

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**MANEJO Y OPERACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO EN CAÑA DE
AZÚCAR EN LA EMPRESA AZUCARERA TRES VALLES EN SAN JUAN DE
FLORES FRANCISCO MORAZÁN**

POR:

OLBAN ADALID ESPINOZA ESPINAL

TRABAJO PROFESIONAL SUPERVISADO



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

JUNIO, 2016

**MANEJO Y OPERACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO EN CAÑA DE
AZÚCAR EN LA EMPRESA AZUCARERA TRES VALLES EN SAN JUAN DE
FLORES FRANCISCO MORAZÁN**

POR:

OLBAN ADALID ESPINOZA ESPINAL

Ing. MANUEL CHAVARRÍA

ASESOR PRINCIPAL.

TRABAJO PROFESIONAL SUPERVISADO

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

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

JUNIO, 2016



UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE PRACTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

Reunidos en el Departamento Académico Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional de Agricultura el: **ING. MANUEL ALBERTO CHAVARRÍA SIERRA**, miembro del Jurado Examinador de Trabajos de P.P.S.

El estudiante **OLBAN ADALID ESPINOZA ESPINAL** del IV Año de la carrera de Ingeniería Agronómica, presentó su informe.

“MANEJO Y OPERACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO EN CAÑA DE AZÚCAR EN LA EMPRESA AZUCARERA TRES VALLES EN SAN JUAN DE FLORES FRANCISCO MORAZÁN”

El cual a criterio del examinador, APROBO este requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

Dado en la ciudad de Catacamas, Olancho, a los veinte días del mes de Junio del año dos mil dieciséis.

ING. MANUEL ALBERTO CHAVARRÍA SIERRA

Consejero Principal

DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de vivir, sabiduría, entendimiento, razonamiento, por estar en los momentos más buenos y difíciles de mi vida durante mi carrera y por todas sus bendiciones que me ha dado.

A mi Padre Juan Espinoza y a mi Madre Josefina Espinal por su apoyo incondicional, y la herencia que me han regalado que es mi formación académica y por inculcar muchos valores humanos en mí persona.

A mis hermanos Luis, Juan, Jairo, David y Eliazar por su apoyo, consejos y palabras que me ayudaron mucho a seguir adelante en mi carrera.

AGRADECIMIENTOS

Muy agradecido con Dios por permitirme culminar mi trabajo profesional supervisado y mis estudios de pregrado.

A mi asesor Ing. Manuel Chavarría, por su valioso apoyo y ayuda durante la redacción y realización de la práctica.

A la Universidad Nacional de Agricultura por la oportunidad de estudio y hacer de mi un buen profesional de las Ciencias Agrícolas.

A la empresa CATV por la oportunidad de realizar en sus instalaciones el desarrollo de la práctica profesional.

A los ingenieros (as). Prisca Rivera, Edson Gallegos, Moisés castellanos, Walter Rubio por su asesoría en el trabajo realizado y a todos los trabajadores de CATV que me apoyaron durante el periodo de la realización de la práctica.

A mis padres Juan Espinoza y Josefina Espinal por su gran apoyo en todos los momentos de mi carrera.

A mis compañeros de la clase “Jetzodian” a todos mis compañeros de sección por su amistad, apoyo y todos los momentos de la vida estudiantil en nuestra estadía en la universidad.

CONTENIDO

	Pág.
ACTA DE SUSTENTACIÓN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
LISTA DE CUADROS	vii
RESUMEN EJECUTIVO	viii
I INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo General.....	2
2.2 Objetivos Específicos	2
III REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.1 Historia del riego por goteo	3
3.2 Riego por goteo en caña de azúcar	3
3.3 Operación del sistema de riego en caña de azúcar	4
3.4 Manejo del sistema de riego	4
3.5 Componentes de un sistema de riego por goteo	5
3.6 Medición de humedad con Reflectometría de Dominio Temporal (TDR).....	6
3.7 Fertirrigación	7
3.7.1 Sistemas de inyección.....	8
3.8 Mantenimiento de Sistema de Riego por Goteo.....	8
3.8.1 Lavado del sistema de riego por goteo	9

3.8.2 Lavado de filtros.....	9
3.8.3 Tratamiento de peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) en sistemas de riego.....	10
3.10 Necesidad de agua de los cultivos	11
3.11 Medición del coeficiente del cultivo (Kc) de caña a través de Lisímetros.....	12
IV MATERIALES Y METODO	14
4.1 Descripción de lugar.....	14
4.2 Materiales y equipo	14
4.3 Metodología.....	15
4.4 Descripción de las actividades desarrolladas en la práctica profesional	15
4.4.1 Identificación de los componentes del sistema de riego por goteo en la finca Granadilla	15
4.4.1.2 Componentes de la estación de riego de Granadilla.....	15
4.4.2 Sistema de fertirriego.....	16
4.4.2.1 Componentes del sistema de fertirriego	17
4.4.3 Muestreo de agua para realizar el Fertirriego.....	17
4.4.3.1 Parámetros para la aplicación del fertirriego.....	18
4.4.4 Tipos de tuberías utilizadas en el sistema de riego.....	18
4.4.5 Sistemas de válvulas del cabezal de riego.....	19
4.4.6 Medidores de presión	19
4.4.7 Mantenimiento del sistema de riego.....	19
4.4.7.1 Limpieza del canal y cárcamo	20
4.4.7.2 Reparación de cintas de riego.....	20
4.4.7.3 Mediciones de presión de líneas emisoras.....	21
4.4.7.4 Lavado del sistema	21

4.4.7.5 Tratamiento de peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) en sistemas de riego por goteo	22
4.4.7.6 Control de calidad de reparaciones de riego por goteo	22
4.4.8 Configuración de sistema de riego en caña de azúcar	23
4.4.9 Aplicación de fertirriego desde la planta de mezcla hacia la finca Sociedad Rosario, Azacualpa.	25
4.4.9.1 Orden de aplicación de Fertilizantes	25
4.4.10 Medición de humedad con Reflectometria de Dominio Temporal (TDR-300) en lotes de la Finca de Higo Gacho.	26
4.4.11 Selección de puntos para las mediciones de TDR en los lotes de la finca San José	27
4.4.12 Medición de los bordes que se encuentran en los lotes de la finca de san Jose	28
4.4.13 Calculo de lámina de riego	28
4.4.13.1 Fórmula para el cálculo del Etc programado.....	29
4.4.13.2 Fórmula para el cálculo de las horas de riego por día programadas.....	29
4.4.13.3 Fórmula para el cálculo de mm de riego aplicados.	29
4.4.13.4 Identificación de matriz de Excel para cálculo de lámina de riego	30
4.4.14 Toma de datos del lisímetro.....	31
V RESULTADOS	33
VI CONCLUSIONES	35
VII RECOMENDACIONES	36
VIII BIBLIOGRAFÍA	37
ANEXOS	42

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Calibración del sistema de riego en la finca Laberinto.	24
Cuadro 2. Fertilización realizada en qq/turno	26
Cuadro 3. Matriz utilizada para la programación de riego semanal de la empresa azucarera tres valles	30

Espinoza Espinal, OA, 2016. Manejo y operación de sistema de riego por goteo en caña de azúcar en la empresa Azucarera Tres Valles en San Juan de Flores Francisco Morazán. Trabajo Profesional Supervisado Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas Olancho, Honduras C.A 45 pág.

RESUMEN EJECUTIVO

El riego por goteo ha despertado en los últimos años un interés creciente en la agricultura debido a que su baja presión de trabajo con menor coste energético, junto con otras potenciales ventajas comparativas, puede hacerlo más rentable que otros sistemas de riego. Los sistemas de riego que cuentan con un mantenimiento y forma de operación adecuada son sistemas que nos brindaran mayor eficiencia, mostrando mayor calidad de trabajo y mayor durabilidad. La importancia de que a los sistemas de riego se les brinde el mejor mantenimiento posible asegura la eficiencia y la producción de nuestros cultivos en nuestros campos de producción. Por esta razón se realizó este trabajo con el objetivo del involucramiento a distintas actividades de trabajos operacionales y de mantenimiento que se aplican en los sistemas de riego por goteo de la Compañía Azucarera Tres Valles (CATV). Tomando como referencia determinar con amplio criterio técnico, la calidad de la ejecución de las actividades que se implementan en los sistemas de riegos en el cultivo de caña de azúcar y documentando cada actividad para obtener un registro de la metodología que es aplicada en cada actividad del mantenimiento y operación de los sistemas de riego por goteo.

Palabras clave: Riego por goteo, mantenimiento, presión, eficiencia, sistema de riego, operación del sistema, caña de azúcar.

I INTRODUCCIÓN

El cultivo de caña de azúcar es una de las más importantes actividades agrícolas en Honduras y representa un importante rubro en la economía centroamericana. La Compañía Azucarera Tres Valles S.A. de C.V. (CATV) tiene como objetivo aprovechar al máximo la capacidad instalada de la empresa, por lo cual y ante los retos de la globalización se hace necesario producir con eficiencia (Reynerio, 2004).

El suministro artificial de agua al cultivo de caña de azúcar, es una actividad que se emplea para obtener el máximo beneficio de los recursos hídricos y elementos tecnológicos de tal forma que permita hacer la actividad agrícola más rentable, competitiva y sostenible (Vargas, 2008).

El riego por goteo, a pesar de tener un alto costo de instalación, ha demostrado ser el más eficiente, pues permite la aplicación del agua localizada en la zona radicular, minimizando pérdidas por evaporación con la cual se logra obtener hasta un 40% de ahorro de agua. Además de la eficiencia, el suministro de fertilizantes a través del sistema de riego, fertirrigación, permite un aprovechamiento del 100% de la nutrición y así mismo una uniformidad en el desarrollo de la caña de azúcar (Wiedenfeld, 2003).

La Compañía Azucarera Tres Valles es una empresa dedicada al cultivo, de caña de azúcar y productos derivados de la misma. Por ende realizar el trabajo profesional supervisado en una empresa de gran importancia como esta, posibilita aclarar las tendencias profesionales del estudiante acorde con la formación recibida en la Universidad Nacional de Agricultura, además que permite desarrollar y perfeccionar; conocimientos y destrezas. La práctica le facilita la adquisición de conocimiento en el área del manejo de riego por goteo.

II OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Identificar, describir y participar en las actividades que se realizan en el manejo y operación de riego por goteo desarrollados por la Empresa Azucarera Tres Valles para optimizar la producción de caña de azúcar.

2.2 Objetivos Específicos

Describir los métodos y procedimientos técnicos que aplica la Empresa Azucarera Tres Valles para elaborar la operación y mantenimiento en sistemas de riego por goteo para conservar la uniformidad del riego en el cultivo de caña de azúcar.

Identificar y evaluar los componentes del sistema de riego que tienen mayor demanda de mantenimiento para un funcionamiento correcto del sistema.

III REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Historia del riego por goteo

El riego por goteo se ha utilizado desde la antigüedad cuando se enterraban vasijas de arcilla llenas de agua con el fin de que el agua se infiltrara gradualmente en el suelo. El riego por goteo moderno se desarrolló en Alemania hacia 1860 cuando los investigadores comenzaron a experimentar la subirrigación con tuberías de arcilla para crear una combinación de sistema de drenaje. En los años 1920 tuberías perforadas fueron utilizadas en Alemania y con la llegada de los plásticos modernos después de la segunda guerra mundial fueron posibles numerosas mejoras. La moderna tecnología de riego por goteo fue inventada en Israel por Simcha Blass y su hijo Yeshayahu. En lugar de liberar el agua por agujeros minúsculos que fácilmente se podían obstruir y el agua se liberaría por tuberías más grandes y largas contando con emisores (Figueroa, 2012).

En Honduras los primeros sistemas de riego por goteo aparecen a mediados de la década de los 70's en el sur del país debido al ahorro de agua que se implementa en este sistema (Camosa, 2015).

3.2 Riego por goteo en caña de azúcar

En la actualidad, la escasez del agua para uso agrícola obliga al hombre al empleo de sistemas de riego más eficientes, tal como lo representa el riego por goteo (Tijerina, 2000).

El cultivo de caña de azúcar es uno de los cultivos que demanda grandes cantidades de agua para su óptimo desarrollo y producción de altos rendimientos en campo es por ello que los

últimos años se hacen inversiones en equipos de riego por goteo con el propósito de incrementar la eficiencia del agua lo cual permita incrementar la producción y el sostenimiento de la productividad (Salazar, 2005).

La expansión que vive el riego por goteo se debe, principalmente, a que hace posible un control preciso en la aplicación del agua. Su implantación se justifica, en particular, en las zonas con cultivos intensivos donde el agua es francamente escasa. Por otra parte, es frecuente allí la aportación de nutrientes con el agua de riego (Losada, 1995).

3.3 Operación del sistema de riego en caña de azúcar

Los riegos se realizan de acuerdo al desarrollo del cultivo y a la evaporación mediante lecturas de tensiómetros (medidores de humedad del terreno), la lámina de riego para la caña de azúcar, aplicada por el sistema de riego esto dependerá del clima y suelo con el que se trabaje. La frecuencia de riegos es diaria y más en los meses de mayor demanda cuando no hay lluvias y las aplicaciones de agua se suspenderán un mes antes de la cosecha (Salazar, 2005).

3.4 Manejo del sistema de riego

El manejo del riego consiste en lograr reponer a la planta el agua requerida para su desarrollo, en la cantidad y momento adecuado el cual se puede dividir en dos etapas. Una que corresponde a la programación o calendarización de riego y otra al control de éste. El control se realiza a través del equipo de riego, de la humedad del suelo o del estado hídrico de la planta (Ferreira, 2005).

La programación del riego por goteo se realiza a partir del cálculo de la demanda bruta de agua del cultivo. Es necesario contar con un sistema de control del riego. El sistema de control

del riego implica tanto el control del funcionamiento del equipo de riego como el de la distribución de la humedad del suelo. Adicionalmente, es recomendable llevar un control del estado hídrico de las plantas (Ferreira, 2005).

3.5 Componentes de un sistema de riego por goteo

El cabezal de riego comprende un conjunto de aparatos que sirven para tratar, medir y filtrar el agua, comprobar su presión e incorporar los fertilizantes. Existe una gran variedad de cabezales, aunque los elementos básicos son: (equipo de tratamiento del agua, filtros, equipo de fertilización) son comunes a todos ellos y varían según la calidad del agua, grado de automatismo y características de los materiales (Fuentes, 2002).

Los componentes fundamentales de una instalación de riego por goteo son los siguientes:

- Cabezal de riego.
- Red de distribución.
- Emisores o goteros.
- Dispositivos de control.

Del cabezal depende en gran parte el éxito o fracaso del riego, por lo que debe prestarse una gran importancia a su instalación, ya que desde él se regula el suministro de agua y un gran número de prácticas agrícolas, tales como la fertilización y la aplicación de pesticidas (Fuentes, 2002).

La red de distribución el agua que ha pasado por el cabezal de riego (equipo de bombeo, sistemas de prefiltrado, filtrado, incorporación de fertilizantes, etc. Pero todo esto persigue un objeto único hacer llegar el agua a las plantas del cultivo, para ello es necesario contar con un sistema o red de conducción, la que está compuesta por las tuberías de conducción, líneas emisoras y emisores (Ferreira et al. 2006).

Los accesorios o dispositivos de control son el conjunto de elementos que permiten regular el funcionamiento de una instalación de riego y contribuye, por tanto a obtener la mayor eficiencia del mismo. Comprende tanto los aparatos que se tienen en el cabezal para control, como equipo de campo para conocer la humedad del suelo, el momento y el requerimiento de riego, válvulas reguladoras de presión, válvulas reguladoras de control de flujo y caudal (Lopez, s.f).

3.6 Medición de humedad con Reflectometría de Dominio Temporal (TDR)

La Reflectometría de Dominio Temporal (TDR) es un método indirecto, rápido, no destructivo y preciso para determinar la humedad del suelo, el cual es ampliamente usado en estudios de escala puntual el manejo del contenido de humedad en el suelo es una variable importante para lograr una producción agrícola óptima, y se requiere, además, en estudios hidrológicos para apoyar la estimación de balances de agua, entre muchas otras aplicaciones edafológicas. El método estándar de medición del contenido de humedad del suelo es el método gravimétrico, el cual se usa para calibrar y evaluar a los demás métodos. Requiere de calibraciones para cada sitio de uso y es muy sensible a otras propiedades del suelo (Medina et al. 2009).

Los métodos que estiman el contenido de agua con base en propiedades dieléctricas del suelo superan las imprecisiones de aquéllos basados en radiaciones. Uno de estos métodos es el de TDR. El fundamento de este método es que la constante dieléctrica del agua es muy alta en comparación con la del suelo completamente seco. Esta disparidad de la constante dieléctrica hace que los métodos basados en dicha constante sean poco sensibles a los componentes del suelo. La constante dieléctrica depende de la frecuencia del campo eléctrico que se aplique para el caso del TDR, el valor de la constante dieléctrica aparente (K_a) no se determina para todas las frecuencias, sino que se determina sólo para el rango más sensible de frecuencias, que para suelos húmedos se ubican entre 50 y 10 GHz (Medina et al. 2009).

Para predecir el contenido volumétrico de humedad del suelo θ con un equipo TDR, se requiere de una función que relacione la constante dieléctrica aparente (K_a) con θ . La función más usada ha sido la polinómica de tercer grado desarrollada por (Topp et al. 1980), conocida como ecuación universal, cuya principal ventaja es que no requiere de la determinación de ningún parámetro del suelo (Medina et al. 2009).

El principio bajo el cual trabaja el TDR involucra la medición del tiempo en que una onda electromagnética a lo largo de una guía. La velocidad de la onda en los suelos depende de la permisibilidad dieléctrica en bruto (ϵ) para el suelo. El hecho de que el agua ($\epsilon = 80$) tiene una constante dieléctrica mayor que la del aire ($\epsilon = 1$) o los sólidos del suelo ($\epsilon = 3-7$) se explota para determinar el contenido volumétrico de agua. El contenido volumétrico de agua medido por el TDR es un promedio a lo largo de la guía (Spectrum,.s.f)

La electrónica en el TDR genera y mide el regreso de una señal de alta energía que viaja hacia abajo y de regreso, por el suelo, a lo largo de una guía compuesta por las dos barras intercambiables de acero inoxidable. El volumen de muestreo es un cilindro elíptico que se extiende por aproximadamente 3 centímetros hacia fuera de las barras. La información de la señal de alta frecuencia luego se convierte en contenido volumétrico de agua (Spectrum,.s.f).

3.7 Fertirrigación

La fertirrigación es una técnica de aplicación de abonos disueltos en el agua de riego a los cultivos. Resulta un método de gran importancia en cultivos regados mediante sistemas de riego localizado (goteo), aunque también se usa, en menor medida, en sistemas de riego por aspersión (equipos pivote y cobertura total). La diferencia principal entre estos sistemas es que en el riego localizado no se moja toda la superficie, mientras que esto sí sucede en riego por aspersión. El objetivo principal de la fertirrigación es el aprovechamiento del flujo de agua del sistema de riego para transportar los elementos nutritivos que necesita la planta hasta

el lugar donde se desarrollan las raíces, con lo cual se optimiza el uso del agua, los nutrientes y la energía, y se reducen las contaminaciones si se maneja adecuadamente (SIAR, 2005).

3.7.1 Sistemas de inyección

Los equipos de inyección permiten aplicar fertilizantes en el sistema, junto con el agua de riego (fertirrigación). Para realizar esta operación se utilizan tanques en donde se prepara la solución madre del fertilizante con agua y desde donde es inyectada a la red de riego. Los sistemas de inyección son básicamente tres: uso de inyector que utiliza la presión del agua en la red de cañerías (inyector tipo Venturi), uso de bombas auxiliares y la inyección por succión positiva en el chupador de la bomba (Ferreira, 2005).

3.8 Mantenimiento de Sistema de Riego por Goteo

Un sistema diseñado adecuadamente y al cual se le ha dado el mantenimiento apropiado debe de durar más de 20 años. Un programa de mantenimiento incluye: limpiar los filtros, lavar las líneas, inyectar ácidos. Si se llevan a cabo estas medidas preventivas, se puede evitar la necesidad de hacer reparaciones mayores, como reemplazar las partes dañadas y se puede extender la vida del sistema (Enciso et al. 2001).

El propósito del mantenimiento preventivo es prevenir que los emisores se tapen, ya que los sólidos suspendidos, la precipitación de magnesio y calcio, los óxidos y el sulfuro de manganeso-fierro, las algas, las bacterias y las raíces de las plantas pueden tapar los emisores. Asegúrese que su sistema tenga un medidor de flujo y un par de medidores de presión (manómetros) un manómetro debe estar colocado antes de los filtros y otro después de los filtros. Hágale una inspección rápida a estos instrumentos diariamente. Estos indican si el sistema está funcionando adecuadamente. Si el regulador de presión indica una lectura de presión baja significa que una sección tiene una fuga o que un tubo está roto. Una diferencia

en la presión entre los filtros puede significar que los filtros no están limpios y que se necesitan lavar (Enciso et al. 2001).

3.8.1 Lavado del sistema de riego por goteo

El lavado del sistema de riego reducirá al mínimo la acumulación de contaminantes, expulsándolos del mismo. El lavado del sistema implica la apertura de las válvulas de purga en la línea principal, las líneas secundarias o regantes mientras se hallan bajo presión. Este procedimiento aumenta la velocidad del flujo del agua dentro de la tubería o las líneas regantes para limpiar de contaminantes las paredes internas y/o los filtros del gotero arrastrando y eliminando de este modo los contaminantes hacia fuera del sistema (Netafim,2012).

El control de las obstrucciones tiene como objetivo prevenir y limpiar de impurezas la instalación para que el agua sola o con los fertilizantes llegue limpia a los goteros. Según el tipo de obstrucciones puede ser relativamente fácil su prevención, como ocurre con las partículas minerales que lleva el agua en suspensión. La diferencia de presión de los manómetros incorporados nos indicarán el grado de suciedad que ha sido retenida, procediendo, en su caso, a su limpieza y eliminación de dichas partículas (Reche, 2002).

3.8.2 Lavado de filtros

Sirven para retener impurezas, partículas, sólidos en suspensión que contiene el agua de riego y evitar que pasen al resto del sistema, pues de lo contrario se presentarán obturaciones en los goteros, este constituye el principal problema en los sistemas de riego localizado (goteo). Por ello es importante tener los filtros adecuados, que eviten el paso de cualquier elemento que pueda provocar obturaciones a nivel de los goteros (Ferreira et al. 2006).

La limpieza de los filtros de arena puede ser manual o automática, realizándose cuando la arena se aglutina y reduce el paso del agua. Para ello, se hace retroceder el agua en sentido ascendente, desplazando y agitando la arena por efecto de la corriente de agua de tal forma que la suciedad se expulsa por la parte superior del filtro (Reche, 2002).

3.8.3 Tratamiento de peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) en sistemas de riego

Limpiador desinfectante ácido, bajo en espuma para sistemas de riego en el sector agrícola. Actúa como higienizante por la acción oxidante sobre la materia orgánica. Se obtiene un mayor aprovechamiento del peróxido de hidrógeno por su estabilización mediante la combinación de los ácidos acéticos y peracético, cuya acción sinérgica le confiere mayor poder desinfectante. No origina productos de descomposición agresivos para el medio ambiente (QUINSA, 2013).

Anteriormente se ha utilizado el cloro, pero se ha demostrado que luego del proceso de oxidación y desinfección con éste, se produce la aparición de cloruros orgánicos que son compuestos carcinogénicos, tales como el Triclorometano, produciendo asimismo contaminación ambiental (Netafim, 2012).

- Hoy en día, el peróxido de hidrógeno es utilizado para la limpieza de filtros de malla, de discos y grava.
- Se utiliza también como agente oxidante para la fruta y los vegetales antes del almacenamiento, y para la desinfección de instalaciones públicas.
- El peróxido de hidrógeno es un agente oxidante fuerte. Libera átomos de oxígeno que reaccionan rápidamente para oxidar materia orgánica.
- Las ventajas del peróxido de hidrógeno son su rápida velocidad de reacción, su inocuidad para el medio ambiente, y que no genera subproductos peligrosos.

- El peróxido de hidrógeno es amigable con el medio ambiente; no causa contaminación del terreno, no daña los acuíferos del agua, e indirectamente pone más oxígeno a disposición del suelo y las plantas.
- La velocidad de la reacción de oxidación implica que el peróxido de hidrógeno es consumido inmediatamente al tomar contacto con el agua de riego; es biodegradable.
- La velocidad de la oxidación permite el uso del peróxido de hidrógeno para una rápida oxidación y desinfección del agua en la fuente de agua y en la estrecha proximidad de los filtros (Netafim, 2012).

3.9 Eficiencia de uniformidad de riego por goteo

La eficiencia de aplicación del agua puede ser muy alta en un sistema de riego por goteo si se logran controlar las fuentes de pérdida. Ello es posible cuando el sistema está bien diseñado, operado y mantenido. La uniformidad en la descarga de los emisores está asociada a la variabilidad propia entre goteros, su obstrucción, la topografía del terreno y las pérdidas de carga en la red. La elevación de la uniformidad no sólo permite ahorrar agua, sino que también mejora la fertilización cuando se realiza vía fertirriego y aminora los impactos ambientales asociados con la contaminación de las aguas subterráneas. De allí la importancia de evaluar la uniformidad de manera periódica en los sistemas; las evaluaciones iniciales son indicativas tanto de la calidad del diseño como de la instalación, y las siguientes lo son de las condiciones de mantenimiento y operación (Basso et al. 2008).

3.10 Necesidad de agua de los cultivos

Determinar la necesidad de agua de los cultivos y la humedad del suelo. La evaporación del agua está dada según el sitio o lugar donde la midamos, y ésta depende de factores como: horas luz, temperatura, viento, humedad ambiente, altura entre otros. Los datos de evaporación se pueden obtener de la estación meteorológica más cercana; ésta se determina midiendo la altura de agua perdida en un tanque de agua, en milímetros. Cada milímetro

equivale a un litro por metro cuadrado o diez metros cúbicos por hectárea (Briceño et al. 2012)

La cantidad de agua requerida para compensar la pérdida por evapotranspiración de un campo cultivado, se define como requerimiento de agua del cultivo. Aunque los valores para Etc (Evapotranspiración del Cultivo) y requerimiento de agua del cultivo son idénticos, el requerimiento de agua del cultivo se refiere a la cantidad de agua que necesita ser suplida, mientras que la Etc se refiere a la cantidad de agua que se pierde por evapotranspiración. El requerimiento de agua de riego generalmente, se refiere a la diferencia entre el requerimiento del cultivo y la precipitación efectiva. El requerimiento de agua de riego, también incluye agua adicional para el lavado de sales y para la compensación por la no uniformidad de la aplicación del agua (Briceño et al. 2012).

La clasificación biológica de la humedad del suelo se presenta de tres formas de cómo se encuentra el agua disponible para las plantas. El coeficiente de marchitez permanente (CMP) es el contenido máximo de humedad del suelo al cual las plantas permanecen marchitas, en ausencia de demanda atmosférica con valores que van entre diez y veinte bar. La capacidad de campo (CC) es el agua que permanece retenida en el suelo después de una lluvia y pasadas 24 horas la cual se encuentra retenida a 1/3 bar lo que dificulta la absorción por que todos los poros están llenos de agua. El agua disponible es la diferencia entre capacidad de campo (CC) y coeficiente de marchitez permanente (Duran, 2000).

3.11 Medición del coeficiente del cultivo (Kc) de caña a través de Lisímetros

Los lisímetros son tanques aislados rellenos con suelo disturbado o no disturbado en los que el cultivo crece y se desarrolla en las mismas condiciones del campo. En lisímetros de pesaje de precisión, la evapotranspiración se puede obtener con una exactitud de décimos de milímetro, donde la pérdida de agua es medida directamente por el cambio de masa y períodos pequeños tales como una hora pueden ser considerados (Olmedo et al. s.f).

La construcción de un lisímetro de pesada aportará información útil para la calibración local de K_c y las necesidades hídricas en diferentes condiciones. Además permitirá la calibración de métodos indirectos para estimar la Etc. El lisímetro de pesada construido posee las siguientes características: cada lisímetro corresponde a un cilindro de 200 litros de capacidad, con un diámetro de 57 cm y 88 cm de altura. En su interior fue colocada una capa de asfalto inclinada, para forzar el drenaje hacia un orificio dispuesto lateralmente en el fondo para este fin, y un filtro de grava para evitar las pérdidas de suelo. Estas dos capas alcanzaron un espesor de 18 cm (Olmedo et al. s.f).

El tanque reposa sobre una base rígida que a su vez apoya sobre 4 celdas de carga. Todo el sistema apoya sobre un soporte de hormigón. La señal de las celdas de carga es leída y almacenada en un recolector de datos (RD). El agua de drenaje es recolectada por un sistema por gravedad y pesada. El RD también almacena información de sensores de humedad y temperatura de suelo, ubicados dentro y fuera del lisímetro y los datos de sensores meteorológicos ubicados junto al lisímetro. (Olmedo et al. s.f).

IV MATERIALES Y METODO

4.1 Descripción de lugar

La Práctica Profesional Supervisada se realizó en la Compañía Azucarera Tres Valles en el municipio de San Juan de Flores Francisco Morazán. Altura promedio de 850 msnm. El área geográfica presenta una temperatura promedio de 28 °C y precipitaciones de 1100 mm anuales (Vargas, 2008).

La empresa Azucarera Tres Valles suministra agua al cultivo de caña de azúcar utilizando riego por goteo subterráneo, por medio de este se realizan varias actividades como ser las fertilizaciones, aplicación de fungicidas y otros tipos de productos cuando se necesita realizar algún tipo de experimento.

4.2 Materiales y equipo

En la realización de la práctica se utilizó libreta de campo, lápiz, cámara digital, computadora, medios de transporte, manómetros, medidor de humedad TDR (Reflectometría de Dominio Temporal), cinta métrica, tenaza, navaja, medidor de sólidos en suspensión, estación meteorológica, lisímetros, medidor de caudal.

4.3 Metodología

La práctica profesional se realizó de forma rotativa incorporándonos en las distintas actividades que se realizaron en la identificación del mantenimiento y operación de riego por goteo subterráneo en caña de azúcar.

4.4 Descripción de las actividades desarrolladas en la práctica profesional

4.4.1 Identificación de los componentes del sistema de riego por goteo en la finca Granadilla

La estación de riego que se localiza en la finca de Granadilla es una estación que se abastece de agua del río Choluteca la cual es traída por medio de un canal, donde el agua es llevada hasta donde se encuentra la estación de riego.

Desde la estación de riego se riegan las fincas de: Granadilla, Tronadora 2 sistema 2, Laberinto, Encuentros. Y se bombea agua hasta la laguna de Monte León arriba para regar esta finca.

4.4.1.2 Componentes de la estación de riego de Granadilla

Canal: El canal es una estructura elaborada con el propósito de desviar parte del agua que fluye a través del río con el propósito de abastecer el cárcamo de la estación de riego.

Cárcamo: Es una estructura cuyo objetivo es recolectar y mantener el suministro constante de agua al sistema de bombeo, este cárcamo está compuesto por cinco bombas eléctricas.

Bombas eléctricas: Esta estación de bombeo cuenta con 5 bombas las cuales tienen las siguientes características.

- HP: 200
- Voltaje: 460 kW
- Capacidad de bombeo: 2200 – 2400 galones por minuto.

Cada una de estas bombas es utilizada para realizar turnos de riego con la capacidad de regar en promedio 50 manzanas de área por cada turno el tiempo de riego que se realiza por bomba depende de la lámina de riego que demande el cultivo.

Sistema de filtrado: Se trabaja con un sistema de filtrado para cada bomba que está compuesto por tres filtros. Estos filtros son de grava basáltica con la capacidad de trabajar a presiones de 120 psi. La posición de los filtros va después del sistema de bombeo para filtrar el agua que va hacia las fincas donde se quiere aplicar el riego.

El sistema de filtrado es utilizado con el objetivo de evitar que sedimentos puedan introducirse en el sistema de riego y que causen obstrucciones en los goteros que puede producir cambios en las presiones causando dificultades en la uniformidad del riego.

El agua que se trabaja es del río por lo tanto es de mucha importancia el sistema de filtrado en las temporadas de invierno cuando el agua traslada demasiado sedimentos.

4.4.2 Sistema de fertirriego

El sistema de fertirriego es utilizado para la fertilización y administración de productos en las fincas que se riegan desde la estación de riego y no tiene uso constante debido a que no es utilizado frecuentemente porque el número de fertilizaciones son de diez a doce las que se administran durante todo el ciclo de la caña de azúcar.

4.4.2.1 Componentes del sistema de fertirriego

El sistema de fertirriego cuenta con tanque de capacidad de 5000 litros para aplicar los fertilizantes y disolverlos en agua con el objetivo de que el fertilizante sea disuelto en el agua antes de que sea incorporado al sistema de riego.

La capacidad del tanque es 20 quintales en cada aplicación o dependiendo la solubilidad del fertilizante cuantos quintales se pueden disolver.

La tubería utilizada para el sistema de fertirriego es de cedula menor a la tubería del sistema de riego debido a que esta tiene que soportar mayores presiones y resistencia contra el deterioro que causan los productos químicos. Desde el sistema de bombeo se cuenta con una tubería de 2" CDR 26 para realizar el llenado del tanque utilizando el mismo tipo de tubería para las líneas de incorporación de los productos al sistema.

Para la incorporación de los productos al sistema se utiliza un inyector eléctrico con el objetivo de crear una diferencia de presiones entre la del sistema de riego y la producida por el inyector logrando que los productos se introduzcan al sistema de riego. Las presiones que el inyector puede producir son de hasta 300 psi una presión muy por encima de la trabaja el sistema de riego.

Características del inyector

- Hp: 5
- RPM: 3450
- Voltaje: 208 – 230 kW

4.4.3 Muestreo de agua para realizar el Fertirriego

Para que el fertirriego pueda ser operado se necesita realizar un muestreo de agua para calcular la cantidad de sólidos en suspensión que el agua contiene, para tomar las decisiones

de aplicación del fertilizante en el sistema de riego siguiendo el procedimiento a continuación.

- Se toma la muestra de agua en el medidor de sólidos en suspensión
- Se deja en reposo durante una hora.
- Al paso de una de una hora se realiza la lectura en ppm para tomar la decisión de aplicar el fertirriego de acuerdo a los parámetros con los que se trabaja.

4.4.3.1 Parámetros para la aplicación del fertirriego

- Para realizar un riego normal sin fertilización se puede realizar el riego con menor o igual a 300 ppm de sólidos en suspensión.
- Para realizar un fertirriego se necesita que la muestra de sólidos en suspensión sea menor o igual 150 ppm para aplicar el fertilizante al sistema.

4.4.4 Tipos de tuberías utilizadas en el sistema de riego

Las tuberías principales del sistema de riego son de HG con diámetros de 12 pulgadas que llevan el flujo de agua desde la estación de bombeo hasta los filtros. Del sistema de filtrado para la distribución del agua en los lotes de las fincas se trabaja con tubería de PVC con diámetros reducidos de 4-3-2 pulgadas.

Las tuberías de trabajo para la distribución del agua en las fincas son de cedula más alta y se utilizan de CDR 32 debido a que en el campo ya las presiones han reducido. Para las líneas de goteo se utilizan cintas de tipo Tifón, MET ZER PLAS y Drip Net siendo cinta de riego con goteros auto compensados, la distancia entre cada gotero es de 0.5 m y es colocada en el campo a un distanciamiento de 1.40 m entre cinta siendo enterrada a una profundidad de 0.25

metros. Este tipo de cinta es utilizado de nueve a diez años o depende su estado o índices de producción que presenten los lotes de caña de azúcar.

4.4.5 Sistemas de válvulas del cabezal de riego

El sistema de válvulas va continuo a las bombas. Van instaladas con el objetivo de poder conectar a todo el sistema de las cinco bombas para trabajar con cualquier bomba en el sistema esto se realiza con la prevención de que una bomba se averíe y se pueda conectar otra bomba al sistema para realizar las actividades sin inconvenientes.

4.4.6 Medidores de presión

Los medidores de presión de agua (manómetros) calculan la calidad de trabajo del sistema indicando si las bombas están trabajando de forma óptima y si el sistema de filtrado está sucio o algún tipo de fuga en el sistema.

Los manómetros son instalados al inicio del sistema de filtrado y otro se encuentra en la salida del sistema del filtrado indicándonos la diferencia de presión entre la presión generada por la bomba de agua y la presión de salida de los filtros. Cuando los manómetros dan lecturas mayores de diez entre cada manómetro se indica que se está trabajando con el sistema sucio procediendo a realizar un retro lavado para la limpieza de los filtros.

4.4.7 Mantenimiento del sistema de riego

El mantenimiento al sistema de riego garantiza una vida más larga al sistema y mantener un sistema en buen estado se conservaría un riego uniforme que garantiza una producción semejante en las áreas de producción.

4.4.7.1 Limpieza del canal y cárcamo

La limpieza del canal y cárcamo es una actividad realizada una vez al año cuando finaliza la temporada de lluvias. El objetivo de esta labor es extraer todos los sedimentos que se acumulan durante todo el año para evitar las posibles averías que pueden causar los sedimentos en el sistema como obstrucciones de los equipos de trabajo.

La actividad se realiza con maquinaria pesada como retroexcavadora, volquetas, la cual se encarga de extraer todos los sedimentos acumulados a través de todo el canal que transporta el agua hacia el cárcamo.

La limpieza del interior del cárcamo se utiliza bombas para sacar el agua que se acumula durante el trabajo y la limpieza de los sedimentos se realiza con mano de obra.

4.4.7.2 Reparación de cintas de riego

Dentro las actividades de mantenimiento que se realizan son reparaciones de fugas en la cinta, y se presentan con frecuencia en los extremos en donde la cinta no está aterrada y por ende sufre más daños provocados por las ratas y otros factores.

Para las reparaciones de la cinta se utilizan: navaja, alambre, tenaza, manguera de polietileno cinta de riego y niples. Si la reparación es realizada en los extremos de la cinta se realiza con tubo de polietileno y de soporte se utiliza alambre acerado para que la reparación sea más resistente a cualquier daño ya que esta reparación es superficial.

Las reparaciones subsuperficiales se realizan con la utilización de cinta de riego de la misma del sistema y para las uniones de la reparación se utiliza niple ya que con este las pérdidas por presión son reducidas.

4.4.7.3 Mediciones de presión de líneas emisoras

Las mediciones de presión de agua en las cintas de riego se realizan con el manómetro con el propósito de comprobar que el sistema trabaje adecuadamente realizando mediciones en partes altas y bajas de los lotes debido a que el tipo de cinta con el que se trabaja en el sistema las presiones de trabajo deben ser de 7 hasta 26 psi que es cómo funciona la cinta de riego óptimamente.

4.4.7.4 Lavado del sistema

El lavado del sistema de riego reducirá al mínimo la acumulación de contaminantes, expulsándolos del mismo. Implica la apertura de las líneas secundarias o regantes mientras se hallan bajo presión. Este procedimiento aumenta la velocidad del flujo del agua dentro de la tubería o las líneas regantes para limpiar de contaminantes las paredes internas y/o los filtros del gotero arrastrando y eliminando de este modo los contaminantes hacia fuera del sistema.

El lavado del sistema debe realizarse a intervalos regulares. La frecuencia depende principalmente de la calidad del agua y por lo general se realiza después de aplicación del fertirriego.

4.4.7.5 Tratamiento de peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) en sistemas de riego por goteo

El uso de peróxido de hidrógeno para la desinfección y oxidación del agua de riego se ha difundido ampliamente en los últimos años en la empresa CATV ya que anteriormente se ha utilizado el cloro pero resulta ser más costoso y de menor calidad en la limpieza del sistema.

Las ventajas del peróxido de hidrógeno son su rápida velocidad de reacción, su inocuidad para el medio ambiente, y que no genera subproductos peligrosos, es amigable con el medio ambiente; no causa contaminación del terreno, no daña los acuíferos del agua, e indirectamente pone más oxígeno a disposición del suelo y las plantas.

En la Empresa Azucarera Tres Valles se utiliza el peróxido de hidrogeno para la limpieza del sistema realizando aplicaciones una vez al año en cada turno de riego realizándose después de la tercera fertilización con dosis de 2-3 litros por manzana.

4.4.7.6 Control de calidad de reparaciones de riego por goteo

El control de calidad de riego por goteo es una de las actividades más importantes en la empresa azucarera debido a que depende de la calidad de las reparaciones que haya un buen porcentaje de uniformidad de riego.

El control de calidad de las reparaciones es una actividad que se realiza después que es cosechado cada lote permitiendo una evaluación completa del sistema de riego. Para el muestreo de control de calidad del sistema de riego por goteo se realizan dos muestras por manzana realizándolo de la forma siguiente:

- La guaca donde se desea muestrear se revisa si hubo algún daño en la cepa o fue de nuevo sembrada en el mismo lugar donde se realizó la reparación.
- Destapada la guaca se mide el largo de la guaca en la que se trabajo
- Se mide la profundidad de la cinta en los extremos y en el medio con el objetivo de que quede a la misma profundidad en las tres mediciones para que no exista ninguna elongación o algún dobles en la manguera que pueda afectar las presiones en el sistema.
- Se verifica si los goteros están colocados en una buena posición que lo ideal es que se encuentren hacia arriba.
- Y se apunta con que se realizó la reparación si fue con niple o con manguera de polietileno.

El objetivo de la medición de todos estos parámetros es que el personal este realizando un trabajo de calidad ya que si se logra se está alargando la vida de trabajo del sistema.

4.4.8 Configuración de sistema de riego en caña de azúcar

La configuración de los sistemas de riego por goteo consiste en realizar una revisión completa de todo el sistema que esté funcionando de forma adecuada para que la descarga de los goteros sea uniforme.

El objetivo de la configuración del sistema es que este pueda trabajar al cien por ciento sin que exista ninguna fuga, que el agua llegue hasta el final de las cintas y tratar de que las presiones queden calibradas en todas las partes del sistema.

- La primera actividad que se realiza es inspeccionar todo el turno de riego buscando si hay algún tipo de fuga en el sistema o que el agua este llegando al final de todas las cintas con una buena presión.

- Con el manómetro se realiza la medición de la presión como mínimo dos mediciones por manzana tratando de cubrir las partes donde son altas y bajas o surcos que son largos y cortos para realizar una medición homogénea.
- Las mediciones correctas para que el sistema trabaje uniformemente se debe trabajar a presiones de entre 7 y 26 psi.
- Para cada finca se realiza un estudio de presiones para establecer un formato donde se presentan los lotes y las presiones con las que se debe trabajar para que el empleado pueda guiarse a través del formato.

Cuadro 1. Calibración del sistema de riego en la finca Laberinto.

Calibración de riego de finca Laberinto				
Turno	Presión de salida del filtro PSI	Lote	Presión alta PSI	Presión baja PSI
1	116	14	11	5
		15	20	11
		16	9	8
		17	17	8
		18	16	5
		19	28	27
Turno	Presión de salida del filtro PSI	Lote	Presión alta PSI	Presión alta PSI
2	100	8	24	8
		10	19	11
		11	15	12
		12	15	11
		13	9	8
Turno	Presión de salida del filtro PSI	Lote	Presión alta PSI	Presión alta PSI
3	114	9	22	11
		7	21	13
		6	18	11

4.4.9 Aplicación de fertirriego desde la planta de mezcla hacia la finca Sociedad Rosario, Azacualpa.

La fertilización se lleva a cabo desde la planta de mezcla la cual se divide en cinco turnos. El equipo de fertirriego en la planta es de mucha mayor capacidad que en las estaciones de riego en el campo. Los tanques con los que se disuelve el fertilizante tienen la capacidad de disolver hasta 48 quintales y el inyector es de mayor capacidad con 7.5 caballos de fuerza por ende la fertilización se realiza más rápido que por lo general tarda de 15 a 20 minutos la aplicación de cada fertilizante al sistema. Cuando se termina de aplicar todos los fertilizantes en cada turno se deja regando adicionalmente una hora con el objetivo de que todo el fertilizante sea distribuido en toda el área de aplicación y no queden restos de fertilizante dentro del sistema y no formen algún agregado que interfiera en las presiones de trabajo del sistema.

Los fertilizantes utilizados por la empresa CATV son de forma sólida presentándose en forma de harinas o ya sea de forma granulada pero con alto nivel de solubilidad.

4.4.9.1 Orden de aplicación de Fertilizantes

- | | |
|------------------------|-------------------------|
| 1. KCL | 5. Sulfato de manganeso |
| 2. MAP | 6. Poliqueles |
| 3. Nitrato de amonio | 7. Ácido Bórico |
| 4. Sulfato de magnesio | 8. Ácido fosfórico |

Este orden de aplicación de los fertilizantes es utilizado con el objetivo de evitar algún tipo de accidente en el sistema ya que algunos fertilizantes forman antagonismo con otros como ser el poliquel zinc y el poliquel hierro se aplican separados de poliquel boro, ácido fosfórico y MAP ya que se puede generar algún tipo de explosión. El ácido fosfórico siempre se aplica al final debido a que tiene la función de limpiar la tubería.

Cuadro 2. Cuadro de fertilización realizada en qq/turno

Turno	Área	Nitrato de amonio	Sulfato de amonio	KCL	Sulfato de zinc	Sulfato de magnesio gr	Sulfato de manganeso	Sulfato de cobre	Poliquel zinc	Poliquel hierro
1	48	22.99	18.55	9.32	27.1	303.53	16.27	10.84	86.72	18.02
2	45	21.1	17.82	8.56	24.89	278.77	14.93	9.96	78.65	13.09
3	44	20.64	17.52	8.38	24.33	272.56	14.6	9.73	77.88	13.07
4	43	20.17	17.13	8.18	23.79	266.37	14.27	9.51	76.1	13.03
5	45	21.1	17.92	8.56	24.89	278.17	14.93	9.86	88.65	13.09
Total	225	106	88.94	43	125	1399.4	75	49.9	408	70.3

4.4.10 Medición de humedad con Reflectometria de Dominio Temporal (TDR-300) en lotes de la Finca de Higo Gacho.

Es una técnica electromagnética indirecta, rápida no destructiva y precisa para estimar el contenido de humedad en el suelo.

El manejo del contenido de humedad en el suelo es una variable importante para lograr una condición agrícola óptima.

Para medir el contenido de agua de la capa superior del suelo con el TDR se introducen en el suelo dos varillas metálicas paralelas que actúan como líneas de transmisión de las ondas electromagnéticas que se envían desde el reflectómetro.

La sonda genera una pulsación de alta frecuencia (hasta 1GHz) que se propaga a lo largo de las carcassas metálicas, generando un campo electromagnético en torno a la sonda. Al final de las carcassas, la pulsación se refleja de vuelta a su origen. El tiempo transcurrido se puede medir y ello permite determinar la velocidad de propagación, que depende principalmente del contenido en agua.

La medición se llevó a cabo en los lotes 2, 3, 4, 5, 8, 10, 12 cuyos lotes cuentan con un suelo franco arenoso.

Para la toma de muestras de humedad con el TDR se realizan tres tomas de muestras de humedad en cada lote para la toma de cada muestra se realizan tres mediciones en cada punto de muestreo para sacar un promedio de humedad de todo el lote.

Muestreados los lotes la información es llevada hacia la base de datos del TDR donde los datos son clasificados dependiendo el tipo de suelo y el porcentaje de humedad que posee el lote, con esta información se clasifica si está en alta, optima e intermedia humedad dependiendo de los parámetros con los que se trabaja en la compañía.

4.4.11 Selección de puntos para las mediciones de TDR en los lotes de la finca San José

La selección de puntos para realizar las mediciones con el TDR se realiza con el propósito de medir los espacios de los lotes donde la humedad es más crítica tratando de que las mediciones sean más homogéneas en cada lote para que el riego se realice con mejor distribución y eficiencia realizándose de la siguiente forma.

- Se buscan los lugares altos y bajos de los lotes ya que son lugares en donde se presentan la mayor parte de puntos críticos.
- Con el GPS se marca cada punto para tomarlo de referencia para representarlos en los mapas de las fincas y el empleado pueda guiarse.
- Cada punto se deja marcado con una estaca y una cinta para que se note dónde se va realizar la medición con el TDR.
- Se realizan tres puntos por lote distribuidos en partes bajas y altas para que se realice una medición homogénea en todo el lote.

4.4.12 Medición de los bordes que se encuentran en los lotes de la finca de san José

Algunas fincas de la compañía no cuentan con una topografía plana con ciertos grados de pendiente y se tomó la decisión por parte de la empresa realizar las mediciones de área de los bordes que se encuentran en cada lote para tener en cuenta el área más crítica que carece de humedad y realizar mejores decisiones a las horas de riego que se van a aplicar en la finca.

Para la toma de las áreas de los bordes de los lotes solo se ocupa la ayuda del GPS el formato para la toma de datos que se realiza de la siguiente manera:

- Se buscan los puntos más altos de los lotes
- Se toma el GPS y se mide el área de todo el borde.
- Los datos obtenidos con el GPS se utilizan para marcarlos en los mapas de las fincas y esto ayudara en la toma de decisiones de riego.

4.4.13 Calculo de lámina de riego

Lamina de riego: Es el volumen de agua a aplicar en una unidad de área. El cálculo de la lámina de riego se realiza con el objetivo de aportar la cantidad de agua que necesita la caña de azúcar para su óptima producción.

Para el cálculo de la lámina de riego se necesitan los datos obtenidos por la estación meteorológica, el Kc del cultivo en su estadio, y la utilización de fórmulas para el cálculo de la lámina de riego.

El Kc utilizado en la empresa es el que proporciona la FAO para los cultivos y de este se toma referencia para la realización de los cálculos de la lámina de riegos.

4.4.13.1 Fórmula para el cálculo del Etc programado

Para el cálculo se necesita tener el Eto que se obtiene de la información que nos brinda la estación meteorológica y el Kc de acuerdo al estadio del cultivo con la eficiencia de la cinta de riego presentada en porcentaje.

$$\text{Etc Programado} = Kc * Eto / \text{Eficiencia \% (CATV, s.f)}$$

4.4.13.2 Fórmula para el cálculo de las horas de riego por día programadas.

Para el cálculo de las horas de riego se necesita el Etc programado y se multiplica por los turnos de riego que se aplican en cada finca y se divide entre los mm que aplica la cinta de riego por hora.

$$\text{Hora/día prog} = (\text{Etc prog} * \# \text{ de turnos}) / \text{MM de agua por hora de manguera (CATV, s.f)}$$

4.4.13.3 Fórmula para el cálculo de mm de riego aplicados.

Se necesitan los mm que aplica la manguera por hora y se multiplica por las horas de riego al día aplicados y se divide entre el número de turnos en los que se divide la finca.

$$\text{MM aplicados} = (\text{MM de agua por hora de manguera} * \text{Horas de riego al día}) / \# \text{ de turnos (CATV, s.f)}$$

La empresa CATV para la aplicación de todas estas fórmulas para el cálculo de la lámina de riego utiliza una matriz de Excel donde se elaboran todos los cálculos y se lleva un control de todas las aplicaciones de riego realizadas en cada finca.

Debido a que el cálculo de la lámina de riego para el cultivo de caña de azúcar es una actividad que se realiza diariamente en la empresa se ha creado una matriz en Excel donde las celdas van amarradas con otras celdas en donde solo se introducen los datos obtenidos en campo para calcular la lámina de riego de forma más rápida.

Cuadro 3. Matriz utilizada para la programación de riego semanal de la empresa azucarera tres valles.

Sistema	Día	Sem	Período	Fecha	estación Davis	kc	Hrs/día	Hrs/día a prog	Incumplimiento hrs	Nº turnos	Eto
Flor Azul	288	42	15-16	25/12/15	Max	1.15	0	13.1	-13.1	5	2.5
Flor Azul	289	42	15-16	26/12/15	Max	1.15	0	12.0	-12.0	5	2.3
Flor Azul	290	42	15-16	27/12/15	Max	1.15	0	14.6	-14.6	5	2.8
Flor Azul	291	42	15-16	28/12/15	Max	1.15	0	12.0	-12.0	5	2.3
Flor Azul	292	42	15-16	29/12/15	Max	1.15	0	19.9	-19.9	5	3.8
Flor Azul	293	42	15-16	30/12/15	Max	1.15	0	13.1	-13.1	5	2.5
Flor Azul	294	42	15-16	31/12/15	Max	1.15	0	13.1	-13.1	5	2.5

4.4.13.4 Identificación de matriz de Excel para cálculo de lámina de riego

- **Sistema:** Es la finca para la cual se está realizando el cálculo de la lámina de riego
- **Día:** Es la edad que tiene el cultivo de caña de azúcar después de cosechada la importancia es para el uso del Kc del estadio del cultivo.
- **Semana:** Son las semanas que tiene el cultivo de caña de azúcar
- **Periodo agrícola:** Es el año productivo en el que se está trabajando recientemente.
- **Fecha:** Es la fecha en la que se realiza la aplicación de riegos.

- **Estación:** Es la estación meteorológica de donde se toman los datos del ETo para la realización de cálculos.
- **Kc:** El valor de este va de acuerdo al estadio del cultivo en el que se encuentra.
- **Hrs/día:** Las horas día es un cálculo que se realiza de la resta de las horas al día programadas menos el incumplimiento de riego.
- **Horas al día programadas:** Para el cálculo de las horas de riego se necesita el Etc programado y se multiplica por los turnos de riego que se aplican en cada finca y se divide entre los mm que aplica la cinta de riego por hora.
- **Incumplimiento:** Se da cuando las horas riego no son aplicadas por completo en el día establecido
- **Numero de turnos:** El número de turnos depende de cómo este dividida la finca
- **Eto:** Este dato es tomado de la información que brinda la estación meteorológica.

4.4.14 Toma de datos del lisímetro

Un lisímetro es un dispositivo introducido en el suelo, relleno con el mismo terreno del lugar y con vegetación. Es utilizado para medir la evapotranspiración de referencia (Eto) o del cultivo (Etc). También se denomina evapotranspirómetro dependiendo de qué manera se ha hecho el procedimiento de medida.

El objetivo de realizar las mediciones de agua con lisímetro es para lograr obtener el Kc del cultivo midiendo la cantidad de agua que se logre recolectar con el lisímetro.

Se aplica la lámina de riego en mm en el cultivo y posteriormente se recolecta el agua que logra captar el lisímetro y se restan los milímetros de agua aplicados menos los mm que se

recolectan con el lisímetro y ese dato será el que representa el Etc de riego, el Eto que se va a utilizar va ser el que nos proporciona la estación meteorológica.

Para calcular el Kc del cultivo solo se necesitara el uso de la fórmula para poder realizar el despeje para encontrar el Kc.

Formula

$$\mathbf{Etc} = Eto * Kc \text{ (FAO, 2006)}$$

Despejamos para Kc

$$\mathbf{Kc} = Etc / Eto \text{ (FAO, 2006)}$$

Para las mediciones es necesario contar con una probeta graduada de 1000 ml y un balde que tenga las mediciones graduadas en litros ya que a veces las mediciones son altas.

- Estando en campo se destapan los depósitos donde se encuentra un tubo que es el que recolecta el agua y lo pasa hacia a un deposito.
- El agua que se recolecta en el depósito se mide en la probeta y se toma el dato anotando la fecha en que se realizó.
- Los datos son llevados al encargado para realizar los cálculos de Kc ya que serán utilizados con el propósito de verificar que se esté trabajando con el Kc indicado en cada estadio del cultivo de caña.

V RESULTADOS

La compañía Azucarera Tres Valles realiza diversas prácticas para el manejo y operación de sistema de riego por goteo en caña de azúcar con el fin de utilizar la tecnología más apropiada, económica y amigable con el ambiente que haga superar la meta propuesta cada año productivo. Entre las actividades en las que participo se citan las siguientes:

Identificación de los componentes del sistema de riego por goteo: fue una gira que se brindó para conocer cada componente que conforma el sistema de riego y el motivo por el cual utilizan cada componente y la forma en que opera cada uno de ellos.

Mantenimiento de sistemas de riego: consiste en realizar diferentes prácticas que nos ayuden a mantener que el sistema de riego este trabajando eficientemente como ser la limpieza de canales, lavado de todo el sistema ya sea de forma física o química, reparaciones de las cintas de riego y tomar mediciones de presión para percatarse que el sistema esté trabajando de forma eficiente.

Control de calidad de reparaciones de riego por goteo: es una actividad que se realiza después de cosechados los lotes de caña con el propósito de verificar que las reparaciones que se han realizado en los lotes se estén realizando de forma correcta por parte de los empleados y que beneficia al sistema de riego ya que las pérdidas de presiones se reducen.

Configuración de sistema de riego en caña de azúcar: es una de las actividades realizadas después de la cosecha que consiste en verificar que las presiones con las que se trabaja en cada lote estén acuerdo con las calibraciones programadas por la empresa lo que ayudara a aplicar riegos más uniformes en las fincas.

Aplicación de fertirriego: consiste en la aplicación de fertilizante para la nutrición de la caña y se aplica a través del sistema de riego por goteo el cual es aplicado durante los primeros seis meses de edad de la caña de azúcar el cual es aplicado en intervalos de cada quince días.

Medición de humedad con Reflectometria de Dominio Temporal (TDR-300): es una actividad que implica la utilización de la tecnología de Reflectometria de Dominio Temporal para el cálculo del porcentaje de humedad del suelo que ayuda en la toma de decisiones de aplicación de riego en las fincas.

Calculo de lámina de riego: reside en el cálculo de la cantidad de agua que se aplicará en un área determinada la cual se lleva a cabo con la información obtenida en campo por parte de la estación meteorológica y la ayuda del TDR.

Toma de datos del lisímetro: consiste en comprobar si el Kc con el que se está trabajando la empresa es el ideal. Esta práctica consiste en las mediciones de las cantidades que se pierden por infiltración para realizar los cálculos con las utilizaciones de las formulas.

VI CONCLUSIONES

Las reparaciones más completas que se realizan en los sistemas de riego por goteo se efectúan cuando son cosechados los lotes de caña de azúcar debido a que hay mejor acceso a toda el área. Demandando mayor cantidad de mano de obra.

Los suelos de las fincas de CATV poseen una tecnología que mide la pérdida de agua por infiltración esta tecnología sirve para medir el contenido de agua aprovechada por el cultivo y el agua que se desaprovecha después de hacer un riego. Esta tecnología es conocida como lisímetros.

Con el manejo y operación que se brinda a los sistemas de riego por goteo subterráneo en la empresa se ha logrado que el tiempo de vida útil del sistema sea de nueve a diez años de funcionamiento en especial la cinta de riego.

Los requerimientos de agua en caña de azúcar son muy altos la empresa CATV realiza aplicaciones desde 800 hasta 1,200 milímetros de agua por ciclo del cultivo. Por lo tanto es de vital importancia tener a disposición el recurso hídrico.

El mantenimiento que se le proporciona al sistema de riego por goteo en la empresa es de mucha frecuencia percatándose que funcione de forma óptima, asegurando buenos rendimientos de caña de azúcar.

VII RECOMENDACIONES

Efectuar un mayor tratamiento al agua utilizada para el riego incorporando filtros de anillo seguidos de los filtros de arena ya que se presentan grandes cantidades de sedimentos cuando se realizan los lavados del sistema.

Se recomienda que los estudios realizados con los lisímetros en la empresa se puedan aplicar en cada tipo de suelo con el que se trabaja ya que el tipo de suelo puede causar algún tipo de variación en la tabulación de datos.

Realizar aplicaciones de herbicidas preventivos que mantengan protegido el gotero de obstrucciones por raíces. El treflan es un herbicida que inhibe el crecimiento de las raíces permaneciendo en la zona cercana al gotero sin ser lavado por el agua evitando la entrada de raíces al gotero.

Brindar al trabajador el equipo y herramientas de trabajos adecuados para mejorar la seguridad y eficiencia de trabajo por parte de él.

Realizar campañas de reforestación en zonas aledañas al Río Choluteca con el propósito de ir mejorando la cuenca para garantizar buenas cantidades de agua en años futuros.

VIII BIBLIOGRAFÍA

Basso, C. Villafañe, R. Torres, S. Díaz, J. (2008). Evaluación de la Uniformidad del Riego (en línea). Maracay Venezuela Facultad de Agronomía Universidad Central. Consultado 15 abr. 2016. Disponible en ceer.isa.utl.pt/cyted/2007/ecuador2007/9_Villafane.pdf

Briceño, M. Álvarez, F. Barahona, U. (2012). Manual Riego y Drenaje (en línea). PROMIPAC Honduras. Consultado 10 de abr. 2016. Disponible en http://www.se.gob.hn/media/files/media/Modulo_5_Manual_de_Riego_y_Drenaje..pdf

Camosa, HN. (2015). Riego por goteo (en línea). Tegucigalpa Honduras, Empresa de camiones y motores. Consultado 12 de abr. 2016. Disponible en <http://www.camosa.com/por-goteo/>

CATV. (s.f). Calculo de lámina de riego (programa PC). Empresa azucarera tres valles San Juan de Flores Francisco Morazan Honduras. Consultado 10 de ene. 2016. Disponible en base de datos de Excel para el cálculo de lámina de riego diaria del cultivo de caña de azúcar.

Durán, A. (2000). Agua en el suelo (en línea). Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Consultado 16 de may. 2016. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/hidrologia/paisajismo/AGUA%20EN%20EL%20SUELO.pdf>

Enciso, J. Porter, D. Bordovsky. Fipps, G. (2001). Dándole mantenimiento a los sistemas de riego por goteo Subsuperficiales (en línea). Texas cooperativa de extensión. Consultado 10 de abr. 2016. Disponible en <http://irrigationtoolbox.com/ReferenceDocuments/Extension/Texas/L5406S.pdf>

FAO. (2006). Evapotranspiración del cultivo (en línea). Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación Italia Roma. Consultado 15 de jun. 2016. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/idp56s.pdf>

Ferreira, R. Sellés, G. Pimstien, A. (2006). Diseño, Manejo y Mantención de Equipos de Riego localizado de alta frecuencia (en línea). Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA Chile. Consultado 16 de may. 2016. Disponible en http://www.emagister.com/uploads_courses/Comunidad_Emagister_31161_equipos_de_riego.pdf

Ferreira, R. (2005). Manejo del riego localizado y fertirrigación (en línea). La Cruz Chile, Instituto de investigaciones agropecuarias. Consultado 15 abr. 2016. Disponible en <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR32334.pdf>

Figuerola, H. (2012). Diseño de un sistema de riego por goteo (en línea). Obregón Sonora, Instituto Tecnológico de Sonora. Consultado 11 de abr. 2016. Disponible en biblioteca.itson.mx/dac_new/tesis/360_parra_hector.pdf

Fuentes, J. (2002). Instalación de riego por goteo (en línea). Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Consultado 10 de abr. 2016. Disponible en www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/.../hd_1991_04-05.pdf

López, J. (s.f). Diseño de riego por goteo (en línea). Facultad de agronomía. Consultado 15 de may. 2016. Disponible en http://calificaciones.weebly.com/uploads/1/0/6/5/10652/unidad_iv.pdf

Losada, A. (1995). Caracterización de riegos por goteo (en línea). Madrid, Universidad Politécnica. Consultado 18 mar. 2016. Disponible en A Losada - Ingeniería del Agua, 1995 - polipapers.upv.es

Medina, L. Fregoso, L. Serrato, B. Bravo, M. (2009). Evaluación Empírica de la Reflectometría de Dominio Temporal para estimar la humedad en dos suelos de origen volcánico (en línea). Terra Latinoamericana. Consultado 12 de abr. 2016. Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57313037001>> ISSN

Netafim. (2012). Guías para el mantenimiento de sistemas de riego (en línea). Compañía Netafim. Consultado 5 de abr. 2016. Disponible en www.netafim.com/.../120430%20Preventive%20Maintenance%20Guide

Olmedo, G. Vallone, R. Tozzi, F. S.F. Diseño y Construcción de un lisímetro de pesada para la medición de evapotranspiración real (En línea). Mendoza Argentina. Consultado 5 de mar. 2016. Disponible en: http://www.riegoyfertiliriego.com/VI_JARF_TrabajosCompletos/Olmedo.pdf

QUINSA. (2013). Tratamiento aguas de riego (en línea). Química Industrial Mediterránea S.L.U. Consultado 22 de may. 2016. Disponible en <http://www.ecosmep.com/cabecera/upload/fichas/7858.pdf>

Reche, J. (2002). Limpieza y Mantenimiento de las Instalaciones de Riego por Goteo (en línea). Corazón de María Madrid Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario. Consultado 15 de may. 2016. Disponible en http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_08-09.pdf

Reynerio, P. (2004). Análisis para la Implementación de un Plan de Comercialización de Azúcar para la compañía azucarera Tres Valles S.A. de C.V.(CATV) (en línea). El

Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. Consultado 18 may. 2016. Disponible en <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1905/1/T1977.pdf>

Salazar, I. (2005). Riego por goteo en caña de azúcar (en línea). San Luis Potosí A.C, Centro de Investigación y Desarrollo tecnológico. Consultado 17 abr. 2016. Disponible en <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/362/67.pdf?sequence=1>

SIAR. (2005). Fertirrigación (en línea). Castilla la Mancha Centro Regional de Calidad del Agua. Consultado 12 de abr. 2016. Disponible en <http://crea.uclm.es/siar/publicaciones/files/HOJA11.pdf>

Spectrum, Technologies. S.F. Manual de usuario de medidor de humedad del suelo TDR-300 (en línea). Kosmos Scientific de México, S.A. de C.V. Consultado 18 may. 2016. Disponible en https://www.kosmos.com.mx/fileadmin/documentos/Manuales/Estaciones/Spectrum/6430FS_TDR300.pdf

Tijerina, L. (2000). Requerimientos Hídricos de Cultivos bajo Sistemas de Fertirrigación (en línea). México, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Consultado 17 mar. 2016. Disponible en <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/17/3/art237-245.pdf>

Vargas, A. (2008). Evaluación de la uniformidad de distribución del agua de seis cintas de goteo (en línea). El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. Consultado 15 may. 2016. Disponible en <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/3517/1/CPA-2014-086.pdf>

Wiedenfelf, B. (2004). Programación de aplicación de agua por goteo en la caña de azúcar bajo riego (en línea). Irán Universidad de Shiraz. Consultado 15 may. 2016. Disponible en iar.shirazu.ac.ir/pdf_150_021f2a051c31972bcb00caf441433ef0

ANEXOS

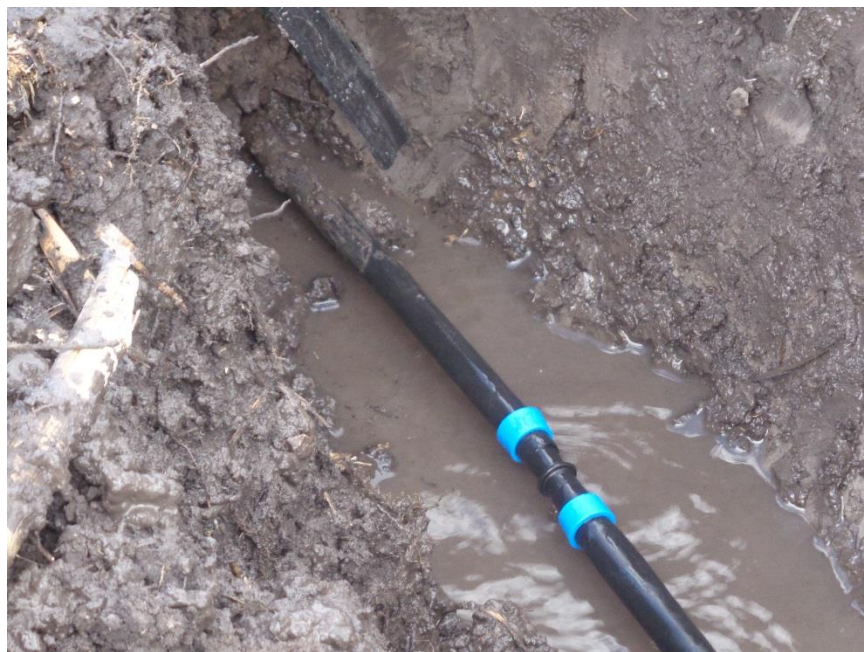
Anexo 1: Identificación de la estación de riego.



Anexo 2: Mantenimiento de sistemas de riego.



Anexo 3: Reparación de la cinta de riego.



Anexo 4: Control de calidad de reparaciones de riego por goteo.



Anexo 5: Configuración de sistema de riego en caña de azúcar.



Anexo 6: Aplicación de fertirriego.



Anexo 7: Medición de humedad con reflectometría de dominio Temporal TDR.



Anexo 8: Toma de datos del lisímetro.

