
Dónde:

Área 1 = Área de los lados más grandes

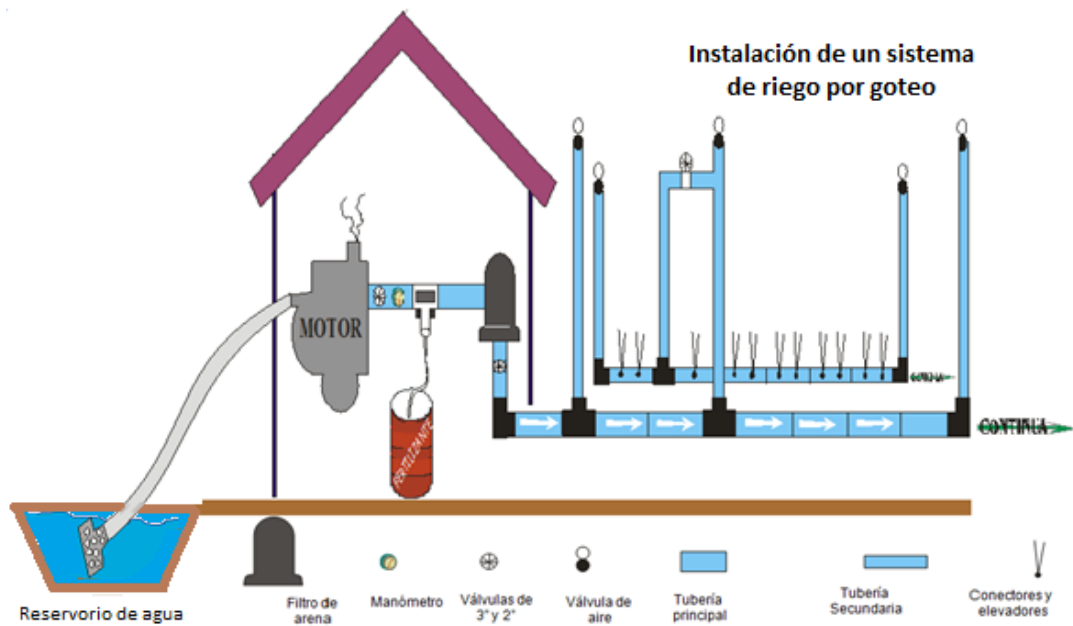
Área 2 = Área de los lados pequeños

H = altura (esta ecuación es solo aplicable para trapecios rectangulares o cuadrados)

Anexo 19. Vista lateral del estanque



Anexo 20. Diseño de un sistema de riego por goteo



Anexo 21. presupuesto de la instalación del sistema de riego por goteo

DESCRIPCIÓN	Cant.	Precio/unitario	Total Lps
INYECCION DE FERTILIZANTES			
Bomba de Riego Diesel 16hp 3x3 de alta presion	1	50,000.00	50,000.00
Valvula de compuerta de 1"	2	50.40	100.80
Adaptador macho de 1"	4	4.13	16.52
Tubo de 1" SDR26	1	51.44	51.44
Tee lisa de 1"	2	7.24	14.48
Reduccion lisa de 1x1/2"	2	2.63	5.26
Codo de 1/2 x90	2	3.98	7.96
Tubo de 1/2 SDR26	1	45.00	45.00
Valbula de 1/2 de compuerta	2	40.00	80.00
Adaptador macho de 1/2	4	5.00	20.00
Union universal de 1" pvc	2	30.00	60.00
Manometros secos de 0-100 PSI	2	45.00	90.00
FILTRADO			
Filtro de anillo de 3" de 140 Mesh	2	2,610.00	5,220.00
Adaptador hembra de 3"	4	15.00	60.00
Codo liso de 3x45°	4	24.75	99.00
Tubo de "3 SDR41	1	86.25	86.25
Tee lisa de 3"	3	25.80	77.40
Reduccion lisa de 3x2"	1	10.95	10.95
Valvula de aire de 2"	1	125.55	125.55
Codo de 3x90	4	30.00	120.00
Adapatador macho de 2"	2	42.39	84.78
TUBERIA PRINCIPAL			
Tubo de 3" SDR41	90	199.20	17,928.00
Tee de 3"	30	154.13	4,623.90
Reductor liso de 3x2	30	66.00	1,980.00
Codo liso de 3x90°	2	104.18	208.36
MANIFOLDS			
Tubo de 2" SDR41	180	86.25	15,525.00
Valvula de compuerta de 2"	20	149.40	2,988.00
Valvula de aire de 1"	10	125.55	1,255.50
Adaptador hembra de 1"	10	5.40	54.00
Adaptador macho de 2"	60	12.75	765.00
Reduccion lisa de 2x1"	10	10.95	109.50
Codo Liso de 2x90°	2	17.48	34.96
Tapon hembra con rosca 2"	20	13.13	262.60
Tee lisa 2"	3	25.80	77.40
Codo Liso de 2x45°	60	24.75	1,485.00
ARTICULOS DE GOTEO			
Acoples de PVCX16mm	700	4.05	2,835.00
Acoples de 16mm X cinta	700	4.05	2,835.00
Cinta de Goteo de 8mm a 30cm	30	2,890.00	86,700.00
Mts. de Manguera16mm	800	0.96	768.00
Manometro de Glicerina 0-30PSI	1	297.00	297.00
OTROS			
Rollos de teflón	10	3.75	37.50
Pegamento PVC 1/4 GL	8	117.75	942.00
maquinaria para construir reservorio (horas)	15	2,000.00	30,000.00
sub total			228,087.11
Costos de instalación (40 %)			91,234.84
Total			319,321.95

Anexo 22. Análisis de la muestra 1 de infiltración en Omega B1

Muestra	tiempo acumulado	z mm	Z = z fot	X log T	Y log Z	X2	Y2	XY
0	0	0	0.0000000	0.00000000	0	0.000000000	0	0
1	1	70	69.8500000	0.00000000	1.84416641	0.000000000	3.40094975	0
2	2	150	149.7000000	0.30103000	2.1752218	0.090619058	4.73158988	0.654807009
3	3	225	224.5500000	0.47712125	2.351313059	0.227644692	5.5286731	1.121861437
4	4	270	269.4000000	0.60205999	2.430397591	0.362476233	5.90683245	1.463245153
5	5	310	309.2500000	0.69897000	2.490309708	0.488559067	6.20164244	1.740651788
6	10	420	418.5000000	1.00000000	2.621695462	1.000000000	6.8732871	2.621695462
7	15	520	517.7500000	1.17609126	2.714120108	1.383190650	7.36644796	3.192052935
8	20	640	637.0000000	1.30103000	2.804139432	1.692679050	7.86319796	3.648269513
9	45	780	773.2500000	1.65321251	2.888319929	2.733111616	8.34239201	4.77500665
10	60	870	861.0000000	1.77815125	2.935003151	3.161821869	8.6142435	5.218879524
11	90	945	931.5000000	1.95424251	2.969182859	3.819063786	8.81604685	5.802503362
12	120	1075	1057.0000000	2.07918125	3.024074987	4.322994654	9.14502953	6.2876
13	180	1154	1127.0000000	2.25527251	3.051923916	5.086254072	9.31423959	6.882920096
14	240	1204	1168.0000000	2.38021124	3.067442843	5.665405555	9.40920559	7.301161938
15	300	1234	1189.0000000	2.47712125	3.075181855	6.136129711	9.45674344	7.617598334
16	360	1254	1200.0000000	2.55630250	3.079181246	6.534682475	9.48135715	7.87131872
17	420	1263	1200.0000000	2.62324929	3.079181246	6.881436840	9.48135715	8.077460019
18	480	1272	1200.0000000	2.68124124	3.079181246	7.189054573	9.48135715	8.256027734
	Sumatoria			27.99448805	49.68003685	56.77512390	139.41459259	82.53305967
	Promedio			1.55524934	2.72010465			
F ₀	0.15							

Anexo 23. Análisis de la muestra 2 de infiltración en Omega B2

Muestra	tiempo acumulado	z mm	Z = z fot	X log T	Y log Z	X2	Y2	XY
0	0	0	0.0000000	0.00000000	0	0.000000000	0	0
1	1	180	179.8666667	0.00000000	2.254950686	0.000000000	5.084802598	0
2	2	262	261.7333333	0.30103000	2.417859036	0.090619058	5.846042319	0.727848095
3	3	315	314.6000000	0.47712125	2.497758718	0.227644692	6.238798615	1.191733774
4	4	350	349.4666667	0.60205999	2.543405758	0.362476233	6.468912848	1.531282848
5	5	388	387.3333333	0.69897000	2.588084873	0.488559067	6.698183312	1.808993695
6	6	424	423.2000000	0.77815125	2.626545659	0.605519368	6.898742099	2.043849789
7	7	453	452.0666667	0.84509804	2.655202485	0.714190697	7.050100238	2.243906416
8	8	480	478.9333333	0.90308999	2.680275065	0.815571525	7.183874422	2.420529573
9	9	499	497.8000000	0.95424251	2.697054892	0.910578767	7.274105092	2.573644428
10	10	518	516.6666667	1.00000000	2.713210443	1.000000000	7.36151091	2.713210443
11	15	621	619.0000000	1.17609126	2.791690649	1.383190650	7.79353668	3.28328297
12	20	690	687.3333333	1.30103000	2.837167406	1.692679050	8.049518891	3.691239898
13	25	772	768.6666667	1.39794001	2.885738048	1.954236268	8.327484083	4.034088672
14	30	830	826.0000000	1.47712125	2.916980047	2.181887201	8.508772596	4.308733227
15	40	923	917.6666667	1.60205999	2.962684957	2.566596216	8.777502153	4.746399036
16	50	985	978.3333333	1.69897000	2.990486851	2.886499076	8.943011605	5.080747458
17	65	1086	1077.3333333	1.81291336	3.032350097	3.286654839	9.195147113	5.497387994
18	80	1176	1165.3333333	1.90308999	3.066450169	3.621751499	9.40311664	5.835730613
19	95	1336	1323.3333333	1.97772361	3.121669252	3.911390659	9.744818919	6.173798968
20	125	1447	1430.3333333	2.09691001	3.15543726	4.397031603	9.956784301	6.616667986
21	155	1426	1405.3333333	2.19033170	3.147779347	4.797552948	9.90851482	6.894680884
22	185	1472	1447.3333333	2.26717173	3.160568564	5.140067646	9.98919365	7.165551695
23	245	1603	1570.3333333	2.38916608	3.19599185	5.708114579	10.2143639	7.635755333
24	305	1694	1653.3333333	2.48429984	3.218360422	6.171745692	10.3578438	7.995372279
25	365	1774	1725.3333333	2.56229286	3.236873013	6.565344723	10.4773469	8.293816624
26	425	1854	1797.3333333	2.62838893	3.254628629	6.908428368	10.59260751	8.554429859
27	485	1862	1797.3333333	2.68574174	3.254628629	7.213208686	10.59260751	8.741091952
	Sumatoria			40.21100539	77.90383281	75.60153911	226.93724354	121.80377451
	Promedio			1.48929650	2.69119347			
F ₀	0.1333							

Anexo 24. Análisis de la muestra 3 de infiltración en Omega A2

Muestra	tiempo acumulado	z mm	Z = z fot	X log T	Y log Z	X2	Y2	XY
0	0	0	0.0000000	0.00000000	0	0.000000000	0	0
1	1	42	41.8333333	0.00000000	1.621522471	0.000000000	2.629335124	0
2	2	55	54.6666667	0.30103000	1.737722593	0.090619058	3.019679811	0.52310662
3	3	74	73.5000000	0.47712125	1.866287339	0.227644692	3.483028432	0.89044536
4	4	83	82.3333333	0.60205999	1.915575699	0.362476233	3.669430257	1.15329149
5	5	101	100.1666667	0.69897000	2.000723222	0.488559067	4.00289341	1.39844552
6	10	112	110.3333333	1.00000000	2.042706739	1.000000000	4.172650822	2.04270674
7	15	132	129.5000000	1.17609126	2.112269768	1.383190650	4.461683575	2.48422201
8	20	164	160.6666667	1.30103000	2.205925784	1.692679050	4.866108562	2.86997561
9	30	178	173.0000000	1.47712125	2.238046103	2.181887201	5.00885036	3.30586547
10	45	187	179.5000000	1.65321251	2.254064453	2.733111616	5.080806558	3.72644756
11	60	194	184.0000000	1.77815125	2.264817823	3.161821869	5.129399771	4.02718864
12	90	202	187.0000000	1.95424251	2.271841607	3.819063786	5.161264285	4.43972944
13	120	213	193.0000000	2.07918125	2.285557309	4.322994654	5.223772213	4.75208789
14	180	227	197.0000000	2.25527251	2.294466226	5.086254072	5.264575263	5.17464659
15	240	242	201.7000000	2.38021124	2.304705898	5.665405555	5.311669277	5.48568689
16	300	253	203.0000000	2.47712125	2.307496038	6.136129711	5.324537965	5.71594748
17	360	262	202.0000000	2.55630250	2.305351369	6.534682475	5.314644937	5.89317547
18	420	272	202.0000000	2.62324929	2.305351369	6.881436840	5.314644937	6.04751134
	480	282	202.0000000	2.68124124	2.305351369	7.189054573	5.314644937	6.18120316
	sumatoria			29.47160931	40.63978318	58.95701110	87.75362049	66.11168330
	promedio			1.48835378	2.10773307			
F ₀	0.17							

Anexo 25. Análisis de infiltración



Anexo 26. Condiciones de riego actual



Anexo 27. Condiciones de suelo en la estación lluviosa, Omega B1

