

**APLICACIÓN DE FUNDAMENTOS DE EVALUACIÓN Y DISEÑO DE
SISTEMAS DE RIEGO PRESURIZADO, MANEJO DE LA HUMEDAD DEL
SUELO Y EVALUACIÓN DE RENDIMIENTOS DE MAQUINARIA
AGRÍCOLA EN LAS FINCAS DE D.N.E. AGRONILO EN EL NORTE DEL
VALLE DEL CAUCA.**

Estudiante:

JABES DAVID CASTRO SIERRA

Cod: 222 811031 04882

Director:

LUIS GOMEZ MONGUA

Docente Universidad de Sucre

Ingeniero Agrícola

Línea de Profundización:

INGENIERÍA DE AGUAS Y SUELOS

INGENIERÍA DE MECANIZACIÓN Y FUENTES DE POTENCIA

Entidad:

D.N.E. AGRONILO S. A.

TORO – VALLE DEL CAUCA

NIT. 800.099.699-5

INTRODUCCIÓN

Para empresas colombianas como AGROPECUARIA EL NILO S.A. (D.N.E. AGRONILO) dedicadas a la producción, comercialización de frutas y hortalizas a nivel nacional, ubicada en el corregimiento el Bohío, Municipio de Toro en el Norte del Valle del Cauca a unos 950 m.s.n.m. con una extensión de cultivos aprox. de 1500 Has, con siembras de 120 Hectáreas anuales de Papaya y Maracuyá, 320 de Melón, 18 de Pimentón y con cultivos perennes como guayaba Pera, guayaba Manzana, Naranja, Mandarina tipo exportación, Lima ácida Tahití, Guanábana, Zapote chocoano, Atemoya y Vid; perteneciente al Grupo Empresarial Grajales (D.N.E. GRUPO GRAJALES). En este tipo de escenario es de mucha importancia practicas profesionales o pasantías, ya que con la aplicación de los conocimientos adquiridos en la formación como Ingeniero Agrícola se persigue primordialmente la realización de diagnósticos y evaluaciones críticas del estado y formas de manejo de los sistemas de riego, determinar la condición y alteración de los suelos de donde depende la producción de la empresa y además evaluar y planear las metodologías de adecuación y preparación de suelos, siempre relacionando los anteriores factores para lograr constantemente altas producciones a los mínimos costos posibles.

Para la recomendación de soluciones técnicas y económicamente viables de los problemas, referentes a mecanización, suelos y riego en AGRONILO y en cualquier empresa de explotación agrícola; es importante la contextualización de todas las situaciones interesantes, ya que es de mucha importancia entender y relacionar los factores técnicos, económicos y culturales de quienes en su momento construyeron lo existente.

En este informe final de la pasantía: APLICACIÓN DE FUNDAMENTOS DE EVALUACIÓN Y DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO PRESURIZADO, MANEJO DE LA HUMEDAD DEL SUELO Y EVALUACIÓN DE RENDIMIENTOS DE MAQUINARIA AGRÍCOLA EN LAS FINCAS DE D. N. E. AGRONILO EN EL NORTE DEL VALLE DEL CAUCA., se presentan en su orden, las metodologías utilizadas para la evaluación de sistemas de riego por goteo de fincas como El Edén, y de aspersión implementados en otras fincas, valores de caudales, presiones, coeficientes de uniformidad (CU), parámetros hidrofísicos, materiales, equipos y estado de los mismos entre otros.

En cuanto al recurso suelo y su humedad, teniendo en cuenta los estudios existentes, se muestrearán los lotes de cada una de las fincas, priorizando las mismas que a juicio de los Ing. Agrónomos de la empresa estén presentando disminución de la producción u aumento de los costos de manejo del cultivo debido a alteraciones de las condiciones físicas del suelo. Para lo cual se tendrán en cuenta usos y cultivos anteriores, estrategias de adecuación y preparación apoyados en análisis de laboratorios propios y del IGAC para determinar así variables problemáticas y acciones correctivas de mejoramiento de las propiedades físicas del suelo.

En las labores de labranza primaria y secundaria realizadas en la empresa se determinaron las capacidades de trabajo reales de la maquinaria agrícola, teniendo en cuenta ancho de trabajo y velocidades de avance, además los tiempos parciales y totales así como las estrategias de operación de las maquinas en los lotes, ya que para AGRONILO la determinación de los rendimientos como tal no representaron en su momento la solución a la problemática planteada. Sin embargo fueron tomadas como referencia para

disminuir los costos de mecanización agrícola y la mejor organización de los operarios de acuerdo a la labor.

Las soluciones propuestas a los problemas encontrados se diseñaron teniendo en cuenta factores agronómicos, hidráulicos, económicos y de mercado.

De manera general se presentan casos muy puntuales donde la aplicación de los fundamentos de Ingeniería Agrícola demostraron la importancia de que empresas como D. N. E. AGRONILO S.A. cuenten con este tipo de profesionales.

CAPITULO I

- **EVALUACIÓN, DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO: FINCA EL EDÉN**

SITUACIÓN ENCONTRADA;

Las metas perseguidas fueron principalmente, el levantamiento planimétrico de las redes de distribución actuales de los sistemas de riego por goteo y micro aspersión, en un área de 92 hectáreas, teniendo en cuenta localización de cultivos, fuentes de agua y energía y oferta climatológica.

Con lo cual se logro una visión mas clara de las redes de distribución tanto principales, secundarias y terciarias, tratando de clasificarlas de la mejor manera posible, ya que el sistema fue “diseñado” por uno de los agricultores encargados de la administración de la finca y por lo tanto, sin querer menospreciar dicho trabajo, se obtuvo un plano a mano alzada ya existente y que se muestra en la figura 1.



Figura 1: Plano Existente del sistema instalado

De lo cual fue fácil deducir las principales falencias del sistema de riego entre las cuales cabe destacar una ASIMETRÍA casi absoluta, tanto a nivel de las tuberías de distribución en todos los grados, como en el trazado de los laterales de riego.

Además las CONDUCCIONES excesivamente largas (teniendo en cuenta la extensión del área estudiada.) y en unos diámetros que a juzgar por la longitud eran mínimos y de MATERIALES inadecuados; partiendo de la ecuación de pérdidas hidráulicas en tuberías planteada por *Williams & Hazen*¹, pero desconociendo las condiciones, aspectos culturales y gerenciales que en su momento (1995) condujeron la inversión.

Los sistemas anteriores están conformados por sectores de riego de aproximadamente 15 has, con operación simultánea de los módulos en una superficie no mayor a 7 hectáreas, debido a limitaciones hidráulicas

¹ MANUAL TÉCNICO, Sistema de Tubería y Accesorios Uso Agrícola, PAVCO. Diciembre de 2000.

cuatro laterales, el primero, el situado a 1/3 del origen, el situado a 2/3 y el ultimo. En cada lateral seleccionar cuatro plantas con el mismo criterio y medir el caudal total que recibe cada planta, es decir el suministrado por todo los emisores que abastecen a cada planta en cuestión; y aplicando a cada modulo la siguiente ecuación:

$$CU = q_{25} / q_a$$

$$Cvt = \sigma_q / q_a$$

Siendo:

CU: Coeficiente de Uniformidad

Cvt: coeficiente de variación total de caudales

q_{25} : caudal medio recibido por las cuatro plantas que reciban menos caudal.

q_a : caudal medio recibido por las 16 plantas.

σ_q : desviación típica de los 16 caudales

Ilustrativamente se muestra en la figura 3:

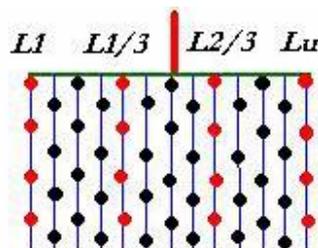


Figura 3: Método de muestreo modulo de riego.
Fuente: El autor

los resultados consignados en las tabla 1 corresponden a la evaluación hidráulica en las zonas de topografía plana, ligeramente ondulada y quebrada.

Tabla 1: Evaluación Hidráulica 1, sistema de riego localizado Finca El Edèn

ZONA PLANA Y LIGERAMENTE ONDULADA

| LOTE | ÁREA (Ha) | # MÓDULOS | CU | CVt |
|----------------------|-----------|-----------|------|------|
| 4 | 4.7 | 8 (g) | 0.55 | 0.45 |
| 5 | 3 | 4 (g y m) | 0.70 | 0.37 |
| 7 – 1 | 1.45 | 4 (g) | 0.68 | 0.4 |
| 6 | 7.1 | 7 (g) | 0.45 | 43 |
| 7 – 2 | 1.2 | 2 (g) | 0.7 | 0.32 |
| 3 | 3.7 | 2 (m) | 0.8 | 0.25 |
| 7 -2 | 1.2 | 2 (m) | 0.7 | 0.3 |
| 1 | 2.1 | 4 (m) | 0.75 | 0.27 |
| 1 – L | 8.1 | 8 (g) | 0.47 | 0.4 |
| 8 | 3.8 | 8 (g y m) | 0.48 | 0.36 |
| <i>ZONA QUEBRADA</i> | | | | |
| LOTE | ÁREA (Ha) | # MÓDULOS | CU | CVt |
| 4 – L | 4.1 | 6 (g) | 0.63 | 0.38 |
| 2 – L | 7.9 | 8 (g) | 0.69 | 0.36 |
| 9 | 8.3 | 8 (g) | 0.5 | 0.35 |
| 10 | 3.2 | 5 (g) | 0.46 | 0.37 |
| 3 – L | 6 | 5 (g) | 0.49 | 0.4 |

(g) = Goteo

(m) = Micro aspersion

La tabla 1 corroboró la hipótesis planteada en campo, que se basa en la variabilidad de caudales aplicados por cada emisor por la desuniformidad de presiones y la presencia de Materia Orgánica obturando los diafragmas de los goteros y micro aspersores.

Además, se referencian los datos obtenidos a los rangos definidos en la tabla 2. sugerida por Pizarro³, el Coeficiente de variación total de caudales (Cvt) es bajo, inaceptable y por lo tanto se pudieron determinar con claridad

³PIZARRO CABELLO, Fernando. RIEGOS LOCALIZADOS DE ALTA FRECUENCIA Goteo, Microaspersión, Exudación. Mundi Prensa. Madrid. España. 1990. Pág. 383.

las necesidades más relevantes del sistema de riego por goteo de la Finca El Edén.

Tabla 2, Coeficiente de variación total de caudales

| <i>Cvt</i> | <i>Uniformidad</i> |
|------------|--------------------|
| > 0.4 | Inaceptable |
| 0.4 – 0.3 | Baja |
| 0.3 – 0.2 | Aceptable |
| 0.2 – 0.1 | Muy buena |
| 0.1 – 0 | Excelente |

Fuente: Pizarro⁴

De manera general los coeficientes de uniformidad (CU), de variación total de caudales (Cvt) y principalmente el seguimiento realizado en campo, donde se encontró, que el sistema operaba muy poca área de riego simultáneamente debido principalmente a la incapacidad hidráulica del mismo y además, aunque muy pronto, se presumió un manejo inadecuado de lo existente, por lo tanto el sistema de riego analizado requirió las siguientes acciones:

SOLUCIONES PROPUESTAS

Largo plazo:

Rediseñar e implementar las obras complementarias del sistema riego.

Corto plazo:

Aumentar la capacidad y eficiencia de filtrado.

Realizar una limpieza de las redes del sistema.

Modificar sectores de riego.

Readecuar módulos de riego

Teniendo en cuenta todo lo anterior y principalmente que el cultivo requería una pronta acción correctiva del sistema de riego, y aunque en el momento el

⁴ PIZARRO CABELLO, Fernando. RIEGOS LOCALIZADOS DE ALTA FRECUENCIA Goteo, Microaspersión, Exudación. Mundi Prensa. Madrid. España. 1990. Pág. 385.

precio de venta del producto no era el mejor, ya que la zona del Eje Cafetero, la mas productora de cítricos, estaba en plena producción, se programó una limpieza general de todas las redes del sistema. Para lo cual se determinaron los siguientes factores:

- Volúmenes de las tuberías principales, secundarias, terciarias y laterales.
- Tiempos de llegada y salida de soluciones por lotes y módulos de riego.
- Relación de inyección por cambios de riego manejados en la finca.
- Verificación de pH en la solución definitiva (descarga del gotero).

Mediante la inyección de la solución ácida y su permanencia dentro de la red por 12 o 24 horas dependiendo de la dificultad presentada por los módulos teniendo como resultado dosis de 2.5 cc de Ácido Nítrico por litro de agua y en promedio un consumo de 1000 litros de solución por Ha, se logró mejorar, como lo demostró la posterior evaluación hidráulica del sistema, en un 30% la uniformidad de aplicación de agua en los lotes, así como lo relaciona en la siguiente tabla.

Tabla 3: Evaluación Hidráulica 2, sistema de riego localizado Finca El Edén
ZONA PLANA Y ONDULADA

| LOTE | ÁREA (Ha) | # MÓDULOS | CU | CVt |
|-------|-----------|-----------|------|------|
| 4 | 4.7 | 8 (g) | 0.75 | 0.35 |
| 5 | 3 | 4 (g y m) | 0.7 | 0.27 |
| 7 – 1 | 1.45 | 4 (g) | 0.80 | 0.30 |
| 6 | 7.1 | 7 (g) | 0.60 | 0.35 |
| 7 – 2 | 1.2 | 2 (g) | 0.75 | 0.27 |
| 3 | 3.7 | 2 (m) | 0.85 | 0.20 |
| 7 -2 | 1.2 | 2 (m) | 0.90 | 0.3 |
| 1 | 2.1 | 4 (m) | 0.85 | 0.25 |
| 1 – L | 8.1 | 8 (g) | 0.60 | 0.4 |
| 8 | 3.8 | 8 (g y m) | 0.75 | 0.29 |

ZONA QUEBRADA

| LOTE | ÁREA (Ha) | # MÓDULOS | CU | CVt |
|-------|-----------|-----------|------|------|
| 4 – L | 4.1 | 6 (g) | 0.75 | 0.30 |
| 2 – L | 7.9 | 8 (g) | 0.78 | 0.25 |
| 9 | 8.3 | 8 (g) | 0.70 | 0.30 |
| 10 | 3.2 | 5 (g) | 0.60 | 0.35 |
| 3 – L | 6 | 5 (g) | 0.65 | 0.32 |

(g) = Goteo

(m) = Microaspersión

Teniendo como resultado mas relevante el mejoramiento en el tamaño del fruto, que a juicio de los agrónomos directores del proyecto, el estado de las plantas mejoró ostensiblemente y la calidad de la cosecha igual, aclarando que tocó decidir por algunos lotes que mostraban mas fácil su respuesta al trabajo realizado, ya que las demás condiciones de los mismos no eran tan adversas.

Todo lo anterior acompañado de modificaciones constructivas como cambio del punto de alimentación del modulo de riego, es decir, módulos largos alimentados por un extremo se alimentaron por el centro, buscando simetría y eliminación del aro de goteo en cada árbol que consistió principalmente en la extensión de la descarga de los goteros por medio de manguera de riego capilar (5mm) y la eliminación del aro de goteo convencional, como muestran las fotografías 1 y 2.



Foto 1: Aros de goteo



Foto 2: Extensión de descargas

Al terminar las acciones de mejoramiento a corto plazo antes mencionadas, se realizó un análisis a la forma de operación del sistema, que a pesar de todas las falencias encontradas, tampoco favorecía un mejor y eficiente riego.

Sin embargo, mediante la determinación en campo de presiones en tuberías principales, secundarias, terciarias y laterales de riego, se modificó el programa de operación del sistema de riego, el cual se basó principalmente en un cambio de las válvulas operadas en cada sector de riego, realizando combinaciones que aumentaban el área irrigada de manera simultánea, disminuyendo el costo operativo y de personal del mismo sistema, teniendo como principio fundamental la relación directa del caudal con las pérdidas hidráulicas y lo benéfico de una buena simetría.

En cuanto a la acción requerida por el sistema a largo plazo, se presentó la propuesta a las directivas de empresa, teniendo de manera general los siguientes parámetros y características:

Fuente hídrica: un aumento en la profundidad del pozo, para maximizar la capacidad de bombeo y construcción de desarenadores en el canal de riego.

Cabezal: disposición de un mejor equipo de bombeo en el canal de riego ya que se tiene que vencer 150 m. c. a.

Batería de Filtrado: Instalación de 4 filtros de arena de 150 g.p.m, 3 para la loma o zona quebrada y 4 para la zona plana y ondulada, ya que no se contaba con tan fundamental filtrado.

Redes de distribución: reubicación e instalación de tramos de tubería en 6" y 4" en la línea de conducción principal de riego y cambio de los módulos de riego por el estado de deterioro de la tubería existente. Instalación de válvulas reguladoras de presión, alivio de aire y purga.

Módulos de Riego: cambio progresivo de goteo por micro aspersion, teniendo en cuenta la exigencia del cultivo y la extensión del predio.

Siendo difícil como es sabido plasmar en este informe todos los particulares del diseño completo del sistema, pero lo anterior es lo mas relevante.

Sin embargo, al ser analizada la propuesta por parte de los directivos de la empresa no fue viable, a sabiendas que la competitividad en el mercado nacional de los cítricos (tipo exportación) de la finca no vislumbraba una mayor rentabilidad del cultivo aunque el sistema de riego estuviera en optimas condiciones. Por lo tanto hasta el momento se estudian estrategias de mercadeo para estos productos, en busca de una mayor rentabilidad, pero se cuenta con el rediseño en espera de las mismas.

- **EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN EN LAS FINCAS DE AGRONILO S.A.**

EQUIPO ENCONTRADO:

El seguimiento realizado en campo a los sistemas de riego por aspersión trajo la siguiente descripción de todos sus componentes:

Fuente Hídrica: Canales de riego internos de AGRONILO alimentados por los del distrito de Riego ASORUT.

Fuente de Potencia: Motores Diesel CUMMIS 250 Hp

Bomba: Centrífuga Colbombas C 5 – E a 1750 rpm con Caudal máximo de 1000 GPM.

Red de distribución: Tubería de acople rápido de 5" y 6" en aluminio, con sello a presión y longitudes promedio de 9 mts

Unidad de Riego: Aspersores MERCURY tipo Cañón de brazo oscilante.

La evaluación de este sistema de riego se realizó mediante una observación previa de la forma de operación del equipo disponible y los criterios tenidos en cuenta para la misma labor, de lo cual, se pudo determinar que la operación del sistema no favorecía una uniformidad aceptable, ya que no se generaba traslape entre los radios de mojado de los aspersores, debido a que si se realizaba, los costos operativos eran insostenibles.

Además la compra de estos equipos era realizada por entes sin el fundamento necesario y por lo tanto se dejaba bajo la responsabilidad de personas sin experiencia y que a criterio propio lo manejaban, desconociendo por completo Propiedades Hidráulicas del agua en el suelo y mucho menos la capacidad hidráulica de tan monstruoso sistema. Situación preocupante ya que se subutilizaba en un 50% el equipo adquirido, generando un sobre costo para la producción del cultivo, que tampoco se comercializaba en buena forma.

El factor cultural y la estrategias gerenciales en ese momento favorecían el gasto innecesario del capital de los socios o propietarios, con frases como “si el motor es de mayor caballaje mas riega, comprémoslo”. Pero en el momento de inicio de la practica profesional que aquí se informa y como resultado de los informes para el mejoramiento, se notaban cambios en la mentalidad de los lideres de tan importante empresa partiendo del diagnostico técnico que a continuación se describe:

DIAGNOSTICO

Finca: Palmares

Área: 75 has

Topografía: Plana con ondulaciones no superiores a 1 mt.

Anteriores Cultivos: Sorgo, Maíz y Caña

Cultivo Actual: Guayaba Pera.

Nivel freático: Alto

Drenajes: Deficientes dependientes de Bomba Hidro axial

Tipos de suelo: Formación aluvial, Vertisoles Arcilloso en un 50%, Franco Arcilloso en un 30% y arcillo limoso, según mapa de suelos existente.

Se analizaron las relaciones existentes entre cada componente del sistema como sigue:

Relación Equipo – Suelo: mediante la determinación de las velocidades de infiltración que se realizó en la finca se pudo comparar con las intensidades de aplicación del equipo, teniendo los siguientes resultados:

Tabla 5: Velocidades de infiltración y aplicación del suelo y equipo de riego

| | Vel. Infiltración y Aplicación cm / hr | |
|-------|---|--------|
| LOTES | SUELO | EQUIPO |
| | | |

| | | |
|----------|------|-----|
| 1 A | 0.09 | 0.4 |
| 2 A | 0.1 | 0.4 |
| 3 B | 0.05 | 0.4 |
| PALMAR 1 | 1.5 | 0.4 |
| PALMAR 6 | 0.5 | 0.4 |
| LA PALMA | 1.8 | 0.4 |
| 3-2 | 0.04 | 0.4 |
| 3-5 | 0.08 | 0.4 |
| NILO G | 1.2 | 0.4 |
| NILO A | 7 | 0.4 |

La determinación en campo de las velocidades de infiltración se realizó con anillos de lamina galvanizada de 6 pulg. de diámetro y 7" de largos para analizar los lotes, porque no se contaba ni se justificaba la compra de anillos infiltrómetros para esta practica, sin embargo se notó con los datos que algunos de los lotes según las USDA⁵ no eran aptos para el riego ya que poseían una $lb < 10E-6$ m/s. tomados como atípicos y no tenidos en cuenta.

Pero en contravía a lo esperado teóricamente, el nulo traslape existente entre los aspersores se amoldó a las condiciones del suelo. Favoreciendo la disminución en la intensidad de aplicación y así la mayor infiltración del agua en los lotes y por ende la eficiencia del sistema, situación importante de resaltar ya que se partía de una supuesta mala operación del sistema.

SOLUCIONES PROPUESTAS

En los lotes donde la situación hidrofisica del suelo era más critica se cambiaron boquillas, que aumentarían el alcance y se logro disminuir en un

⁵ GUROVICH, Luis A, FUNDAMENTOS Y PRINCIPIOS DE RIEGOS. Editorial Instituto Interamericano de Cooperación Agrícola. San José de Costa Rica. 1985- pag 415

20% la tasa de aplicación de agua del sistema en los lotes, mejorando así la infiltración del agua en los lotes, ya que no se observaba la escorrentía superficial en demasía.

El otro parámetro analizado y de mas importancia fue la potencia requerida para la operación del sistema, evaluando las condiciones mas criticas de operación y determinando la HDT y aplicando la fórmula planteada por Pizarro⁶, teniendo como resultado una potencia requerida de 125 Hp, observando así que se subutilizaban 125 Hp trayendo como consecuencia un alto consumo de combustible (4.5 gal/hora) situación insostenible para la empresa pero necesaria para cumplir con los presupuesto de producción y ante el desconocimiento de otras posibilidades se utilizaba este servicio.

Ante tales situaciones se pretende en la actualidad, no utilizar este sistema de riego principalmente por el alto costo de mano de obra, combustible y alto consumo del recurso agua, además de los costos de manejo agronómico después del evento de riego por la calidad del agua irrigada. Pretendiendo regar estas áreas con riego localizado de alta frecuencia.

TABLAS DE CALIBRACIÓN DE TENSÍOMETROS.

Partiendo de la premisa que el riego es uno de los factores determinantes para lograr una alta rentabilidad en la producción de los cultivos manejados por AGRONILO y ante las eternas preguntas ¿Cuándo regar?, ¿Cuánto regar? y ¿Con qué frecuencia?, la empresa contaba con una finca de 19.8 Has que se les regulaba el riego por el método de tensiometría, con la utilización de sondas Watermark® con rango de medida es de 0 – 200 cbar, instalados a profundidades de 15, 40 y 60 cms de profundidad, con una

⁶ PIZARRO CABELLO, Fernando. RIEGOS LOCALIZADOS DE ALTA FRECUENCIA Goteo, Microaspersión, Exudación. Mundi Prensa. Madrid. España. 1990. Pág. 453.

densidad de 3 medidores por hectárea para un cultivo de Papaya desde el inicio del ciclo del mismo; y ante la intervención de dicho manejo se encontraron los siguientes particulares:

Frecuencia de medida: diaria

Tiempo de reacción: 24 horas

Valor parámetro: 30 – **40 – 60** – 85 cbar.

Tiempos de riego: 30 min @ 10 cbar.

Se notó en los registros llevados de las sondas instaladas a 40 y 60 cm de profundidad, que las lecturas eran constantes, marcando valores próximos a cero, situación que era asumido como efectividad del riego por manejar un concepto erróneo de la humedad del suelo y de la exploración radical del cultivo, aunque la plantación siempre se notaba con estrés, adjudicado a la falta de agua en el suelo, modificando así los tiempos de riego realmente necesarios para el cultivo.

Los recorridos en campo mostraban una condición de suelo alterado en sus propiedades y cualidades físicas, razón por la cual se realizó un muestreo de suelo para determinar la causa exacta de la situación del cultivo. Trayendo como resultado, la presencia de una capa superficial con alta cohesión que impedía la infiltración del agua de riego a la zona radical superior de la planta y también se encontró la presencia del nivel freático cerca de la raíz pivotante de la planta que gracias a la excesiva mecanización del suelo no tocaba la tabla de agua por la existencia del pie de arado

Todo lo anterior trajo como consecuencia la importante conclusión que debido a la situación del suelo de la finca y de la sensibilidad del cultivo implantado al la humedad excesiva y en déficit, este método de control del riego para esta finca y cultivo no era el mas adecuado principalmente por la

tardía reacción de las sondas ante los eventos de riego y la profundidad de instalación era excesiva ya que las raíces importantes para la nutrición de la planta no están si no en el primer tercio de la exploración radical total.

Por otra parte, debido a que el manejo agronómico del cultivo incluía la metodología de fertilización por el sistema de riego denominado fertirriego, se notaba la influencia de las sales disueltas en el agua de riego en las lecturas de las sondas mas superficiales, indicando un falso contenido de humedad del suelo posterior a la fertilización. Teniendo en cuenta que las sondas utilizadas se fundamentan en la conductividad eléctrica de la solución del suelo.

Por lo tanto se decidió la instalación de estas sondas en la finca la Esperanza, ya que se trataba de un cultivo perenne (Guanábana) y de condiciones edafológicas menos alteradas tanto física como químicamente, lo que facilitaba la rápida reacción de las sondas al evento riego además que se conocían parámetro como capacidad de campo y punto de marchitez permanente, D_a , determinados en campo y por el laboratorio de suelos del IGAC.

Entonces, teniendo en cuenta todos los factores anteriores y los de Umbral de riego, recomendado por los agrónomos del proyecto Guanábana, se generaron las tablas de calibración de los tensiómetros electrónicos, que buscaban relacionar contenidos de humedad reales de suelo con la medición del equipo, es decir, saber cual era el contenido real de humedad gravimétrica del suelo ante una medición específica por el medidor, logrando las siguientes para el manejo en campo de los requerimientos de riego:

Tabla 6: Datos para el manejo del riego en campo

| | CC. | PMP. | Umbral de Riego | D_a |
|------|-----|------|-----------------|--------------------|
| LOTE | % | % | % | Lectura cbar gr/cc |

| | | | | | |
|----|-------|-------|--------|-------|------|
| 1 | 22.72 | 16.18 | 19.45 | 43-45 | 1.55 |
| 2 | 24.75 | 18.96 | 21.855 | 38-41 | 1.52 |
| 3 | 16.16 | 11.61 | 13.885 | 45-48 | 1.68 |
| 4 | 20.67 | 16.67 | 18.67 | 39-40 | 1.66 |
| 5 | 29.32 | 16.29 | 22.805 | 38-41 | 1.43 |
| 6 | 26.2 | 16.62 | 21.41 | 38-41 | 1.58 |
| 7 | 30.81 | 19.58 | 25.195 | 30-35 | 1.36 |
| 8 | 33.64 | 22.25 | 27.945 | 27-32 | 1.43 |
| 9 | 24.17 | 15.02 | 19.595 | 43-45 | 1.46 |
| 10 | 25.31 | 18.54 | 21.925 | 38-41 | 1.61 |
| 11 | 27.32 | 18.73 | 23.025 | 38-41 | 1.5 |
| 12 | 17.45 | 8.62 | 13.035 | 45-49 | 1.66 |
| 13 | 31.91 | 19.22 | 25.565 | 29-34 | 1.45 |

Con los datos de la tabla, tomándolos como referencia, en cada lote se determinaron los tiempos requeridos para reponer la humedad consumida por el cultivo, teniendo en algunos casos que realizar riego por pulsos, debido a la alta densidad aparente y en otros manejar riegos normales por una buena velocidad de infiltración.

CALCULO DE TABLAS DE RENDIMIENTO DE MAQUINARIA Y LABORES DE PREPARACIÓN DE SUELOS.

La meta perseguida en esta parte de la practica profesional era la evaluación de rendimientos y costos de la maquinaria agrícola de preparación, toda vez que se desconocían en su totalidad y no existía criterio alguno para la programación de la maquinaria agrícola, siendo esto fundamenta para así poder cumplir con las exigencias del manejo de los diferentes cultivos y principalmente con la programación de siembra en la empresa, además determinar las necesidades reales para la selección y adquisición de estas maquinas agrícolas.

Inicialmente se pensó determinar las capacidades de campo reales y teóricas; mediante la limitación de una área determinada y calculando las velocidades de avance real de la maquina (tractor), para lograr así, conocer la eficiencia de campo real de las labores agrícolas que se evalúan, pero las directrices gerenciales de la empresa era determinar las capacidades de trabajo reales totales de la maquinaria existente, en otras palabras lo importante era saber que tiempo se requería para mecanizar 5 Has para Melón semanales, 40 has para Papaya trimestrales, 40 has para Maracuyá trimestrales, teniendo en cuenta las demás labores requeridas por los cultivos donde se requerían dichas maquinas. Como consecuencia de esto se implemento el formato 1, que se muestra a continuación:

Formato1: formato para operarios de maquinaria agrícola de AGRONILO.

TIEMPOS DE MECANIZACIÓN AGRÍCOLA
 AGRONILO S.A.

Operario: _____

| D/M/A | LABOR | TRACTOR | IMPLEMENTO | FINCA | AREA (Has) | HORA | |
|-------|-------|---------|------------|-------|------------|---------|-------|
| | | | | | | inicial | Final |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Observaciones: _____

El cual buscaba principalmente determinar los tiempos totales requeridos por las maquinas para realizar la preparación de suelos para los diferentes cultivos, incluyendo en este todos los tiempos relacionados como traslado,

tanqueo, descansos y demás tiempos muertos que se pudieran considerar como que no participan en la labor de preparación, aunque para los intereses de la empresa desde que la maquina sale del parqueadero ya está realizando una labor para un cultivo, en una finca y en un lote específico. Teniendo entonces los siguientes resultados por labor.

LABRANZA PRIMARIA:

Cinceleda: 5 horas / ha

Rastrillada: 4 horas / ha

LABRANZA SECUNDARIA:

Zanjada: 4.5 horas / ha

Gemeleada: 5.5 horas / ha

Rotaviteada: 5.5 horas / ha

Emplasticada: 7 horas / ha

Rectificada: 6 horas / ha

El seguimiento en campo mostró que el 40% del tiempo utilizado por las maquinas agrícolas era en traslados hacia los lotes (ya que la empresa cuenta con fincas en 5 municipios del norte del Valle del Cauca) y durante los giros de las mismas dentro de las áreas, debido a que el sistema de riego a instalar y el drenaje requerido por la mayoría de los cultivos condicionaban el largo de los surcos, generando así un aumento en los tiempos de giro de los equipos de preparación y en otras ocasiones, y mas que todo en la labranza primaria, los operarios tomaban la longitud mas corta de los lotes para establecer el sentido de la mecanización, además que por el desconocimiento de factores como exploración radical de cada cultivo y por el concepto errado de “entre mas pulido quede es mejor”, se realizaban pases innecesarios de cincel y rastra y también profundidades excesivas de labores como zanjada y en casos gemeleada y cincelada.

Teniendo en cuenta todo lo anterior y principalmente el objetivo buscado por la empresa, mediante espacios solicitados para ensayos demostrativos e innumerables discusiones con los agrónomos directores de cada proyecto se han logrado realizar cambios muy importantes y significativos que hoy demuestran la gran mejoría obtenida en las producciones de los cultivos a menos costos de mecanización agrícola, entre tantas aplicaciones de conceptos tan sencillos como exploración radical, requerimientos de drenaje y labores de preparación de suelos, se resaltan los siguientes:

- Modificación y acoples de implementos agrícolas para aumentar capacidades de trabajo y disminuir la mecanización.
- Aumento de la distancia de zanjado en el proyecto papaya, para mejorar el almacenamiento de agua en el suelo, distribución radicular de las plantas, aprovechamiento real del fertirriego y disminución de las secciones de los sistemas de drenaje.
- Aumento de pases en algunas labores de preparación para sustituir otras de menor rendimiento, como por ejemplo aumentar en uno los pases de rastra para evitar la fresadora.
- Destinación específica de tractores que de acuerdo al seguimiento se les facilita más algunas labores que otras, debido a características como peso, potencia y operación.
- Labores de preparación realizadas sólo sobre los sitios de siembra de los cultivos.
- Eliminación de labores como rectificadas de zanjado teniendo en cuenta los procesos de adecuación (nivelación) de las áreas de siembra del proyecto papaya.

CAPITULO II

Teniendo en cuenta lo indicado por la resolución que regula el presente informe, en este aparte del mismo, sería aminorar la importancia de todas las actividades realizada durante la pasantía, si no se trataran dos apartes muy importantes que para el concepto del suscrito son muy relevantes ya que se fundamentan en tan importante relación suelo – agua – planta.

- MODIFICACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE PREPARACIÓN DE SUELOS PARA EL CULTIVO DE PAPAYA EN AGRONILO S.A.

Este particular se realizo durante el seguimiento que se realiza a las maquinas de preparación de suelo, para buscar un aumento constante de los rendimiento o capacidades de trabajo de las mismas y teniendo en cuenta los altos costos de preparación encontrados y las dificultades presentadas por

los sistemas de riego para el cumplimiento de su función fundamental “proveer de agua a la planta, en el interior del suelo”, teniendo entonces:

SITUACION ENCONTRADA:

Proyecto: Papaya

Preparación: 3 pases de cincel rígido

2 pases de rastra

1 pase de zanjadora

1 pase de rotavator

1 pase de rectificadora de zanjado

Surcos a 2.5 m, con zanjado muy profundo y formación de algas superficiales en la superficie del mismo.

Suelo: alto grado de cohesión superficial (costras), nula infiltración y alta resistencia a la penetración

Drenaje: Rápido y canales con excesiva profundidad y pendiente altas, con una excesiva erosión de los lotes hacia los drenes.

Riego: Goteo con cinta Ro-drip de 7.5 lph/m, con gotero a 10 cm, calibre 8 mil de 16 milímetros de diámetro.

Problemática fundamental: poca efectividad del riego, nula infiltración, pérdida de fertilizantes, exploración radical no mayor de 30 cmts, volcamiento, desfoliación precoz y alto costo de preparación y manejo agronómico.

Se presenta a continuación un registro fotográfico de la problemática para ilustrar de la mejor manera la situación y poder notar al comparar los excelentes resultados obtenidos.



3a

3b

Foto: a y b, Nula Infiltración y escorrentía superficial



4a

4b

Foto 4: a y b, excesiva erosión



Al analizar todas las dificultades encontradas para con la alta producción esperada de papaya y relacionando las estrategias de preparación conocidas en campo se realizaron ensayos demostrativos ante las directivas de la empresa, que trajeron como resultado las siguientes.

SOLUCIONES PROPUESTAS

Preparación: 2 pases de rastra

- 1 pase de zanjadora a poca profundidad

- 1 pase de pala

- 1 pase de cincel rígido sobre el surco

- ½ rectificadora

Surcos de 5 m de ancho con 2 hileras de planta por surcos, con zanjado medianamente profundo.

Esta metodología y secuencia de labores se logro concluir, ya que favoreció el aumento de la capacidad de almacenamiento de agua y por ende la disminución de las profundidades de los drenes colectores, teniendo en cuenta que al aumentar la infiltración y percolación los caudales a drenar disminuyeron en 50% y así la profundidad y pendientes del sistema de evacuación de aguas.

La profunda exploración radical se logró debido a que el ultimo pase de cincel se realizaba justo antes de la siembra de las plántulas en campo, encontrando estas unos estratos de suelo fácilmente penetrable por lo tanto el volcamiento de árboles disminuyo en un 100%

La eficiencia del riego aumentó por las mejores condiciones del suelo que favorecían la infiltración del agua de riego y el óptimo aprovechamiento de los programas de fertirriego aplicados al cultivo

Además trajo como consecuencia la disminución progresiva de la erosión de los suelos, ya que la amplitud de las camas de siembra permitía el crecimiento de gramíneas que ayudaban al suelo a mantener su arreglo estructural y al aumento del tiempo de almacenamiento de agua por la disminución de evaporación directa del agua del suelo.

Esta metodología y secuencia de preparación de suelos se limita a que estas labores deben realizarse a unos contenidos de humedad del suelo óptimos para la mecanización, situación que muchas veces no es posible por que las condiciones climáticas no favorecen tal echo y que las exigencias de la empresa tampoco lo permiten para no incumplir las siembras establecidas. Y también que cada tipo de suelo requiere un análisis especial y por lo tanto una adaptación de las condiciones para no salirse de la secuencia establecida

Sin embargo, la presente es el actual paramento o estándar en las preparaciones de suelo para el proyecto papaya de AGRONILO S.A., se muestra también registro fotográfico del resultado obtenido.

RESULTADOS OBTENIDOS



6a

6b

Foto 6: a y b, preparación definitiva



7a

7b

Foto 7: a y b, Desarrollo del cultivo



8a

8b

Foto 8: a y b, Cultivo en producción



Foto 9: condiciones de suelo

- MODIFICACIÓN DE SISTEMA SEMIFIJO DE RIEGO POR ASPERSIÓN PARA RIEGO POR GOTEO.

Dentro de las estrategias de expansión empresarial, se contrata el arrendamiento de 70 plazas de terreno para establecer un proyecto de Melón Can talud y Meloro, con expectativas de exportación a Canadá y España.

Información general del proyecto:

Propietario: Hato La Ondina

Área: 40 Has.

Suelo: Suelos Franco Areno Limoso, fácilmente drenados y de profundidad moderada.

Fuente Hídrica: Canal Interceptor, Distrito de Riego RUT (Río Cauca).

Ubicación: Carretera troncal panorámica, municipio de Roldanillo Valle, a 1025 m.s.n.m.

Topografía: Ondulaciones mínimas por estar al pie de loma, con alta pendiente general de la finca, teniendo un diferencial de altura de 37 mst

Sistema de riego encontrado:

Cabezal de riego: Dos bombas en paralelo con Motor eléctrico de 125 Hp General Electric y bomba Colbombas 5 EERJ de 950 gpm a 1750 rpm



Foto 10: cabezal de riego por aspersión La Ondina

Tubería de impulsión: 10" tubería de acero con válvulas de compuerta.

Tubería de Distribución: principal de 12" en eternit clase 20

Secundaria de 10" en eternit clase 20 y en 6" eternit clase 15 .

Red de Distribución: hidrantes en 6" distanciados cada 50 mts con acople tipo bola – campana y válvula de compuerta.



Foto 11: red de distribución sistema de riego por aspersión La Ondina

Seguridad del sistema: válvulas ventosa de 2" de una sola via en aluminio y fundición.



Foto 12: seguridad hidráulica sistema de riego por aspersión La Ondina

Al realizar los análisis y cálculos hidráulicos respectivos de la operación y funcionamiento del sistema encontrado y teniendo en cuenta las bondades eléctricas del sistema ya que se contaba con un regulador de aceleración

eléctrico siemens y entonces las modificaciones mas importantes de resaltar son las siguientes.

El diseño agronómico que se realizo con el acompañamiento del agrónomo director del proyecto arrojo los siguientes resultados mas relevantes:

Marco de Plantación: 0.4mts x 1.5mts

Caudal por planta: 20 lts/planta/día

Evt: 5 mm/día

Linea de goteo: Ro-drip cal. 6 mil. Con 7.5 lts/mts/hora, con emisores a 10 cm, requerimiento de filtrado 155 mesh.

Teniendo en cuenta todos los parámetros y cálculos hidráulicos respectivos se logro un diseño definitivo para el sistema de riego con las siguientes características que se tabulan:

Tabla 7: Características del diseño de riego localizado de alta frecuencia de la Finca la Ondina en AGRONILO S.A.

| Proyecto | Agronilo |
|---|-----------------|
| Cultivo | MELON |
| Área total capacidad equipo (hectáreas) | 42 |
| Área con goteo (hectáreas) | 40 |
| Numero de módulos | 40 |
| Ancho de modulo promedio (m) | 100 |
| Longitud de modulo promedio (m) | 90 |
| Surcos por modulo promedio | 66 |
| Espaciamiento entre surcos (m) | 1.5 |
| Numero de plantas ha | 16700 |
| Espaciamiento entre plantas (m) | 0.4 |
| Caudal planta-día | 20 litros |
| Tipo de riego | Goteo |

| | Ro-drip cal. 6 mil. Con 7.5 lts/mts/hora, con emisores a 10 cm |
|---|---|
| Línea de goteo | |
| Líneas de goteo por surco | 1 |
| Espaciamiento entre emisores (cms) | 10 |
| Caudal por gotero (litros por hora) | 0.75 |
| Presión de operación (psi) | 14 |
| Longitud de lateral promedio (m) | 90 |
| Caudal por modulo (m ³ /hora) | 32.5 |
| Numero de módulos en total | 45 |
| Numero de módulos por sector de riego (operación simultanea) | 12 |
| Eficiencia de riego | 95% |
| Días de riego a la semana | 7 |
| Jornada diaria de operación (horas) | 12 |
| Capacidad estación de filtrado (m ³ /hora) | 170 |
| Equipo de bombeo (BHP) | 125 |
| Caudal de bombeo (m ³ /hora) | 170 |
| Cabeza Dinámica Total (m) | 75 |

Como primera medida la construcción de la red secundaria de distribución de riego se trabajo en PVC enterrado a 80 cm en diámetros de 4", 3" y 2.5" con RDE 32.5, con el fin de que el aprovechamiento de los espacio fuera máximo (ver fotografía 13) y la preparación no contara con tantos limites en los lotes, la toma para los respetivos lotes de la finca se realizo con tee bridada de 4" como muestra la fotografía 14.



Foto 13: red de distribución de RLAF La Ondina



Foto 14: toma tubería principal red de distribución de RLAF La Ondina

El sistema no contaba con batería de filtrado ya que el método de riego no lo ameritaba, entonces la adecuación consistió en la intervención total de la tubería principal de riego para realizar el filtrado correspondiente y seguir con la tubería principal existente, como muestran el grafico 1 y las fotografías 15.

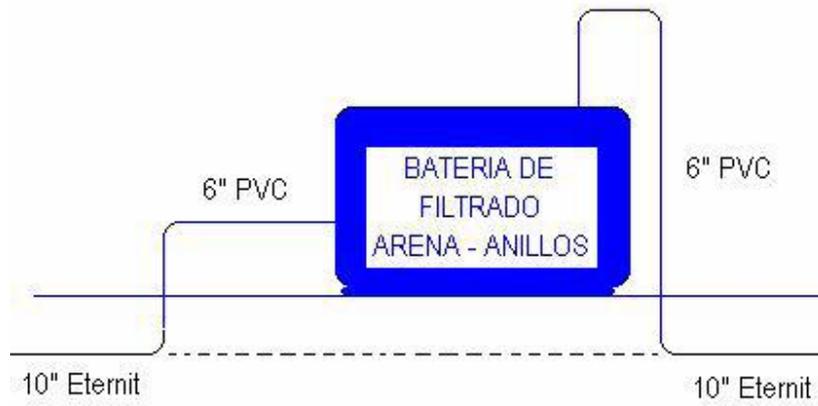


Grafico 1: instalación del cabezal de filtrado en tubería existente



15a

15b



15c

15d



15e

15f

Foto 15:a – f, cabezal de filtrado sistema de RLAF La Ondina

Otra modificación importante de resaltar es la instalación de válvulas ventosa de doble efecto a cada 250 mts sobre la tubería principal de riego y válvulas hidráulicas para le seguridad del sistema en los eventos de sobre presión por mala operación e imprevistos en el flujo energético, como se muestra en la fotografía 16.



16a

16b

Foto 16: válvulas ventosas e hidráulicas del sistema de RLAF La Ondina

De manera general se cuenta con sistema de riego eficiente, completamente seguro, con condiciones de manejo muy específicas y que genero un impacto muy positivo de nuevas estrategias de diseño y construcción de sistemas de riego por goteo en la zona de influencia de AGRONILO S.A. además que las producciones presupuestadas para la finca objetivo de este diseño se cumplieron en un 30% por encima de las mismas.

COMENTARIOS

- Las empresas del Grupo Empresarial Grajales S.A. aunque se encuentran en una zona de alta producción agrícola y donde los beneficios por infraestructura, vías, políticas estatales, se aprovechan al máximo y el capital disponible es alto, han venido realizando inversiones millonarias pero caprichosas fundamentadas en conceptos errados sobre sistemas de riego, adecuación y preparación de suelos. Situaciones que con estas practicas profesionales se han vislumbrado y por lo tanto en la actualidad la presencia de profesionales de la

Ingeniería agrícola es fundamental para el cumplimiento de los objetivos empresariales.

- Con los trabajos aquí planteados y seguimientos continuos, en campo, AGRONILO S.A. ha demostrado una reducción en los costos de adecuación de tierras, preparación de suelos y riego de todos los cultivos debido a las nuevas técnicas de ingeniería aplicadas a cada proceso.
- Los factores culturales, de la zona objetivo de la pasantía, fueron siempre una dificultad a superar, ya que las nuevas estrategias planteadas no fueron fácilmente aceptadas por los que siempre han manejado los proyectos y aunque se les ha demostrado los beneficios siguen siendo incrédulos al respecto.
- Esta alternativa de trabajo de grado, a diferencia de los investigativos, favorecen la formación profesional práctica de los estudiantes y futuros ingenieros, de nuestra Alma Mater Sucreña, teniendo en cuenta que se aplican por completo los conceptos y principios adquiridos en la academia.
- Estos espacios de pasantía deben ser conservados y aumentados por la Universidad y realizar actividades inter-administrativas que conduzcan a la consecución de escenarios agrícolas con tecnología y procesos de producción-transformación modernos.

AGRADECIMIENTOS

Mi Hijo Geronimo
Mi esposa Rosmira
Mis Padres
Agropecuaria El Nilo S.A.
Mi Universidad de Sucre

Sincelejo marzo 21 de 2006.

Ingeniero:

ALBERTO TATIS MONTES

Jefe

Dpto. de Ingeniería Agrícola

Universidad de Sucre

Cordial saludo

Estimado ingeniero, por medio de la presente le comunico muy respetuosamente, que a la fecha he terminado académicamente con lo exigido por el programa de Ingeniería Agrícola, por lo tanto le solicito sea fijada fecha de grado por ventanilla.

Agradeciendo de antemano su valiosa y oportuna
colaboración,

Atentamente:

JABES D. CASTRO SIERRA

Cod. 222 811031 04882