

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Importancia del uso eficiente del recurso agua en la Escuela de Agricultura de
Nororiente (EANOR), Llanos de la Fragua, Zacapa.**

Luis Josué Franco Mejía.

9919313

Guatemala, Noviembre de 2006.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a large, circular emblem in the background. It features a central figure, likely a saint or historical figure, surrounded by various symbols including a crown, a cross, and a lion. The Latin motto "ORBIS CONSPICUA + CAROLINA ACADÉMIA" is inscribed around the top edge of the seal.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Importancia del uso eficiente del recurso agua en la Escuela de Agricultura de Nororiente (EANOR), Llanos de la Fragua, Zacapa.

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

POR

Luis Josué Franco Mejía.

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO**

**EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO**

Guatemala, Noviembre de 2006.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Rector

Lic. Carlos Estuardo Gálvez Barrios

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO:	Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. Alfredo Itzep Manuel
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. Danilo Ernesto Dardón Ávila
VOCAL CUARTO:	Br. Duglas Antonio Castillo Alvarez
VOCAL QUINTO:	P. Agr. Jose Mauricio Franco Rosales
SECRETARIO:	Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes

Guatemala 15 de Noviembre 2006.

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

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por La Ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación realizado en:

Importancia del uso eficiente del recurso agua en la Escuela de Agricultura de Nororiente (EANOR), Llanos de la Fragua, Zacapa,

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

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Luis Josué Franco Mejía

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: Todo el honor y toda la gloria, por la sabiduría que me brindo para poder alcanzar este triunfo

MIS PADRES: Gladys, por darme la oportunidad y el haberme apoyado durante mis estudios.

MIS HERMANOS: Rodrigo y Jonathan como un ejemplo de amor para ustedes.

MIS ABUELOS: Papa Beto, Mama Eva, Papa Tino, Mama Tila, por sus consejos.

MIS TIOS: Manuel, Aura, Elmer, Gilma, Sandra, Miguel, Maria Delfina, por su apoyo.

MIS PRIMOS: Herberth, Fernando, Ana, Maria, Andrea, Juan Jose, Victor, Astrid, Jose Pablo, Michelle, Luis, Rolando, Sergio, Miguel, Mariela, con cariño.

NOVIA: Maria José Rodríguez, por el amor y cariño que te tengo.

MIS AMIGOS: Porque se que siempre estan ahí, y hoy se que se sienten felices por este triunfo, que alcanzo hoy.

TRABAJO DE GRADUACION QUE DEDICO

A:

Mi querida patria Guatemala.

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Agronomía

El departamento de Zacapa.

La Escuela de Agricultura de Nororiente (EANOR)

MIS COMPAÑEROS

AGRADECIMIENTOS

A:

Mi amigo Rudy Palma, por su apoyo en la parte de campo de este trabajo.

Mis asesores Ing. Agr. Rolando Lara e Ing. Agr. Constantino Reyes por su valiosa colaboración en la elaboración del presente informe.

Mis evaluadores Ing. Agr. David Juárez e Ing. Agr. Marino Barrientos por sus observaciones realizadas que permitieron la mejora del presente informe.

La Facultad de Ingeniería en especial al área civil, por su apoyo en aspectos de ingeniería sanitaria.

La Escuela de Agricultura de Nororiente (EANOR) por permitirme desarrollar mi ejercicio profesional supervisado,

ÍNDICE GENERAL

Resumen	ix
Capítulo I: Diagnóstico del sistema de riego por goteo de la Escuela de Agricultura de Nororiente	1
I. Antecedentes	2
II. Objetivos	3
III. Metodología	4
IV. Resultados	5
4.1. Diseño agronómico	5
4.1.1. Estudio topográfico	6
4.1.2. Estudio climatológico	6
4.1.3. Estudio edafológico	7
4.1.3.1 Muestreo de suelos	7
4.1.3.2. Análisis físico-químico de suelos	7
4.1.3.3. Constantes de humedad	8
4.1.3.4. Determinación de la infiltración	9
4.1.4. Cultivos a regar	10
4.1.5. Estudio hidrológico	10
4.1.5.1. Disponibilidad de agua	10
4.1.5.2. Calidad de agua	11
4.1.6. Determinación del consumo de agua o demandas evapotranspirativas	13
4.1.7. Porcentaje de suelo humedecido (P ó PAR)	15
4.1.8. Lámina de agua disponible (LHA)	16
4.1.9. Lámina de riego (Idx)	17
4.1.10. Intervalo entre riegos (li)	17
4.1.11. Lámina neta de agua (Idn)	17
4.1.12. Lámina de agua a aplicar (Id)	18
4.1.13. Duración del riego (It)	18
4.1.14. Unidades de operación	19
4.1.15. Capacidad del sistema (Qs)	19
4.2. Diseño Hidráulico	20
4.2.1. Líneas porta goteros (laterales)	20
4.2.2. Pérdidas de carga permisibles	20
4.2.3. Longitud lateral	21
4.2.4. Pérdidas de carga en el lateral	22
4.2.5. Número de goteros (Ne)	22
4.2.6. Caudal en el lateral	22
4.2.7. Diámetro del lateral	23
4.2.8. Diseño del manifold (tubería de múltiple salida)	23
4.2.9. Caudal del manifold	24
4.2.10. Longitud del manifold	24

4.2.11.	Pérdidas de carga en el manifold (J)	24
4.2.12.	Diámetro del manifold	25
4.2.13.	Coefficiente de uniformidad (Ues)	25
4.2.14.	Diseño de tubería sub-principal y principal	25
4.2.15.	Diseño del cabezal	27
4.2.16.	Carga requerida	27
4.2.17.	Requerimiento de bomba	28
V.	Conclusiones	29
VI.	Bibliografía	30
Capítulo II Evaluación de la eficiencia del sistema de riego por goteo de la Escuela de Agricultura de Nororiente		31
I.	Introducción	32
II.	Marco teórico	33
2.1.	Marco conceptual	33
2.1.1.	Importancia del riego	33
2.1.2.	El riego por goteo	33
2.1.3.	Componentes del sistema de riego por goteo	34
2.1.4.	Ventajas y desventajas del riego por goteo	34
2.1.5.	El bulbo húmedo	35
2.1.6.	Calidad de agua para riego	36
2.1.7.	Evaluación del riego por goteo	36
2.2.9.	Diseño hidráulico	37
2.2.9.1.	Líneas portagoteros (laterales)	38
2.2.9.2.	Pérdidas de carga permisibles	38
2.2.9.3.	Diseño de tubería múltiple de salidas	39
2.2.9.4.	Coefficiente de uniformidad (Ues)	40
2.2.9.5.	Diseño de tubería sub-principal y principal	40
2.2.9.6.	Diseño del cabezal	41
2.2.9.7.	Carga requerida	42
2.2.9.8.	Requerimiento de bomba	43
III.	Objetivos	44
IV.	Metodología	45
4.1.	Funcionamiento del cabezal	45
4.1.1.	Presión	45
4.1.2.	Equipo de Filtrado	45
4.1.3.	Equipo de abonado	46
4.1.4.	Caudal	46
4.1.5.	Pérdidas de carga	46
4.1.6.	Tiempos	46
4.2.	Funcionamiento de las tuberías	46
4.3.	Funcionamiento de emisores	47
4.4.	Control de la uniformidad	47
4.4.1.	Uniformidad de distribución	47
4.4.2.	Coefficiente de uniformidad o Coeficiente de distribución	47
4.5.	Lámina aplicada	48
4.6.	Grado de aplicación de la lámina de riego	48

4.7. Evaluación hidráulica del sistema	48
4.8. Carga dinámica total	49
4.9. Requerimiento de potencia de la bomba	49
V. Resultados	50
5.1. Funcionamiento del cabezal	50
5.2. La Presión	50
5.3. Equipo de filtrado	51
5.4. Equipo de abonado	51
5.5. Caudal	51
5.6. Funcionamiento de las tuberías	51
5.7. Funcionamiento de los emisores	52
5.8. Lámina aplicada	53
5.9. Grado de aplicación de la lámina de riego	53
5.10. Evaluación hidráulica	54
5.10.1. Carga dinámica total	54
5.10.2. Determinación de la eficiencia de la bomba	55
5.11.3. Requerimiento de Potencia de la Bomba	55
VI. Conclusiones	56
VII. Recomendaciones	57
VIII. Bibliografía	58
Capítulo III Informe general de servicios realizados en la Escuela de Agricultura de Nororiente	59
I. Antecedentes	60
II. Objetivos	61
III. Apoyo institucional	62
Servicio No. 1: Apoyo a la actividad docente	63
Servicio No 2: Elaboración del contenido programático de los cursos de Riegos y Drenajes, Curso de Bombas, Curso de Diseño de tuberías de agua potable	65
Servicio No 3: Establecimiento de un pie de cría de lombriz coqueta roja (<i>Eusemia foetida</i>) en la finca pecuaria del Instituto Tecnológico de Nor – Oriente ITECNOR	67
Servicio No 4: Elaboración de un plano de las nuevas instalaciones del Instituto Tecnológico de Nor – Oriente ITECNOR	69
Servicio No 5: Readecuación del programa de hidráulica para la carrera de Perito en Gestión de Recursos Hídricos	70
Anexos	71

Índice de cuadros

CUADRO 1. Cuantificación de las áreas netas de diseño para los diferentes cultivos	5
Cuadro 2. Datos climáticos de la estación LA FRAGUA, para el periodo 1992-2002.	6
Cuadro 3. Resultados de laboratorio de las características físicas del área de diseño.	7
CUADRO 4. Resultados de laboratorio de las características químicas del área de diseño	8
Cuadro 5. Resultados de laboratorio de las constantes de humedad del área de diseño	9
Cuadro 6. Aforo realizado en el pozo EANOR, a diferentes presiones (PSI)	10
CUADRO 7. Análisis de agua proveniente del canal de riego La fragua	11
Cuadro 8. Análisis de agua proveniente del Pozo de la EANOR	12
Cuadro 9. Determinación de la evapotranspiración para los 12 meses del año	13
Cuadro 10. Diámetro de tubería sub-principal y sus pérdidas por fricción para los diferentes cultivos de diseño	26
Cuadro 11. Pérdidas de carga en los componentes del cabezal y equipo de inyección	27
Cuadro 12. Datos hidráulicos de la tubería lateral	39
Cuadro 13. Datos hidráulicos de tubería múltiple de salida (manifold)	40
Cuadro 14. Diámetro de tubería sub-principal y sus pérdidas por fricción para los diferentes cultivos de diseño.	41
Cuadro 15. Pérdidas de carga en tubería principal y sub principal	41
Cuadro 16. Pérdidas de carga en los componentes del cabezal y equipo de inyección	42
Cuadro 17. Presiones en el cabezal del sistema de riego por goteo EANOR	50
Cuadro 18. Caudales de las distintas válvulas	52
Cuadro 19. cursos impartidos durante el Ejercicio Profesional Supervisado.	64

Índice de figuras

Figura 1 Grafica de distribución del agua en el suelo	53
Anexo 8 centro de producción agrícola	95

MARCO REFERENCIAL

Ubicación Geográfica

La Escuela de Agricultura de Nororiente se encuentra ubicada políticamente en la jurisdicción del municipio de Zacapa, departamento de Zacapa, a una distancia de 154 Kms. de la ciudad capital de Guatemala, y a 4.5 Kms. del Barrio La Fragua, del mismo municipio, el lugar en general es conocido como "Finca El Oasis "(4).

Se encuentra localizada geográficamente en 14°57'43" de Latitud Norte, y 89°35'15" de Longitud Oeste del meridiano de Wreemwich (4).

La escuela cuenta con dos propiedades, las cuales son 2 fincas, en la primera se encuentra instalada la parte del Casco Central de la escuela, así como el área destinada para la producción agrícola, teniendo una extensión de 16 Has. Limita al Norte con la carretera de terracería que conduce desde Zacapa, hacia el municipio de Cabañas, en la parte Sur limita con una vereda o pequeño camino de terracería que conduce a la aldea San Jorge, al Este con la planta empacadora de la melonera denominada PROTISA, finalmente al Oeste limita con la finca del Señor Benjamín Paíz (6).

La segunda finca la constituye la parte destinada a la producción pecuaria, tiene una extensión de 22.7 Has. Los límites de esta finca son: Al Norte limita con la línea férrea que va de Puerto Barrios a Guatemala, al Sur con la carretera de terracería que conduce hacia el municipio de Estanzuela, al Este con la planta empacadora de la melonera denominada PROTISA, y finalmente al Oeste con la finca del señor Mario Pineda (6).

Clima

Según la estación meteorológica de La Fragua (5) la escuela se encuentra a una altitud de 212 msnm. la temperatura oscila entre los 22-37° C. teniéndose un promedio

anual de 28° C. La evaporación media mensual es de 6.94 mm. la velocidad del viento alcanza de 5 - 7 Kms/hr. La precipitación pluvial es de 700 mm. anuales distribuidos en los meses de mayo a octubre, de noviembre a abril, muchas veces la precipitación efectiva se puede considerar nula.

La humedad relativa media es de un 58% teniéndose además un promedio anual de 6.8 horas de luz diarias, la presión atmosférica media es de 744.5 mm. de mercurio (5).

Zona de vida

Holdridge (3) clasifica la zona de vida como Monte Espinoso Subtropical, en la cual, la vegetación esta constituida mayormente por arbustos y plantas espinosas, tales como: *Cactus spp.*, *Acacia farnesiana*, *Guayacum spp.*, *Pereskia spp.*, *Cordia alba*; entre las principales.

Suelos

Según Simons, los suelos de esta área son relativamente jóvenes y las diferencias existentes se basan principalmente en el material de origen y en el drenaje (7).

Dentro de la escuela se pueden ubicar tres tipos de suelos, los de la Serie Chicaj, Chirrum y Chiquimula, todos ellos son subsuelos muy impermeables, tienen horizonte A bien arcilloso y un horizonte B con alto contenido de arcilla coloidal del grupo de las montmorillonitas, particularmente estos suelos son muy impermeables al agua y tienen baja aireación(2).

Topografía

La topografía del terreno es plana en su totalidad, con pendientes que van desde 0 a 4%. Las mayores pendientes se ubican en los lugares donde corren corrientes efímeras de agua(11).

Recurso Hidrico

La EANOR, cuenta con varios pozos. Dos de ellos se ubican en el casco central de la escuela, uno de ellos tiene un sistema de bombeo eléctrico que lleva el agua de forma potable a la parte central de la misma y el otro surte el agua para irrigación de las áreas productivas (hortalizas y frutales). Dichas áreas también son regadas con agua procedente de la Unidad de Riego de Llano de piedras.

En la finca pecuaria se tienen 3 pozos los cuales surten de agua hacia toda la finca.

Flora y Fauna Existente

Debido a la zona de vida en la Escuela se encuentran ubicadas abundante especies tanto vegetales como animales, la mayoría son especies arbustivas como lo son el Subín (*Acacia farnesiana*), Cactus (*Pachycereus lepidanthus*), Nopal (*Nopalea guatemalensis*), Palo de Jiote (*Burseba simaruba*), El Guayacán (*Guayacum sactum*), Conacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), etc. Existen además muchas especies vegetales que por sus características son consideradas malezas dentro de los cultivos de la zona(1).

En cuanto a la fauna las especies más comunes son los reptiles, y algunos mamíferos inferiores, se encuentran también algunos géneros de aves(1).

Resumen

El trabajo que a continuación se presenta, es una compilación de los trabajos realizados durante el ejercicio profesional supervisado realizado durante el periodo comprendido entre febrero del año 2005 y noviembre del mismo año, realizado en la Escuela de Agricultura de Nororiente (EANOR), en los Llanos de la Fragua, Zacapa.

En el mismo se incluye un diagnostico general del sistema de riego por goteo de la Escuela de Agricultura de Nororiente, así mismo se realizó una investigación relacionada con la evaluación de la eficiencia del sistema de riego por goteo de dicha escuela, así mismo se presenta el informe general de servicios realizados, todo esto en los Llanos de la Fragua, Zacapa.

En el diagnostico general del sistema de riego por goteo de la Escuela de Agricultura de Nororiente se realizaron las revisiones de dicho sistema, en el cual se obtuvieron por entrevistas personales, por observación directa, por revisión bibliográfica donde se obtuvieron los datos del diseño hidráulico y del diseño agronómico con el que fue diseñado el sistema de riego.

En la evaluación de la eficiencia del sistema de riego por goteo de la Escuela de Agricultura de Nororiente, se realizo para determinar si el sistema de riego por goteo estaba cumpliendo con las necesidades con las que fue diseñado y para esto se determino una metodología que nos indico que el sistema esta siendo bien utilizado en todas sus partes teniendo una buen coeficiente de uniformidad mayor al 92 % la cual nos indica que esta siendo bien utilizado.

El informe de servicios realizados en la Escuela de Agricultura de Nororiente, es una parte del presente trabajo que muestra los cinco servicios que se realizaron en dicho centro el cual radicaba en la enseñanza de los futuros profesionales en la rama técnica de la agricultura, fortaleciendo la parte concerniente de los recursos hídricos.



**Capítulo I:
Diagnóstico del sistema de riego por goteo de la
Escuela de Agricultura de Nororiente.**

I. Antecedentes

La Escuela de Agricultura de Nororiente es uno de los centros de enseñanza donde se forman a estudiantes técnicos en el ramo de la agricultura, desde su apertura que se realizó en el año 1999 para la fecha.

Contando para esto con una serie de actividades entre las cuales se cuenta con la producción agrícola para la cual se producen cultivos de la región que funcionan como módulos de producción donde se enseña al alumno la manera en la cual se produce los mismos como también sirven para reunir fondos para la obtención de fondos para el centro donde se involucra al alumno desde el proceso de producción hasta la comercialización de los mismos.

Puesto que dicho centro de enseñanza se encuentra en una zona donde la precipitación pluvial es baja y con una evapotranspiración alta se hace necesario que se utilice para la producción donde el agua sea repartida de una manera eficiente para cubrir las necesidades de agua de los cultivos.

II. Objetivos

2.1. General

2.1.1. Realizar el diagnóstico general de el sistema de riego por goteo de la Escuela de Agricultura de Nororiente

2.2. Específicos

2.2.1. Conocer las partes que conforman el sistema de riego por goteo de la EANOR.

2.2.2. Identificar hidráulicamente los diferentes componentes del sistema de riego por goteo de la EANOR.

III. Metodología

Con el propósito de recopilar información sobre el sistema de riego por goteo de la Escuela de Agricultura de Nororiente EANOR, se realizó un reconocimiento en el área productiva donde se encuentra instalado el sistema de riego.

Se procedió a identificar las características del sistema de riego por goteo de la Escuela de Agricultura de Nororiente, mediante un caminamiento, posteriormente se realizó una serie de entrevistas directas para la identificación de las características de dicho sistema de riego.

Se realizó una recopilación de bibliografía en forma directa del diseño como una observación de campo para la comprobación del funcionamiento del sistema de riego tomando las principales características del sistema de riego por goteo como lo son, el diseño agronómico y el diseño hidráulico, como también de las características propias del lugar, que son factores climáticos obtenidos de la estación meteorológica que esta en la Fragua.

IV. Resultados

4.1. Diseño agronómico

Es una parte muy importante en el diseño de un sistema de riego por goteo, debido a que un diseño incorrecto puede resultar perjudicial y grave, ya que puede provocar una escasez o un humedecimiento del volumen de suelo, induciendo el deceso en la producción e incluso la muerte de los cultivos.

4.1.1. Estudio topográfico

Como resultado del levantamiento plani-altimétrico se obtuvieron los planos 1 y 2 que aparecen en los anexos, en donde se ubican las diferentes áreas cuantificadas. El área bruta es de 7.20 Ha y el área neta para el diseño del sistema de riego es de 5.21 Ha. Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 1.

CUADRO 1. Cuantificación de las áreas netas de diseño para los diferentes cultivos.

CULTIVOS		ÁREA (HA)	ÁREA(Mz)
ANUALES	ÁREA 1	0.87	1.24
	ÁREA 2	0.97	1.38
	ÁREA 3	0.99	1.41
FRUTALES	LIMÓN (CITRUS LEMON)	0.76	1.08
	MANDARINA (CITRUS RETICULATA)	0.78	1.11
	MANGO (MANGUIFERA INDICA)	0.84	1.20
TOTAL		5.21	7.42

En el cuadro anterior se puede observar que las áreas netas para los cultivos anuales están divididas en tres, sumadas hacen un total de 2.83 Ha (4.03 Mz) y 2.38Ha (3.39 Mz) para frutales. El método utilizado para el área en mención, fue: Conservación de Azimut

180° con polígono base o auxiliar. Este método es sin lugar a dudas uno de los más frecuentemente utilizados en trabajos de mensura de terrenos.

4.1.2. Estudio climatológico

Se consultaron los registros climatológicos de la estación meteorológica LA FRAGUA, TIPO "A", obteniéndose la información que se presenta en el cuadro 2.

Municipio: Estanzuela

-Depto.: Zacapa

- Latitud: 14°57'51"

- Longitud: 89° 35'4"

CUADRO 2. Datos climáticos de la estación LA FRAGUA, para el periodo 1992-2002.

MES	TEMP	EVAP.	VEL.	PP	TEMP	TEMP	HORAS	HR
	MEDIA	DIARIA	VIENTO		MAX	MIN	LUZ	
	°C	Mm	Km/HR	MM	°C	°C	---	%
ENERO	25.98	6.73	4.64	0.31	36.16	13.70	7.08	60.50
FEBRERO	26.77	7.96	5.39	1.21	37.94	14.63	8.33	59.33
MARZO	28.35	9.89	5.61	1.98	39.09	16.00	9.07	55.83
ABRIL	30.64	10.03	5.84	34.56	40.05	19.70	8.38	55.83
MAYO	29.92	9.13	4.95	79.07	39.54	20.50	7.91	61.17
JUNIO	28.98	6.54	3.17	178.33	37.34	21.17	7.38	68.67
JULIO	28.55	6.89	3.70	103.76	35.36	20.65	7.79	68.17
AGOSTO	28.47	7.19	3.58	163.50	35.74	20.35	7.73	66.00
SEPTIEMBRE	28.20	6.14	2.39	149.81	35.57	20.63	6.84	69.83
OCTUBRE	27.65	5.70	2.56	94.65	35.70	18.96	6.63	72.33
NOVIEMBRE	26.44	5.70	3.27	12.24	35.10	16.08	6.43	70.50
DICIEMBRE	25.67	5.71	4.00	1.60	35.47	14.47	6.24	64.00

FUENTE: ESTACIÓN METEOROLOGICA LA FRAGUA, ZACAPA.

Los registros climatológicos que se presentan en el cuadro 2, son de los últimos 11 años de la estación meteorológica LA FRAGUA, los cuales fueron la base para determinar las demandas evapotranspirativas de los cultivos de diseño.

4.1.3. Estudio edafológico

4.1.3.1 Muestreo de suelos

Mediante el reconocimiento del área, se eligieron los puntos de muestreo, estableciéndose la toma de 30 sub-muestras para el área de Hortalizas y 30 sub-muestras para el área de Frutales. Para el área de hortalizas se elaboro una muestra general, mientras que para frutales una muestra por cada especie establecida. Las profundidades de muestreo fueron para dos estratos el primero de 0-30 cms y el segundo de 30-60 cms.

4.1.3.2. Análisis físico-químico de suelos

Para definir algunos parámetros para el diseño de sistema de riego, se determinaron las características físicas y químicas del suelo. Estas características fueron analizadas en el Laboratorio de Suelos de la FAUSAC y se presentan en el cuadro 3 y 4.

CUADRO 3. Resultados de laboratorio de las características físicas del área de diseño

CULTIVOS		ESTRATOS	%			CLASE TEXTUAL
			ARCILLA	LIMO	ARENA	
ANUALES		0-30	36.62	15.29	48.09	ARCILLO ARENOSO
		30-60	40.82	15.29	43.84	
FRUTALES	LIMON	0-30	26.12	19.49	54.39	FRANCO ARCILLOSO ARENOSO
		30-60	34.52	17.39	48.09	
	MANDARINA	0-30	29.57	21.59	48.84	
		30-60	33.77	17.39	48.84	
	MANGO	0-30	25.37	23.69	50.94	
		30-60	27.47	19.49	53.04	

FUENTE: Laboratorio de suelos Ing. Salvador Castillo, Facultad de Agronomía, USAC.

Las características físicas del suelo presentadas en el cuadro anterior, tienen mucha importancia para determinar el % de área a humedecer respecto al área total de cada cultivo de diseño. Además se observan que estos suelos tienen tendencia a arenosos, por el % de arena que contienen, además se caracterizan por ser suelos muy impermeables y tienen baja aireación.

CUADRO 4. Resultados de laboratorio de las características químicas del área de diseño. Profundidad de muestreo de 0-30 cms.

CULTIVOS	PH	PPM		MEQ/100GR		PPM				
		P	K	CA	Mg	CU	ZN	FE	MN	
RANGO MEDIO		12-16	120-150	6-8	1.5-2.5	2-4	4-6	10-15	10-15	
ANUALES		8.6	0.34	98	28.0 8	6.17	0	0	7.5	17
FRUTALES	LIMON	7.8	5.37	120	9.05	3.55	1.5	1.0	45.5	87.5
	MANDARINA	7.8	18.7 7	128	10.6 1	4.27	1.0	1.0	24.5	62
	MANGO	8.7	31.2 8	255	12.1 7	5.71	0.50	1.50	8.5	36.5

FUENTE: Laboratorio de suelos Ing. Salvador Castillo, Facultad de Agronomía, USAC.

Estos suelos poseen un pH de fuerte a extremadamente alcalino, dificultando así la disponibilidad de nutrientes para las plantas. De acuerdo a los elementos que presenta este suelo, es importante realizar un buen programa de fertilización, aplicando principalmente fertilizantes de reacción acida.

4.1.3.3. Constantes de humedad

Con el propósito de conocer la disponibilidad de agua en el suelo, se determinaron las constantes de humedad del mismo, en los puntos de muestreo previamente determinados. Los resultados obtenidos se muestran en cuadro 5.

CUADRO 5. Resultados de laboratorio de las constantes de humedad del área de diseño.

CULTIVOS		ESTRATOS	DENSIDAD Gr/cc	CONSTANTES DE HUMEDAD %	
				1/3 ATM	15 ATM
ANUALES		0-30	1.3333	25.92	13.05
		30-60	1.3333	27.92	16.43
FRUTALES	LIMON	0-30	1.4286	19.74	10.12
		30-60	1.3793	17.00	12.68
	MANDARINA	0-30	1.3333	22.44	11.69
		30-60	1.3793	25.53	13.44
	MANGO	0-30	1.3333	27.16	14.58
		30-60	1.3333	22.79	12.39

FUENTE: Laboratorio de suelos Ing. Salvador Castillo, Facultad de Agronomía, USAC.

La densidad aparente tiene influencia al calcular el volumen de agua a aplicar en cada riego. Los valores de Capacidad de campo (1/3 Atm) y Punto de marchites permanente (15 Atm) son de gran utilidad para fines de diseño de sistemas de riego, porque muestran el límite superior e inferior del agua disponible a las plantas y la tensión a la cual esta retenida.

4.1.3.4. Determinación de la Infiltración

El comportamiento de la infiltración del agua en el área de estudio a través del tiempo se puede observar en la Figura 1. Utilizando el método de infiltómetro de doble cilindro se determinó la velocidad de infiltración, obteniéndose los valores de n y K siguientes: $I = 41.68 t^{-0.70}$. La infiltración básica (I_b) se determinó aplicando los parámetros de Kostiakov-Lewis, obteniendo, la I_b de **0.60 cm/hr**.

4.1.4. Cultivos a regar

El diseño se realizó en base a los cultivos que con más frecuencia se producen en la EANOR, y son los siguientes: Anuales: Tomate (*Lycopersicum esculentum*), Maíz (*Zea mays*), Pepino (*Cucumis sativus*), Sandía (*Citrullus Lanatus*), Melón (*Cucumis melo*) y Frutales : Mango (*Manguifera indica*), Mandarina (*Citrus reticulata*) y Limón (*Citrus lemon*).

4.1.5. Estudio hidrológico

4.1.5.1. Disponibilidad de agua

La principal fuente que se utilizará como abastecedora del agua, es la del pozo de la EANOR. Los datos obtenidos del aforo por el método volumétrico del pozo son los que se presentan en el cuadro 6:

CUADRO 6. AFORO REALIZADO EN EL POZO EANOR, A DIFERENTES PRESIONES (PSI)

LUGAR	CAUDAL (Lps)	PRESION	
		PSI(LB/PUL ²)	Mts
POZO, EANOR	11.13	0	0
	9.30	10	6.80
	6.62	20	13.60
	4.02	30	20.41

El aforo del pozo se realizó durante un tiempo de 10 hrs, obteniéndose un caudal de 11.13 Lps, este caudal debe ser suficiente para cubrir toda el área de riego. Además de este caudal, se utilizará como fuente alterna el agua del canal de riego de La Fragua, el cual posee un caudal de 16 Lps, pero este último solo está disponible 2 días a la semana (

martes y jueves) por tal razón se utilizara el agua del pozo EANOR como fuente abastecedora principal.

4.1.5.2. Calidad de Agua

LOS DATOS OBTENIDOS SOBRE LA CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO SE PRESENTAN EN LOS CUADROS 7 Y 8:

CUADRO 7. Análisis de agua proveniente del Pozo de la EANOR

PARAMETRO		NIVEL		
PH	7.2			
C.E	931 Us/cm	AGUA ALTAMENTE SALINA		
R.A.S.	1.78	NORMAL		
DUREZA	376 PPM CaCO_3	DURA		
ALCALINIDAD TOTAL	121.7 PPM CaCO_3	ADECUADO		
ELEMENTO		PPM	RANGO NORMAL	NIVEL
NITROGENO	N- NO_3	18.5	0.0 ---- 21.0	NORMAL
FOSFORO	P	2.5	0.0 ---- 5.0	NORMAL
POTASIO	K	5.9	0.0 ---- 70.0	NORMAL
CALCIO	CA	124.0	0.0 ---- 121.0	ALTO
MAGNESIO	MG	16.2	0.0 ---- 25.0	NORMAL
BORO	B	<0.1	0.0 ---- 0.5	NORMAL
COBRE	CU	<0.1	0.0 ---- 0.2	NORMAL
HIERRO	FE	<0.1	0.0 ---- 0.2	NORMAL
MANGANESO	MN	<0.1	0.0 ---- 0.2	NORMAL
ZINC	ZN	<0.1	0.0 ---- 0.5	NORMAL
SODIO	NA	79.4	0.0 ---- 60.0	ALTO
CARBONATOS	CO_3	<5.0	0.0 ---- 5.0	NORMAL
BICARBONATOS	HCO_3	129.0	0.0 ---- 183.0	NORMAL

El agua del pozo tiene un pH ligeramente alto, el cual podría alcalinizar el suelo. En cuanto a la conductividad eléctrica (C.E) esta agua necesita practicas especiales de control de la salinidad y en base a la Relación de Adsorción de Sodio (RAS) puede usarse en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de ser alcanzados hasta niveles de sodio intercambiables.

CUADRO 8. Análisis de agua proveniente del canal de riego LA FRAGUA

PARAMETRO		NIVEL		
PH	7.5			
C.E	308 US/CM	AGUA DE SALINIDAD MEDIA		
R.A.S.	0.45	NORMAL		
DUREZA	120.2 PPM CaCO_3	ADECUADA		
ALCALINIDAD TOTAL	203.0 PPM CaCO_3	ALTO		
ELEMENTO		PPM	RANGO NORMAL	NIVEL
NITROGENO	N- NO_3	1.2	0.0 ---- 21.0	NORMAL
FOSFORO	P	0.1	0.0 ---- 5.0	NORMAL
POTASIO	K	2.8	0.0 ---- 70.0	NORMAL
CALCIO	CA	36.3	0.0 ---- 121.0	NORMAL
MAGNESIO	MG	7.2	0.0 ---- 25.0	NORMAL
BORO	B	<0.1	0.0 ---- 0.5	NORMAL
COBRE	CU	<0.1	0.0 ---- 0.2	NORMAL
HIERRO	FE	0.9	0.0 ---- 0.2	EXCESIVO
MANGANESO	MN	<0.1	0.0 ---- 0.2	NORMAL
ZINC	ZN	0.1	0.0 ---- 0.5	NORMAL
SODIO	NA	11.3	0.0 ---- 60.0	NORMAL
CARBONATOS	CO_3	<5.0	0.0 ---- 5.0	NORMAL
BICARBONATOS	HCO_3	215.1	0.0 ---- 183.0	ALTO

El agua del canal de riego, tiene similitud con la del pozo, y posee las características siguientes: fósforo alto y el cual podría alcalinizar el suelo, una conductividad eléctrica

(C.E) que indica que esta agua puede usarse siempre y cuando haya un grado moderado de lavado y Relación de Adsorción de Sodio (RAS) que significa que puede usarse para el riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de ser alcanzados hasta niveles de sodio intercambiable.

4.1.6. Determinación del consumo de agua o demandas evatranspirativas

La cantidad de agua necesaria para la zona d diseño se determinó para los cultivos citados, debido a que esto, son los cultivos que con mayor frecuencia se producen en la EANOR. Las demandas evapotranspirativas de los cultivos anuales se determinaron para diferentes meses, con la finalidad de que coincidieran con las fechas de inicio de clases de cada cuatrimestre y así los alumnos desarrollen en forma práctica los conocimientos adquiridos en la teoría. En el cuadro 9 se muestra la evapotranspiración determinada por el método de Blaney-Criddle modificado.

CUADRO 9. DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN PARA LOS 12 MESES DEL AÑO.

MES	TEMP. MEDIA °C	P DIARIO	F	N/N		HR %	VIENTO		ETO MM/DIA
				VALOR	RANGO		VALOR	RANGO	
ENERO	24.93	0.260	5.09	0.62	MEDIA	ALTA	1.28	DÉBIL	3.75
FEBRERO	26.29	0.262	5.30	0.71	MEDIA	ALTA	1.50	DÉBIL	3.95
MARZO	27.55	0.270	5.62	0.76	MEDIA	ALTA	1.56	DÉBIL	4.05
ABRIL	29.88	0.280	6.12	0.67	MEDIA	ALTA	1.62	DÉBIL	4.75
MAYO	30.02	0.288	6.32	0.62	MEDIA	ALTA	1.38	DÉBIL	4.85
JUNIO	29.26	0.290	6.26	0.57	BAJA	ALTA	0.88	DÉBIL	3.80
JULIO	28.00	0.290	6.09	0.61	MEDIA	ALTA	1.03	DÉBIL	4.44
AGOSTO	28.04	0.280	5.89	0.61	MEDIA	ALTA	0.99	DÉBIL	4.38
SEPTIEMBRE	28.10	0.280	5.89	0.56	BAJA	ALTA	0.66	DÉBIL	3.51
OCTUBRE	27.33	0.270	5.59	0.56	BAJA	ALTA	0.71	DÉBIL	3.11
NOVIEMBRE	25.59	0.260	5.17	0.56	BAJA	ALTA	0.91	DÉBIL	2.77
DICIEMBRE	24.97	0.242	4.75	0.55	BAJA	ALTA	1.11	DÉBIL	2.22

T°C: TEMPERATURA MEDIA DIARIA, OBTENIDA DE $(T^{\circ}\text{C MÁXIMA} + T^{\circ}\text{C MÍNIMA})/2$

P DIARIO: TANTO POR UNO (P) DE HORAS DIURNAS DEL MES RESPECTO A LAS TOTALES.

F: FACTORES MENSUALES DE USO CONSUNTIVO (MM/ DÍA)

N/N: RELACIÓN ENTRE LAS HORAS REALES Y LAS MÁXIMAS POSIBLES DE INSOLACIÓN.

HR: HUMEDAD RELATIVA EN %

ETo: EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO DE REFERENCIA EN MM/DÍA

Este método de Blaney- Criddle modificado, además de utilizar el factor original de uso consuntivo (f), también toma en cuenta datos sobre la humedad relativa, la insolación y el viento, teniendo así una mejor predicción de los efectos del clima sobre la evapotranspiración. La ETo en mm/día, se determinó interpolando en la FIGURA 3^a, los datos de f (mm7dıa), relación n/N, % HR y velocidad del viento. La terminología utilizada para describir los niveles generales de humedad, insolación y viento se indican en la nomenclatura climatologica, tomando como base los datos de Eto obtenidos con anterioridad y aplicando el coeficiente de cultivo (Kc), se determinaron los valores de etp para cada cultivo.

Kc: coeficiente que depende del cultivo (ciclo vegetativo)

ETc: evapotranspiración del cultivo en mm/día

Los Kc utilizados para cada cultivo, fueron tomados de acuerdo al estado del desarrollo de cada uno. Para el caso del tomate se consideraron dos siembras en el año en los meses de diciembre y julio, para el maíz febrero y agosto, y para las cucurbitáceas con siembras en el mes de enero, mayo y septiembre.

Según el método Blaney- Criddle modificado, las demandas más altas de agua para los Cultivos frutales corresponden al mes de mayo, y son de 4.85 mm/día. Para los cultivos anuales el maíz, es el que presenta una mayor demanda de agua, igual a 4.99 mm/día para el mes de abril. Por tal razón, son estos valores los que se tomarán para el diseño del sistema de riego por goteo.

4.1.7. Porcentaje de suelo humedecido (P ó PAR)

Para determinar el porcentaje de suelo humedecido se utilizó la tabla 3A de Karmeli y Sélter para los cultivos frutales y maíz. Se consideraron varias alternativas para cada cultivo, utilizando caudales de 2 y 4 lt/hr. Los porcentajes entre el 33 y 50% en suelos de textura media o arcillosa. Por tal razón del cuadro 11 que se presenta a continuación, se tomarán las alternativas que se encuentran dentro de este rango y que utilicen el menor caudal y el menor número de goteros por árbol. Todas las alternativas seleccionadas tienen goteros de múltiples salidas o cola de cerdo con descargas de 4 lt/hr, que son fáciles de encontrar en el mercado. Estas alternativas difieren por cada cultivo en lo siguiente:

Limón: alternativa 4, utilizando 7 goteros y un caudal por árbol de 28 lt/hr, con un valor de P del 40.63%.

Mandarina: alternativa 7, utilizando 5 goteros y un caudal por árbol de 20 lt/hr, con un valor de p del 39.0%.

Mango: alternativa 12, utilizando 12 goteros y un caudal por árbol de 48 lt/hr con un valor de p del 36.556%.

Los valores de fósforo obtenidos para cada cultivo son aceptables, debido a que se encuentran dentro del rango de 33 y 50% acumulado. La distancia entre los puntos de emisión será de 1.30 m por cada cultivo.

Para el caso del maíz que se considera un cultivo en líneas, es necesario crear una franja de mojado, por tal motivo el espaciamiento entre goteros se toma de la tabla 3A de Karmelly y Keller. Los datos obtenidos se representan a continuación:

B.1 descarga de los goteros: 1.5 lt/hr

B.2 Se considero un suelo de textura mediana (M)

B.3 El espaciamiento entre goteros obtenidos en la tabla es de 0.50 mts.

B.4 El espaciamiento entre laterales es de 1 mt

B.5 Además el porcentaje de suelo humedecido es del 70%, este dato es importante para determinar la lamina de agua a aplicar.

Este porcentaje de suelo humedecido de 70% se encuentra dentro de los rangos recomendados para los sistemas de riego por goteo que es del 30-70%, por lo tanto es aceptable.

4.1.8. Lámina de agua disponible (LHA)

La lamina de agua disponible para los cultivos de diseño, son los siguientes:

A.	maíz	9.75 cms
B.	limón	5.91 cms
C.	mandarina	9.30 cms
D.	mango	9.19 cms

Para este calculo se consideraron dos estratos de 0-30 cms y de 30-60 cms para todos los cultivos de diseño, obteniendo para maíz: 5.15 y 4.16 cms. Sumando los dos valores se obtuvieron las laminas totales de agua disponible en el suelo.

4.1.9. Lámina de riego (Idx)

Los datos obtenidos de la lámina de riego se presentan a continuación:

- A. Maíz: 13.65 mm
- B. Limón: 04.80 mm
- C. Mandarina: 07.25 mm
- D. Mango: 06.72 mm

Para este sistema de riego, además de incluir la LHA, también se utilizó el porcentaje de suelo humedecido y el descenso que se permite en el % de humedad del terreno para que no se resienta la planta (Déficit Permitido de Manejo –DPM-) para determinar la Idx. Para todos los cultivos de diseño se consideró un DPM del 20%, debido que en este sistema se pretende que los riegos más frecuentes y con láminas de agua pequeñas.

4.1.10. Intervalo entre riegos (li)

Los intervalos obtenidos para los cultivos de diseño son:

- A. Maíz: 2 días
- B. Limón: 1 día
- C. Mandarina: 1 día
- D. Mango: 1 día

Los li se determinaron utilizando la Idx y las tasas de evapotranspiración máximas de cada cultivo. Estos intervalos deben de ser bien manejados cuando este operando el sistema para no alterar el porcentaje de suelo humedecido, el DPM y la profundidad radicular de diseño considera anteriormente. Estos intervalos son aceptables debido a que en riego por goteo lo ideal es tener un riego continuo.

4.1.11. Lámina neta de agua (Idn)

Los resultados que se obtuvieron respecto a la lamina neta de agua son los siguientes:

- A. Maíz: 10.00 mm
- B. Limón: 04.85 mm
- C. Mandarina: 04.85 mm
- D. Mango: 04.85 mm

Las Idn se calcularon utilizando los intervalos de riego y las tasas de evapotranspiración máximas. Estas laminas netas de agua sirven de base para determinar la lamina de agua a aplicar en cada riego.

4.1.12. Lámina de agua a aplicar (Id)

La lamina de agua a aplicar para los cultivos de diseño, son las que a continuación se presentan:

- A. Maíz: 12.08 mm
- B. Limón: 05.86 mm
- C. Mandarina: 05.86 mm
- D. Mango: 05.86 mm

Para la determinación de las láminas de agua a aplicar, influyen la eficiencia del sistema y la uniformidad de la emisión de los goteros. Para este diseño se tomo una eficiencia del 90% y Uniformidad del 92%, obteniéndose los datos anteriores para cada cultivo.

4.1.13. Duración del riego (It)

La duración de riego para cada uno de los cultivos de diseño es la siguiente:

- A. Maíz: 04.03 hrs
- B. Limón: 07.02 hrs
- C. Mandarina: 07.32 hrs
- D. Mango: 07.81 hrs

Los tiempos de riego obtenidos para cada cultivo difieren para cada uno de ellos, debido a que estos dependen de las necesidades de agua del cultivo, del caudal del gotero y la lamina de riego a aplicar. Estos tiempos de riego al igual que los intervalos de riego son con fines de diseño, por tal razón pueden ser manejados o ajustados a la operación mas adecuada del sistema.

4.1.14. Unidades de operación

Las unidades de operación obtenidas para cada área de riego son:

- A. Maíz: 6
- B. Limón: 1
- C. Mandarina: 1
- D. Mango: 1

En los sistemas de riego por goteo, se debe tratar de emplearse el máximo tiempo posible en regar (24 horas), pero en nuestro caso que solo contamos con 12 horas del horario de riego disponible y el área regar es pequeña, las unidades de operación se determinaron en base a las 12 horas, obteniéndose los resultados arriba citados para cada cultivo.

4.1.15. Capacidad del sistema (Qs)

La cantidad de agua a utilizar por cada unidad operacional, determina la capacidad del sistema, obteniéndose los datos siguientes:

- A. Maíz: 3.93 lps
- B. Limón: 1.76 lps
- C. Mandarina: 1.73 lps
- D. Mango: 1.76 lps

Los Qs obtenidos para el diseño, están en función del área de cada cultivo (Ha), de la lamina de agua a aplicar (id), del máximo número de unidades operacionales (N) y del tiempo de riego en horas. El Qs total del sistema es de 9.18 Lps.

4.2. Diseño Hidráulico

El dimensionamiento de las tuberías, se hizo siguiendo el recorrido inverso del agua; es decir, empezando por los ramales o laterales de goteo más alejados, siguiendo con las tuberías terciaria o manifold, secundarias, principales y terminando en el cabezal.

4.2.1. Líneas porta goteros (LATERALES)

El diseño del lateral consistió fundamentalmente en la determinación de la longitud, diámetro, caudal y número de emisores o goteros que poseerá el mismo. Para determinar lo mencionado se desarrollaron los pasos siguientes:

4.2.2. Pérdidas de carga permisibles

Las pérdidas de carga se repartieron, 80% en el lateral y el 20% en el manifold, logrando de esta manera el costo mínimo de la instalación. Las pérdidas de carga permisible se calcularon de la siguiente manera:

$$\Delta H_L = (0.80) (\Delta H)$$

$$\Delta H_M = (0.20) (\Delta H)$$

DONDE:

$$\Delta H_L = \text{PERDIDA DE CARGA PERMISIBLE EN EL LATERAL (M)}$$

$$\Delta H_M = \text{PERDIDA DE CARGA PERMISIBLE EN EL MANIFOLD (M)}$$

ΔH = DEPENDE DE LA CARGA CON QUE OPERAN LOS SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO Y LA DIFERENCIA DE CARGA MÁXIMA ENTRE LOS GOTEROS (M)

Como los sistemas de riego por goteo operan con cargas de 8, 10, 14 y 18 mts y las diferencias de carga entre los goteros primero y último no excedan de 10-15%, para este

diseño se tomo la operación con una carga de 10 mt, y la diferencia de carga máxima entre los goteros del 15 %, obteniendo así las perdidas de carga permisibles en la unidad (18).

$$\blacktriangle H = (0.15) (1.50 \text{ M}) = 1.20 \text{ M}$$

$$\blacktriangle H = 1.50 \text{ M}$$

AL REPETIR ESTA PERDIDA DE CARGA PERMISIBLE ENTRE LAS LINEAS PORTAGOTEROS (LATERALES) Y EL

MANIFOLD SE OBTIENEN LOS DATOS SIGUIENTES:

$$\blacktriangle H_L = (0.80) (1.50 \text{ M}) = 1.20 \text{ M}$$

$$\blacktriangle H_M = (0.45) (1.50 \text{ M}) = 0.30 \text{ M}$$

4.2.3. Longitud lateral

La longitud de laterales para cada uno de los cultivos de diseño, se determino en base al Plano topográfico general, obteniendo los resultados siguientes:

- A. MAÍZ: 075.00 MT
- B. LIMÓN: 102.50 MT
- C. MANDARINA: 65.00 MT
- D. MANGO: 55.00 MT

Se comprobó con estas longitudes para ver si las perdidas de carga obtenidas se encuentran dentro de los limites permisibles al hacer los cálculos para el diámetro del lateral. La colocación de los laterales para este diseño se hizo a favor de la pendiente, debido a que esta colocación nos evita problemas de anegación de los terrenos para los días cuando la lluvia es intensa. Esta colocación es aceptable, debido a que la pendiente de los ramales no debe ser superior al 2% y en este caso los ramales tienen una pendiente de 1.83%.

4.2.4. Pérdidas de carga en el lateral

Las pérdidas de carga obtenidas en los laterales para los diferentes cultivos de diseño son las siguientes:

- A. MAÍZ: 1.60 M / 100 M
- B. LIMÓN: 1.17 M / 100 M
- C. MANDARINA: 1.85 M / 100 M
- D. MANGO: 2.18 M / 100 M

Estas pérdidas obtenidas para los laterales de cada cultivo, son de gran utilidad para el diseño del diámetro del lateral, además sirven de comparador para ver si se encuentran dentro de los límites de carga permisibles.

4.2.5. Número de goteros (Ne)

El número de goteros obtenidos por lateral para cada cultivo de diseño, se presenta a continuación:

- A. MAÍZ: 150
- B. LIMÓN: 12
- C. MANDARINA: 13
- D. MANGO: 6

Para el caso de frutales, el número de goteros depende de la longitud del lateral y el número de plantas por lateral. Mientras que para el cultivo del maíz, depende de la longitud del lateral y el espaciamiento entre los goteros en este.

4.2.6. Caudal en el lateral

Los caudales obtenidos por cada lateral, son los siguientes:

- A. MAÍZ: 0.063 LPS
- B. LIMÓN: 0.093 LPS
- C. MANDARINA: 0.072 LPS

D. MANGO: 0.080 LPS

Estos datos se obtuvieron de multiplicar el caudal de cada gotero por el número de estos.

4.2.7. Diámetro del lateral

Los diámetros obtenidos para cada lateral son los siguientes:

- A. MAÍZ: 16 MM
- B. LIMÓN: 20 MM
- C. MANDARINA: 20 MM
- D. MANGO: 20 MM

Para facilitar los cálculos y de incluir el mayor número de variables que influyen en el diseño de los ramales de goteo, se utilizó un monograma que permite rápidamente encontrar el diámetro del lateral. Las variables utilizadas son: número de goteros, distancia en cada gotero sobre el lateral, descarga en los goteros, longitud del lateral, descarga en el lateral, pérdida de carga en el lateral, gradiente de la pérdida de carga.

Los resultados obtenidos, pertenecen a mangueras de 16mm para maíz y 20 mm para los frutales, estas son de polietileno que soportan 4 atmósferas de presión. Las pérdidas de carga obtenidas con estos diámetros son menores que las permisibles (1.20 m), por lo tanto se acepta el diseño. Las pérdidas de carga para maíz, limón y mango son de 0.50 mts y para mandarina de 0.40 mts.

4.2.8. Diseño del Manifold (tubería de múltiple salida)

El manifold en este caso se colocara en forma perpendicular a la pendiente del terreno, además, debe estar conectado a la tubería sub-principal, esta conexión debe hacerse al centro del manifold para dividir el caudal de la mejor manera posible, logrando de esta manera que las pérdidas de carga sean de la misma magnitud en ambos lados del mismo. La tubería utilizada para el manifold debe ser PVC, y debe estar enterrada para que no

obstaculice las labores de los cultivos. Para el diseño del manifold se desarrollaron los siguientes pasos:

4.2.9. Caudal del manifold

Los caudales para los manifold de los cultivos de diseño obtenidos son los siguientes:

- A. MAÍZ: 3.78 LPS
- B. LIMÓN: 1.30 LPS
- C. MANDARINA: 1.58 LPS
- D. MANGO: 1.20 LPS

En el caudal del manifold influyen el numero de laterales y el caudal de cada lateral.

4.2.10. Longitud del manifold

Las longitudes obtenidas de los manifold son las que se presentan a continuación:

- A. MAÍZ: 59.00 MTS
- B. LIMÓN: 54.50 MTS
- C. MANDARINA: 105.00 MTS
- D. MANGO: 11.20 MTS

La longitud del manifold depende del numero de laterales y la separación entre ellos, y del tamaño que posea la unidad de operación.

4.2.11. Pérdidas de carga en el manifold (J)

Las perdidas de carga obtenidas para cada uno de los manifold, son las siguientes:

- A. MAÍZ: 1.44 M/ 100 M
- B. LIMÓN: 1.44 M/ 100 M
- C. MANDARINA: 0.78 M/ 100 M
- D. MANGO: 0.71 M/ 100 M

Estas pérdidas de carga están influenciadas por las pérdidas de carga permisibles, la longitud del manifold y por un coeficiente (F) que depende del número de salidas o laterales a lo largo de este.

4.2.12. Diámetro del manifold

Los diámetros obtenidos para cada uno de los manifold, se presentan a continuación:

- A. MAÍZ: 75 MM (2.95 “)
- B. LIMÓN: 50 MM (2.00 “)
- C. MANDARINA: 63 MM (2 ½ “)
- D. MANGO: 63 MM (2 ½ “)

Se obtuvieron los diámetros para cada manifold, el mayor corresponde a Maíz. La presión de trabajo que soporta la tubería es de 6 atmósferas para los dos diámetros obtenidos. Esta grafica relaciona el caudal del manifold y las perdidas de carga del mismo.

4.2.13. Coeficiente de uniformidad (Ues)

La uniformidad del sistema se determino en base a la sub-unidad de riego más crítica, en este caso pertenece a la del cultivo del maíz, además, se consideró a las demás sub-unidades por igual. El dato obtenido es el siguiente:

- A. Maíz: 90%

Este 90% obtenido de la Ues, se considera aceptable, ya que la diferencia de esta con la UEs considerada (92%) en el inciso 7.1.4.9, no excede el 2% (18).

4.2.14. Diseño de tubería sub-principal y principal

En el cuadro 10 se presentan los resultados obtenidos en el diseño de la tubería sub-principal y principal, en el cual se incluyen los diferentes diámetros a utilizar y sus respectivas pérdidas por fricción.

Las pérdidas por fricción se calcularon con la ecuación de Hazen-Williams (19):

$$HF: 1.131 \times 10^9 (Q/C)^{1852} (D)^{-4872} (L)$$

DONDE:

HF: PERDIDAS POR FRICCIÓN EN MTS

Q: CAUDAL EN M³/HR

C: COEFICIENTE DE FRICCIÓN (PVC:150, HIERRO GALVANIZADO Y ALUMINIO:130)

D: DIÁMETRO INTERNO EN MM

L: LONGITUD DE LA TUBERÍA EN MTS

CUADRO 10. Diámetro de tubería sub-principal y sus perdidas por fricción para los diferentes cultivos de diseño.

CULTIVO	CAUDAL		LONG. (MTS)	DIAMETRO		VELOC. M / s	PERDIDAS DE CARGAFRICCION
	LPS	M ³ /HR		INTERNO	EXTERNO		
MAIZ	3.78	13.61	95	84.6	3	0.67	0.51
MANGO	1.20	4.32	80	69.5	2 ½	0.32	0.13
MANDARINA	1.58	5.69	75	69.5	2 ½	0.42	0.21
LIMON	1.30	4.68	25	57.4	2	0.50	0.12

Para las perdidas por fricción de la tubería sub-principal, se considero como unidad critica la del cultivo de maíz. Toda la sub-principal tiene una perdida por fricción total de 0.51 mts. Se considero unidad critica debido a que es la que mayores perdidas por fricción tiene desde la fuente de agua hasta el área de riego respecto a las de los otros cultivos de diseño. Los diámetros internos y externos se tomaron de una tabla de PVC y CPVC de una empresa comercial.

El calculo de las perdidas por fricción de la tubería principal se realizo para dos secciones, la primera que conducirá 7.86 Lps y la segunda 6.56 Lps, para las longitudes de 15 y 262.50 mts respectivamente. Las perdidas por fricción totales en la tubería principal son 1.25 mts.

4.2.15. Diseño del cabezal

A las pérdidas de carga producidas en las tuberías hay que añadir las pérdidas en que incurren los componentes del cabezal. Estas pérdidas se presentan en el cuadro 11.

CUADRO 11. Pérdidas de carga en los componentes del cabezal y equipo de inyección.

APARATO	PERDIDAS DE CARGA EN MTS	PERDIDAS DE CARGA EN LB/PULG
-FILTRO DE ARENA	5	7.10
-FILTRO DE ANILLOS	4	5.68
-INYECTOR VENTURA	5	7.10

Los filtros a utilizar deben tener capacidad para filtrar 9.18 Lps.

El inyector ventura se utilizará para la fertilización de los cultivos de diseño en cada sub-unidad de riego. No se consideró un sistema de fertilización en el cabezal debido a que se setarán regando varios cultivos en el mismo momento, por tal razón la fertilización se hará específica en cada sub-unidad de riego utilizando un inyector tipo ventura, que es el equipo de fertilización más simple y de bajo costo.

4.2.16. Carga requerida

Dimensionada toda la instalación, es importante establecer la presión que se requiere para el funcionamiento del sistema para que posteriormente se pueda definir el grupo de impulsión. Para ello, es necesario, computar todas las pérdidas de carga que se producen desde la toma de agua hasta su entrega al terreno y sumárselas a la presión de trabajo que requiere la unidad crítica para su normal funcionamiento. A continuación se presentan todas las pérdidas de carga obtenidas en el diseño del sistema:

- A. presión de trabajo en la unidad crítica..... 10.0 mt

B.	perdida de carga en tubería sub-principal.....	0.51 mt
C.	perdida de carga en tubería principal.....	1.25 mt
D.	perdida de carga en accesorios, 20% de todas Las anteriores.....	2.29 mt
E.	perdida de carga en filtro de arena.....	5.00 mt
F.	perdida de carga en filtro de anillos.....	4.00 mt
G.	perdida de carga en inyector venturi.....	5.00 mt
H.	otro tipo de perdidas (5% de las anteriores).....	1.39 mt
	PERDIDA DE CARGA TOTAL (HT)...	29.44 MT

4.2.17. Requerimiento de bomba

La capacidad de la bomba se determinó de acuerdo al requerimiento del sistema, obteniéndose el resultado siguiente:

$$Hp = \frac{(9.18 \text{ lps}) (29.44 \text{ Ht})}{(0.76) (65)} = 5.47 \text{ Hp} = 6 \text{ Hp}$$

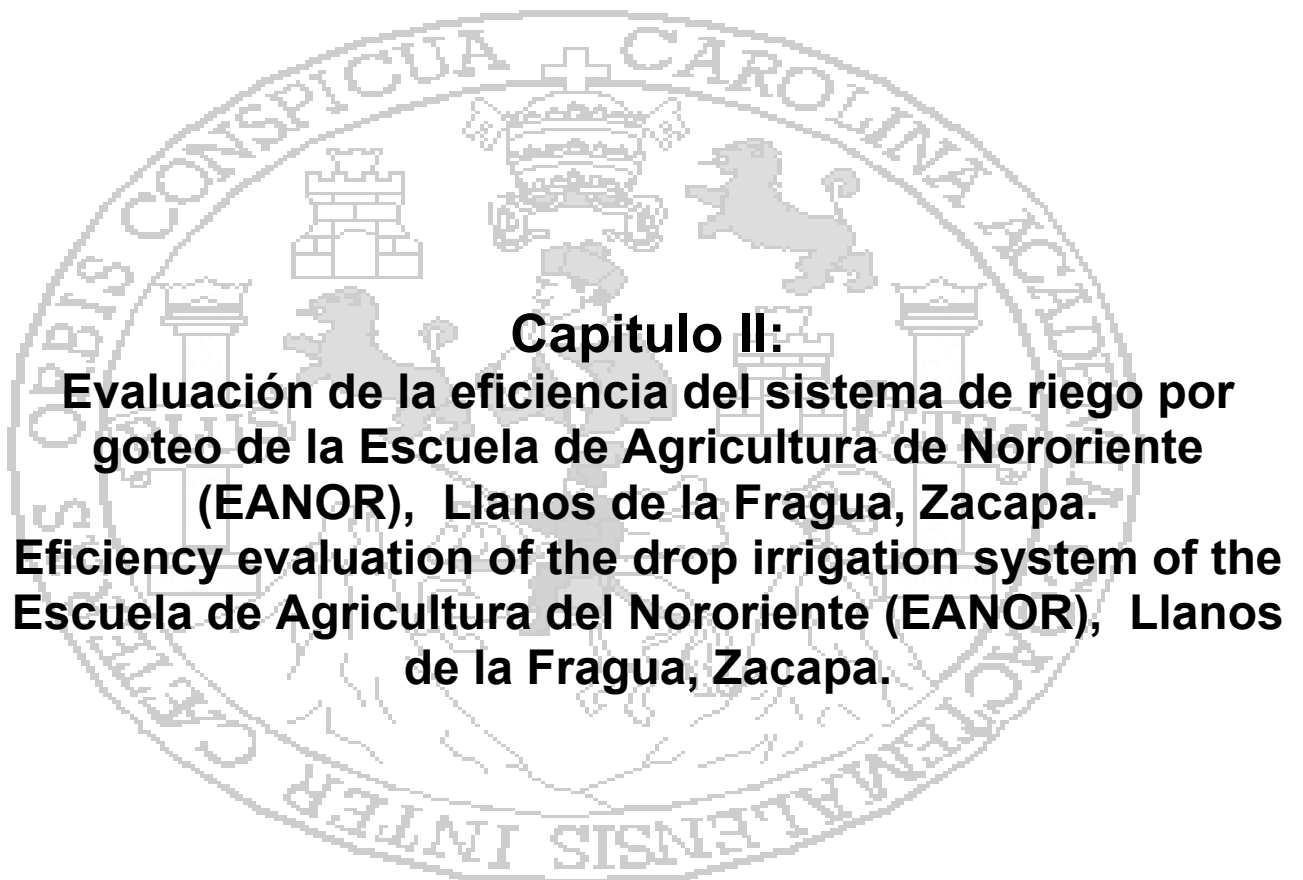
El equipo de impulsión debe tener 6 caballos de fuerza para llevar el agua a cada sub-unidad de operación.

V. Conclusiones

- 5.1 Los principales componentes del sistema de riego por goteo de la EANOR son: cabezal del sistema de riego, emisores, tuberías.
- 5.2 El área neta de riego es de 5.21 ha con un porcentaje de pendiente menor al dos por ciento.
- 5.3 Las necesidades de agua para el cultivo de maíz de cinco milímetros por día, y para frutales de cuatro punto ochenta y cinco milímetros por día, con una velocidad de infiltración de cero punto sesenta centímetros por hora con un suelo franco arcilloso.
- 5.4 Se utilizan diez mangueras de dieciséis milímetros con goteros de uno punto cinco litros por hora para el cultivo de maíz y mangueras de veinte milímetros con goteros de cuatro litros por hora para frutales.
- 5.5 Las tuberías de conducción deben de ser PVC con sus respectivos diámetros, además se encuentra una bomba de siete punto cinco Hp para vencer una carga de veinticinco metros.

Bibliografía

1. Castañon, G. 2000. Ingeniería del riego: utilización racional del agua. Madrid, España, Thomson Learning. 198 p.
2. Fuentes Yagüe, J. 1998. Técnicas de riego. Madrid, España, IRYDA. 351 p.
3. García Zeceña, E. 1998. Diagnóstico general del centro de producción del ICTA, finca el Oasis, Estancuela, Zacapa. Diagnóstico General. Chiquimula, USAC, CUNORI. 64 p.
4. González Salan, MR. 1980. Diagrama de porosidad de 7 series de suelos del valle de la Fragua, Zacapa. Tesis de Ing. Agr. Guatemala. USAC. 63 p.
5. Holdridge, LR. 1979. Ecología basada en las zonas de vida. Costa Rica, IICA. 107 p. (Material Educativo no.34)
6. IGM (Instituto Geográfico Militar, GT).1987. Mapa topográfico republica de Guatemala; hoja cartográfica Zacapa no. 2250-I, Serie E. 754. Guatemala. Esc. 1:50000. Color.
7. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, GT) Observatorio Climatológico Nacional. 2000. Datos climatológicos del valle de la Fragua, Zacapa; estación tipo "A", clave 78649, Estancuela, Zacapa. Guatemala. s.p.
8. Medina San Juan, J. 1979. Riego por goteo: teoría y práctica. Madrid, España, Mundi-Prensa. 201 p.
9. Miranda, EA. 2004. Estudio y diseño de un sistema de riego por goteo para la Escuela de Agricultura de Nororiente (EANOR), llanos de La Fragua, Zacapa. Tesis de Ing. Agr. Guatemala. USAC. 87 p.
10. Pacheco, J; Rodríguez, N; Camejo, E.1995. Riego y drenaje.. Habana, Cuba, Pueblo y Educación. 414 p.
11. Sagastume García, D. 2001. Diagnóstico general de la EANOR, llanos de La Fragua, Zacapa. Diagnóstico EPSA. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 45 p.
12. Sandoval Illescas, J. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala, USAC. Facultad de Agronomía. 72 p.
13. Simmons, C; Tarano, JM; Pinto, JH. 1954. Reconocimiento de los suelos de los llanos de La Fragua, Zacapa. Guatemala. Instituto Agropecuario Nacional.110 p.
14. Valverde, J. 1988. Riego y drenaje. San José, Costa Rica. EUNED. 223 p.



Capitulo II:

Evaluación de la eficiencia del sistema de riego por goteo de la Escuela de Agricultura de Nororient (EANOR), Llanos de la Fragua, Zacapa.

Efficiency evaluation of the drop irrigation system of the Escuela de Agricultura del Nororient (EANOR), Llanos de la Fragua, Zacapa.

IX. Introducción

La Escuela de Agricultura de Nororienté (EANOR), cuenta con dos 2 fincas, en la primera se encuentra instalada la parte del Casco Central de la escuela, así como el área destinada para la producción agrícola, teniendo una extensión de 16 Has. Limita al norte con la carretera de tercería que conduce desde Zacapa, hacia el municipio de Cabañas. En la parte sur limita con una vereda o pequeño camino de terracería que conduce a la aldea San Jorge; al este con la planta empacadora de la melonera denominada PROTISA, finalmente al oeste limita con la finca del señor Benjamín Paíz.

La segunda finca la constituye la parte destinada a la producción pecuaria, tiene una extensión de 22.7 Has. Los límites de esta finca son: Al norte limita con la línea férrea que va de Puerto Barrios a Guatemala, al sur con la carretera de terracería que conduce hacia el municipio de Estanzuela, al este con la planta empacadora de la melonera denominada PROTISA, y finalmente al oeste con la finca del señor Mario Pineda.

La agricultura es una de las actividades productivas que más agua consume en el mundo, además de que este recurso es considerado como el más importante, ya que sin el mismo es imposible que un cultivo pueda completar su ciclo de vida.

En el estudio se evaluó la eficiencia del sistema de riego por goteo que se encuentra ubicado en la finca agrícola de la Escuela de Agricultura de Nororienté que es accionado por bombeo. También se evaluó el grado de aplicación que tiene el sistema de riego, el funcionamiento de las tuberías y de los emisores, en donde además se evaluó la uniformidad de distribución y el coeficiente de uniformidad del sistema. En el presente estudio para el sistema de riego por goteo, se evaluó hidráulicamente como esta funcionando el sistema, bajo las condiciones actuales de operación tomando en cuenta para esto los requerimientos de potencia que tiene la bomba.

X. MARCO TEORICO

10.1. Marco conceptual

2.1.1. Importancia del riego

La actividad del riego ha estado asociada a un objeto fundamental: la sobre vivencia del ser humano mediante la producción de productos para su consumo y ha sido en la mayoría responsable del crecimiento de las civilizaciones o de la caída de las mismas (11).

El riego agrícola se ha desarrollado mas intensamente en las regiones áridas del mundo, en las cuales la precipitación pluvial es tan escasa que ningún cultivo puede producirse si no se tiene riego. Cuando el riego se ha implementado en estas regiones, la agricultura que se ha desarrollado es altamente productiva ya que el agua puede aplicarse al cultivo en el momento y cantidad que este lo requiere y no como sucede en otros casos. La agricultura bajo riego también permite hacer un mejor uso de otras técnicas como la fertilización, mayores densidades de plantas, uso de variedades mas productivas, menos uso de materiales para el control de enfermedades y también la inversión hecha en un campo para cultivo esta mas asegurada que con una agricultura de época lluviosa como sucede en muchas de las regiones de Guatemala (10).

2.1.2. El riego por goteo

El riego por goteo es un riego localizado. Se denomina riego localizado a la técnica de riego, mediante la cual solamente se humedece aquella parte del suelo donde se encuentran ubicadas la mayoría de las raíces (8). Existen dentro del riego localizado varios sistemas, siendo los principales el riego por goteo, riego por tuberías o cintas perforadas y micro aspersión (12).

El riego por goteo consiste en distribuir el agua puntualmente a través de los emisores que la depositan gota a gota sobre el terreno, llamados goteros. Su pequeño caudal y la poca superficie de mojada por cada uno de ellos hace que su número sea elevado, especialmente en la horticultura y que necesite mayor cantidad de tuberías, en las que van a ir insertados los goteros (12).

Consiste en aplicar el agua a una zona más o menos restringida del volumen de suelo que habitualmente ocupan las raíces. Sus características principales son (13):

- 2.1.2.1. No se moja en su totalidad el suelo.
- 2.1.2.2. Se utilizan pequeños caudales a baja presión.
- 2.1.2.3. El agua se aplica con alta frecuencia.

La característica más importante es que se aplica el agua mediante dispositivos que la echan gota a gota mediante un flujo continuo, con un caudal inferior a 16 litros/hora por punto de emisión o por metro lineal de manguera de goteo (13).

2.1.3. Componentes del sistema de riego por Goteo

El sistema de riego por goteo se conforma por distintas partes que hacen que el sistema funcione con normalidad para abastecer de agua al área donde se utilizara. Las partes en que se divide el sistema es:

- 2.1.3.1 Cabezal
- 2.1.3.2 Equipo de abonado
- 2.1.3.3 Tuberías
- 2.1.3.4 Emisores o goteros

2.1.4. Ventajas y desventajas del riego por goteo

Este tipo de sistema de riego presenta una serie de ventajas e inconvenientes que son necesarias para evaluar.

A. Ventajas

Este sistema presenta una serie de ventajas para poder aprovechar de una mejor forma el recurso agua si es comparado con respecto a otros sistemas, entre las cuales tenemos (13):

- a. Mejor aprovechamiento del agua.
- b. Posibilidad de utilizar agua con un índice de salinidad más alto.
- c. Mayor uniformidad del riego.
- d. Mejor aprovechamiento de los fertilizantes.
- e. Aumento de los rendimientos y calidad de los productos.
- f. Disminución de malezas.
- g. Posibilidad de aplicación de fertilizantes.
- h. Ahorro de mano de obra.

B. Desventajas

- a. Se necesita personal calificado para el manejo del sistema.
- b. Análisis inicial de agua.
- c. Existe riesgo de salinización del bulbo húmedo.
- d. Constante verificación de las partes del sistema para no tener problema de obturaciones de emisores.
- e. Alta inversión al inicio.
- f. Control de las dosis de los diferentes productos que se apliquen.

2.1.5. El bulbo húmedo

Se llama bulbo húmedo al volumen de suelo humedecido por un emisor de riego localizado. El movimiento del agua en el suelo determina la forma y el tamaño del bulbo húmedo, que tiene una gran importancia, ya que en él se desarrolla el sistema radical de las plantas (13).

El agua en el suelo se mueve en todas direcciones, pero en unos casos lo hace con mayor facilidad que en otros, dependiendo de la porosidad del suelo, en los poros grandes el agua circula por su propio peso, desde arriba hacia abajo, mientras que en los poros pequeños el agua circula por capilaridad en todas direcciones (13).

La forma y tamaño del bulbo húmedo dependen de los siguientes factores:

2.1.5.1. Textura del suelo: en suelos arenosos, con una gran cantidad de poros grandes, el agua circula con mayor facilidad hacia abajo, mientras que en los suelos arcillosos el agua se extiende con más facilidad hacia los lados. En consecuencia, en los suelos arenosos el bulbo se alarga y en los suelos arcillosos tiene forma achatada (13).

2.1.5.2. El caudal del emisor: Cuando el agua empieza a salir por un emisor, se forma un pequeño charco, a la vez que el suelo empieza a absorber agua en toda la superficie del mismo, el tamaño del charco dependerá del caudal que sale del emisor: a mayor caudal corresponde una superficie mayor del charco y, por tanto, un bulbo más extendido en sentido horizontal (13).

2.1.5.3. Tiempo de riego: a medida que aumenta el tiempo de riego (suponiendo un caudal constante en el emisor) el tamaño del bulbo aumenta en profundidad, pero apenas aumenta su extensión en sentido horizontal (13).

2.1.6. Calidad de agua para riego

La calidad de agua para riego se determina por la cantidad de elementos minerales que en ella lo constituyen y estos son los que le dan las características que formaran para la aplicación y la conducción de los insumos químicos a aplicar (12).

2.1.7. Evaluación del riego por goteo:

Con el tiempo, el funcionamiento de un sistema de riego es necesario que se evalué si esta cumpliendo con las características y requerimientos con las que fue diseñado para satisfacer las necesidades de los sistemas (12).

“La evaluación del riego permite conocer, o por lo menos estimar con una buena aproximación, los déficits reales existentes para cada tiempo de aplicación, así como las pérdidas por filtración profunda” (12).

La aplicación con la que fue diseñado un sistema en sus orígenes con el paso del tiempo deja de ser la adecuada debido a varios factores y estos vienen a reducir de alguna forma la eficiencia de la aplicación del riego reduciendo así los rendimientos de los cultivos que están haciendo uso del sistema de riego.

Fuentes (3) menciona las siguientes causas que posiblemente hay que tomar en cuenta para evaluar un sistema que tiene problemas en su eficiencia:

Funcionamiento defectuoso del sistema de distribución.

2.1.7.1. Posibles rupturas.

2.1.7.2. Falta de presión.

2.1.7.3. Obturación de emisores.

Según Medina (8) para evaluar un sistema de riego las características que se toman en consideración para ello son:

El funcionamiento del cabezal

El funcionamiento del equipo de abonado

Las tuberías para la distribución

Los emisores

4.2.9. Diseño hidráulico

En lo concerniente al sistema de riego de la EANOR el dimensionamiento de las tuberías, se hizo siguiendo el recorrido inverso del agua; es decir, empezando por los ramales o laterales de goteo más alejados, siguiendo con las tuberías terciaria o manifold,

secundarias, principales y terminando en el cabezal.

2.2.9.1. Líneas portagoteros (laterales)

El diseño del lateral consistió fundamentalmente en la determinación de su longitud, diámetro, caudal y número de emisores o goteros. Para determinar lo mencionado se desarrollaron los pasos siguientes:

2.2.9.2. Pérdidas de carga permisibles

Las pérdidas de carga se repartieron, 80% en el lateral y el 20% en el manifold, logrando de esta manera el costo mínimo de la instalación. Las pérdidas de carga permisible se calcularon de la siguiente manera:

$$\Delta H_L = (0.80) (\Delta H)$$

$$\Delta H_m = (0.20) (\Delta H)$$

Donde:

$$\Delta H_L = \text{pérdida de carga permisible en el lateral (m)}$$

$$\Delta H_m = \text{pérdida de carga permisible en el manifold (m)}$$

ΔH = depende de la carga con que operan los sistemas de riego por goteo y la diferencia de carga máxima entre los goteros (m)

Como los sistemas de riego por goteo operan con cargas de 8, 10, 14 y 18 mts y las diferencias de carga entre los goteros primero y último no deben exceder de 10-15%; para este diseño se tomó la operación con una carga de 10 mt, y la diferencia de carga máxima entre los goteros del 15 %, obteniendo así las pérdidas de carga permisibles en la unidad (18).

$$\Delta H = (0.15) (1.50 \text{ m}) = 1.20 \text{ m}$$

$$\Delta H = 1.50 \text{ m}$$

Al repetir esta pérdida de carga permisible entre las líneas porta goteros (laterales) y el Manifold se obtienen los datos siguientes:

$$\Delta H_L = (0.80) (1.50 \text{ m}) = 1.20 \text{ m}$$

$$\Delta H_m = (0.45) (1.50 \text{ m}) = 0.30 \text{ m}$$

Cuadro 12 Datos hidráulicos de la tubería lateral

Cultivo	Longitud Lateral m	Perdidas de carga en el lateral (m/100m)	Numero de goteros (Ne)	Caudal en el lateral (lps)	Diámetro del lateral (mm)
Maíz	75	1.60	150	0.063	16
Limón	102.5	1.17	12	0.093	20
Mandarina	65	1.85	13	0.072	20
Mango	55	2.18	6	0.080	20

2.2.9.3. Diseño de tubería múltiple de salidas

El manifold en este caso se colocó en forma perpendicular a la pendiente del terreno, además, esta conectado a la tubería sub-principal, esta conexión se realizó al centro del manifold para dividir el caudal de la mejor manera posible, logrando de esta manera que las pérdidas de carga sean de la misma magnitud en ambos lados del mismo. La tubería utilizada para el manifold es de PVC, y estar enterrada para que no obstaculice las labores de los cultivos.

Cuadro 13 Datos hidráulicos de tubería múltiple de salida (manifold)

Cultivo	Caudal del manifold (lps)	Longitud del manifold (m)	Perdidas de carga en el manifold (m/ 100 m)	Diámetro del manifold (mm)
Maíz	3.78	59.0	1.44	75
Limón	1.30	54.5	1.44	50
Mandarina	1.58	105.00	0.78	63

2.2.9.4. Coeficiente de uniformidad (Ues)

La uniformidad del sistema se determinó en base a la sub-unidad de riego más crítica, en este caso pertenece a la del cultivo del maíz siendo del 90%, además, se consideró a las demás sub-unidades por igual.

Este 90% obtenido de la Ues, se considera aceptable, ya que la diferencia de esta con la UEs considerada (92%) en el inciso 7.1.4.9, no excede el 2% (18).

2.2.9.6. Diseño de tubería sub-principal y principal

En los cuadros 3 y 4 se presentan los resultados obtenidos en el diseño de la tubería sub-principal y principal, en el cual se incluyen los diferentes diámetros a utilizar y sus respectivas pérdidas por fricción.

Las pérdidas por fricción se calcularon con la ecuación de Hazen-Williams (19):

$$H_f: 1.131 \times 10^9 (Q/C)^{1.852} (D)^{-4.872} (L)$$

Donde:

- H_f: pérdidas por fricción en mts
- Q: caudal en m³/hr
- C: coeficiente de fricción (PVC:150, hierro galvanizado y aluminio:130)
- D: diámetro interno en mm
- L: longitud de la tubería en mts

Cuadro 14. Diámetro de tubería sub-principal y sus pérdidas por fricción para los diferentes cultivos de diseño.

CULTIVO	CAUDAL		LONG. (mts)	DIAMETRO		VELOC. m / s	PERDIDAS DE CARGA FRICCION mt
	Lps	m ³ /hr		INTERNO mm	EXTERNO pulg.		
Maiz	3.78	13.61	95	84.6	3	0.67	0.51

Mango	1.20	4.32	80	69.5	2 ½	0.32	0.13
Mandarina	1.58	5.69	75	69.5	2 ½	0.42	0.21
Limon	1.30	4.68	25	57.4	2	0.50	0.12

Para las pérdidas por fricción de la tubería sub-principal, se consideró como unidad crítica la del cultivo de maíz. Toda la sub-principal tiene una pérdida por fricción total de 0.51 mts. Se consideró unidad crítica debido a que es la que mayores pérdidas por fricción tiene desde la fuente de agua hasta el área de riego respecto a las de los otros cultivos de diseño.

Los diámetros internos y externos se tomaron de una tabla de PVC y CPVC de una empresa comercial.

Cuadro 15. Pérdidas de carga en tubería principal y sub principal

SECCION	CAUDAL		LONG. (mts)	DIAMETRO		VELOC. m / s	PERDIDA S DE CARGA FRICCIÓN Metros
	Lps	M ³ /hr		INTERNO mm	EXTERN O pulg		
PRIMERA	7.86	28.30	15.0	108.70	4	0.85	0.09
SEGUNDA	6.56	23.62	262.50	108.70	4	0.71	1.16
Pérdidas por fricción totales							1.25

El cálculo de las pérdidas por fricción de la tubería principal se realizó para dos secciones, la primera que conducirá 7.86 Lps y la segunda 6.56 Lps, para las longitudes de 15 y 262.50 mts respectivamente. Las pérdidas por fricción totales en la tubería principal son 1.25 mts.

2.2.9.6. Diseño del cabezal

A las pérdidas de carga producidas en las tuberías hay que añadir las pérdidas en que incurren los componentes del cabezal. Estas pérdidas se presentan en el cuadro 5.

Cuadro 16. Perdidas de carga en los componentes del cabezal y equipo de inyección.

APARATO	PERDIDAS DE CARGA EN MTS	PERDIDAS DE CARGA EN Lb/pulg
-filtro de arena	5	7.10
-filtro de anillos	4	5.68
-inyector venturi	5	7.10

Los filtros a utilizar deben tener capacidad par filtrar 9.18 Lps.

El inyector venturi se utilizará para la fertilización de los cultivos de diseño en cada sub-unidad de riego. No se consideró un sistema de fertilización en el cabezal debido a que se están regando varios cultivos en el mismo momento, por tal razón la fertilización se hará específica en cada sub-unidad de riego utilizando un inyector tipo venturi, que es el equipo de fertilización más simple y de bajo costo.

2.2.9.7. Carga requerida

Dimensionada toda la instalación, es importante establecer la presión que se requiere para el Funcionamiento del sistema para que posteriormente se pueda definir el grupo de impulsión. Para ello , es necesario, computar todas las pérdidas de carga que se producen desde la toma de agua hasta su entrega al terreno y sumárselas a la presión de trabajo que requiere la unidad crítica para su normal funcionamiento. A continuación se presentan todas las pérdidas de carga obtenidas en el diseño del sistema:

A.	presion de trabajo en la unidad critica.....	10.0	mt
B.	perdida de carga en tubería sub-principal.....	0.51	mt
C.	perdida de carga en tubería principal.....	1.25	mt
D.	perdida de carga en accesorios, 20% de todas Las anteriores.....	2.29	mt
E.	perdida de carga en filtro de arena.....	5.00	mt
F.	perdida de carga en filtro de anillos.....	4.00	mt
G.	perdida de carga en inyector venturi.....	5.00	mt

H. otro tipo de perdidas (5% de las anteriores)..... 1.39 mt

PERDIDA DE CARGA TOTAL (HT)... 29.44 MT

2.2.9.8. Requerimiento de bomba

La capacidad de la bomba se determinó de acuerdo al requerimiento del sistema, obteniéndose el resultado siguiente:

$$Hp = \frac{[(9.18 \text{ lps}) (29.44 \text{ Ht})]}{[(0.76) (65)]} = 5.47 \text{ Hp} = 6 \text{ Hp}$$

El equipo de impulsión debe tener 6 caballos de fuerza para llevar el agua a cada sub-unidad de operación.

III. Objetivos

3.1. General

Evaluar la eficiencia del sistema de riego por goteo en la escuela de Agricultura de Nororiente (EANOR), Los Llanos de la Fragua, Zacapa.

3.2. Específicos

3.2.1. Determinar la uniformidad de distribución en el sistema de riego por goteo de la EANOR.

3.2.2. Determinar la eficiencia de aplicación del sistema de riego por goteo de la EANOR.

3.2.3. Evaluar hidráulicamente el requerimiento de potencia de la bomba del sistema de riego por goteo de la EANOR

3.2.4. Evaluar hidráulicamente la carga dinámica total del sistema de riego por goteo de la EANOR

3.2.5. Establecer el coeficiente de uniformidad del sistema de riego por goteo.

IV. Metodología

En todos los sistemas de riego por goteo debe tomarse en consideración básicamente los siguientes parámetros para comprobar el funcionamiento y de esta manera establecer el nivel de eficiencia en su utilización. Los parámetros evaluados son los siguientes:

1. Cabezal
2. Funcionamiento de tuberías
3. Funcionamiento de emisores
4. Lamina aplicada
5. Grado de aplicación
6. Evaluación hidráulica

4.1. Funcionamiento del cabezal

El cabezal de riego es un conjunto de componentes, que consta de cabezal, equipo de abonado y equipo de filtrado. Para poder evaluar el funcionamiento del mismo, es necesario que se tomen en consideración los siguientes parámetros a medir:

4.1.1. Presión

La presión que se midió en el cabezal del sistema de riego por goteo, se hizo mediante los manómetros que se encuentran instalados, tomando las lecturas en los manómetros ubicados antes del equipo de filtrado y después del mismo, verificando si la presión de trabajo es la misma bajo la cual fue diseñado el sistema.

4.1.2. Equipo de Filtrado

Se realizó en el equipo de filtrado una inspección visual a la fuente de agua como también a los filtros para determinar si existen residuos de partículas que se encuentren en suspensión o precipitadas en dicho equipo; determinando si se realizan limpieza periódicas en dichas partes del sistema, registrando además la diferencia de presiones que existe en dicho componente.

4.1.3. Equipo de abonado

Se tomaron los datos provenientes de la casa de fabricación, del modelo y el sistema que lo conforman, midiendo así los parámetros para determinar que funcionen de acuerdo a las características solicitadas, bajo las cuales fueron diseñadas.

4.1.4. Caudal

Se midió el caudal que llega al equipo de abonado, aforando la bomba de riego y comparando los resultados, con los datos provenientes de la casa de fabricación de la bomba de riego. Posteriormente se realizó una comprobación en campo de lo anterior colocando un recipiente de un volumen de 54 galones, realizando esta fase 5 veces.

4.1.5. Perdidas de carga

Se midió la presión que hay antes de llegar al equipo de abonado mediante los manómetros y después del paso del equipo de abonado para determinar si las pérdidas de carga son las que la casa recomienda y con las que fue diseñado.

4.1.6. Tiempos: Se verificó que el tiempo de aplicación de fertilizantes sea el que se toma en consideración para la aplicación de riego en el área establecida para el cultivo.

4.2. Funcionamiento de las tuberías

Se determinó las pérdidas de presión que existen en la red de tuberías mediante una inspección a lo largo del sistema donde se identificó y verificó que la red de tuberías terciarias se encuentren enterradas y así protegidas de la intemperie. También mediante un manómetro se verificó la presión en las diferentes ramificaciones, como también se verificó los empalmes y uniones de los diferentes accesorios de la red de tuberías donde se determinó si hubo alguna fuga que pudo tener alguna repercusión en el sistema.

4.3. Funcionamiento de emisores

El funcionamiento de los emisores se midió en tres partes de la cinta y se realizó en tres válvulas del sistema, la que este mas próxima a la estación de bombeo, la parte final y la parte media, y en estas se tomaron lecturas en la parte inicial de la cinta de riego, la parte media de la cinta de riego y la parte final de la cinta de riego. Tomando un recipiente para la recolección de agua, esto se realizó en un tiempo determinado de un minuto, para poder así tener el caudal que esta emitiendo el emisor o gotero.

La presión que se midió en el sistema de riego por goteo se realizó por medio de los manómetros que se introducían en las mangueras de distribución de agua, en cada una de las válvulas de riego en que se realizaron las pruebas.

4.4. Control de la uniformidad

4.4.1. Uniformidad de distribución

Se tomaron tres válvulas de riego, y se seleccionó la que se encuentra en la parte inicial, parte media y final.

En cada válvula se tomaron cuatro líneas porta goteros o cintas de riego y dentro de cada línea, cuatro plantas repartidas unifórmemente a lo largo de ella, es decir, parte inicial de la cinta de riego, la parte media y la parte final.

La uniformidad de distribución del agua en el suelo se determinó en el área de cultivo haciendo una calicata en el suelo determinando así cual es el comportamiento del agua en el suelo.

4.4.2. Coeficiente de uniformidad o Coeficiente de distribución

Se aforó los goteros para cada planta y se tomaron los datos de caudales en el área de cultivo para aplicar la ecuación de coeficiente de uniformidad, cuya expresión es la siguiente:

$$C.U. = 100 * \frac{1}{2} * (q_{min} / q_{med} + q_{med} / q_{max})$$

Donde:

q_{min} = media de los cuatro aforos mas bajos

q_{med} = media total

q_{max} = media de los aforos mayores

4.5. Lámina aplicada:

Se determinó la lámina aplicada en el área de cultivo. Esto se realizó midiendo el volumen que se aplica por unidad de área, calculado mediante la siguiente ecuación:

$$\bar{d}_a = \frac{eq_a t_x}{SpXSe}$$

Donde:

\bar{d}_a = lamina promedio aplicada

e = número de emisores por planta

q_a = descarga promedio ajustada al punto de emisión del sistema

t_x = tiempo de aplicación por riego

$SpXSe$ = espaciamiento entre plantas e hileras

4.6. Grado de aplicación de la lámina de riego

La lamina de riego que se esta aplicando se divide entre las horas de riego. Con este dato obtenido se compara con la velocidad de infiltración de diseño para determinar si la lámina aplicada es mayor, menor o igual que la de diseño.

4.7. Evaluación hidráulica del sistema

La evaluación hidráulica se realizó con el objeto conocer la eficiencia de la bomba del sistema de riego así como también si las bomba es la adecuada para suplir las condiciones de caudal y Carga Dinámica total del sistema de riego

4.8. Carga Dinámica Total

Esta se estableció determinando los siguientes parámetros:

Presión de trabajo en la unidad crítica

Perdida de carga en tubería sub. – principal

Perdida de carga en tubería principal

Perdida de carga de accesorios de 20 % de todas las anteriores

Perdida de carga en filtros de grava

Perdida de carga en filtros de anillos

Perdida de carga en inyector venturi

Otras pérdidas de carga (5 % de todas las anteriores)

4.9. Requerimiento de Potencia de la Bomba

Se determinó si los requerimientos de potencia de la bomba que se está utilizando actualmente en el sistema de riego corresponde a los requerimientos de potencia calculados para fines de diseño para establecer los requerimientos actuales de potencia con los que actualmente la bomba está trabajando. Esto se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$H_p = Q \times CDT / 76 \times n$$

Donde:

H_p = Caballos de fuerza requeridos para operar la bomba

Q = Caudal del sistema (l/s)

CDT = Carga dinámica total (m)

n = eficiencia de la bomba

V. RESULTADOS

5.1. Funcionamiento del Cabezal

Se procedió a verificar el funcionamiento del cabezal del sistema de riego a través al registro de la siguiente información:

Presiones

Características de fabrica del equipo de abonado y filtrado

5.2. La Presión

Las presiones que se tomaron en el cabezal del sistema de riego se muestran en el cuadro No 6. Estas presiones de trabajo indican que el funcionamiento del cabezal en sus diferentes componentes se viene presentando dentro de los rangos de presión proporcionados por el fabricante del equipo, que establece que en la totalidad del cabezal se debe suceder alrededor de 15 PSI de perdidas de presión. En nuestro caso este valor se concretiza cuando se pierden 5 PSI en la entrada y salida del filtro de arena mas cuando se pierden en la entrada y salida del equipo de abonado 5 PSI mas cuando se pierden 5 PSI en la entrada y salida del filtro de graba.

Cuadro 17. Presiones en el cabezal del sistema de riego por goteo EANOR

Ubicación del manómetro dentro del cabezal	Lugar donde se realiza la medición	Presion lb. / pulg ²
Entrada del sistema bombeo	entrada al cabezal del sistema de riego	50
Filtro de arena	Entrada	50
	Salida	45
Inyector venturi	Entrada	45
	Salida	40
Filtro de graba	Entrada	40
	Salida	35

5.3. Equipo de Filtrado

El equipo de filtrado cuenta con dos filtros de grava de 2" X 2" X 20 y con un filtro de arena que 3" X 3" X 120 mesh el cual es limpiado con una frecuencia de 15 días cuando se hace una revisión del equipó por parte del técnico de riego en dicho centro, estando por lo tanto bien debido a que no se trasladan impurezas del sistema hacia los emisores que puedan causar obturaciones.

5.4. Equipo de Abonado

El equipo de abonado cuanta con un inyector venturi de agroquímicos de 1" X 1" No 1080 el cual es operado por el técnico de riego que se encarga del manejo de dicha parte del sistema, también puede ser operado por una persona de campo que es la encargada de riego y ayuda en la formulaciones que se aplicaran a los cultivos que en este caso es maíz, para esto disuelve el material para que la mezcla que se aplica sea homogénea, obteniendo con esto que no se obstruya el flujo del fertilizante.

5.5. Caudal

El caudal que se obtiene es por medio de un pozo mecánico que proporciona un caudal 10.1 lps, como también de un reservorio de agua proveniente del canal de riego con una capacidad de 5000m³ que sirve para abastecimiento del sistema, siendo este el mismo con el que fue diseñado por lo cual no varía del diseño.

5.6. Funcionamiento de las Tuberías

Se comprobó que las tuberías terciarias estaban enterradas. El problema que se identificó fue que en los empalmes es donde existen fugas de agua por lo que generan perdidas de presión y repercute además que la distribución del agua no se realice de una manera constante y uniforme a lo largo de la cinta.

5.7. Funcionamiento de los Emisores

La evaluación del funcionamiento de los emisores se realizó en tres partes de la cinta que son, la parte inicial, la parte media y la parte final. Dentro de las válvulas que regulan el sistema se seleccionaron tres, identificadas como a, b, c, ubicadas respectivamente en la parte inicial la parte media y la parte final del sistema de riego. La evaluación consistió en que se midió el caudal de los emisores seleccionados y cuyos resultados se expresan en el cuadro No 7. Con respecto a los emisores se encuentran a una distancia uno del otro de 0.33 metros a lo largo de la línea porta goteros. Relacionando los valores medios obtenidos de emisión de caudal de los goteros con respecto al valor de caudal teórico de diseño (6 lph. / emisor) se encontró que son mínimas las diferencias, por lo que podemos concluir que el funcionamiento de goteros responde a las características de diseño.

También se tomaron los datos de caudal de los goteros antes descritos y los valores obtenidos se utilizaron para expresar como se distribuye el agua conforme al tiempo en el suelo para determinar como es su comportamiento, para esto se elaboro la grafica de comportamiento del agua en suelo que es la figura No 1. Concluyendo que la uniformidad de distribución del sistema esta dándose de una manera adecuada.

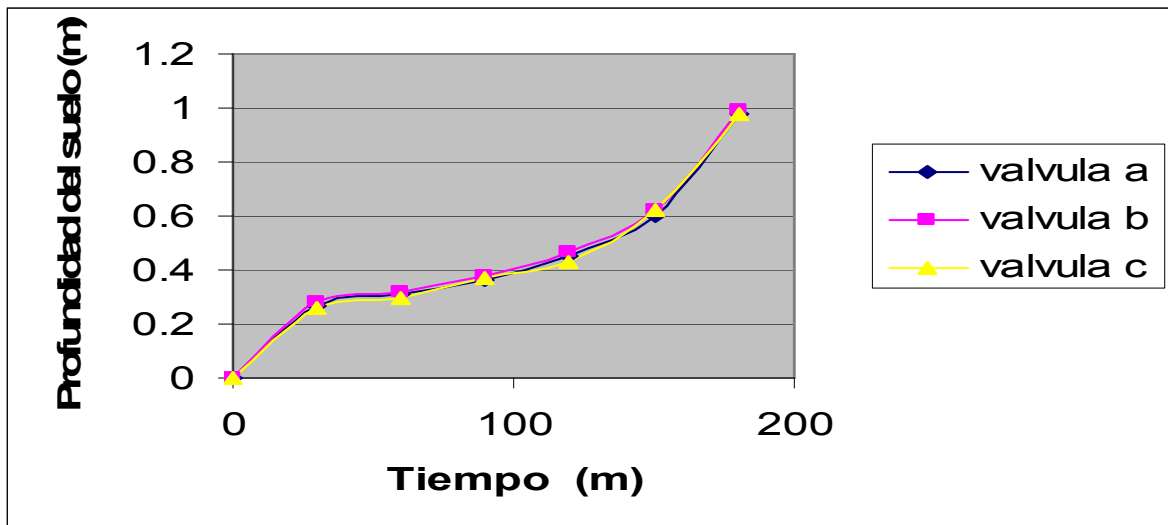
En los emisores del sistema de riego se comprobó que la presión de trabajo de los emisores es de 20 PSI, para la distribución de agua.

Cuadro 18. Caudales de las distintas válvulas

	Válvula ubicada en la parte inicial	Válvula ubicada en la parte final (b)	Válvula ubicada en la parte final (c)
Parte inicial	5.72	5.92	5.26
Parte media	5.63	5.94	5.32
Parte final	5.68	5.90	5.29
Media	5.68	5.92	5.29

Datos de caudal expresados en lph

Figura No 1 Grafica de distribución del agua en el suelo



5.8. Coeficiente de uniformidad

Aplicando la formula $C.U. = 100 * \frac{1}{2} * (q_{min} / q_{med} + q_{med} / q_{max})$. Se determinaron los valores de coeficientes de uniformidad para los sectores de las válvulas a, b, y c que fueron de 95.05, 94.6, 99.5 por ciento respectivamente. Lo que nos indica este valor mostrado es que el caudal no esta variando en los sectores evaluados y mostrando que tiene una uniformidad muy buena debido a que supera el 90% siendo en promedio de 96.38% la uniformidad.

5.9. Lámina aplicada

La lámina aplicada por riego es de 3.83 mm para el cultivo del maíz y no la de 5.13 mm, que se tenia en el diseño siendo mas baja y por lo tanto siendo otra fuente de variación para el sistema de riego. Esta lamina varia en función de las etapas fonológicas del cultivo, pero como es la etapa inicial la critica esta es la que se tomó en cuenta para el calculo con los siguientes datos: caudal de 6 lph, un numero de emisores por planta de 1, con un tiempo de aplicación de riego de 5.5 horas y con un espaciamiento entre plantas de 0.33 metros y entre surcos de 1 metro.

5.10. Grado de aplicación de la lámina de riego

Al obtener el dato de lamina y dividirlo entre las horas de riego se obtienen que el valor es de 0.69 cm. / hora y el de infiltración básica es de 0.6 cm. / hora , lo que infiere es que el valor que se esta aplicando es ligeramente mayor a la capacidad que tiene el suelo de absorber el agua, por lo que podría presentarse problemas de encharcamiento.

5.11. Evaluación hidráulica

Correspondiente a la evaluación hidráulica se determinó la carga dinámica total y la eficiencia con que trabaja la bomba, tomando como comparación los valores de diseño. En cuanto a la carga dinámica total se estableció que dicho valor alcanza a los 25.415 mca como más adelante se indica.

Con respecto a la eficiencia de la bomba se estableció que es de 45.05 %. En las tuberías principal y sub principal las perdidas de fricción fueron establecidas por la formula de Hazen- Williams donde se expresaron las perdidas de fricción en metros.

5.12.1. Carga Dinámica Total

La carga dinámica total del sistema se determinó mediante la suma de los siguientes parámetros previamente calculados:

	Metros
Presión de trabajo en la unidad critica	10 mt.
Perdida de carga en tubería sub – principal	0.59 mt.
Perdida de carga en tubería principal	1.235 mt.
Perdida de carga de accesorios de 20 % de todas las anteriores	2.37 mt.
Perdida de carga en filtros de grava	5 mt.
Perdida de carga en filtros de anillos	5 mt.
Perdida de carga en inyector venturi	5 mt.
Otras perdidas de carga (5 % de toas las anteriores)	1.21 mt.
Perdida de carga total	25.45 mt.

La carga dinámica total con la que fue diseñada es de 29.44 mt mientras que la carga dinámica total con que esta trabajando el sistema, es de 25.415 mt, lo cual influye directamente en la potencia de la bomba porque indica que se esta utilizando una bomba de mayor potencia debido a que se tiene una diferencia de 4 mt.

5.11.2. Determinación de la eficiencia de la bomba

La determinación de la eficiencia de la bomba se estableció a partir que el caudal de bombeo es de 10.1 lps, la carga dinámica total es 25.415 metros y que la potencia de la bomba es de 7.5 hp, con dicha información se dedujo de la ecuación correspondiente que la bomba trabaja con una eficiencia de 45.05%; muy por debajo del 70% según las curvas características de la bomba.

5.11.3. Requerimiento de Potencia de la Bomba

Partiendo de los requerimientos de Carga dinámica total (25.415 m) y de un caudal de bombeo de 10.1 lps; si la bomba trabajara con su máxima eficiencia (70%) se establece que los requerimientos de potencia es de 5 hp. La bomba con la que se cuenta en el sistema de riego es 7.5 hp lo cual nos demuestra que la bomba actual sobrepasa los requerimientos de potencia actuales.

VI. Conclusiones


- 6.1. El coeficiente de uniformidad del sistema de riego por goteo de la EANOR es de 96.38 %, lo que nos indica que el riego se está efectuando de una manera adecuada, determinando que el riego se está aplicando uniformemente hasta la profundidad radicular de diseño.
- 6.2. El caudal de los emisores o goteros no varía en una manera significativa en función del tiempo dependiendo del mantenimiento.
- 6.3. La lamina aplicada al cultivo de maíz es de 3.83 mm. En un tiempo de cinco horas y media cada día, obteniendo que el grado de aplicación de la lamina del sistema de riego por goteo es de 86.95%
- 6.4. La evaluación hidráulica del sistema de riego nos indica que el requerimiento de potencia para el sistema de bombeo debe ser 5hp.con una eficiencia de 70%, debido a que la bomba del sistema de riego está trabajando con una eficiencia de 45.05%, con una potencia de 7.5 hp., trabajando el sistema de riego con una carga dinámica total de 25.415mt.

VII. Recomendaciones

- 7.1. Que se realicen trabajos de medición de la descarga de emisores cada fin de ciclo de cultivo, para poder determinar la variación que pudieran estar sufriendo.
- 7.2. Efectuar trabajos de mantenimiento en tuberías especialmente en empalmes, porque ellos pueden ser la fuente de variación que se tenga en la carga dinámica total del sistema.
- 7.3. Instruir al personal operativo de campo sobre los cuidados indispensables que eviten la ruptura de tuberías, para evitar pérdidas en la carga dinámica total y que esto repercuta en el sistema.
- 7.4. Aplicar la actual lámina de riego porque si se aplica la lámina de diseño se pueden presentar problemas de anegación de agua en el suelo.
- 7.5. Contar en bodega con accesorios y tuberías para reparar oportunamente las partes del sistema dañadas.

VIII. Bibliografía

1. Castañon, G. 2000. Ingeniería del riego: utilización racional del agua. Madrid, España, Thomson Learning. 198 p.
2. Cruz S, JR. De la. 1982. Clasificación y reconocimiento de las zonas de vida de Guatemala. Guatemala, INAFOR. 42 p.
3. Fuentes Yagüe, J. 1998. Técnicas de riego. Madrid, España, IRYDA. 351 p.
4. García Zeceña, E. 1998. Diagnóstico general del centro de producción del ICTA, finca el Oasis, Estancuela, Zacapa. Diagnóstico General. Chiquimula, Guatemala USAC, CUNORI. 64 p.
5. Gonzáles Salan, MR. 1980. Diagrama de porosidad de 7 series de suelos del valle de la Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 63 p.
6. IGM (Instituto Geográfico Militar, GT).1987. Mapa topográfico republica de Guatemala; hoja Zacapa no. 2250-I. Guatemala. Esc. 1:50000. Color.
7. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Observatorio Climatológico Nacional GT). 2000. Datos climatológicos del valle de la Fragua, Zacapa; estación tipo "A", clave 78649, Estancuela, Zacapa. Guatemala. s.p.
8. Medina San Juan, J. 1979. Riego por goteo: teoría y práctica. Madrid, España, Mundi-Prensa. 201 p.
9. Miranda, EA. 2004. Estudio y diseño de un sistema de riego por goteo para la Escuela de Agricultura de Nororiente (EANOR), llanos de La Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 87 p.
10. Pacheco, J; Rodríguez, N; Camejo, E. 1995. Riego y drenaje. Habana, Cuba, Pueblo y Educación. 414 p.
11. Sagastume García, D. 2001. Diagnóstico general de la EANOR, llanos de La Fragua, Zacapa. Diagnóstico EPSA. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 45 p.
12. Sandoval Illescas, J. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 72 p.
13. Simmons, C; Tarano, JM; Pinto, JH. 1954. Reconocimiento de los suelos de los llanos de La Fragua, Zacapa. Guatemala, Instituto Agropecuario Nacional. 110 p.
14. Valverde, J. 1988. Riego y drenaje. San José, Costa Rica, EUNED. 223 p.



**Capítulo III:
Servicios realizados en la Escuela de Agricultura
de Nororiente (EANOR), Llanos de la Fragua,
Zacapa.**

I. Antecedentes

Entre las actividades que se deben desarrollar como parte del ejercicio profesional supervisado de la facultad de Agronomía se encuentran los servicios, que son todas aquellas actividades debidamente planificadas que tienen como finalidad de contribuir al desarrollo de las comunidades, empresas o instituciones en donde se realice y fortalecer la formación profesional de los egresistas como futuros Ingenieros Agrónomos.

Una de estas instituciones es el Instituto Tecnológico de Nor – Oriente ITECNOR, que desde su inicio de sus actividades en el año 1999 surgió con la finalidad de formar Peritos Agrónomos, y desde hace tres años Peritos en Gestión de Recursos Hídricos, Peritos en Industria Alimentaria, Peritos en Industria de la Madera, desde las fechas en que iniciaron dichas carreras técnicas han venido funcionando con muchas limitantes y problemas. Tomando como referencia estudios y la problemática expresada por los mismos personas que laboran en esa institución se plantearon los servicios que a continuación se describen.

El presente documento contiene la descripción de los servicios realizados durante el ejercicio profesional supervisado en los meses de enero a noviembre 2005 en el ITECNOR.

II. Objetivos

- 2.1. Apoyar las diferentes actividades docentes y agrícolas del Instituto Tecnológico de Nor – Oriente ITECNOR.
- 2.2. Aplicar los conocimientos adquiridos en la solución de problemas reales.
- 2.3. Plantear proyectos que puedan mejorar el funcionamiento del Instituto Tecnológico de Nor – Oriente ITECNOR para que puedan aprovechar los recursos que se obtienen de las instalaciones.

III. APÓYO INSTITUCIONAL

Para la realización de los servicios llevados a cabo como parte del ejercicio profesional supervisado se contó con la colaboración de las siguientes entidades

Facultad de Agronomía: Mediante el asesoramiento por parte del supervisor Ing. Agr. Constantino Reyes Fuentes.

Instituto Tecnológico de Nor – Oriente: por brindar la oportunidad de realizar el ejercicio profesional supervisado.

Facultad de ingeniería: por el apoyo brindado en las consultas en especial al área de civil.

4.1. Servicio No. 1: Apoyo a la actividad docente:

El Instituto Tecnológico de Nor – Oriente cuenta con las carreras de Perito en Gestión de Recursos Hídricos, Perito en Industria de la Madera, Perito en Industria Alimentaria carreras que tienen en su funcionamiento dos años como también lo que es la carrera de Perito Agrónomo carrera que tiene desde su funcionamiento siete años de su apertura para poder formar profesionales en las distintas áreas en las cuales son las que se están formando dichos profesionales.

En la actualidad se cuenta con un personal reducido que no permite contar con profesionales que cubran las carreras que se están impartiendo en dicho centro educativo, y sumando a su vez que la dificultad que se presenta para impartir los cursos debido a la escasez de material que hay para impartir los cursos.

4.1.1. Objetivos

Contribuir a la formación académica de los estudiantes de las diferentes carreras del Instituto Tecnológico de Nor – Oriente a través de impartir los diferentes cursos teóricos y prácticos de las diferentes carreras técnicas en el Instituto Tecnológico de Nor – Oriente.

4.1.2. Metodología

Este servicio se llevo a cabo impartiendo los cursos de Matemática I, Matemática II, Hidraulica, Estudio del agua, algunos cursos comprendidos dentro de las distintas carreras que existen en el Instituto Tecnológico de Nor – Oriente. Para lo que se realizo lo siguiente:

4.1.2.1. Clases magistrales: en el caso de los cursos que no tenían práctica donde únicamente se impartían clases teóricas, se trato de una manera diferente los temas expuestos para poder reforzar los conocimientos adquiridos de acuerdo al programa que

se desarrollaba por cada curso (ver anexo), tratando de involucrar al alumno por medio de las siguientes técnicas:

4.1.2.2. Exposiciones: se formaron grupos de trabajo en los cuales se les asignaba una tarea de acuerdo al curso que se impartía para que investigaran un tema específico y lo dieran a conocer.

4.1.2.3. Discusiones grupales: En clases se dieron temas para generar discusión y análisis grupal.

4.1.2.4. Gira de estudio. Se realizó una gira a lo que fue Izabal, para poder determinar la importancia que tiene en el ecosistema lo que es la planta exótica (*Hydilla verticillata*) y los posibles usos que se le pueden dar como una alternativa de fuente de trabajo. Como también a las estaciones de bombeo ubicadas en Llano de piedra.

4.1.3. Resultados obtenidos

Durante el periodo febrero a noviembre del 2005, se apoyo en la actividad docente en el Instituto Tecnológico de Nor – Oriente impartiendo cursos con su respectiva práctica. Los cursos impartidos durante el ejercicio profesional supervisado ITECNOR se presentan en el cuadro numero 1.

Cuadro No 19 cursos impartidos durante el Ejercicio Profesional Supervisado.

CURSO	ESTUDIANTE POR CURSO	ESTUDIANTES APROBADOS	ESTUDIANTES REPROBADOS	% DE APROBACION	PROMEDIO POR CURSO
Matemática I	36	30	6	83.33	75.65
Matemática II	20	17	3	80	65
Hidráulica	4	4	0	100	72

**					
Estudio del agua **	78	78	0	100	71

Nota : ** cursos que tenían practica

Los cursos que se impartieron durante el ejercicio profesional supervisado EPS fueron tomados de los programas utilizados por la Escuela Nacional Central de Agricultura ENCA, los cuales se muestran en el anexo 1.

4.1.4. Recursos utilizados.

4.1.4.1. Material de apoyo didáctico:

Libros, folletos, tesis, artículos de revistas, Etc.

4.1.4.2. Material didáctico:

Pizarra, marcadores, almohadilla, computadora, cañonera Etc.

4.1.4.3. Equipo de practica:

Cronometro, cinta métrica, flotador, tubos, probetas, balanzas.

4.2. Servicio No 2: Elaboración del contenido programático de los cursos de Riegos y Drenajes, Curso de Bombas, Curso de Diseño de tuberías de agua potable

La carrera de Perito en Gestión de Recursos Hídricos es una de las carreras técnicas con las que cuenta el Instituto Tecnológico de Nor – Oriente en la cual se forman profesionales a nivel medio con especialidad en el manejo de los recursos hídricos.

En el presente año la primera promoción de estudiantes llegan al sexto año por lo que es necesario que tengan distintos conocimientos en varias áreas de su carrera por lo que es importante que se impartan cursos para fortalecer los conocimientos.

Por lo que se hace necesario elaborar el contenido programático de los cursos del presente ciclo haciendo énfasis en los cursos que les sean útiles y que sean orientados con la realidad

4.2.1. Objetivos

Elaborar los programas de tres cursos que se impartirán en la carrera de Perito en Gestión de Recursos Hídricos en el último año.

Adecuar los programas para que se impartan de una manera practica.

4.2.2. Metodología

Se procedieron a buscar las fuentes bibliograficas de los diversos temas tratados, para poder hacer una abstracción de los mismos y así colocarlos de una forma estructural en la cual se pueda transmitir el conocimiento a los alumnos del último año de la carrera de Perito En Gestión de Recursos Hídricos.

De tal forma que se investigo en la biblioteca de la facultad de Ingeniería, consultando a los expertos en el tema para poder así proporcionar las bases fundamentales en sus conocimientos en las áreas respectivas.

4.2.3. Resultados obtenidos

Se consultaron las fuentes y con eso se pudo elaborar los programas de los cursos de diseño de bombas, diseño de tuberías de agua potable, sistemas de riego y drenaje para los alumnos de sexto año de la carrera de Perito en Gestión de Recursos Hídricos. Ver anexo No 5, 6, 7.

4.2.4. Recursos utilizados.

Se consultaron fuentes de cursos impartidos a los alumnos de la maestría de manejo sostenible de suelo y agua como a expertos en los temas como libros tesis etc.

4.3. Servicio No 3: Establecimiento de un pie de cría de lombriz coqueta roja (*Eusemia foetida*) en la finca pecuaria del Instituto Tecnológico de Nor – Oriente ITECNOR

La finca pecuaria del Instituto Tecnológico del Nororiente, al tener dentro de sus instalaciones ganado mayor y ganado menor para propósitos docentes como de comercialización, al tener estos tipos de ganado ellos presentan una cantidad de subproductos entre los cuales se encuentra el estiércol. El estiércol de los diferentes tipos de ganado que hay, presentan una serie de propiedades físicas y químicas que aportan para los suelos. Este estiércol al consumirlo por la lombriz coqueta roja, mejora el aprovechamiento que tienen las plantas de los diferentes elementos nutricionales para su desarrollo.

La finca pecuaria del Instituto Tecnológico del Nororiente ITECNOR, cuenta con distintos tipos de producción pecuaria (porcina, bovina, caprina, cunicola, avícola, piscícola), y en estas producciones uno de los subproductos que se obtiene es el estiércol.

También en la finca pecuaria cuenta con una producción de pasto que sirve de alimento para el ganado bovino, pero el suelo donde se encuentra ha tenido una gran cantidad de aplicaciones de abonos químicos y su exceso de utilización ha venido deteriorando estos suelos.

Tomando en cuenta la cantidad de residuos que se producen y que se cuenta con la lombriz coqueta roja (*Eusemia foetida*) que ingiere los desechos que se le administran como alimento para posteriormente transformarlos en fuente de nutrientes para las plantas en el transcurso de su desarrollo.

4.3.1. Objetivos

Establecer un pie de cría de lombriz coqueta roja (*Eusemia foetida*) en la finca pecuaria de la ITECNOR.

Establecer un manejo para el pie de cria de lombriz coqueta roja (*Eusemia foetida*).

4.3.2. Metodología

4.3.2.1. Ubicación del área a utilizar:

Se selecciono un área para establecer el pie de cría, la cual contaba con una vegetación natural introducida la brindaba condiciones naturales de temperatura y de humedad relativa y con condiciones para poder introducir agua para el mantenimiento.

4.3.2.2. Obtención del pie de cría:

El pie de cría fue proporcionado por la Facultad de Agronomía por el módulo de agricultura orgánica.

4.3.2.3. Construcción de las cajas de producción:

Se realizarían a base de cemento colocadas en un rancho construido con materiales propios de la región, entre estos palma, madera de los árboles de la zona.

4.3.2.4. Extracción del material:

Se extrajo el material que se encuentra en los lugares donde se ubican las distintas producciones pecuarias para introducirlo en las camas y con el posterior trampeo extraerlo.

4.3.2.5. Obtención del lombricompost:

Se aplicó a las distintas zonas de producción de las fincas del ITECNOR.

4.3.3. Resultados

Este servicio no se pudo llevar a cabo debido a la carga académica que se me asigno, además no se contó a tiempo con los recursos materiales necesitados .

4.4. Servicio No 4: Elaboración de un plano de las nuevas instalaciones del Instituto Tecnológico de Nor – Oriente ITECNOR

Debido al crecimiento de la población estudiantil del ITECNOR las instalaciones donde se imparten las distintas clases teóricas no eran suficientes para la cantidad de alumnos que hay en dicho establecimiento educativo por lo que en una visita el presidente de la república realizó a dicho centro educativo y autorizó un fondo para poder construir el nuevo edificio que albergara las instalaciones.

En ese contexto se le pidió al estudiante del EPS, que realizara un plano de las nuevas instalaciones ubicándolo de manera adecuada dentro de la finca agrícola.

4.4.1. Objetivos

Realizar un plano de las nuevas instalaciones del ITECNOR

4.4.2. Metodología

Se procedió a ubicar los puntos dentro del terreno para hacer el levantamiento topográfico usando para el efecto, el aparato de medición topográfica denominado teodolito trabajo que se realizó juntamente con los alumnos de quinto año de de perito en Gestión de Recursos Hídricos enseñándoles las partes de dicho aparato y mostrándoselas.

La parte de gabinete se realizó con los estudiantes y se enseñó como se realizaban cada uno de los cálculos para la posterior elaboración del plano.

4.4.3. Resultados obtenidos

Se realizó el plano de las nuevas instalaciones del ITECNOR, con la ayuda de los estudiantes para la toma de datos en el campo. En la parte de gabinete se les mostró a los estudiantes como caso práctico la resolución de dicho problema.

Para la ubicación dentro de los planos generales de la finca un asesor realizo un levantamiento de la finca de producción agrícola y dentro de ellos se ubicaron los puntos que eran el polígono donde se ubicaran las nuevas instalaciones.

4.4.4. Materiales

4.4.4.1. Material de Campo

Teodolito, libreta de campo, estadal, plomadas.

4.4.4.2. Material de Gabinete

Papel, calculadora, regla, lapiz, borradores. computadora e impresora.

4.5. Servicio No 5: Readecuación del programa de hidráulica para la carrera de Perito en Gestión de Recursos Hídricos.

En la carrera de Perito en Gestión de Recursos Hídricos se imparte el curso de hidráulica que son principios básicos para poder recibir cursos posteriores como lo son riegos y drenajes como también el diseño de tuberías de agua potable y diseño de bombas.

Por lo tanto es de vital importancia que se encuentre información que sirva de base para que en cursos posteriores se fomente la parte practica de dicha ciencia para que el alumno tenga una facilidad en su trabajo.

4.5.1. Objetivos

Readecuar el programa del curso de hidráulica.

Integrar los conocimientos prácticos que le sirven al estudiante para ponerlos en práctica en cursos posteriores.

4.5.2. Metodología

Se consultaron fuentes bibliograficas para poder así poder tener un sustento teórico para la elaboración del programa del curso y que así los alumnos tengan un sustento para los cursos que sirve de base este curso.

Se modificara el programa ya existente proponiendo alternativas para el desarrollo de actividades practicas que juntamente con las actividades teóricas sirvan de base para poder fijar los conocimientos.

4.5.3. Resultados

Se corrigió el programa ya existente del curso de hidráulica donde se tenia como base para que los alumnos aprendan a los conceptos teóricos y prácticos.

El programa ya modificado se presenta en el anexo numero 4.

4.5.4. Materiales utilizados

Libros de hidraulica como tambien lo que es manual de estudio del agua, de la carrera de perito Agrónomo.

ANEXOS

Anexo 1: programa del curso de matemática I

MATEMATICA I

I INTRODUCCIÓN

El curso de matemática I comprende el estudiante de temas de aritméticos y algebraicos y se pretende con el desarrollo de su contenido, proporcionar los elementos fundamentales del lenguaje matemático de la estructura lógico de la matemática moderna y de los sistemas numéricos más importantes.

Además la matemática como ciencia, brinda al futuro profesional la herramienta necesaria para integrar el conocimiento de la optimización del uso de los recursos naturales, y también sirve como base para el aprendizaje de los contenidos de matemática II, y de otros cursos como, Estadística, Dasometría, Topografía, etc.

II OBJETIVOS GENERALES

Que al final del curso los estudiantes:

- a) Adquieran los conocimientos de la Matemática básica que les permitan conocer su estructura , sus relaciones, sus posibilidades y limitaciones; y que faciliten el desarrollo del razonamiento lógico.
- b) Obtengan destrezas y habilidades en cálculo materiales para aplicarlos en problemas reales de la vida.

III OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Al concluir este curso, el estudiante debe ser capaz de:

- a) Plantear y resolver problemas proporcionales, utilizando así conceptos de lógica simbólica y desarrollar la capacidad de raciocinio.
- b) Aplicar los conocimientos generales sobre agrupación de elementos y operación entre conjuntos, entre otros temas matemáticos.
- c) Resolver problemas utilizando regla de tres, porcentaje, interés simple y descuento.
- d) Operar algebraicamente con destreza y exactitud.
- e) Resolver ecuaciones, sistemas de ecuación y problemas aplicados al campo Agrícola y Forestal.

IV CONTENIDO

A) SINTETICO:

UNIDAD	TITULO DE LA UNIDAD	PONDERACIÓN
I	Lógica y Teoría de conjuntos.	20%

II	Sistema Numéricos.	17%
III	Proporcionalidad.	17%
III	Fundamentos de Álgebra.	23%
IV	Ecuación y Sistemas de Ecuaciones.	23%

B) ANALÍTICO

UNIDAD	NOMBRE Y CONTENIDO DE LA UNIDAD	No. PERIODO
I	<p>LOGICA Y TEORICA DE CONJUNTOS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Proposiciones y tipos de proposiciones. - Conectivos lógicos y cálculo proposicional. - Uso d símbolos de agrupación en una estructuración de proporciones compuestas. - Funciones Proporcionales. - Conjunto y tipos de conjuntos. - Formas de expresar un conjunto. - Operaciones básicas entre conjuntos: unión, intersección, Diferencia, Complemento y producto cartesiano. 	10
II	<p>SISTEMAS NUMERICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo Histórico. - propiedades operativas de cada sistema (N,Z,Q, y R) - Operaciones: Jerarquía operativa, símbolos de agrupación, recta numérica y valor absoluto de un número. - Número primos, teorema fundamental de la aritmética. - Máximo común divisor y mínimo común común múltiplo de de dos o más números. Aplicaciones. Razones y proporciones: regla de tres simple y compuesta, Porcentaje, interés y descuento. Potenciación Radicación y Racionalización. 	17
III	<p>FUNDAMENTOS DE ÁLGEBRA</p> <ul style="list-style-type: none"> - Notación y nomenclatura algebraica - Operaciones con expresiones algebraicas: Suma, resta, multiplicación, división. - Productos y cocientes notables. - Factorización. - Simplificación y operaciones de fracciones Algebraicas simples y complejas. 	12
IV	<p>ECUACIONES Y SISTEMAS DE ECUACIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Propiedades de la igualdad. - Solución de ecuaciones de primer y segundo grado con una incógnita. - Solución de problemas que se plantean, utilizando ecuaciones y sistemas de ecuaciones. 	12

V METODOLOGÍA DOCENTE

- a) Se usará el método inductivo para el desarrollo del curso.
- b) Exposición (clase magistral) por unidad, distribución de material de apoyo para su discusión y análisis. Hojas de trabajo y solución de problemas propuestos en grupos (laboratorios en clase)
- c) Pruebas cortas y comprobaciones de lectura orales
Laboratorio Extra-aula de ejercitación en grupo e individual.

VI EVALUACIÓN

• Exámenes cortos (5pts. c/u)	10 pts.	
• Cuaderno	5 pts.	
• Conducta	5 pts.	
• Tareas, comprobaciones de lectura		
• Orales y laboratorios	10 pts.	
ZONA		70 PTS:
EXAMEN FINAL		<u>30 PTS.</u>
TOTAL		100 PTS.

NOTA DE PROMOCION 61 PUNTOS.

VII BIBLIOGRAFÍA

- 1) BARKER, STEPHEN F. 1991. Elementos de lógica. 5ta. Ed. Editorial Mcgraw- Hill/ Interamericana. México. 306 p.
- 2) BARNETT, R.A. Y URIBE CALAD, J.A. 1994. Matemáticas, tomos 3 y 4 2da. Ed. Acoplada. Editorial Mcgraw – Hill/Interamericana. Colombia. 384 p.
- 3) GALINDO ARANDI, JORGE L. 1993 Matemática Progresiva 1. Ed. Actualizada Grupo Editorial Norma S.A. Colombia. 370 p.
- 4) GROBAN, ALFONSE. 1990. Álgebra Elemental. Grupo Editorial Iberoamericana México. 526 p.
- 5) LONDOÑO, NELSON. 1992. Aritmética y Geometría. Serie Matemática Progresiva tomo 7. 2da. Ed. Grupo Editorial Norma S.A. Colombia. 321 p.
- 6) PARRA CABRERA, LUIS H. 1992. Álgebra Preuniversitaria. Grupo editorial Limusa, S.A. Grupo Noriega Editores, México. 474 p.

7) SERRALDE MARQUEZ, EULALIO. Y ZÚÑIGA TOPETE, ENRIQUE. 1990. matemáticas 3. 2da. Edición. Ediciones Pedagógicas, S.A. México 215 p.

8) Smith, KARL J. 1991. Introducción a la lógica. Grupo editorial Iberoamericana. México. 117 p.

Anexo 2: programa del curso de matemática II

I INTRODUCCIÓN

La matemática como ciencia, brinda al futuro profesional la herramienta necesaria para integrar el conocimiento adquirido durante la educación, para utilizarlos en los diferentes campos de aplicación agropecuaria y forestal. El contenido de este curso constituye uno de los pilares principales para facilitar el proceso de enseñanza aprendizaje de otros cursos como topografía, administración, matemática II, entre otros.

El curso de matemática II esta compuesto por 6 unidades, con las cuales se pretende brindar al estudiante los fundamentos sobre funciones, geometría trigonometría que les serán útiles a nivel de campo o de gabinete, durante su formación o al desenvolverse como futuros profesionales .

Este curso comprende el estudio de relaciones y funciones, para que el estudiante conozca las diferentes formas en que se puede relacionar dos variables y al mismo tiempo adquieren conocimientos matemáticos que complementen y faciliten la comprensión y aprendizaje de los demás cursos que contempla el pñsum de estudios; básicamente en aquellos donde sea necesario la elaboración de graficas para representar el comportamiento el comportamiento de una variable de una variable en función de otra.

Además estudian los aspectos fundamentales de geometría plana y de espacio, para que el estudiante conozca las propiedades y los modelos matemáticos para determinas áreas perímetros y volúmenes de figuras geométricas. Asimismo el contenido de matemática II contempla el estudio de los sistemas de ecuaciones para que el futuro profesional aprenda a plantear, resolver e interpretar problemas de aplicación. Además el estudiante conocerá los elementos básicos de trigonometría y geometría analítica, con énfasis en aplicaciones como: determinación alturas de árboles, medición de linderos, cálculo de áreas, perímetros y desmembraciones de terrenos.

II OBJETIVOS GENERALES

Con el curso de matemática II, se pretende proporcionar al estudiante:

- a. Capacidad para abstraer, plantear, resolver e interpretar la solución de problemas generales y de aplicación.
- b. Habilidad operacional para el cálculo matemático correcto y eficiente.

- c. Conocimientos matemáticos para que los utilice e integre en el transcurso de su carrera y en el desarrollo de actividades inherentes al ejercicio de su profesión.

III OBJETIVOS ESPECIFICOS

Al concluir este curso, alumno estar en condiciones de:

- a) Resolver problemas e inecuaciones, así como interpretar su solución.
- b) Identificar y graficar diferentes tipos de funciones y ecuaciones en un plano de coordenadas cartesianas.
- c) Resolver problemas que requieren la utilización de funciones.
- d) Utilizar las funciones exponenciales y logarítmicas y sus propiedades para resolver problemas de crecimiento poblacional, pH del suelo, infiltración de agua en el suelo y otros similares.
- e) Calcular áreas y perímetros de triángulos, así como volúmenes de figuras Tridimensionales .
- f) Aplicar las funciones trigonométrica y el teorema de Pitágoras en la solución de Problemas que involucren triángulos rectángulo.
- g) Calcular el áreas y perímetro de polígonos utilizando la ley de senos, ley de cósenos, ley de tangentes y conocimiento básicos de la línea recta.
- h) Identificar y graficar ecuaciones de secciones cónicas.

IV. CONTENIDO

UNIDAD	TITULO DE LA UNIDAD	PONDERACION
I	Introducción a la geometría plana y del espacio	16%
II	Funciones	20%
III	Sistemas de Ecuaciones	13%
IV	Funciones Logarítmicas y exponenciales	11%
V	Trigonometría y Analítica	18%
VI	Geometría analítica	22%

B) ANALÍTICO

UNIDAD	NOMBRE Y CONTENIDO DE LA UNIDAD	No. DE PERIODO
I	INTRODUCCIÓN A LA GEOMETRÍA PLANA Y DEL ESPACIO <ul style="list-style-type: none"> ✓ Conceptos básicos: punto, línea, segmentos de recta, planos y semiplanos. ✓ Ángulos: Definición, notación, tipos y su medición. ✓ Coordenadas polares, azimuts y rumbos. Aplicaciones. 	7

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ángulo de elevación, inclinación y de depresión. ✓ Rectas paralelas, perpendiculares y secantes: definición rectas cortadas por una secante y ángulos que forman, propiedades, ✓ Triángulos: definición, clasificación, ángulos internos y externos, línea y puntos notables de triángulos, semejanza de triángulos, cálculo del área perímetro. ✓ Cálculo de área de figuras geométricas. Polígonos. ✓ Calculo de superficies y volúmenes de sólidos regulares. 	
II	<p>FUNCIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Definiciones: Plano cartesiano, ordenada, abscisa, par ordenado, tríada ordenada y abscisa al origen, relación, función notación de función, dominio, contradominio, variable dependiente e independiente. ✓ Graficas de relaciones y funciones líneas y cuadráticas. Tipo d variación. ✓ Dominio y contradomino de funciones. ✓ Operaciones con funciones: suma, diferencia, producto y cociente. ✓ Composición de funciones y funciones compuestas. Inversa de una función. ✓ Aplicaciones: Generación de funciones a partir de ecuaciones y fórmulas. ✓ Funciones polinominales de grado mayor que dos: algoritmo de la división para polinomios, división sintética, teorema del residuo y del factor, raíces de un polinomio y regla de signos de descartes, elaboración de gráficas utilizando computadora. 	9
III	<p>SISTEMAS DE ECUACIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Pareja ordenada solución de un sistema de ecuaciones con dos incógnitas. ✓ Método para resolver sistemas de ecuaciones líneas y no líneas con dos incógnitas: método grafico, de eliminación algebraica y regla de Cramer. ✓ Triada ordenada, planos y solución de un sistema de ecuación con tres incógnitas, eliminación algebraica y regla de Cramer. ✓ Métodos para resolver sistemas de ecuaciones con tres incógnitas: eliminación algebraica y 	6

	<p>regla de Cramer.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Solución de problemas aplicados utilizando sistemas de ecuaciones. 	
IV	<p>FUNCIONES LOGARÍTMICAS Y EXPONENCIALES</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Funciones exponencial. Grafica ✓ Función logarítmica. Graficas. ✓ Logaritmos naturales, comunes de otras bases. ✓ Ecuaciones logarítmicas y exponenciales. ✓ Aplicaciones. 	5
V	<p>TRIGONOMETRÍA ANALÍTICA</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ El triángulo y sus clasificaciones. ✓ Funciones trigonométricas y sus graficas. ✓ Identidades trigonométricas. ✓ Ecuaciones trigonométricas. ✓ Aplicaciones de los triángulos rectángulos y aplicaciones en triángulos oblicuángulos. ✓ Area de perímetro de polígonos. 	8
VI	<p>GEOMETRÍA ANALÍTICA</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Pendiente de una recta. ✓ Pendiente y un ángulo de inclinación de una recta. ✓ Angulo entre dos rectas en función de pendientes . ✓ Ecuaciones de la línea recta. Punto pendiente, simplificada, simétrica o canónica, ecuación general. ✓ Distancia entre dos puntos, punto medio y puntos intermedios de segmentos de rectas. ✓ Distancia entre dos rectas paralelas. ✓ Distancia entre un punto y una recta. ✓ Area de triángulos y polígonos por medio de determinantes. ✓ Desmembraciones de terrenos. ✓ Ecuaciones y graficas de secciones cónicas: circunferencia, parábola, elipse e hipérbola. 	10

Segundo ciclo académico anual del 3/05/05 al 13/08/2005.....45 periodos.

V. METODOLOGÍA DEL DOCENTE

- ✓ Clase magistral expositiva.
- ✓ Análisis y discusión de problemas en el período de clase.
- ✓ Practica y ejercitación en clase y laboratorios.
- ✓ Actividades de campo para aplicación de conocimientos.
- ✓ Tarea y laboratorios extra-aula individual o grupales para resolver ejercicios propuestos.

- ✓ Tareas investigativas sobre aplicación de conceptos matemáticos en otros cursos de los pensus de estudios.

VI EVALUACIÓN

- Exámenes cortos (5pts. c/u) 10 pts.
- Cuaderno 5 pts.
- Conducta 5 pts.
- Tareas, comprobaciones de lectura
- Orales y laboratorios 10 pts.

Nota mínima para promover el curso: 61 puntos. Requisitos para examen final de la parte teórica, zona mínima de 36 puntos de 75 puntos.

- 5 evaluaciones de aprendizaje a 3 puntos cada una. Tres tareas investigativas a 5 puntos c/u, geometría, funciones y trigonometría.

VII BIBLIOGRAFÍA

1 BARNETT, R.A 1990 Álgebra y trigonometría 3ra ed. Tr. Por Diego Edmundo Barahona Peña. Grupo editorial Mcgraw-Hill. México D.F. 183 P.

2. BARNETT, R.A Y URIBE J.A. 1994. Matemáticas 4. 2da. Ed. Adaptada. Editorial Mcgraw-Hill/interamericana. Bogota, Colombia 494 p.

3. BALDOR, J.A. 1984. geometría Plana y del espacio y trigonometría. 2da. Ed. Publicaciones Culturales, S.A. México D:F. 423 p.

4. SWOKOWSKI, EW. 1990. Álgebra y trigonometría con geometría Analítica 3ra. Ed. Tr. Por Maria Trigueros. Grupo editorial Mcgraw-Hill/intramericana. Bogota Colombia. 657 p.

Anexo 3: programa del curso de Estudio del agua

I. DESCRIPCIÓN DEL CURSO

Este curso esta diseñado para que el estudiante conozca el recurso agua en todas las dimensiones en que afecta la vida humana , comprendiendo las propiedades del agua y su comportamiento en el universo, así como las razones y procedimientos para poner el recurso agua al alcance de las personas e instituciones que usan este recurso en el mejoramiento de as condiciones de vida.

II. OBJETIVOS

Estudiar las leyes y principios que rigen el comportamiento del recurso agua, para utilizarlos en la solución de los diversos problemas que plantea su aprovechamiento. Adquirir destrezas en los diversos mecanismos para ubicar el agua en los lugares donde se necesario.

III. CONTENIDOS

III.1 SINTETICO

1. Generalidades y definiciones
2. Propiedades físicas del agua
3. La cuenca hidrográfica
4. Precipitación y
5. evaporación
6. aforo de Corrientes
7. Hidrostática
8. Ecuación del movimiento del agua
9. Circulación del agua en tubería y canales abiertos
10. Introducción al conocimiento de maquinas hidráulicas

III ANALÍTICO

UNIDAD I

Introducción
 Importancia del recurso agua
 El ciclo hidrológico

UNIDAD 2

Propiedades físicas del agua
 Masa, peso, peso específico
 Viscosidad, tensión superficial
 Cohesión, adhesión

UNIDAD 3

La cuenca hidrográfica
 Definición, delimitación, red de drenaje

UNIDAD 4

Precipitación
 Formas y tipos, su medición
 Variación y registro

UNIDAD 5

Evaporación y evapotraspiración
 Conceptos y definiciones, medición de la Evaporación Medición y estimación de la
 evaporatrasnpiración

Uso consultivo

UNIDAD 6

Aforo de corrientes.

Conceptos y definiciones, métodos de volumen y tiempo, métodos de selecciones hidráulicas, dispositivos mecánicos de aforo.

UNIDAD 7

Hidrostática

Presión, presión hidrostática, presión absoluta y manométrica. Ley de pascal, dispositivos para medir la presión

UNIDAD 8

Ecuaciones de movimientos de fluidos

Ecuaciones de continuidad, ecuación de bernoulli, aplicaciones practicas.

UNIDAD 9

Circulación del agua en tubería y canales abiertos

Forma de canales, secciones optimas de un canal, diseño de canales de concreto y tierra, numero de Reynolds, coeficiente de fricción.

Ecuaciones de fricción, tipos de tubería. Problemas de aplicación

UNIDAD 10

Maquinas hidráulicas

Clasificación

IV METODOLOGÍA

Clase magistral expositiva de 2 periodos de 1 hora por semana, practicas de campo por subgrupo de estudiantes, uso de medios audiovisuales y otros.

V. EVALUACIÓN

Primer parcial	15 puntos
Segundo parcial	15 puntos
2 exámenes cortos(5 puntos cada uno	10 puntos
practica de campo	30 puntos
examen Final	30 puntos
Total	100 puntos

4. Realizar aforos de corriente utilizando distintos métodos.

5. Dimensionar y diseñar canales abiertos y tuberías

6. Calcular y diseñar en forma practica pequeños muros y presas.

III METODOLOGÍA

Las practicas se desarrollan con grupos de estudiantes del cuarto semestre de agronomía. Se dan instrucciones especificas por cada practica. Según la naturaleza de la misma, el estudiante procede en forma individual o colectiva a su ejecución. Al finalizar la practica se hace una evaluación con base en los resultados obtenidos, discusión de los mismos, conclusiones y recomendaciones.

Se sigue el orden secuencial del curso adoptándose al sistema de rotaciones de dos días por grupo.

PRACTICA 1

Cuencas hidrográficas

PRACTICA 2

Precipitación

PRACTICA 3

Evaporación y evapotranspiración

PRACTICA 4

Aforo de corrientes

PRACTICA 5

Calculo y diseño de canales

PRACTICA 6

Calculo y diseño practico de muros y pequeñas presas.

EVALUACIÓN

La practica tiene un valor de 30% del curso, en ella se evalúan los siguientes aspectos:

Asistencia	5 puntos
Comportamiento	3 puntos
Colaboración	3 puntos
Iniciativa	3 puntos
Destreza	3 puntos
Puntualidad	3 puntos
Evaluación de practica	10 puntos

Anexo 4 programa del curso de hidraulica

UNIDAD	TEMA	METODOS DIDÁCTICOS A UTILIZAR	RECURSOS UTILIZABLES	ACTIVIDADES A REALIZAR POR ALUMNOS	PERIODO DE CLASES	TÉCNICAS DE EVALUACION
I	Conceptos Básicos de Hídricos <ul style="list-style-type: none"> ✓ Conceptualización de Hídricos ✓ La ciencia de la hidráulica unidades de medida usadas en hidráulica: ✓ Sistema Absoluto ✓ Sistema Técnico Gravitacional 	Clases Magistrales <ul style="list-style-type: none"> ✓ Demostración de método ✓ Investigaciones ✓ Uso de Retroproyector es 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pison ✓ Marcadores ✓ Libro de texto ✓ Revistas ✓ Materiales Afines 	Anotaciones <ul style="list-style-type: none"> ✓ Investigaciones ✓ Practicas de Campo 	20 periodos de clase	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Preguntas orales ✓ Reporte de investigación ✓ Prueba objetiva
II	Propiedades generales de los fluidos: <ul style="list-style-type: none"> ✓ ¿Que son fluidos? ✓ Peso específico ✓ Densidad ✓ Gravedad especifica propiedades del agua ✓ Adhesión ✓ Cohesión ✓ Osmosis ✓ Capilaridad ✓ Tensión Superficial 	Clases Magistrales <ul style="list-style-type: none"> ✓ Demostración de método ✓ Investigaciones ✓ Uso de Retroproyector es 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pison ✓ Marcadores ✓ Libro de texto ✓ Revistas ✓ Materiales Afines 	Anotaciones <ul style="list-style-type: none"> ✓ Investigaciones ✓ Practicas de Campo 	35 Periodos de clase	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Preguntas orales ✓ Reporte de investigación ✓ Prueba objetiva

	✓ Compresibilidad propiedades de otros líquidos					
III	Principios de Presión Hidrostatica ✓ Presión Unitaria ✓ Presión Atmosférica ✓ Vacío ✓ Presión Absoluta y relativa ✓ Carga de presión ✓ Presión de Vapor	Clases Magistrales Demostración de métodos Investigaciones Uso de Retroproyectores	✓ Pícaras ✓ Marcadores ✓ Libro de texto ✓ Revistas Materiales Afines	Anotaciones ✓ Investigaciones Prácticas de Campo	20 periodos de clase	✓ Preguntas orales ✓ Reporte de investigación Prueba objetiva

Anexo 5 programa del curso de Riegos y Drenajes

PROGRAMA DEL CURSO

DESCRIPCION DEL CURSO

Este curso ha sido diseñado con el fin de introducir al estudiante en el conocimiento de las técnicas y procedimientos para el aprovechamiento del agua para riego agrícola y sus aplicaciones a través de los diferentes métodos, así como un enfoque preliminar de los principios y procedimientos del drenaje agrícola como una técnica de recuperación de tierras para uso en la agricultura.

OBJETIVO DEL CURSO

1. Que el estudiante comprenda la importancia que tienen manejar el agua, como un recurso limitante en la producción, a través de las diferentes técnicas del riego.
2. Que el estudiante conozca y aplique de manera eficiente, las técnicas, principios y procedimiento en el manejo de riego agrícola.
3. Que el estudiante haga uso del riego como una herramienta para incrementar la producción agrícola del país.

CONTENIDO PROGRAMATICO

CONTENIDO SINTETICO

4. Introducción, importancia y concepto de riegos
 5. Definiciones , interrogantes y objetivos del riego del cultivo
 6. Sistema suelo
 7. Relación agua-suelo-planta
 8. Métodos de riego
 9. Calidad del agua de riego
 10. Drenaje agrícola
 11. Introducción a la fertirrigación
 12. El drenaje agrícola
- #### **CONTENIDO ANALÍTICO**

UNIDAD I

13. Importancia del riego y su situación en Guatemala y el Mundo
14. Conceptos de riego y definición
15. Interrogantes y objetivos del riego del cultivo

UNIDAD II

16. Propiedad física del suelo relacionadas con el riego
17. Textura
18. Estructura
19. Densidad aparente
20. Velocidad de infiltración
21. Permeabilidad o conductividad hidráulica

UNIDAD III

- Cisterna agua -suelo
- 22. Clases de agua en el suelo
- 23. Contenido de humedad del suelo

UNIDAD IV

- Parámetro de la humedad del suelo
- Capacidad del campo (cc)
- Porcentaje o punto de marchitez permanente (pmp)
- Humedad aprovechable por la plant(HA)
- Tensión de humedad del suelo
- Método para determinar CC
- Métodos para determinar PMP
- Humedad fácilmente aprovechable (HFA)

UNIDAD V

- Lamina de riego (LR)
- Ejercicios de aplicación de la lamina de riego (LR)

UNIDAD VI

- Métodos para determinar el contenido de humedad del suelo
- Gravimetrico
- Tacto
- Tensiometro
- Bloques de yeso
- Otros

UNIDAD VII

- Relación agua- suelo- plant
- Cuando regar con fines de planificación
- Extracción de humedad del suelo por las raíces de las plantas
- Profundidad radicular
- Tipo de suelo
- Disponibilidad del agua
- Eficiencias de riego
- Lamina neta y lamina bruta
- Intervalo de riego
- Intervalo critico de riego
- Calendario de riego
- Determinación del momento oportuno de riego basado en diferentes métodos

UNIDAD VIII

- Método de riego
- Riego por surco

- Riego por aspersión
- Riego por goteo

UNIDAD IX

- Generalidades sobre la calidad del agua para riego
- Toma de muestra de agua
- Análisis del agua de riego
- Formas de expresar el contenido o concentración de sales
- Clasificación de agua de riego
- Determinación de lamina de lavado

UNIDAD X

- Introducción a la fertirrigación
- Agronomía de la fertirrigación
- Necesidad, ventajas e inconvenientes de la fertirrigación
- Características de los fertilizantes para uso en fertirrigación
- Normas prácticas de fertirrigación
- Instalaciones de fertirrigación

UNIDAD XI

- Concepto de drenaje agrícola
- Necesidades del drenaje
- Procedimiento para resolver el problema de drenaje
- Drenaje agrícola superficial
- Drenaje agrícola su-superficial

METODOLOGÍA

- Clase magistral tres periodos de 1 hora por semana por sección
- Prácticas de campo por subgrupos de estudiantes, 5 veces por semana
- Uso de ayuda audiovisuales y otros medios

EVALUACIÓN

- Primer examen parcial.....20 puntos
- Segundo examen parcial.....20 puntos
- Práctica de campo.....35 puntos
- Examen final.....25 puntos

BIBLIOGRAFÍA

- BENAMI A – OFEN A. 1984 Irrigation Engineering, Sprinkler, Trickl Surface Irrigation. Principles. Design and, Agricultural Practices. Israel.
- CABRERA A. AGUSTÍN 1987 Manual para elaboración de calendarios de riegos URL Guatemala
- SIDITA. FACULTAD DE AGRONOMIA USAC,1986 Curso avanzado sobre diseños de métodos de riego

- CISNEROS CESAR 1986 Principios d riegos, tomo I, Cuanto regar y tono II, cuando regar. MAGA, AID, Guatemala.
- GARCIA- TEJERO F. DOMÍNGUEZ 1986 El riego, su implementación y sus técnicas, editorial dossat, Madrid, España
- PIZARRO FERNANDO 1987 Riegos localizados de alta frecuencia, goteo, micro aspersión, exudación, ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.
- SANDOVAL I JORGE 1988 Principios de riego, facultad de agronomía USAC. Guatemala
- ZIMMERMAN JOSEF D. 1985 el riego, editorial C.e.c.s.a. México.

PROGRAMACIÓN DE LAS PRACTICAS POR ROTACIÓN

ROTACIÓN No. 1 determinación de la densidad aparente, densidad real, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y velocidad de infiltración.

ROTACIÓN No. 2 lamina de riego, tiempo de riego, determinación de la evapotranspiración para varios cultivos.

ROTACIÓN No. 3 . elaboración de calendario de riego, determinación de la precipitación efectiva, determinación del intervalo critico de riego y frecuencia de riego.

ROTACIÓN No. 4. diseño de riego por surcos

ROTACIÓN No. 5 . diseño de riego por aspersión

ROTACIÓN No. 6.diseño de riego por goteo.

RIEGOS Y DRANJES PROGRAMA DE PRACTICAS

DESCRIPCIÓN DE LA PRACTICAS

Las practicas a desarrollar en el curso serán las siguientes:

- Instalación de la infraestructura de riego de la EANOR
- Determinación de la densidad aparente, densidad real, capacidad de campo.
- Punto de marchitez permanente y velocidad de infiltración
- Lamina de riego, tiempo de riego
- Determinación de la evapotranspiración para varios cultivos
- Precipitación efectivas
- Elaboración del calendario de riego y determinación del intervalo de riego critico y frecuencias de riego
- Diseño de riego por surcos
- Diseño de riego por aspersión
- Diseño de riego por goteo

OBJETIVO GENERAL DE LAS PRACTICAS

Desarrollar en el estudiante habilidades y destrezas necesarias para diseñar y operar sistema de riego.

METODOLOGÍA GENERAL

Las practicas se desarrollaran con grupos de estudiantes de octavo cuatrimestre de la carrera de agronomía. Se dará instrucciones específicas para cada practica.

Según la naturaleza de la practica, el estudiante procede en forma individual o colectiva a la ejecución de la misma. Al finalizar la practica se procederá a evaluarla, con énfasis en la presentación de resultados, discusión, conclusiones y recomendaciones de los mismos.

Se sigue el orden secuencial del curso, adaptándose al sistema de rotaciones de dos días por grupo.

Anexo 6 programa del curso de diseño de bombas

Instituto Tecnológico de Nororiente (ITECNOR)

Perito en Gestión de Recursos Hídricos

Programa del curso de bombas

Luis Josué Franco Mejía

Objetivos del curso

Que el estudiante de la carrera de Perito en Gestión de recursos Hídricos al final del curso este en capacidad:

- Entender cual es la importancia de saber el manejo de una estación de bombeo.
- Manejar de una forma apropiada una estación de bombeo y que sepa cuales son los componentes y su funcionamiento.
- Resolver problemas prácticos que se desarrollan en el campo de trabajo laboral y los resuelva.

1) Primera unidad

Definición de bombas hidráulicas

Clasificación de las bombas hidráulicas

Bombas rotodinamicas

Bombas volumétricas

Bombas gravimetriítas

2) Las bombas utilizadas para el riego

- Bombas rotodinamicas.
- Clasificación según la dirección del flujo:
 - Centrifugas o de flujo radial:
 - De hélice o de flujo axial:

- Diagonales o de flujo mixto:

3) Alturas de elevación

Aspiración

Impulsión

Tubería de Aspiración

Tubería de impulsión

Fase de Aspiración

Fase de impulsión

- Altura geométrica de aspiración (H_s)
- Altura geométrica de impulsión (H_i)
- Altura geométrica de elevación
- Altura manométrica de aspiración (H_{ms})
- Altura manométrica de impulsión (H_{mi})
- Altura manométrica total o altura total de elevación (H_t)

4) Bombas centrifugas

- Componentes de una bomba centrifuga
- Impulsor
- Definición de distribuidor
- Definición de difusor
- Clasificación de los difusores

5) Tipos de grupos de bombeo

- Bombas horizontales
 - Grupo horizontal con motor eléctrico
 - Grupo horizontal con motor diesel
 - Grupo horizontal con tractor
- Bombas verticales
 - Componentes
- Bombas sumergidas
 - Componentes

6) Parámetros de funcionamiento

- Caudal
 - Presión, carga hidráulica, altura manométrica total o dinámica
 - Perdidas de presión del sistema
- Potencia

7) Ejercicios de aplicación

El curso de bombas se impartirá mediante clases magistrales, exposiciones de grupo también se realizarán giras de trabajo a las empresas encargadas de la distribución del equipo y accesorios para el funcionamiento de una bomba.

Los materiales necesarios para el curso son:

Pizarra,
Marcadores
Borradores de pizarra.

Evaluación

Examen	60 puntos.
Zona	40 puntos.
Total	100 puntos.

**Anexo 7 programa del curso de diseño de sistemas de agua potable
Instituto Tecnológico de Nororiente (ITECNOR)
Perito en Gestión de Recursos Hídricos
Programa del curso de Diseño de tuberías de agua potable
Luis Josué Franco Mejía**

Objetivos del curso

Que el estudiante de la carrera de Perito en Gestión de recursos Hídricos al final del curso este en capacidad:

- Entender cual es la importancia de saber el manejo de una estación de bombeo.
- Manejar de una forma apropiada una estación de bombeo y que sepa cuales son los componentes y su funcionamiento.
- Resolver problemas prácticos que se desarrollan en el campo de trabajo laboral y los resuelva.

1) El ciclo agua-alcantarillado

Importancia del agua y de las aguas negras
Sistema de abastecimiento de agua
Drenaje de agua pluvial
Tratamiento del agua
Tratamiento de aguas negras

2) Volumen de agua de lluvias

- Escurrimiento
- Estimación del rendimiento de una cuenca

- Formulas empíricas del escurrimiento para un abastecimiento de agua
- Investigación de la fuente y su rendimiento
- Calidad del agua superficial
- Caudal de avenida
- Filtración y absorción
- Evaporación
- Agua subterránea

3) Uso del agua y volumen de aguas negras

Tipos de usos de agua

Consumo domestico

Uso comercial e industrial

Uso publico

Usos especiales del agua

Fugas

Factores que afectan el uso y desperdicio del agua

Uso de agua para proyecto

Flujo de negras aguas domesticas

4) Hidráulica de los conductos de agua y aguas negras

- Flujo en las tuberías de agua
- Flujo en las alcantarillas
- Velocidades limites en las alcantarillas
- Proyecto de alcantarillas a tubo de lleno
- Proyecto de alcantarillas a medio llenar
- Proyecto de alcantarillas no circulantes

5) Tuberías para los sistema de agua y alcantarillado

- Tuberías de agua de hierro fundido
- Tubos de asbesto-cemento
- Tubos de servicio
- Tubo de concreto
- Tubo de acero
- Tubo pvc
- Electrolisis
- Golpe de ariete
- Espesor de tubo de metal
- Accesorios para los sistemas de agua
- Tubo de alcantarilla de concreto
- Alcantarilla de otros materiales
- Accesorios para alcantarillas
- Entronques de alcantarillas grandes

- Cargas en los tubos en las zanjas

6) Distribución de agua

- Necesidades del sistema de distribución
- Tipos de sistemas de distribución
- Tamaños mínimos de tubos
- Calculo de los tamaños en un sistema de extremo muerto
- Flujo en tubos conectados entre si
- Expansión de un sistema de distribución de extremos muertos
- Uso de nomograma

Flujo desde depósitos o tanques elevados

Almacenamiento de distribución

Tendido de las tuberías

Construcción de las tuberías

El curso de Diseño de tuberías de agua potable se impartirá mediante clases magistrales, exposiciones de grupo también se realizaran giras de trabajo a las empresas encargadas de la distribución del equipo y accesorios para el funcionamiento de una bomba.

Los materiales necesarios para el curso son:

Pizarra,

Marcadores

Borradores de pizarra.

Tubos de pvc de diferentes diámetros

Accesorios

Evaluación

Examen	60 puntos.
Zona	40 puntos.
Total	100 puntos.