

CAPITULO I

I. INTRODUCCIPÓN

En las últimas décadas se han desarrollado nuevas tecnologías para afrontar el desafío que implica el desarrollo agrícola en el mundo, siendo el riego por goteo subterráneo una de las innovaciones en campo de la ingeniería hidráulica que ha contribuido más significativamente a la producción de caña de azúcar con un sustancial ahorro de agua.

En las últimas décadas se han desarrollado nuevas tecnologías para afrontar el desafío que implica el desarrollo agrícola en el mundo, siendo el riego por goteo subterráneo una de las innovaciones en campo de la ingeniería hidráulica que ha contribuido más significativamente a la producción de caña de azúcar con un sustancial ahorro de agua.

El riego por goteo subterráneo se emplea en varios países de Latinoamérica, entre ellos el Perú, con resultados aparentemente satisfactorios. Actualmente se encuentran funcionando sistemas de riego subterráneo en el cultivo de caña de azúcar en la empresa Maple Etanol, distrito de Sojo, Piura, donde el recurso agua es vital importancia, ya que las necesidades hídricas de los cultivos son satisfechas con la explotación del agua de Vinaza, residuo industrial. Es, por lo tanto, necesario realizar una evaluación del tal sistema de riego y determinar la eficiencia del riego subterráneo para comprobar los diseños propuestos, el funcionamiento y la adaptación del mismo al cultivo de caña de azúcar.

El objetivo principal es determinar la eficiencia del sistema de riego subterráneo instalado en el DPS 10 – 105, de la empresa Maple Etanol SRL. Para el cultivo de caña de azúcar, mientras que los específicos son: Evaluar los componentes que lo integran el sistema de riego subterráneo que suministran de agua al campo DPS10 – 105, Determinar las características generales de agua de Vinaza que se distribuye y aplica al campo DPS10 – 105 y Determinar la eficiencia de distribución y aplicación del sistema del riego subterráneo en el DPS10 – 105.

Considerando para ello la metodología de riegos por goteo subterráneo y el diseño hidráulico y agronómico establecido por la empresa Maple etanol SRL.

1.1. Problema

Maple Etanol, utiliza el agua de Vinaza para regar el cultivo de caña de azúcar, éste residuo industrial es bombeado hacia los campos provocado la pérdida del suministro de agua del sistema de riego por goteo subterráneo, debido al uso de mezclas con agua de Vinaza, que afecta a los componentes de aplicación dificultando el riego y el decaimiento del cultivo.

1.2. Justificación de la investigación

El propósito es determinar la eficiencia del sistema de riegos por goteo subterráneo; mediante el coeficiente de uniformidad, para lo cual se hace un análisis hidráulico con el fin de detectar los problemas del sistema. El resultado del estudio servirá para evaluar la eficiencia del sistema de riego con la utilización de agua de Vinaza.

1.3. Objetivos

General

Determinar la eficiencia del sistema de riego por goteo subterráneo con mezcla de agua de Vinaza para el cultivo de caña de azúcar. instalado en la empresa Maple Etanol SRL.

Específicos

- Describir los componentes hidráulicos del sistema de riego subterráneo con mezcla de agua de Vinaza.
- Determinar las características de la mezcla con agua de Vinaza.
- Determinar la eficiencia del riego subterráneo mediante el coeficiente de uniformidad.

CAPITULO II

II. MARCO TEÓRICO

2.1. COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO SUBTERRÁNEO

a. Definición de riego por goteo subterráneo: Este riego permite aplicar agua filtrada y fertilizantes directamente al sistema radical del cultivo. El método permite que el agua, liberada a baja presión en el punto de emisión, moje el perfil del suelo en una forma predeterminada. El agua es transportada a través de una extensa red de tuberías hasta cada planta donde abandona la línea por emisores en gotas, estos emisores son los que disipan la presión del sistema por un orificio de pequeño diámetro, permitiendo descargar de litros por hora al suelo.

b. Ventajas del sistema:

- Su eficiencia de riego es la más alta de todos los tipos de riego, de 90% teniendo además una distribución del agua muy uniforme.
- Aplicación del pesticida, herbicidas y fertilizante solubles a través del agua, en la zona radicular en tiempo y espacio.
- Los intervalos de aplicación de riego se pueden ajustar exactamente al tipo de suelo y cultivo.
- Automatización del sistema igual o menor de mano de obra.
- Adaptabilidad a la topografía del terreno y permite utilizar el agua residual filtrada
- Facilita la cosecha mecanizada e incrementa la productividad
- Minimiza mano de obra ni necesita supervisión constante.
- Permite una mayor expansión agrícola de los sistemas de riego localizados
- El agua se aplica de forma que llegue solo a las raíces del cultivo evitando el crecimiento de malezas, pérdidas de carga, etc.
- Sistema de riegos que nos permite más de 5 cosechas, sin perjudicar los laterales.

c. Definición de DPS: Deposit, Pressure, Substratum (Depósito de sustrato a presión). Denominación que se da a la estación de bombeo de un reservorio de campo; donde se bombea agua para el riego subterráneo.

d. Los principales componentes del sistema de riegos instalado. Estos son:

- ❖ **Cabezal:** es el principal mando de control y sistema de filtración, lo integran
 - Filtro de discos
 - Tanque de fertilización
 - Medidor de agua o flujómetros
 - Válvula de aire y de paso
 - Accesorios varios
- ❖ Tubería de conducción y distribución múltiple
- ❖ Laterales
- ❖ Goteros o emisores

Fuente: (Olarte/Netafim, 2009).

2.2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE RIEGOS

a) Cabezal principal de control y sistema de filtración: El cabezal comprende un conjunto de aparatos que sirven para tratar, medir y filtrar el agua, comprobar su presión e incorporar los fertilizantes. De éste depende en gran parte del éxito del riego por lo que debe prestarse gran importancia a su instalación ya que desde él se regula el suministro de agua y un gran número de prácticas agrícolas

Está compuesto por el sistema de filtrado, sistema de fertilización y un conjunto de válvulas reguladoras. El filtrado, es el componente principal del cabezal, compuesto por filtros de anillas en los que se pretenden eliminar las partículas y elementos que lleva el agua en su suspensión y que puede ocasionar obstrucciones en cualquier parte de la red de riego, sus partes son:

- **Filtro de disco o anillas:** Es un cilindro perforado en contorno; en su parte interior posee un conjunto de anillos con ranuras muy finas que se unen entre sí. Esto anillos evitan la entrada de partículas que pueden tapan los emisores. Estos anillos tienen que ser revisados periódicamente para detectar a tiempo.

- **Tanque de fertilización:** El equipo está dotado de un tanque para aplicación de fertilizante con el agua de riego. Tiene una capacidad para realizar las operaciones de fertirrigación para cada cuartel.
 - **Medidor de agua:** El medidor de agua, es una válvula accionada por la presión de la tubería del sistema, permite conocer la cantidad de agua que pasa a través de la tubería de forma inmediata o acumulada.
 - **Válvula de aire:** El control del aire en una tubería se realiza con la colocación adecuada de válvulas de aire. Este equipo se instaló una ventosa que permite evacuar el aire durante el proceso de llenado de las tuberías.
 - **Válvula de paso:** Esta válvula interrumpe el paso del agua en tuberías o secciones de ellas, controlando la cantidad de agua necesaria, instalado en el cabezal principal.
 - **Accesorios varios:** Conjunto de pieza que se utilizan en una instalación de riego por goteo para unir tuberías, de igual o distinto diámetro, conectar válvulas, entre ellos los nipples, codos, tees, tapones y abrazaderas.
- b) **Tubería de distribución múltiple:** Tubería que conduce desde la unión de la tubería de conducción a graves de una válvula de control y tiene como función principal las soportar las salidas de las regaderas según la cantidad de surcos al largo de campo alimentando así a los laterales.
- c) **Cintas o Laterales:** Tubería que se extiende a lo largo de la hilera del cultivo y transporta el agua desde la tubería de distribución hasta los goteros y de estos al suelo. Su trazado es siguiendo las curvas de nivel del terreno, en sentido contrario a la máxima pendiente.
- d) **Goteros o emisores:** Son dispositivos por los cuales el agua sale del interior de las tuberías, en forma eficiente y controlada. Generan en el suelo un pequeño charco cuya

extensión horizontal depende de la tasa de aplicación y de la velocidad de infiltración del agua en el suelo. Los goteros son los dispositivos de mayor cuidado en la instalación de riego, cuyo gotero es de tipo laberinto.

2.3. DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA RIEGOS

- **Fuente de abastecimiento:** Reservorio de agua, de donde se puede extraer el agua para regar, según diseño agronómico ya establecido. Puede usarse mediante la expresión el caudal en litros/segundo.

$$Q = \text{Vol} / (\text{T} \times 3600) \quad (1)$$

Dónde:

Q: caudal en L/s

Vol: volumen en Litros

T: tiempo en horas

- **Centro de bombeo:** Se compone, según las necesidades, de un reservorio de agua, pozo de agua, bombas, filtros, tableros electrónicos, sala de motores, centro de automatización.
- **Sistema de Bombeo:** Una bomba viene definida por el caudal Q que debe elevar a una altura de elevación H, factores que determinan la potencia de la misma:

$$P = (\gamma QH) / 75 \quad (2)$$

Dónde:

P: es la potencia de la bomba expresada en HP

γ : Es el peso específico del agua, expresado (kg/m^3)

Q: es el caudal a suministrar expresado (m^3/s)

H: es la altura de elevación expresada (m)

Fuente: (A. Rocha, 2000)

- **Sistema de filtrado.** Abarca componentes hidráulicos con la función de retener cualquier tipo de partícula que pueda estar integrada al agua. Estos pueden ser: Filtros de arenas, filtros de mallas o de anillas. Según: (M. Segura, 2001)
- **Pérdida de carga en filtros:** Este valor calculado proviene del manual de accesorio de los productores de accesorios hidráulicos de alta tecnología, se refiere a la cantidad de energía que puede retener con el paso del fluido en el accesorio.
- **Pérdida de carga en la válvula aire:** Se refiere a la cantidad de energía que puede retener con el paso del fluido. El valor se análisis del dato de especificación técnica del accesorio
- **Perdida de carga en el cabezal:** La pérdida de carga en el cabezal de riego es la suma de las pérdidas locales de los diferentes accesorios que lo componen, que en este caso son: filtro, inyector venturi y válvula.
- **Presión necesaria en la entrada del cabezal:** Es la presión en la entrada del cabezal de riego, es la fuerza con que se tiene que bombear el agua hacia su conducción.

$$H_c = H_{oc} + H_{sc} + Z \quad (3)$$

Dónde:

H_c : es la presión necesaria en la entrada del cabezal (m.ca)

H_{oc} : es la pérdida de carga en el cabezal

H_{sc} : es presión de la salida del cabezal

Z : es la diferencia de nivel del terreno (m)

- **Pérdida de carga desde la bomba al cabezal:** Seguidamente calculamos H_{f1} , que es la pérdida de carga (mca) de la bomba centrífuga ubicada a orillas de la poza al cabezal.

$$H_{f1} = J \times L \quad (4)$$

Dónde:

Hf1: pérdida de carga de la bomba centrífuga ubicada a orillas de la poza al cabezal (mca)

J: pérdida de carga por metro (mca)

L: es la longitud de la tubería (m)

- **Altura manométrica total:** Este valor se obtiene mediante la expresión

$$H_m = H_c + H_{f1} + Z \quad (5)$$

Dónde:

H_m: es la altura manométrica total (mca)

H_c: es la presión necesaria en la entrada del cabezal

H_{f1}: es pérdida de carga de la bomba al cabezal

Z = 0, es la diferencia de nivel (m)

- **Diseño de la tubería de distribución:** Este instrumento busca facilitar los cálculos para el diseño de la tubería de distribución.

$$C_{rd} = C_r - h_{fl} \quad (6)$$

Donde

C_{rd}, es criterio de diseño de la tubería distribución

C_r, es criterio de diseño

H_{fl}, pérdida de carga en los laterales

- **Caudal de la tubería distribución:** Este paso se logra con la asignación del caudal hacia el cultivo, distribuidas en una serie de cintas a lo largo de la tubería de distribución para la aplicación de ésta.

$$Q = N^{\circ} \text{ Laterales} \times Q_l / 3600. \quad (7)$$

Dónde:

Q: es el caudal de la tubería de distribución (L/s)

Nº: Laterales, son los laterales del sector de riego

Ql: es el caudal del lateral de riego o de la manguera de goteo (L/h)

- **Pérdida de carga permisible:** Estas pérdidas de carga se determina con la finalidad de conocer las pérdidas permisibles en cada unidad de riego.

Estas pérdidas de carga se repartieron entre la tubería de distribución y el lateral de la forma:

$$\Delta H_L: (0.80) \times H \quad \text{y} \quad \Delta H_m: (0.20) \times H \quad (8)$$

Donde:

ΔH_L : pérdida de carga permisible en el lateral (m)

ΔH_m : pérdida de carga en la tubería distribución (m)

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

Fuente: (Osorio, 2008)

- **Estimación de la pérdida unitaria (J):** En este caso el criterio de diseño de la tubería de distribución (Crd) es igual la pérdida de carga en la tubería de distribución (Hfg). Este criterio de diseño de la tubería de distribución “Crd”, se obtiene restando al criterio de diseño (Cr), el valor de la pérdida de carga del lateral (hfl).

$$Crd = Cr - hfl \quad (9)$$

Dónde:

Crd: es criterio de diseño de la tubería distribución

Cr, es criterio de diseño

hfl: pérdida de carga en los laterales.

$$J = hfd/L/F \quad (10)$$

Dónde:

J: es el valor de la pérdida de carga por metro de tubería (mca)

Hfd: es la pérdida de carga a lo largo de la tubería de distribución (mca)

L: es la longitud de la tubería (m)

- **Estimación del diámetro de la tubería de distribución:** El diámetro de la tubería se calcula con el valor de caudal y la pérdida de carga por metro (J).
- **Pérdida de carga en la tubería de distribución:** Se refiere a la pérdida de carga por metro lineal de tubería (J) la pérdida de carga (Hfd) en todo el trayecto de la tubería, para lo cual debemos conocer la longitud de la tubería.

$$Hfd = J \times L \quad (11)$$

Dónde:

J: es la pérdida de carga unitaria (mca)

L: es la longitud de la tubería (m)

- **Número de las cintas:** Es la cantidad de cintas que se pueden colocar en el terreno. Así mismo se debe calcular el número de cintas de riego por campo.

$$No \text{ Laterales} = Ld/dl \quad (12)$$

Dónde:

Ld: longitud de la tubería de distribución

Dl: distancia entre laterales.

- **Diseño de las cintas de riego:** El cálculo del diseño de las cintas de riego. En él se describen las operaciones, los resultados y menciona los procedimientos a usar.

$$Crl = Cr(mca) \times 0.55 \quad (13)$$

Dónde:

0.55: es un criterio económico de diseño

Cr: es el criterio de diseño hidráulico

Si: $Cr = 1mca$, se acepta que el 55% sea la máxima pérdida de carga que ocurrirá en los laterales de riego y el restante 45% se dará en la tubería de distribución.

- **Caudal del lateral:** Es la cantidad de agua que suministra al lineal del surco. Par este valor, necesitamos datos como el caudal del emisor y la longitud del lateral.

$$Q_L = N_e \times q_a \quad (14)$$

Donde:

QL: caudal del lateral (l/s)

Ne: número de goteros

qa: caudal del gotero (l/s)

- **Presión necesaria en el origen del lateral:** Es el valor con el que trabaja la impulsión del caudal de aplicación. Este valor se consigue mediante la expresión:

$$H_{lo} = P_o + 0.77 \times h_{fl} \pm Z/2 \quad (15)$$

Dónde:

H_{lo}, es la presión necesaria en la entrada del lateral (mca)

P_o, es la presión de operación de la cinta (mca)

H_{fl}, es la pérdida de carga en el lateral (mca)

Z, es el desnivel del terreno si el terreno es plano o semiplano ($S < 0.5\%$) el valor de $Z = 0$, por comportarse como un terreno llano (m).

- **Longitud del lateral:** La longitud del lateral se determinó de acuerdo al área a regar. La longitud que se obtuvo esta entre los límites permisibles de las pérdidas de carga.
- **Pérdida de carga en el lateral:** El resultado del $Q = L/s$, se busca en la fila correspondiente al caudal antes mencionado y después en la última columna,

encontramos el valor de la pérdida de carga, este valor se compara con el criterio de diseño del lateral (Crl).

- **Diámetro del lateral:** Para determinar el diámetro del lateral se utilizaron una serie de datos calculados en los pasos anteriores, estos son: Descarga de los goteros, Número de goteros, Distancia entre goteros sobre el lateral, Longitud del lateral, Pérdida de carga en el lateral, Gradiente de la pérdida de carga y Descarga en el lateral. Todo este resultado de diseño hidráulico se basa en la ecuación de Hazen-Williams.
- **Número de goteros por lateral:** Es la cantidad de goteros que irán a irrigar al cultivo cada cierto tramo y/o campo, según dato del fabricante en el manual. Según ecuación:

$$N_o = \frac{LL}{d_o} \quad (16)$$

Donde:

No: número de goteros por lateral

LL: longitud del lateral (m)

do: espaciamiento entre goteros (m)

- **Goteros integrados:** Son minicomponentes hidráulicos integrados a las cintas, estos emiten un caudal diseñado para irrigar el cultivo; constituido por cintas de goteo, que permite emitir caudales de aproximadamente de 0.6 a 2.0 litros por hora. Las cintas largas trabajan con presiones de hasta 10 mca.
- **Caudal del gotero:** El caudal del gotero tiene relación con la distancia entre los goteros de las cintas y el tipo de suelo (pesado o liviano), reposición de la lámina diaria de agua al cultivo, longitud de la cinta y la capacidad horaria de riego deseada.
Fuente: (Alonso/Netafim, 2006)

- **Accesorios Íntegros:** Lo integran las uniones tapones finales, tapón tés, tapón de medio. Que muchas veces sirven como medio de unión para unir los o finalizar un subsistema. Estos accesorios pueden ser polimetálicos, PVC, polietileno, caucho o galvanizado. (Alonso/Netafim, 2006)

2.4. DISEÑO AGRONÓMICO DEL PROYECTO

- **Lámina de agua aprovechable a la profundidad radicular efectiva del cultivo:**
Es la lámina de agua que puede ser aprovechada por la planta sin sobrepasar el agotamiento permisible establecido para cada cultivo.

$$LD_{zr} = AD \times 10 \times z_r \quad (17)$$

Dónde:

LD_{zr} = Lámina de agua disponible a profundidad radicular efectiva del cultivo (mm)

AD = Agua disponible (%)

z_r = Profundidad radicular efectiva del cultivo (m).

- **Porcentaje de área bajo riego:** Relación entre el área humedecida con respecto al área que se encuentra bajo riego, es expresado en porcentaje. Para el cálculo del porcentaje de área bajo riego, primero se calculó el bulbo húmedo.

$$P(\%) = (A_t/N_s) \times 0.10 \quad (18)$$

Dónde:

P(%): Porcentaje de área bajo riego

A_t : Área neta/Área cultivada

N_s : Número de surcos x brote

- **Intervalo de riego:** Expresa el tiempo entre dos riegos sucesivos del día.

$$I_r = LA_{zr} / ET_c \quad (19)$$

Dónde:

I_r = Intervalo de riego (días)

LA_{zr} = Lámina de agua aprovechable a (z_r)

ET_c = Evapotranspiración del cultivo (mm)

- **Lámina de riego ajustada:** es la lámina de agua que se debe reponer.

$$LA_{zr} = LD_{zr} \times \% AA \quad (20)$$

Dónde:

LA_{zr} = Lámina de agua aprovechable a la profundidad radicular efectiva del cultivo (mm/ z_r).

$\% AA$ = % de agua aprovechable

- **Lámina bruta:** Es la lámina de agua que se debe reponer tomando en cuenta la eficiencia del sistema de riego.

$$LB = LR_{aj} \times 100 / \text{eficiencia del sistema} \quad (21)$$

Dónde:

LB = Lámina bruta (mm)

LR_{aj} = Lámina de riego ajustada (mm)

Eficiencia del sistema = se consideró una eficiencia del 90%.

$$VB = (LB \times PAR) / 10 \quad (22)$$

Es el volumen de agua en cada riego.

Dónde:

VB = volumen o dosis bruta, m^3/ha

LB = lámina bruta, mm

PAR = porcentaje de área bajo riego

- **Precipitación horaria del sistema:** Es la cantidad de agua que precipita en una hora en un área determinada, se expresa en (mm/h).

$$Phr = (qe \times 100) / (de \times dl \times PAR) \quad (23)$$

Dónde:

Phr = precipitación horaria

qe = caudal emisor (L/h)

de = dist. entre emisores contiguos en el lateral, (m)

dl = dist. entre laterales contiguos, (m)

PAR = % área bajo riego.

Se debe comparar con la Infiltración básica (Ib); debe ser menor o de lo contrario se deberá modificar las condiciones de operación del emisor.

- **Horas de riego por turno:** Son las horas que dura el turno de riego para reponer la lámina.

$$Ht = LB / (2Phr * 1000) \quad (24)$$

Dónde:

Ht = horas de riego por turno (h)

LB = Lámina bruta (mm)

Phr = Precipitación horaria del sistema (mm/h)

- **Horas de riego diario:** Representa las horas que se riegan al día.

$$Hd = Td \times Ht \quad (25)$$

Dónde:

Hd = horas de riego diarias

Td = turnos por día

Ht = Horas de riego por turno

- **Volumen de riego bruto por hectárea:** Es el volumen de agua que debemos aplicar por hectárea para reponer la necesidad hídrica.

$$VR = LB \times PAR/1000 \quad (26)$$

Dónde:

VR = Volumen de riego bruta (m³/ha)

LB= Lámina bruta (mm)

PAR = porcentaje de área bajo riego

- **Superficie bajo riego por turno:** Es el área se riega por cada turno.

$$Sr = \text{área bajo riego} / N^{\circ} \text{ riegos por ciclo} \quad (27)$$

Dónde:

Sr = superficie bajo riego (ha)

- **Volumen de riego bruta por turno:** Volumen de agua que se utiliza para regar el área de un turno.

$$Vbt = Sr \times Vr \quad (28)$$

Dónde:

Vbt = Volumen de riego por turno (m³/turno)

Sr = superficie de bajo riego por turno (ha)

Vr = Volumen de riego por turno (m³/ha).

- **Caudal requerido:** Es el caudal que se necesita para que el sistema de riego funcione. Luego de obtener los datos de necesidades de riego se divide el terreno tomando como base las horas en que se quiere regar el área, el caudal disponible y el área deseada por turno, marcando la dirección de la tubería de distribución y aplicación. Se determina la ubicación de las válvulas y otros accesorios del sistema.

$$Qr = Vbt \times Ht \quad (29)$$

Dónde:

Q_r = Caudal requerido (m^3/h)

V_{bt} = volumen de riego por turno ($m^3/turno$)

H_t = horas de riego por turno (h)

Fuente: (F. Acosta, 1994)

- **Evapotranspiración:** Se plantea lo siguiente: Evapotranspiración (Transpiración + Evaporación), que para el diseño de un sistema de riego y la programación de los mismos es necesario contar con una cierta información adicional como es la climatología y topografía de la zona, además de las características del suelo y los cultivos a establecer. Así mismo afirma que es importante el estudio de la evapotranspiración potencial para conocer la necesidad de agua real del cultivo.

Según la (FOA, 1988). La necesidad de agua de un cultivo (ET_c) se define como la cantidad de agua necesaria para reponer las pérdidas de agua producidas en el proceso de evapotranspiración. Es decir, es la cantidad de agua que necesita el cultivo para crecer y desarrollarse de una manera óptima.

- **Método de Penman:** Es el método indirecto que arroja resultados confiables, puesto que utiliza la mayoría de elementos que determina el poder evaporante de la atmósfera.

Las necesidades de agua de riego de un determinado cultivo se obtienen de la diferencia entre sus necesidades de agua y la porción de agua de lluvia que puede ser usada por el mismo (precipitación efectiva).

Fuente: (Penman, 1989)

$$ETP = c [W * R_n + (1 - W) * f(U) * (e_a - e_d)] \quad (30)$$

Donde:

ETP: Evapotranspiración potencial en (mm/día)

W: Factor para compensar el efecto de la radiación sobre la ETP a diferentes temperaturas y altitudes.

Rn: Radiación neta en equivalente de evaporación (mm/día)

f(u): función relativa del viento

(ea – ed): Diferencia entre la presión de vapor de saturación a temperatura media.

- **Dosis de retención del suelo (C.R.):** La capacidad retentiva del suelo viene a ser el agua del suelo disponible para la planta y está considerada como la cantidad de agua retenida en un suelo entre capacidad de campo y el punto de marchitez permanente.

Fuente: (Olarte, 1997)

$$Cr = [(Psh - Pss)/Psh] * 100 \quad (31)$$

Donde:

Cr: Dosis de retención del suelo

Psh: peso del suelo húmedo campo

Pss: peso del suelo seco

- **Profundidad Radicular (Pr):** Se define a la profundidad de riego es una longitud relativamente igual a la profundidad de las raíces y donde la mayor absorción radicular se produce en las capas superficiales.

Así mismo indica que la lámina de riego (I) puede calcularse reemplazando el valor de volumen de riego (Va), así como el volumen de suelo (Vs) por la profundidad radicular (Pr).

Fuente: (Olarte, 1997)

2.5. PARÁMETROS DE CAMPO

- **Textura del suelo:** La textura es una propiedad física de los suelos, referida al tamaño de las partículas. Los gránulos cuyas dimensiones exceden los 2 mm tienen el nombre de gravas y no son consideradas para el análisis físico-químico de los suelos. Según el diámetro medio lo constituyen los limos; y aquellos que son inferiores a 0.002 mm como las arcillas.

Fuente: (Morales, 2004)

- **Permeabilidad:** Es la capacidad de un cuerpo (suelo) que permitir el paso de un fluido (agua) sin que dicho tránsito altere la estructura interna del cuerpo. Dicha propiedad se determina mediante la imposición de un gradiente hidráulico en una sección del cuerpo, y a lo largo de una trayectoria determinada. Tomando en cuenta la Ley de Darcy, mediante el coeficiente de permeabilidad puede ser expresado como:

$$k = Q / I A \quad (32)$$

Donde

k: coeficiente de permeabilidad o conductividad hidráulica (m/s)

Q: caudal (m³/s)

I: gradiente (m/m)

A: sección (m²)

Fuente: (Das, 1998)

- **Velocidad de Infiltración Básica (IB):** Es la velocidad real de las partículas en una sección cualquiera del medio poroso, el agua cuando ingresa al suelo se toma una variación de tiempo para lograr ingresar en el medio poroso, recorriendo un espacio, a todo ello llamamos velocidad de infiltración básica. Según: (Kasenow M., 2002)

$$\text{Velocidad Darcy} = \frac{\text{Caudal}}{\text{Sección total}} \quad (33)$$

La parte de la sección total por la que puede circular el agua es la porosidad eficaz.

- **Capacidad de campo (CC):** Definido como el contenido hídrico del suelo después de que se haya vuelto muy lento el escurrimiento del agua gravitacional, relativamente estable el contenido hídrico. Se produce de 1 a 3 días después de que el suelo haya sido totalmente mojado por la lluvia o riego. Según: (Kramer, 1984)
- **Punto de Marchitez Permanente (PMP):** Llamado coeficiente de agotamiento es el límite inferior de almacenamiento de agua del suelo para el crecimiento de las plantas o el contenido hídrico del suelo con el que las plantas permanecen permanentemente

agostadas (suponiendo que las hojas revelen un agotamiento visible), a menos que se agregue agua al suelo. (Kramer, 1984). Se expresado como:

$$\text{PMP} = \text{HP}\% \text{ CC} * 0.74 - 5 \quad (34)$$

Donde:

PMP: Punto de Marchitez Permanente

HP%: Porcentaje de humedad retenida

CC: Capacidad de campo

- **Tipo, tamaño y concentración de partículas:** Las partículas en suspensión en el agua pueden ser de naturaleza orgánica (algas, bacterias, semillas, pequeños insectos, musgos y otros) o inorgánicas como arena, limo, arcilla y cenizas.

Respecto a la concentración de sólidos en suspensión en el agua de riego, sugiere que niveles de concentración superiores a 100 mg/L pueden hacer difícil el proceso de filtrado. Aguas con niveles menores a 50 mg/L, no provocan mayores problemas.

Fuente: (López, J.R. et al., 1992)

- **Fertiriego:** Consiste en dar el abono disuelto en el agua de riego, distribuyéndolo uniformemente, para que, prácticamente, cada gota de agua contenga la misma cantidad de fertilizante. (Moya, 2002)

- **Calidad de agua para riego:**

Toda fuente de agua para riego cuenta con agentes contaminantes; todos ellos incluyen materiales sólidos en suspensión, compuestos orgánicos biológicos, químicos disueltos y bacterias. Estos materiales causantes de taponamientos pueden ser clasificados en: factores físicos, químicos y biológicos.

El análisis de agua para propósitos de riego debe incluir la siguiente información: el pH, Total de sólidos solubles, Total de sólidos en suspensión y otros.

Antes de construir un sistema de riego, se debe tener en cuenta en examinar la naturaleza del agua disponible. (Duarte, 2009)

- **Agua de Vinaza:** Agua residual subproducto líquido de la destilación del mosto en la fermentación del etanol. Además, es producto del lavado industrial de la caña cosechada. Contiene materia orgánica y nutriente como nitrógeno, azufre, fósforo y potasio. presenta un color marrón oscuro y un olor a jugo de caña fermentada. Además, por un litro de Vinaza (100%), el 32% son impurezas y el 68% llega es agua.
- **Marcos de plantación de caña de azúcar:** Se suelen utilizar dos modelos básicos: en filas simples, espaciadas 1.25 – 1.50 m entre sí, o en filas dobles, con un espaciamiento de 0.90 m dentro de cada par y de 1.80 – 2.10 m. entre un par y otro.

Fuente: (Moya, 2002)

2.6. EFICIENCIA DEL RIEGO

El agua es aportada a los cultivos de diferentes maneras, según método empleado, produciéndose unas pérdidas durante todas las operaciones de riego. Por ello la cantidad de agua aplicada al terreno es mayor que la que puedan utilizar las plantas, existiendo una eficiencia de riego. Para el cálculo de la eficiencia de riego se emplea las fórmulas:

$$E_r = E_k \times E_a \quad (35)$$

Dónde:

E_r = Eficiencia de riego

E_k = Eficiencia de distribución

E_a = Eficiencia de aplicación

- La eficiencia de Distribución:** Se define como el caudal real que ingresa al sistema por la tubería principal, parámetro tomado en campo y el caudal que ingresa por la tubería teóricamente por el diseño referencial, dando un valor porcentual de la eficiencia de distribución. Para la prueba de evaluación de uniformidad del sistema de riego se tomó la metodología de (Merriam y Keller, 1988)

$$E_k = \frac{Q_s}{Q_f} \quad (36)$$

Dónde:

E_k : Eficiencia de distribución

Q_s : Caudal en la selección de la tubería antes de la tubería distribución

Q_f : Caudal que ingresa por la tubería distribución hacia la tubería porta regantes.

b) Eficiencia de aplicación: Esta eficiencia se define como la evapotranspiración de uso consuntivo en el intervalo de riego y la lámina de agua real extraída de la zona radicular del terreno, según Penman la eficiencia de aplicación para este sistema de riego bordea hasta el 90% de eficiencia.

$$E_a = \left(\frac{ET_c}{L_n} \right) \quad (37)$$

Donde:

E_a : Eficiencia de aplicación en la parcela

ET_c : Evapotranspiración de uso consuntivo en el intervalo de riego

L_n : lamina neta de agua extraída de la zona radicular del terreno.

2.7. PARÁMETRO DE UNIFORMIDAD ESTADÍSTICA

Este parámetro se usa para evaluar los sistemas de riego por goteo sub superficial son: la uniformidad estadística (UE) y la uniformidad de distribución (UD). Donde la UD, es la uniformidad de distribución (%), \bar{X}_q , es el gasto medio de los tres emisores con menor descarga (L/h). Según: (Merriam y Keller, 1988)

$$UE = \left(\frac{1-STD}{\bar{X}} \right) * 100 \quad (38)$$

Dónde: UE es la uniformidad estadística (%), STD es la desviación estándar de la descarga o gasto de los emisores (L/h) y " \bar{X} " es la media de la descarga de los emisores (L/h).

2.8. UNIFORMIDAD DE DISTRIBUCIÓN (UD)

$$UD = \left(\frac{\overline{Xq}}{\overline{X}} \right) * 100 \quad (39)$$

Dónde: UD es la uniformidad de distribución (%), \overline{Xq} es el gasto medio de los tres emisores con menor descarga (L/h).

Cuadro 1. Criterios para la evaluación de eficiencia del riego subterráneo.

Clasificación	UE (%)	UD (%)
Excelente	>90	>87
Buena	80 – 90	75 – 87
Regular	70 – 80	62 – 75
Pobre	<70	<62

Fuente: (Merriam y Keller, 1988)

2.9. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

1. **Caña de azúcar Hawaina H32:** Variedad de caña de zona tropical o subtropical con estrato para la producción de etanol.
2. **Goteo subterráneo:** Es un riego, que utiliza una red de tuberías para distribuir el agua filtrada y presurizada a las líneas emisoras que se encuentran bajo la superficie del terreno y junto a la línea de cultivo.
3. **Laterales o cintas:** Son dispositivos que suministran de agua a los goteros, a lo largo de una tubería de hdp, sin dejar de escapar el fluido en terreno no agrícola.
4. **Gotero o emisor:** Son dispositivos que permiten la salida del agua o fertiriego con un caudal controlado, son disparadores de presión.
5. **Vinaza:** Como fertilizante se convirtió en un importante factor económico, principalmente para la agroindustria del azúcar y del alcohol.
6. **Coefficiente de Uniformidad (CU):** En una media de la uniformidad en la aplicación de agua. Valores de CU sobre 80 indican una muy buena uniformidad de riego y menor de 70 es pobre
7. **Sistema radicular de la caña:** Conjunto de raíces de una misma planta entre ella sobre la raíz principal y sus laterales con el de medir su extensión por una unidad de terreno.
8. **Eficiencia de riego:** Es el análisis del movimiento del agua desde un punto de partida (bocatoma, presa, reservorio, dique, etc.), hasta un punto de llegada (cultivo) a través de un sistema que involucra etapas de rendimiento donde involucra su evaluación.
9. **Riego subterráneo:** Una moderna técnica de riego a presión con una mejor gestión del agua y de los fertilizantes que se aplica a los campos de cultivos.

CAPITULO III

3.1. MATERIALES Y MÉTODOS

1) **Ubicación Geográfica:** El área de estudio está ubicada en la zona norte del Perú, en el departamento de Piura, Provincia de Sullana y Paita, en la zona Nortropical, en el Distrito de Sojo y La Huaca. La provincia de Sullana, es la más cálida de la costa peruana con una temperatura promedio de 30 °C durante todo el año: temperaturas mínimas de 18°C durante las noches del invierno y máximas de verano cercanas a los 41°C, aunque se tiene una sensación térmica que muchas veces sobrepasa los 40°C, debido a que el valle está ubicado en sus costeras del río Chira.

2) **Políticamente pertenece**

- **Departamento:** Piura
- **Provincia:** Sullana y Paita
- **Distrito:** El Arenal, La Huaca y Sojo

El estudio, en el DPS 10, se encuentran en los 52 msnm; y a 92 Km, al noroeste de la ciudad de Piura. Se ubica a 04°53'18" de latitud sur y 80°41'07" de longitud oeste, a la margen izquierda del río Chira. Distritos del El Arenal, La Huaca (Prov. Paita) y Sojo (Prov. Sullana).

3) **Localización**

Figura 1. Ubicación Política Nacional del Proyecto Maple Etanol.



3) Accesibilidad

Cuadro 2. Vías de acceso principales a la zona de estudio.

TRAMO	TIPO DE CARRETERA	DISTANCIA (Km)	TIEMPO (min)
Piura – (Sojo) DPS 10	Asfaltado – Afirmado	92.0	60
Sullana – (Sojo) DPS 10	Asfaltado – Afirmado	32.0	25
Paita – (Sojo) DPS 10	Asfaltado – Afirmado	115.0	80

Figura 2. Ubicación de las áreas de influencia del proyecto Maple Etanol.



Fuente: (Geografía y Riquezas del Perú, 2006)

4) Clima y vegetación: El clima en el Distrito de Sojo, tiene sus características, la costa es cálida y soleada, provista de bajas e irregulares precipitaciones. Cada cierto tiempo se presenta el Fenómeno del Niño (1972, 1983, 1998) con grandes daños para las ciudades costeras, asimismo, favorece la recuperación de los bosques y suelos tropicales.

Presenta temperaturas altas durante todo el año, las temperaturas máximas llegan a: 40 °C y las mínimas a 19 °C que corresponden a los meses de Febrero y Junio, siendo 28 °C su promedio anual. La humedad promedio anual es 68%. El promedio diario de sol en la costa es de 10 horas.

5) Precipitación en la zona de estudio: Las precipitaciones muestran variaciones en la costa, generalmente baja dentro de los primeros 500 m.s.n.m., oscilando entre 10 y 100 mm; entre los 500 y 1200 metros de altura, las precipitaciones fluctúan entre los 100 y 400 mm; y siendo la dirección del viento de Sur – oeste a Nor – oeste, con una velocidad máxima de 45 km/hora.

Cuadro 3. Temperatura anual del distrito de Sojo – Paita – Piura.

Temperatura anual del distrito de Sojo			
Primavera	Verano	Otoño	Invierno
21 Sep. – 20 Dic.	21 Dic. – 20 Mar.	21 Mar. – 20 Jun.	21 Jun. – 20 Sep.
18 °C – 32 °C	26 °C – 41 °C	19 °C – 35 °C	17 °C – 28 °C

Fuente: (SENAMHI, 2012)

6) Hidrografía: El valle del Chira está integrado por los terrenos agrícolas de las provincias de Sullana y Paita, y el territorio del bosque seco de las comunidades campesinas de Amotape, Colán, Tamarindo y Vichayal. Este es uno de los valles más importantes del país por sus abundantes recursos de agua y suelos.

Figura 3. Río Chira cruzando el puente Norperuano – Puente la frontera.



Fuente: (CIPCA, 2010)

7) Aspectos generales del río Chira

El río Chira perteneciente al sistema hidrográfico del Pacífico, tiene sus nacientes en la República del Ecuador, alimentando sus cursos de agua primordialmente con las precipitaciones estacionales que ocurren en su cuenca alta. El curso del río Chira, desde sus nacientes hasta su desembocadura, es algo sinuoso, ya que, en su primer tramo, desde sus nacientes hasta la altura de la localidad de Sullana, corre de Noreste a Sureste, para después adoptar una dirección final de Este a Oeste hasta su desembocadura al Océano Pacífico en la localidad de Bocana Vieja – Puerto de Paita.

Las descargas promedios mensuales para las cuatro fechas actuales desde el año 2012 (Diciembre) en que fueron efectuados los muestreos de caudales habiendo descargas superiores a los 120 m³/s en Setiembre a Diciembre hasta poco menos de 30 m³/s en Mayo – Agosto.

3.2. EQUIPOS, MATERIALES Y HERRAMIENTAS

- **Equipos:** Nivel electrónico, GPS (Sistema de Posicionamientos Geográfico), manómetro y laptop.
- **Materiales:** Planos de diseño de la empresa, cuaderno de campo, marcadores de campo, cartillas de riego, papel bond, bolsas y folders.
- **Herramientas:** Wincha, estacas, cordel, y accesorios de experimento, pico, palanas, rastrillo, probeta de 1.0 lts y movilidad.

3.3. PROCEDIMIENTO DE RECOPIACIÓN DE DATOS

El desarrollo del estudio estuvo comprendido de dos aspectos que fueron dos etapas de gabinete (preliminar y final) y una de campo, cual se desarrolló en base a dos etapas:

1. **Etapas de gabinete:** Ésta etapa involucró la búsqueda, obtención y revisión de informes, estudios e investigaciones anteriores en riegos de caña de azúcar, eficiencia de sistemas de riegos, evaluación de sistemas de riego, etc.; antes de la primera salida a campo.

Además, la obtención de imágenes satelitales, planos topográficos y plano geológico, plano diseño de riegos, hidráulica de tuberías y calidad de agua, los cuales se procesaron gabinete y laboratorio.

- 2. Etapa de campo:** Esta etapa, se procedió al reconocimiento de la zona de estudio, crecimiento desuniforme de la caña del cuartel 105, se seleccionó 22 laterales como muestras representativas, agrupados en subunidad A, B y C. además los datos de: caudales, presiones, horas de riego, bombeo de agua para riego, y la caracterización en campo de las cintas representativas.

Excavación de cintas y de calicatas para muestrear el suelo y recojo de muestras de suelos, datos de climatológicos de la estación y muestras de agua para riego del DPS10.

Esta etapa se complementó con la comparación, comprobación de la información y la evaluación final del sistema de riegos subterráneo, en base a la data obtenida en campo y la respectiva interpretación de datos.

- 3. Técnicas e instrumentos de recolección:** Las técnicas empleadas para el acopio de la información serán:

- Observación dirigida en campo al análisis del problema
- Evaluación hidráulica al sistema de riego subterráneo
- Análisis de eficiencia en conducción, aplicación y uniformidad de distribución
- Tomas de muestra de suelo, agua de riego para riego y datos meteorológicos
- Toma de caudales en las cintas seleccionadas del cuartel 105

4. Elección de las cintas o laterales: De las 220 laterales, que cuenta el cuartel 105, se ha seleccionado 22 cintas agrupados de derecha a izquierda en subunidades: “A, B y C” cada uno con 7, 7 y 8 en condiciones normales para su evaluación respectivamente en forma de diagonal; y un total de 66 goteros que fueron al inicio, centro y final para el análisis de caudales y presiones.

5. Muestreo de suelos: Se realizó la recolección de muestras en el DPS 10 – 105, mínimo con 5 puntos muestreo en un área de 10.16 ha; realizandose calicatas con profundidad de 1.20 m. Se recogió muestras de suelo en vertical de peso 2.0 Kg, según los estratos vistos

en cada calicata y describiendo las características ínsito, manteniendo la temperatura ideal promedio a los 18° C. Para luego ser llevados al laboratorio.

6. Levantamiento topográfico: Para el caso del levantamiento topográfico se trabajó a base de la información brindada por la empresa Maple.

7. Fase de gabinete: se contrastó los cálculos de áreas, desniveles y distancias y ubicación de puntos de muestreo y la correlación de planos existentes del proyecto y la información de campo en AutoCad; del sistema de riegos.

8. Medición de caudal de descarga de los goteros en campo: Para medir la descarga de los goteros se realiza los siguientes pasos:

- Se selecciona cinta para ser tomar los caudales referentes dentro de la operación de riego y se abre acceso a los goteros, y se procede a la identificación del goteo, luego se evalúa las condiciones del gotero, dando una referencia a las condiciones que se ha encontrado.
- Se rotula el goteo, para luego colocar el recipiente que recepcionará el volumen emitido por el gotero en un lapso de 1 ó 2 minutos. Para luego calcularlo.

9. Evaluación de los componentes hidráulicos del sistema: Se contabiliza la cantidad de componentes que lo integran el sistema (100%), luego se procede a su evaluación para medir la cantidad de quipos que se encuentran operativos y calificarle como: optimo, regular o deficiente, según metodología de: (PL. Cherviz, 1998)

3.4. ANÁLISIS DEL DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE RIEGOS

- a. Para el diseño de los laterales y la fuente de abastecimiento de agua, se tuvo que utilizar la ecuación (1), donde se necesita un volumen por el tiempo que se necesitara para suministrar el cultivo.
- b. Para el volumen en el sector de riego, se necesitó establecer un área de riego por la lámina de bruta de riego, que necesitara el cultivo, utilizando la ecuación (2). Y para el caudal del sistema teniendo la ecuación (3), el volumen por el tiempo de 24 horas.
- c. Para hallar el número de laterales (4) que se necesitara para la distribución del agua se necesita calcular la longitud de la tubería de distribución entre una distancia del surco. Mientras que el diseño del lateral de riego y las presiones de operación oscila entre 0.5 y 1 atm (10.33 mca), este valor se busca en el manual del fabricante de la manguera y la presión de operación es 4 mca, o sea aproximadamente 0.5 atm.
 - Criterio de diseño: Con la ecuación (5) y P_o , es la presión de operación de la manguera o goteo y, 0.20, es el factor de presión que permite que la variación del caudal en el sector de riego sea de 10% con relación al caudal medio. La suma de la pérdida de carga en los laterales y en la tubería de distribución debe ser menor o igual al criterio fijado ($1 \text{ mca} = 0.1 \text{ kg/cm}^2$).
- d. Criterio de diseño del lateral de riego; ecuación (6) destaca el diseño del lateral y el criterio de diseño hidráulico por un factor económico de diseño. Si: $C_r = 1 \text{ mca}$, se acepta que el 55% sea la máxima pérdida de carga que ocurrirá en los laterales de riego y el restante 45% se dará en la tubería de distribución.
- e. Par calcular el caudal del lateral, necesitamos dos datos, el caudal del emisor y la longitud del lateral. El primer dato es de la manguera modelo TSX 340. Luego el dato para buscar el caudal lateral utilizamos el cuadro de Chistiansen. Ver la tabla del Anexo 1. Pérdida de Carga H_{fl} ' (mca) x metros en cintas de goteo.

- Utilizando la tabla 16 del Anexo, para hallar la **Pérdida de carga en el lateral** con el resultado del Q (L/s), se busca en la fila correspondiente al caudal antes mencionado y después en la última columna, encontramos el valor de la pérdida de carga, este valor se compara con el criterio diseño del lateral (Cr_l).
- El valor de la **Presión necesaria en el origen del lateral**, consigue mediante la ecuación (7), utilizando la presión de operación de la cinta, la pérdida de carga en el lateral y el desnivel “Z”.

f. **Diseño de la tubería de distribución**

- **Criterio de diseño tubería distribución**, se utiliza el criterio de diseño y la pérdida de carga en los laterales en referencia la ecuación (8).
 - **Caudal de la tubería distribución**, con el número de laterales, son los laterales del sector de riego y el caudal del lateral de riego, mediante la ecuación (9), para ello utilizaremos Christianssen; este valor del coeficiente se encuentra en la tabla de valores de “F”, el cual depende del número de laterales (n) conectados y del régimen hidráulico (m), que para polietileno (PE) es 1.75.
- g. Para estimar la **Pérdida unitaria J**, el criterio de diseño y la pérdida de carga en los laterales, se utiliza los procedimientos anteriores con la ecuación (10) y el valor de “J” se encuentra a través de la pérdida de carga a lo largo de la tubería de distribución y la longitud de la tubería (11).
- h. El **Diámetro de la tubería** se calcula con el valor de caudal y la pérdida de carga por metro (J). y la **Pérdida de carga en la tubería de distribución**, para ello “J” es la pérdida de carga unitaria y una cierta longitud de tubería según ecuación (12).
- i. Para hallar la **Pérdida de carga tubería de distribución** tomado en cuenta las salidas de laterales, se utiliza la pérdida de carga “H_{fd}” y el valor de F de Christiansen, ecuación (13)

- j. La **presión en el origen de la tubería de distribución** (Hdo), se tiene la presión en el origen del lateral (Hlo) más el hfd y el desnivel medio, ecuación (14). Mientras que la **Presión necesaria en la salida del cabezal**, es igual a la presión necesaria en el origen la tubería de distribución más las perdidas Hf, según ecuación (15).
- k. **Pérdida de carga en la válvula y dispositivos de fertiriego**; similar al anterior, la presión de operación se encuentra en el manual del dispositivo Anexo 01; además, el valor de las mismas, ubicamos el valor del caudal de diseño y el tipo de válvula, después en dicha zona para luego encontrar el diámetro de las válvulas. Y la **pérdida de carga en el cabezal**; Este es la suma de las pérdidas locales de los diferentes accesorios que lo componen, que en este caso son: filtro, inyector venturi y válvula.
- l. **Presión necesaria en la entrada del cabezal**, ecuación (16), se tiene el valor de la pérdida de carga en el cabezal más la pérdida de carga en la salida del cabezal y la diferencia de desnivel del terreno.
- m. **Altura manométrica total**
- **Pérdida de carga unitaria en la tubería de la bomba al cabezal**: Pérdida de carga unitaria en la tubería de la bomba al cabezal. Según el plano, la longitud de la bomba, el tramo de red lo haremos con tubería Polietileno, por dicha tubería pasará un caudal. Pues se conoce el caudal y el diámetro, se busca el valor de la pérdida de carga.
- n. Para el caso de la **pérdida de carga desde la bomba al cabezal**, se tiene “J” pérdida de carga por metro y la longitud de la tubería, según la ecuación (17) y la **altura manométrica total**, se tiene que hallar sumando la altura manométrica total, la presión necesaria en la entrada del cabezal y la diferencia de nivel “Z”, ecuación (18).
1. Para el análisis de los **goteros Netafim Ty Tape**, Este método es por cintas con goteros intercalados cada 50 cm, regando el agua solo en los sitios necesarios.

- **Paso 1:** Se necesita la textura del suelo y espaciamiento entre cultivo, del cuadro 4, el espaciamiento de laterales es de 1.50 m, en un suelo arcilloso.
 - **Paso 2:** Después de definir el espaciamiento entre laterales (Paso 1), el caudal de la lateral debe ser seleccionado según la tasa de aplicación en (pulg/hr ó mm/hr). Apoyándonos del cuadro 5, según la tasa bruta de aplicación.
 - **Paso 3:** Para determinar el caudal por gotero y el espaciamiento entre goteros, ubique el caudal de la línea lateral en la tabla 7 correspondiente. Las opciones de caudal por gotero se indican a la izquierda, mientras que las opciones de espaciamiento entre goteros se encuentran en la parte inferior.
 - **Paso 4:** Con base al diseño hidráulico y durabilidad deseada, seleccione el calibre del lateral y el diámetro interno para optar por un material que cumpla las especificaciones técnicas. Para diseñar se recomienda que el caudal de los goteros no sobrepase los 3 L/h. según especificaciones del goteo subterráneo.
- o. **Selección del gasto del emisor.** Depende de factores como el consumo de agua del cultivo, el tiempo de riego y la conductividad hidráulica a saturación del suelo. En lo que respecta a cintas de goteo para el riego por goteo subperforado, se utiliza gastos de: 1.5 a 2.4 L/hm para suelos arcilloso y franco arcilloso, cuadro 7, espaciamiento máximo entre líneas regantes para suelos de diferentes texturas.
- p. **La relación caudal presión,** el caudal de descarga de un emisor está relacionado con la presión hidráulica existente en la entrada, según ecuación (19), donde se tiene un coeficiente de descarga (adimensional) y la presión a la entrada, para este caso k y x , son características del emisor (Laminar =1, Turbulento = $0.75 - 1$).
- q. **Enterrado de las cintas,** según las características del suelo para el caso del riego subterráneo. Para fijar este diseño en el cuadro 8, profundidad vs suelo de instalación de laterales en campo. En la cual se debe utilizar el arcillo limoso por ser un suelo pesado, de 15 a 20 cm de profundidad de enterrado.

- r. Para diseñar la potencia de la bomba con la ecuación (20), se tiene la carga, el caudal y la eficiencia de la bomba. Dejando una potencia en HP; mientras que la selección de la bomba, se trata de seleccionar una electrobomba; para ello se utiliza el caudal y la presión manométrica total. Con los datos anteriores analizamos la curva H – Q, presente en el manual de la electrobomba.

3.5. ANÁLISIS DEL DISEÑO AGRONÓMICO

El diseño agronómico consistió en determinar la lámina de riego, la frecuencia y el tiempo de riego. De este procedimiento el análisis hidráulico del sistema, haciendo uso del Estudio climatológico, se consultaron los registros climatológicos de la estación Meteorológica de Maple, y datos de estación SENAMHI de Valladares – Sullana.

a) Determinación del consumo de agua o evapotranspiración

- Método de Penman: Ilustraremos el ETP para un mes y sucesivamente para los demás meses con los datos de: altitud, temperatura media diaria, humedad relativa, radiación solar media, velocidad del viento medio y otros. Con la formula (21) y los datos de la tabla (26), (29), (30) y (31).

- b) Para el cálculo de la demanda de agua para la cédula de cultivo, de la misma forma se procederá para los meses siguientes.

Determinación de los coeficientes de cultivos (K_c), durante el periodo de crecimiento, así se tiene en el mes de diciembre y los valores de K_c y la duración de las etapas de la caña. Mientras que para los datos adicionales para el diseño ETP, utilizaremos el cuadro 10, que se detalla las características principales del cultivo caña.

- Luego la Evapotranspiración del Cultivo (ET_c), ecuación (22), Precipitación confiable (PP) al 75% P, Precipitación efectiva.
- PP efectiva = $(1 - c) * PP_{25\% P}$. Donde c = coeficiente de escorrentía
- Además, el requerimiento Neto (RN): $RN = ET_c - PP$ efectiva

c) **Calculo del diseño:** Mes máximo de consumo, para lo cual es necesario conocer:

- Lámina de agua disponible a la profundidad radicular efectiva del cultivo, ecuación (23), de donde utilizaremos el agua disponible en porcentaje y la profundidad radicular efectiva del cultivo.
- Lámina de agua aprovechable a la profundidad radicular efectiva del cultivo, para hallar este valor, se tendrá que utilizar la lámina de agua disponible a la profundidad radicular efectiva del cultivo por el agua aprovechable. Ecuación (24).
- Para el diámetro del bulbo humedecido (25), se tiene el caudal del emisor seleccionado y la velocidad de infiltración básica, luego se calcula el porcentaje de área bajo riego usando la ecuación (26), donde se tendrá que hallar el radio del bulbo húmedo, diámetro del bulbo húmedo y distancia entre emisores que anteriormente han sido hallados.
- Para hallar el Intervalo de riego (27), se tendrá que utilizar la lámina de agua aprovechable y sobre el dato Evapotranspiración del cultivo.
- Lámina de riego ajustada (28), se tiene que utilizar el Intervalo de riego ajustado en días y la Evapotranspiración del cultivo.
- Lámina bruta (29) $LR_{aj} = \text{Lámina de riego ajustada}$ se tendrá que multiplicar por el 100 y este valor sobre la eficiencia del sistema. para el caso de la eficiencia se trabaja con el 80%. Mientras que el volumen de agua en cada riego (30), se tiene el dato de lámina bruta por porcentaje de área bajo riego.
- Las horas de riego por turno (31), donde la Lámina bruta y precipitación horaria del sistema multiplicando este resultado por 1000. Y para hallar el Máximo número de turnos de riego diarios (32), se tiene las horas de riego máximas al día, establecidas tomando en cuenta las horas que se desea trabajar el sistema de riego.
- Las horas de riego diario (33), se tendrá en cuenta el número de turnos por día por el numero horas de riego por turno ajustado a la cantidad de personal.

- d) **El volumen de riego bruto por hectárea** (34), se tendrá que multiplicar el resultado de la Lámina bruta por el porcentaje de área bajo riego.
- e) **La superficie bajo riego por turno** (36), se tiene que dividir el área bajo riego por el número de riegos por ciclo que recibirá el cultivo durante un día.
- f) **El volumen de riego bruta por turno**, se multiplica el dato de la superficie de bajo riego por turno por el volumen de riego por turno. Y **el caudal requerido** (37), se determina el poder evaporante de la atmósfera. Para ello se necesita multiplicar el volumen de riego por turno por las horas de riego por turno.
- g) **Permeabilidad** (38), Puede ser expresado como coeficiente de permeabilidad o conductividad hidráulica, el cual se halla teniendo el caudal por el dato adjunto de la multiplicación de la gradiente y una cierta sección o porción de terreno regado. Mientras que el **Punto de Marchitez Permanente** (39), expresado como el porcentaje de agua que agua que tiene que utilizar el cultivo por el coeficiente de 0.74 y a este valor restar el 5 sobre evaporación del Ghan.
- **La Densidad Aparente** (40), de una porción de suelo se calcula la densidad teniendo el peso del suelo seco y volumen imperturbado de ese suelo. Mientras que el **Índice de Velocidad de infiltración** (41), se calcula teniendo un caudal tomado en una sección o porción de terreno cual se debe regar calcular el tiempo que llegar abastecer la porción. La parte de la sección total por la que puede circular el agua es la porosidad eficaz.
- **Tipo, tamaño y concentración de partículas**: Respecto de las partículas de tipo inorgánico, es importante conocer el tamaño, ya que es el primer paso para determinar el diseño apropiado y asegurar el buen funcionamiento de un sistema de filtros. El cuadro 11, proporciona información respecto del tamaño de partículas que pueden encontrarse en suspensión en el agua de riego. Saber que: 1.000 micrones = 1 mm.

3.5 PARÁMETRO DE UNIFORMIDAD ESTADÍSTICA

Se usan para evaluar los sistemas de riego por goteo subsuperficial, estas son: la Uniformidad Estadística (UE) y la Uniformidad de Distribución (UD) las cuales se calculan utilizando las ecuaciones (42).

Dónde: UE es la uniformidad estadística (%), STD es la desviación estándar de la descarga o gasto de los emisores (L/h) y " \bar{X} " es la media de la descarga de los emisores (L/h).

3.6 UNIFORMIDAD DE DISTRIBUCIÓN (UD)

Según la ecuación (43), la UD es la uniformidad de distribución (%), \bar{X}_q es el gasto medio de los tres emisores con menor descarga (L/h).

- Se aforan los goteros por un tiempo de dos minutos y se mide el volumen recolectado.
- Se calculan la UE y la UD.
- Se comparan los valores obtenidos para UE y UD con los del Cuadro 12 para su clasificación, metodología de Merriam y Keller

3.7 EFICIENCIA DE RIEGO

Para evaluar la eficiencia ecuación (44), se ha tenido que realizar los aforamientos en situ es decir la cuantificación los caudales en la conducción, distribución, y aplicación de agua en las parcelas. Para el cálculo de la eficiencia del sistema de riego subterráneo.

- a) **La eficiencia de distribución**, para llegar a este resultado se el caudal en la selección de la tubería antes de la tubería distribución y caudal que ingresa por la tubería distribución hacia la tubería porta regantes.
- b) **Eficiencia de aplicación (E_a)**, para llegar a esta ecuación (46) la evapotranspiración de uso consuntivo en el intervalo de riego, multiplicaremos por la lámina neta de agua extraída de la zona radicular del terreno.

c) Consideraciones de diseño de campo

- Determinación de la textura del suelo: Según la textura del suelo está, referida al tamaño de las partículas la cual se detalla en el cuadro adjunto.

3.8. CARACTERISTICAS GENERALES DEL AGUA PARA RIEGO

Debe estar considerado libre de: materiales sólidos en suspensión, compuestos orgánicos biológicos, químicos disueltos y bacterias. El análisis de agua para riego debe incluir el: pH, Total de sólidos solubles y Total de sólidos en suspensión.

- a) Toma de las muestras de agua: La cantidad mínima de agua que se necesita para análisis fisicoquímico ordinario es de 1 litro. En este caso se necesitó 4 envases ya que 3 de ellos serán para el análisis de agua de riego.

Mientras más pronto se analice el agua después de tomada la muestra, más seguro serán los datos que se obtengan para evitar algunos cambios químicos o biológicos que alteren la composición de la muestra. Por último, se debe poner una etiqueta descriptiva y de identificación la muestra siguiendo los pasos siguientes:

- Se tomó directamente de la fuente la temperatura y el pH del agua, se anotó fecha y hora del muestreo de agua de riego
- Se realizó el curado de los envases, lavándolas varias veces con el agua a evaluar.
- El muestreo del agua de riego se realizó en 3 puntos ubicados, en el micro reservorio, en la salida de la tubería distribuidora, y en las sub unidad “C”.
- Para evaluar la calidad de agua para riego, haremos un comparativo con los datos obtenidos en campo y en laboratorio según el cuadro 13.

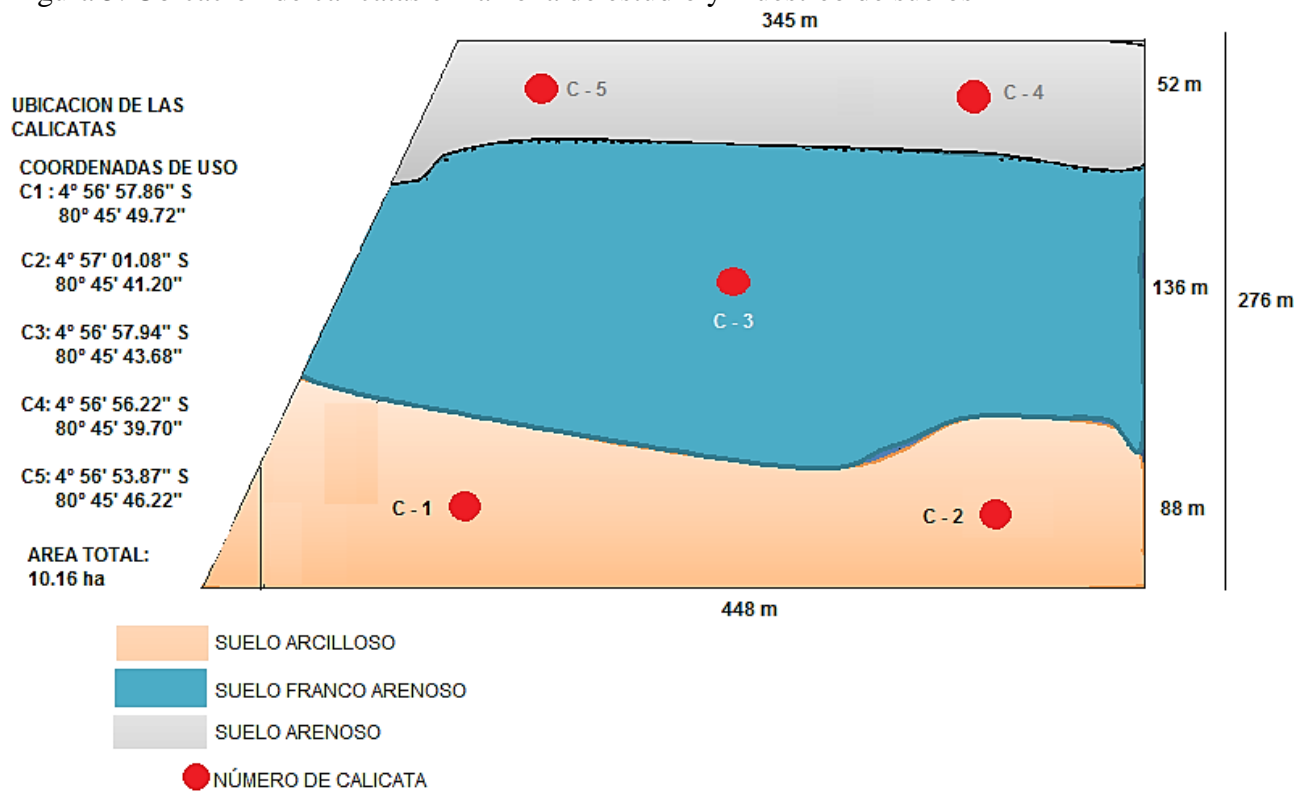
- b) Para las cualidades de los suelos y profundidad para instalar cintas se utilizará el cuadro 14. las profundidades de instalación de cintas en el suelo.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a. Tipo de suelo en el DPS 10-105. Se ubicaron 05 puntos de muestreo (calicatas)

Figura 5. Ubicación de calicatas en la zona de estudio y muestreo de suelos



Fuente: (Estudio y Solución de Problemas Medioambientales de Ingeniería Geotecnia, 2010).

Figura 6. Características del suelo del DPS10 – 105.




Figura b. Excavación de calicatas/Estructura del suelo, suelo con pedregoso de $\varnothing < 2'$ en 80%.

Cuadro 15. Descripción del suelo de cultivo en el DPS10.

01	Ubicación	497003E, 9456881 N – Dist. Sojo, Sullana
02	Número de calicata (cod)	02 – M
03	Clasificación natural	Franco arenoso y Franco arcilloso
04	Fisiografía	Terrazas marinas
05	Pendiente (%)	0 – 1.8
06	Material parental	Material aluvial, de litología variada
07	Vegetación	Algarrobo, zapote
08	Erosión	Superficial moderada de tipo eólica
09	Coefficiente de escorrentía	0.50
10	Densidad aparente (gr/cm ³)	2.73
11	Permeabilidad media (cm/hora)	0.8 y 0.2
12	Capacidad de campo (CC) (%)	0 – 5
13	Pedregosidad superficial (%)	>30.0 de clase IV
14	Registro gráfico	Fotografía N° 03
15	Grupo Taxonómico	Torrifluents y Sub Grupo: Typic Torrifluents

Fuente: (Estudio y Solución de Problemas Medioambientales de Ingeniería Geotecnia, 2010).

Cuadro 16. Descripción y análisis de las calicatas dentro del campo DPS10 – 105.

Fotografía 3. Calicata 02 – M	Horiz. Prof. (cm)	Descripción del perfil del suelo
	C2 0 – 30	Arena gruesa a media, de color pardo amarillento claro (10YR6/4) en seco, grano simple suelto Modificador textural, pedregosidad de 30%, con pH neutro de 7.1, con bajo contenido de materia orgánica (0.10%). Ligeramente salinos (Conductividad eléctrica de 2.8 dSm ⁻¹)
	C3 30 – 45	Arena gruesa media combinado con arcilla, comportándose como un suelo franco arcilloso de color pardo muy claro (10YR7/4) en seco estructura masiva y consistencia dura, Modificador textural, pedregosidad de 80%, con pH moderadamente alcalino de 8.1, bajo contenido de materia orgánica (0.08%), ligeramente salinos (Conductividad eléctrica de 3.4 dSm ⁻¹)
	C5 45 – 80	Arena gruesa media, suelo franco arcilloso (2.5Y8/0) en seco, estructura masiva y consistencia muy dura. Modificador textural, pedregosidad de 20% y pH moderadamente alcalino (8.1), contenido bajo en materia orgánica y moderadamente salinos (Conductividad eléctrica de 0.9 dSm ⁻¹).

4.1. DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES HIDRÁULICOS QUE LO INTEGRAN EL SISTEMA DE RIEGO SUBTERRÁNEO QUE SUMINISTRAN DE AGUA AL CAMPO DPS10 – 105.

El proyecto Maple cuentan con:

Ítem	Descripción	Cantidad
01	Área cultivada (ha)	17852.00
02	Variedad de caña en los campos (H32)	H32 Hawaina
03	Número de estación de bombeos agua de rio (DPS´s)	12
04	Número de estación de bombeos agua de Vinaza (DPS´s)	10
05	Número de bloques DPS (promedio)	05
06	Número de bloques totales (promedio)	60
07	Número de cuarteles DPS (promedio)	540
08	Número de bloques en el DPS 10	05
09	Número de cuarteles en el DPS10	50
10	Área neta del bloque 010 (ha)	138.68
11	Número de cuarteles en el bloque 010	14
12	Estación DPS10 Reservorios (unid.)	02 (rio y Vinaza)
13	Electrobombas Hidrostal en el DPS10 (unid.)	04 (120 HP)
14	Líneas distribuidoras (unid.)	01
15	Líneas porta regantes (unid.)	01

Fuente: (Maple, 2014)

Para fines de investigación se seleccionó el DPS10–105, este sistema lo integran los siguientes componentes:

Cuadro 17. Descripción y Evaluación de sus componentes del sistema de riegos DPS10 – 105.

Estructura/Componente	Cantidad	Resultado (s)
<p>Reservorio 1: Impermeabilizado con geomembrana de polietileno de 1.0 de espesor, su volumen de almacenamiento es de 400 m³.</p> <p>Reservorio 2: El segundo reservorio es para almacenar el agua de Vinaza, recubierto de geomembrana y almacenamiento de 380 m³.</p>	(01)	<p>El reservorio es de capacidad de 250 m³, presenta fisuras en algunas partes de su estructura. Además, no se le ha dado los trabajos de limpieza de sedimentos acumulados durante la campaña agrícola.</p> <p>Por lo tanto: NO cumple el diseño</p>
<p>2.Electrobombas: Bombas tipo turbina vertical lubricada por el propio fluido y accionadas mediante motores eléctricos trifásico de tipo inducción de potencia: 120 HP.</p>	(01)	<p>El suministro eléctrico presenta alto y bajo voltaje, ocasionando daños a equipos de bombeo. El corte eléctrico a causa de la variación del voltaje y por el mal estado de los equipos es frecuente, propiciando problemas de déficit hídrico a los cultivos.</p> <p>Por lo tanto: Si cumple con el diseño de la bomba</p>
<p>3.Sistema de filtrado: Filtro de anillas de policarbonato, su ciclo de retrolavado limpia en forma automática el elemento de filtrado. Filtración micro precisa de sólidos. A través de ello fluye agua de Vinaza no sedimentada</p>	(02)	<p>La falta de mantenimiento hace que su eficiencia de trabajo llegue a 60%</p> <p>Por lo tanto: es calificado como regular</p>
<p>4.Válvula reguladora o de presión: Válvulas de cierre directo, activadas por presión de la red o por medio de presión neumática, igual a la presión de la red.</p>	(01)	<p>Éste opera de forma eficiente sin tener problemas en función</p> <p>Por lo tanto: Su calificación es buena</p>
<p>5.Piloto regulador de presión: Piloto regulador hace que la válvula mantenga la presión de aguas abajo, no dependiendo de la presión de agua arriba o de cambios de caudal.</p>	(02)	<p>Sus amortiguadores metálicos se encuentran vencidos por lo que no reduce las presiones</p> <p>Por lo tanto: su calificación es regular.</p>
<p>6.Medidor de caudal o hidrómetro: Medidores de caudal y presión de hierro fundido, mide el caudal en máx. 25 y estándar de 16 bar, acoplado para medir el caudal bombeado.</p>	(01)	<p>Dicho accesorio se encuentra descalibrado, no llega a cumplir su función. Se debe calibrar con equipo ultrasonido.</p> <p>Por lo tanto: su calificación de rendimiento es regular</p>

<p>12. Tubería de distribución: Conductor de Polietileno y PVC de 4"Ø, que abastece un $Q_u = 118.14 \text{ m}^3/\text{h}$, desde el DPS10 al cuartel 105.</p>	<p>(1073.00 ML)</p>	<p>Se encuentra operativo, pero encontramos 4 válvulas de aire en su dirección obsoletas, además la tubería de distribución ha sido enterrada a profundidades que supera el diseño (0.40 m) y transporta agua de Vinaza con sedimentos y otros componentes Por lo tanto: Su calificación es regular; ya que no tiene un mantenimiento preventivo (purga). Dicha tubería no es la adecuada para conducir Vinaza</p>
<p>13. Laterales: Tubo de polietileno blando para reducir la absorción del calor y la radiación de Ø 16 mm. De $Q_u = 0.53 \text{ m}^3/\text{h}$ por línea regante, distribuidos en la línea porta regante</p>	<p>(220 unid.)</p>	<p>Se seleccionaron el 10% de laterales, para su evaluación en 3 subunidades A(7), B(7) y C(8), para aforar los caudales entrantes y salientes dando como resultado $UE=29.85\%$ y $UD=43.92\%$. valores menores a 70% Por lo tanto: Su calificación es pobre y deficiente debido a la ausencia de agua en los laterales</p>
<p>14. Goteros: Emisor de agua de diafragma y laberinto de polietileno, modelo DripNet 73Z, con $Q_i = 1.0 \text{ L/h}$, con sistema de filtración.</p>	<p>Selecc: 120 Unid.</p>	<p>Se seleccionaron un total de 120 goteros de las 3 subunidades para su evaluación, teniendo resultados por: sedimentación (85), succión (5) y enraizase (6), no dejando aplicar el agua de riego. Por lo tanto: Su calificación es deficiente por las diversas fallas que tienen los goteros y no cumpliendo la función de riego dicha estructura</p>
<p>15. Tapones y conectores: Los tapones se encuentran en los terminales de cada lateral y por cada 800 metros lineales de lateral, existe uniones de polietileno</p>	<p>22 Unid. Tapones y 22 Unid. uniones</p>	<p>Los tapones se encuentran en buenas condiciones y las uniones en algunos casos como en la subunidad "C", han zafado debido a las fuertes presiones</p>

TOTAL, COMPONENTES EVALUADOS: 218 metro Lineal/Unid.

Al momento de evaluar los componentes hidráulicos del sistema, se tuvo en cuenta la operación del sistema, cabe mencionar que los equipos se encuentran en funcionamiento como los filtros, bomba, laterales, goteros; pero no trabajan con la debida eficiencia que se estima (95%) debido la saturación de elementos que obstaculizan el paso para el agua al cultivo. Además, el agua de Vinaza ($Q=92 \text{ L/h}$), se está enviando por el mismo sistema de riegos, éste fertilizante soluble taponea los equipos.

4.2. RESULTADOS DE CAMPO

Cuadro 18. Resultados de caracterización del campo DPS10. Empresa Maple Etanol.

01	Campo	DPS 10		
02	Ubicación	497003E, 9456881 N – Dist. Sojo, Sullana		
03	Bloque	010		
04	Área de cuartel 105 (ha)	10.16		
05	Número de calicata (cod)	C01 – M	C02 – M	C03 – M
06	Fisiografía	Terrazas marinas	Cumple	Cumple
07	Material parental	Material aluvial, de litología variada	Cumple	Cumple
08	Vegetación	Algarrobo, zapote	Cumple	Cumple
09	Erosión	Superficial moderada de tipo eólica	Cumple	Cumple
10	Coefficiente de escorrentía (C)	0.50	0.50	0.50
11	Permeabilidad media (cm/hora)	0.25 rápida	1.40	0.90
12	Textura	Franco arcilloso (96%) y Franco arenoso (4%)	97%, 3%	-
13	Porosidad (%)	50.3	50.6	50.6
14	Densidad Aparente (g/cm ³)	1.35	1.45	1.37
15	Capacidad de campo (%)	27	30	28
16	Punto de marchitez (Pm) (%)	8	8	8
17	Contenido de agua en el suelo (H%ps)			
18	Área de infiltración (mm)	12	10.5	14.2
19	Velocidad de infiltración básica del suelo (cm/h)	1.1	1.3	1.0
20	Pedregosidad superficial (%)	>30.0 de clase IV	33	31
21	Grupo Taxonómico	Torrifluents y Sub Grupo: Typic Torrifluents	-	-
22	pH de suelo	7.1 (Neutro)	8.1 (Alcalino)	8.1 (Alcalino)
23	Cantidad de materia orgánica	10%	8%	20%
24	Densidad Velocidad de infiltración básica del suelo (IB) cm/h	1.1	1.0	1.2

Discusión: El pH de suelo de es muy alto, debido al alto salitre detectado en el suelo, el cultivo hace que las raíces no crezcan hacia la profundidad, envolviéndose en el gotero estrangulando la cinta.

La Permeabilidad del suelo, es lenta en las calicatas C02 – M y C03 – M, esto hace que el agua no llegue a filtrar en todo el radio del cultivo, incoándose el estrés hídrico del cultivo.

Fuente: (Netafim, 2012)

4.3. RESULTADOS TÉCNICOS E HIDRÁULICO

Cuadro 19. Resultados del diseño hidráulico del sistema de riegos subterráneo Empresa Maple Etanol SRL.

01	Tipo de flujo	Turbulento combinado
02	Modelo de gotero autocompensante	DRIPNET AS 16350
03	Dimensiones del paso del laberinto ancho-profundo-largo (mm)	0.76 x 0.73 x 8.0
04	Software de aplicación	DripNet PC™
05	Número de emisores total	622
06	Número de laterales	220
07	Tipo de lateral	Ty – Tape, TSX 508-30-340
08	Diseño del lateral - presión de operación (mca)	5
09	Diámetro interior y exterior de la cinta (mm)	14.20/16
10	Longitud máxima del lateral en campo (m)	312
11	Sumatoria de pérdida de carga aprox. En los goteros de los laterales “A, B y C” muestra de 20 Unid. hfl (mca)	0.184
12	Gasto disponible (L/h)	118.76
13	Diámetro cinta (mm)	14.20
14	Espesor cinta (mm)	1.20
15	Diámetro cinta (mm)	16.20
16	Presión en el origen del lateral “A, B y C” (mca)	5.11/ 4.1/2.8
17	Caudal máximo Subunidad “A” (m ³ /h)	0.0085
18	Caudal mínimo Subunidad “A” (m ³ /h)	0.0045
19	Caudal máximo Subunidad “B” (m ³ /h)	0.0086
20	Caudal mínimo Subunidad “B” (m ³ /h)	0.0051
21	Caudal máximo Subunidad “C” (m ³ /h)	0.0081
22	Caudal mínimo Subunidad “C” (m ³ /h)	0.0058
23	Presión de trabajo en el gotero (Max.) Cinta “A” (bar)	2.40
24	Presión de trabajo en el gotero (Min.) Cinta “A” (bar)	0.00
25	Presión de trabajo en el gotero (Max.) Cinta “B” (bar)	2.20
26	Presión de trabajo en el gotero (Min.) Cinta “B” (bar)	0.00
27	Presión de trabajo en el gotero (Max.) Cinta “C” (bar)	0.70
28	Presión de trabajo en el gotero (Min.) Cinta “C” (bar)	0.00
29	Perdida por fricción y localizadas en los laterales “A, B y C” Ht= (hf + hl)(mca)	0.22
30	Caudal de distribución (m ³ /h)	114.61
31	Diámetro de la tubería de distribución (pul)	5.0
32	Pérdida de carga en la tubería de distribución (mca)	1.37
33	Presión en el origen de la distribución (mca)	5.4
34	Diámetro de la tubería de distribución 1 (pulg)	6.0
35	Pérdida de carga en la tubería de conducción PVC (mca)	35.32
36	Presión necesaria en la salida del cabezal (Bombeo) (mca)	40.82
37	Longitud de la tubería de distribución (mL)	1073
38	Longitud de la tubería distribución porta regantes (mL)	422
39	Número de salidas de laterales (n/origenes)	222

40	Pérdida de carga por dispositivos de fertiriego aprox. (mca)	0.018 (filtro, venturi, inyector y válvula)
41	Pérdida de carga desde la bomba al cabezal (mca)	0.21
42	Altura manométrica total (mca)	54.0
43	Selección de la bomba	54.0
44	Por lo tanto la presión necesaria del Bloque 1, cuartel 105 (mca)	62.00
45	Carga total de la bomba Hm (mca)	53.88
46	Potencia de la bomba (HP)	120
47	Modelo de la bomba Hidrostal	B12H-05-10" X 10" X 1. 7/16"
48	Tipo de bomba	Bomba Turbina Vertical HmS

Fuente: (Maple, 2009)

4.4. RESULTADOS AGRONÓMICOS

Cuadro 20. Resultados del diseño agronómico de Maple Etanol SRL.

01	Campo agrícola (DPS)	10
02	Bloque y cuartel	01 – 105
03	Área agrícola (ha)	10.16
04	Cultivo (Variedad)	Caña H32
05	Profundidad media del cultivo (m)	0.54
06	Marcos de plantación (m)	1.20 hilera simple
07	Total de caña plantas (ucc)	121000
08	Separación entre plantas (m)	0.50
09	Agua para riego (fuente)	Vinaza y agua del rio Chira
10	Evapotranspiración (mm/día)	8.09
11	Coef. Experimental de Evapotranspiración (Kc)	0.40
12	Tiempo disponible de operación (hrs)	24
13	Lámina de agua disponible (mm)	452.80
14	Lámina de agua aprovechable (mm)	362.23
15	Porcentaje de área bajo riego (%)	27.30
16	Diámetro del bulbo humedecido (m)	0.9
17	Intervalo de riego (día)	3.59
18	Lamina bruta (mm)	45639.42
19	Volumen de agua en cada riego (m ³ /ha)	622.91
20	Precipitación horaria del sistema (mm/h)	3.85
21	Horas de riego por turno (hrs)	5.91
22	Máximo número de turnos (tur.)	3.55
23	Horas de riego (hrs)	21
24	Volumen de riego bruto por hectárea (m ³ /ha)	12458.26
25	Volumen de riego bruto por turno (m ³ / tur)	623.31
26	Caudal requerido (m ³ /ha)	119.21
27	Longitud máxima de surco requerido x ha (m)	278
28	Velocidad de Infiltración Básica (IB) (mm/h)	Más baja 9.20 (suelo franco arcilloso)

4.5. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGUA PARA RIEGO

a) Cuadro comparativo del Análisis de agua del rio Chira y Vinaza.

Cuadro 21. Análisis físico químico del agua para riego.

VARIABLE		PARÁMETRO	AGUA DE RIO CHIRA	AGUA DE VINAZA
01	Temperatura	°C	30	30
02	Densidad	Kg/m ³	995,7	1.09
03	Ph	<Acido ó >Alcalino	7.65	4.35
04	Aspecto	-	Transparente	Turbio
05	Olor	-	Inodoro	Malta/alcohol quemado
06	Sabor	-	Agradable	Malta normal
07	Color	-	Incoloro	Marrón café
08	Conductividad a 30° C	dS/m ó mS/cm	135 a 30	35
09	Viscosidad dinámica	Kg/m*s	0.000891	0.0001025
10	Turbiedad	NTU		10.64
11	Solidos totales	%	110	19.17
12	Sólidos en suspensión	Ppm	110	157
13	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Ppm	1.55	179.75

Fuente: Resultados obtenidos del estudio Físico químico y Bacteriológico del agua del rio Chira, por la facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Piura, 2014.

Cuadro 22. Inyección de Vinaza como fertiriego. Campo DPS 10. Bloque 01 – Cuartel 105.

Cuadro de Inyección de Vinaza en el sistema de Riego DPS 10 – 105													
SUBUNID	Sector de riego	Turno de riego	Área (Ha)	Longitud surco (m)	Número de Red	Tubería Muticaudal		Caudal total		Necesidad de riego		Tiempo de riego (h/d)	Caudal total por cinta (m ³ /h)
						Longitud (m)	N° Goteros	Unitario (l/h)	por cinta (l/s)	Número de cintas	(m ³ /d)		
SUBUNID A	DPS 10 -105	I	10.16	276.24	R-01	276.74	551.48	0.03	16.54	244	39.996	2.5	0.164
SUBUNID B	DPS 10 -105	II	10.16	276.44	R-02	277.24	552.48	0.03	16.57	244	36.405	2.5	0.149
SUBUNID C	DPS 10 -105	III	10.16	276.64	R-02	277.54	553.08	0.03	16.59	244	36.405	2.5	0.149

Fuente: (Maple Etanol, 2014)

En el DPS10, se ha detectado que el sistema de riego subterráneo está suministrando agua de Vinaza como fertiriego, por el lapso de 02 horas y media durante 6 días continuo, con un caudal de inyección promedio 40 m³/día/turno

b) Características generales del agua para riego

Cuadro 23. Características generales del agua de Vinaza de Maple Etanol.

Análisis por cantidad	Condición	A temperatura/Puntos de monitoreo	Descripción	Tamaño (mm)	Cantidad	Unidad	en (%)
Jugo de caña (milasa)	Calcio, magnesio, potasio, hierro y manganeso			-	51.0	ml	0.051
Brix del jugo	Glucosa + fructosa+amina	Min. 12 ° C Máx. 35 ° C		-	22.0	mg	0.022
Fibra leñosa	Bagazo y hojas de caña	P1 = a 5.20 m de la salida del DPS10	Todos los materiales dentro de la Vinaza	1.2	20.5	mg	0.0205
Impurezas	Hollin de caldera	P2 = Unión de Línea de conducción y Línea de Distribución		0.008	15.8	mg	0.0158
Arenas	Material seco	P3 = cinta B, en el terminal.		0.2; 1.5	31.1	mg	0.0311
Arcillas	Material seco			0.003	91.2	mg	0.0912
Limos	Material seco			0.002	23.4	mg	0.0234
Cenizas	Residuos quemados			0.002	70.5	gr	0.0705
Materia Orgánica	Restos de caña brava			-	24.5	gr	0.0245
Agua	Residuo de lavado			-	650.0	ml	0.6500
						1000	100%

De muestra de un (01) litro de agua de Vinaza, se consideró los siguientes datos

Fuente: (Maple Etanol, 2014)

4.6. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE CAMPO

1) Variedad de caña de azúcar H32 Hawaina



Figura 7. Variedad H32 sembrado en el cuartel 105.

En el bloque 01, cuartel 105 cultivado con caña de variedad H32 con un área de: 10.16 ha. Se evaluó Biométricamente notándose el bajo crecimiento y peso por deficiencias en su riego.

2) Quema de caña H32, para la producción del Etanol



Figura 8. El bloque 1, cuartel 105, quema y cosecha de la caña H32.

Quema de caña para su cosecha, pues se nota bagazo quemado, cenizas, arenas, arcillas del suelo adheridas a los azúcares de la caña. La producción de caña en campo es trasladada hacia la planta industrial, para su posterior lavado y la molienda de la misma; un juego de recursos hace que este procedimiento deje como residuo el agua de Vinaza, producto de un riguroso trabajo de lavado.

Las aguas industriales son almacenadas por un lapso de 1 a 2 horas siendo bombeadas a los campos agrícolas desde la planta a través de una tubería de HDP una distancia de 11 Km, hasta llegar al DPS 10.

3) Proceso de reutilización del agua de Vinaza para riegos

Proceso de utilización del agua de Vinaza como parte del plan de fertiriego de la caña de azúcar con rasgos de impurezas en su contenido, pues ésta no llega a sedimentar en un tiempo indicado, ya que reposa un lapso de 30 minutos y es bombeada al campo, sin pasar por ningún filtro.



Figura 9. Aplicación de Vinaza como fertiriego al DPS 10.

4) Evaluación de los componentes del sistema de riego subterráneo

▪ Reservorios de almacenamiento de agua para riego en el DPS10

Se identificó dos reservorios de agua para riego ambos de capacidad de 200 m³, el primero es de agua natural proveniente del río Chira y el segundo agua de Vinaza utilizado para el fertiriego de la caña de azúcar. Ambos de geomembraana y estructura de concreto reforzado.



Figura 10. Reservorio de agua para riegos en el DPS10.

- **Bombeo de agua de Vinaza**



Figura 11. Salida de Vinaza del micro reservorio

Bombeo de agua de Vinaza a los bloques y cuarteles a través de una tubería de Ø4" para cumplir con el fertiriego, tenemos una cámara de salida que no cumple las condiciones de retenciones o de filtro.

- **Tubería de distribución de agua de riego al DPS10 – 105**



Figura 12. Tubería de conducción y distribución de agua para riego

Tubería de color azul, es la salida del reservorio de agua de Vinaza que se une a la tubería de conducción de agua natural a través del mismo sistema de bombeo de agua natural.

Mientras que en la otra imagen es la ubicación de la tubería de distribución en el bloque 1 - 105; enterrada por debajo de los 40 cm.

- Estado actual de la tubería de distribución y la línea porta regantes

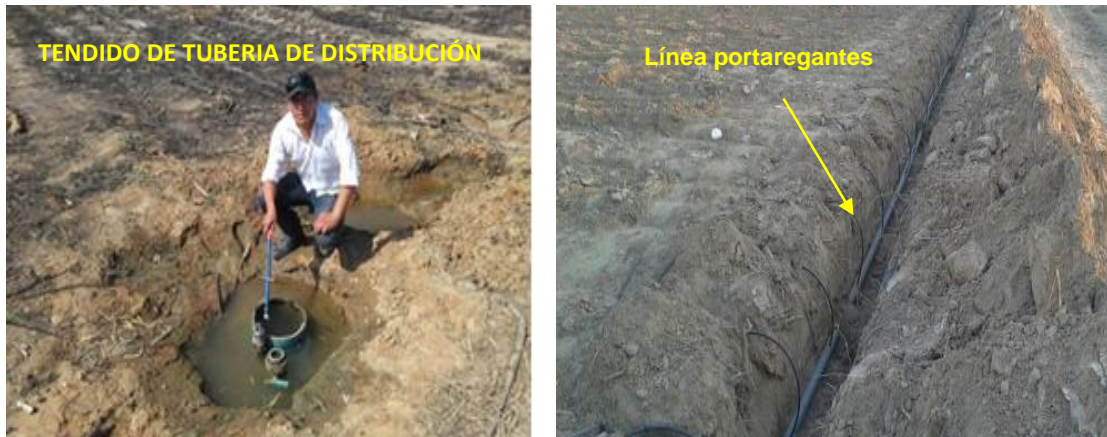


Figura 13. Tubería de distribución y porta regantes en mal estado.

Se realizó un seguimiento a la tubería distribución para ver estado actual del sistema según los procedimientos de diseño, encontrándose la línea de distribución enterrada más de los 30 cm de profundidad y los accesorios del sistema (válvula de aire) por debajo del nivel del terreno; quedado obsoleto en el sistema.

- Ubicación de las cintas en la subunidad “B”



Figura 14. Terminales de cada cinta de la Subunidad “B”, con falta de agua

El cultivo no llegó a recibir el agua de riego ni de fertiriego, por malos factores de diseño, suelo y el tipo de agua.

- **Ubicación de las cintas en la subunidad “A”**

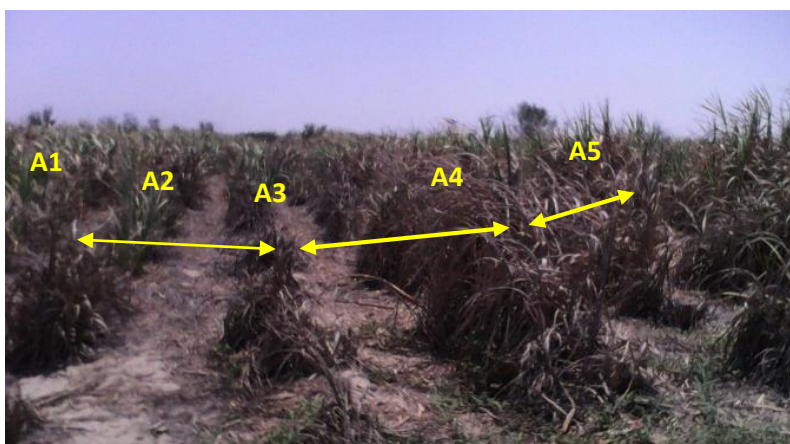


Figura 15. Terminales de cada cinta de la Subunidad “A”, con la falta de riego.

La separación entre surco y surco es de 0.90 m, no cumple con los 1.50 m de surco a surco y/o de distancias entre cintas de riego, para el cultivo de caña de azúcar, además se nota la falta de agua para riego.

- **Aplicación de agua para riego y fertiriego**



Figura 16. Escurrimiento de agua de riego en las cintas 212 y 213.

Se procedió al levante de los laterales de la Subunidad “C” y al análisis respectivo de las cintas de aplicación encontrándose en que los laterales irrigan con agua de Vinaza los cultivos de caña de azúcar. Nótese que los laterales escurren agua de Vinaza no filtrada, llegando a toponear los goteros.

5) Diversas fallas en los laterales y goteros del sistema

- **Falla por estrangulamiento en la subunidad cinta “C”:** La cinta 218, se encontró sobre levantada, por efectos de estrangulamiento de cinta y deteriorada por efectos del crecimiento de la caña Hawaiiana, produciendo desequilibrio el sistema de riego. Es notable que el agua que circula por la cinta 218, no llegue a irrigar toda su magnitud y trayecto, dejando evidencias como el secamiento del cultivo.



Figura 17. Cinta “C” con estrangulamiento y enraizase.

- **Falla por rotura interna de la subunidad “C”.**

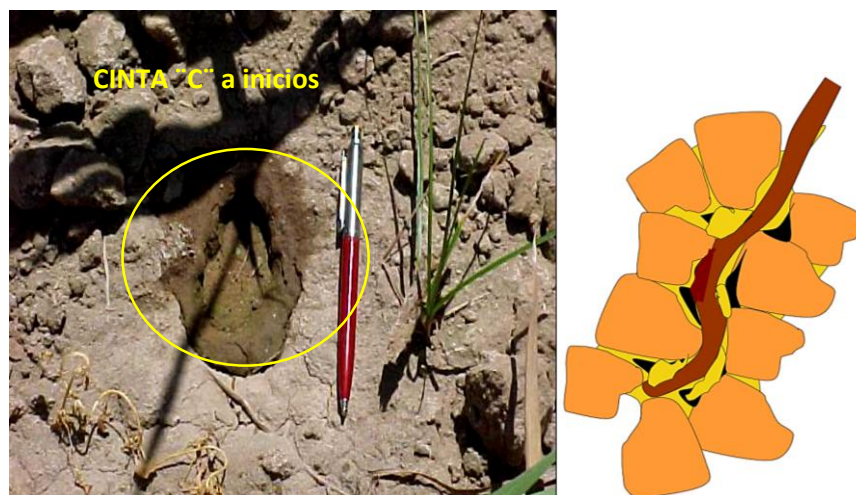


Figura 18. Rotura de la cinta 216, por acción del suelo pedregoso.

En campo se encontró una rotura de la cinta 216, por efectos del craquelado de suelo compactado y exceso de piedras de diámetro $\frac{1}{2}$ ” y 1” ejerciendo presiones laterales producto de una mala preparación de campo y en combinación con agua de Vinaza.

- **Falla por taponamiento de goteros en la subunidad “B”**

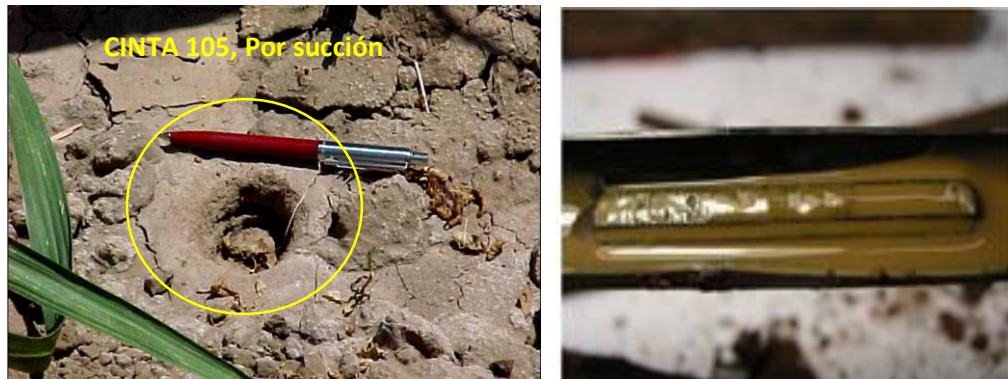


Figura 19. Taponamiento del gotero 105 por succión subunidad “B”

Se encontró falla por succión en los goteros, este caso pasa por que no hay en el sistema una tubería de recolección final y accesorios que puedan eliminar el aire de los laterales, esto se presencia el lateral 105, provocando que las partículas del suelo se adhieran a la salida del gotero. Provocando el taponamiento final del gotero.

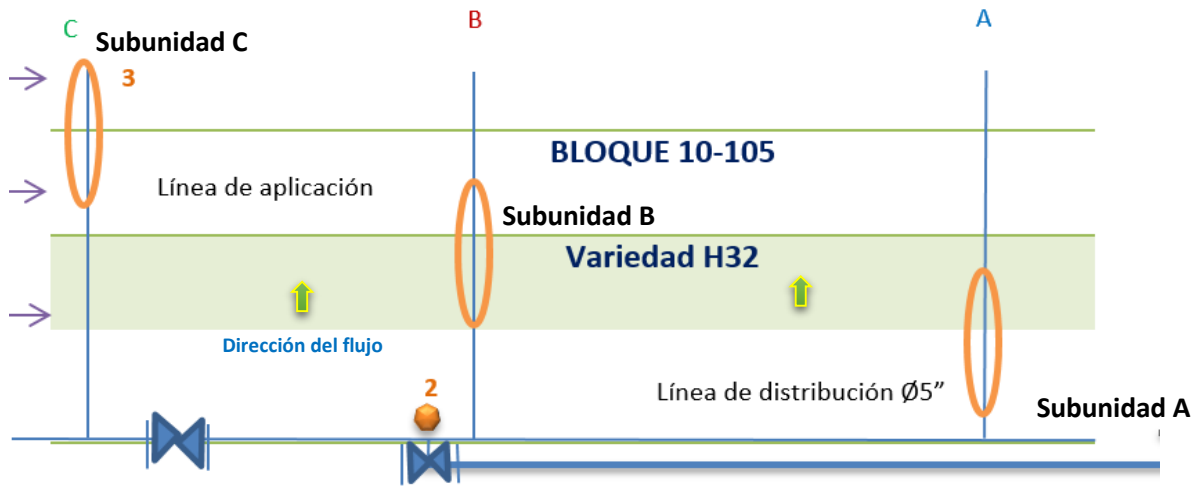
- **Falla por acumulación de sedimentos en la subunidad “A, B y C”**



Figura 20. Taponamiento de goteros por sedimentos

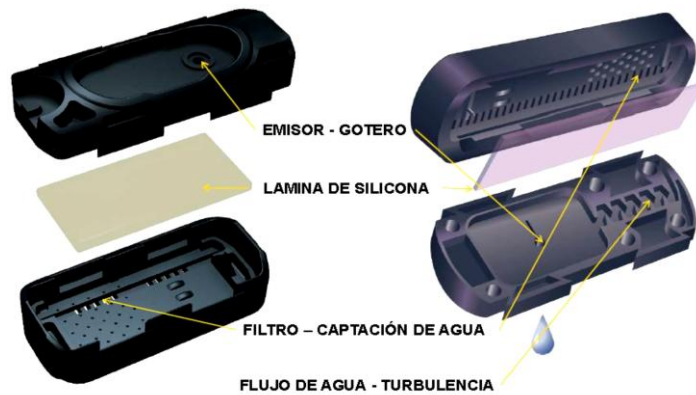
La falta de mantenimiento del sistema y el tipo de agua que se utiliza para regar los cultivos ha taponeado los goteros por las impurezas que contiene el agua que fluye por los laterales, cabe mencionar que se está utilizando el agua de Vinaza no filtrado para el riego y fertiriego. Ésta agua contiene la melaza que son azucares naturales que se pegan con los sedientos a la salida del gotero provocando la falla por taponamiento.

4.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL SISTEMA DE APLICACIÓN



Se analizó los goteros de la subunidad “A” (D/3) un total de: 21 goteros, subunidad “B” (2D/3) un total de: 21, y la subunidad “C” (D) un total de: 24 goteros; para obtener un resultado más específico sobre las diversas fallas en los goteros y la des uniformidad de riego en DPS 10 – 105.

Figura 21. Estructura Hidráulica de los goteros DripNet 16150.

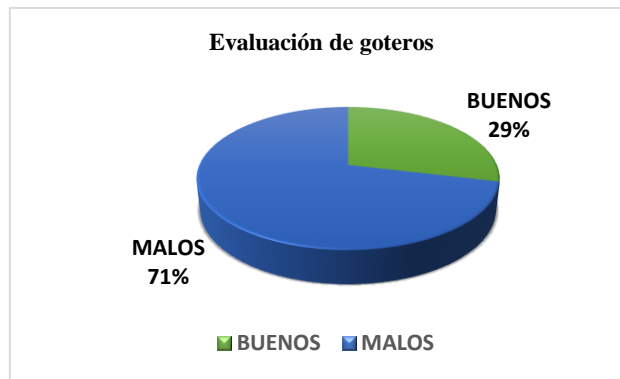


Fuente: Z. Garzhon (Netafim, 2012)

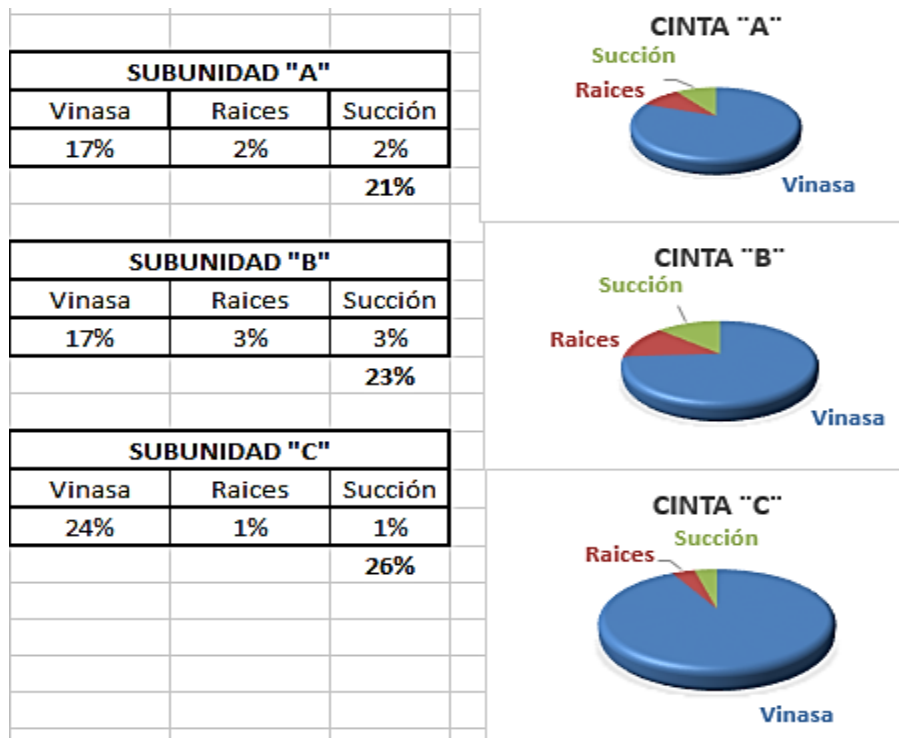
Cuadro 24. Análisis de los goteros en las cintas seleccionadas de las subunidades.

SUBUNIDAD	CANTIDAD GOTEROS	BUENOS	MALGRADOS	FALLA POR		
				VINAZA	ENRAIZACE	SUCCIÓN
A	40	9	31	27	2	2
B	40	9	31	27	3	1
C	40	6	34	31	1	2
Sub Total	120	24	96	85	6	5

Figura 22. Evaluación de goteros.



Cuadro 25. Análisis de los goteros seleccionados en campo.



a. Resultados de análisis de la tubería de distribución y laterales

La tubería de distribución y los laterales están enterradas como parte del diseño hidráulico, cumpliendo el diseño, ambas componentes están enterradas en suelo arcilloso y pedregoso de 0.25" – 3" de diámetro, además los parámetros de diseño indican que la máxima profundidad de enterrado es de 25 cm bajo superficie.

b. Profundidad de los laterales de las subunidades “A, B y C”

Los laterales de las subunidades “A, B y C”, se encuentra a: 34 cm, en el segundo hoyo 36 cm y en el tercer hoyo se excavo 38 cm. de profundidad; lo cual indica que no se siguió los procedimientos de diseño de campo ya que excede las profundidades para un suelo franco arcilloso (máx: 20 cm profundidad).



Figura 23. Desenterrado de los laterales que sobre pasa el diseño.

c. Profundidad de los laterales de la subunidad “B”

Las profundidades de la cinta supera las profundidades hasta 21 cm por debajo del diseño, esto hace que el cultivo no tenga libertad de mojamiento es decir las raíces no tiene contacto con el agua, provocando el abandono del crecimiento de la caña de azúcar.

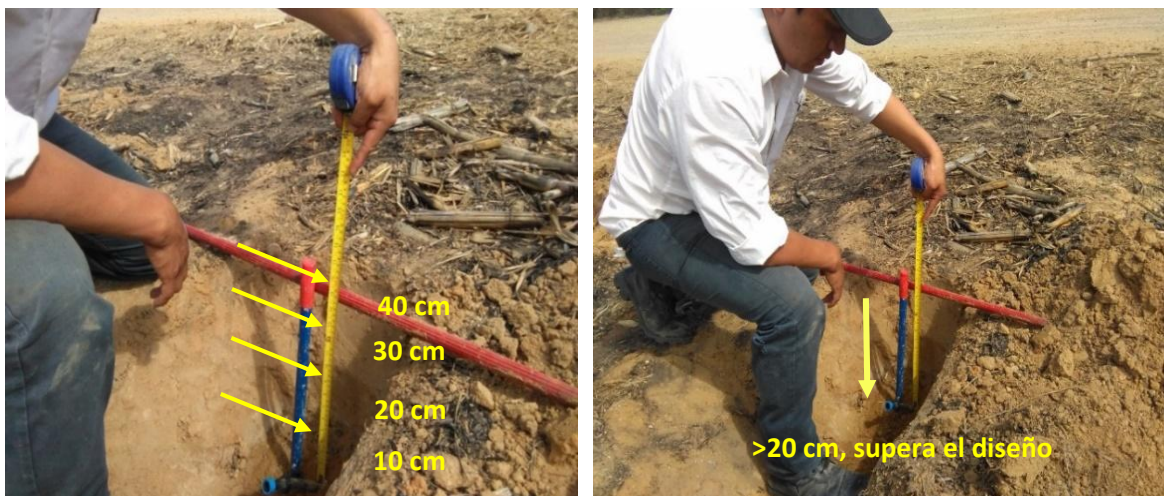


Figura 24. Profundidades que supera el diseño en la subunidad “B”.

d) Fugas de agua de riego en el DPS10 – 105: En el cuartel 105, sistema de distribución y aplicación también ubicamos los puntos de fuga de agua de riego, notándose grandes espejos de agua sobre el terreno, desperdiándose los volúmenes por excedente y/o rotura de uniones de laterales. Las fugas de agua pocas veces se reparar, debido al costo de refacciones.

En el cuartel 105, sistema de distribución y aplicación también ubicamos los puntos de fuga de agua de riego, notándose grandes espejos de agua sobre el terreno, desperdiándose los volúmenes por excedente y rotura de uniones de laterales. Las fugas de agua pocas veces se reparar, debido al costo de refracciones.

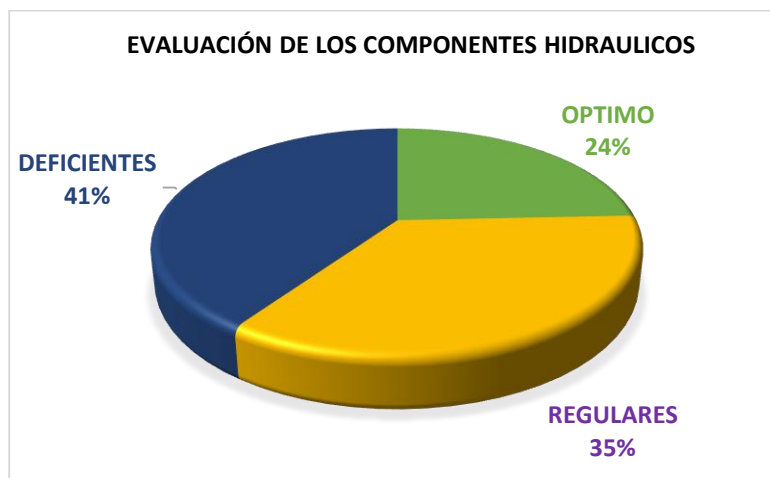
4.8. RESULTADO DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE RIEGO SUBTERRÁNEO

Cuadro 26. Se cuenta en el área de estudio con 218 componentes hidráulicos, que hace un 100% muestra de la evaluación.

OPTIMO	1 reservorio, 3 electrobombas, 2 medidor de agua, 2 válvulas de aire, 2 válvulas de presión, 1 filtro de anillas, 1 tubería de distribución, 10 laterales, 27 goteros y 10 uniones y 8 tapones componentes operativos.	24.31	53
REGULARES	1 reservorio, 1 electrobomba, 1 union de agua de vinaza al sistema, 2 válvulas de aire, 1 válvulas de presión, 1 filtro de anillas, 1 tubería porta regantes, 5 laterales, 28 goteros, 6 uniones y 5 tapones	35.32	77
DEFICIENTES	1 válvula de retención, 1 válvulas de aire, 1 válvulas de presión, 7 laterales, 65 goteros, 6 uniones y 9 tampones	40.37	88

100% 218

Figura 26. Representación gráfica de la evaluación de los componentes hidráulicos del sistema de riesgo.



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 27. Resultados de la evaluación de la eficiencia de uniformidad de goteros y las laterales por subunidad.

UBICACIÓN DEL LATERAL	Número de Emisor	Emisor a 1° tercio	Emisor a 2° tercio	Emisor a 3° tercio	RESULTADO S Q (L/h)	RESULTADO S P (bar)
Sub unidad "A"						
Lateral 1 Primer tercio	2, 3, 4	0.85/1.5	0.83/1.5	0.40/0.8		
Lateral 2 Primer tercio	3, 4, 5	0.84/1.5	0.80/1.5	0.42/0.8	STD =	0.48
Lateral 3 Primer tercio	4, 5, 7	0.72/1.5	0.80/1.5	0.30/0.8	$\bar{X}q$ =	0.36
Lateral 4 Primer tercio	7, 8, 9	0.70/1.5	0.80/1.5	0.25/0.7	UE =	0.058
Lateral 5 Primer tercio	9, 10, 11	0.60/1.5	0.55/1.5	0.34/0.7	UD =	64.672
Lateral 6 Primer tercio	10, 11, 12	0.60/1.5	0.47/1.4	0.34/0.7	Ea (A)=	0.45
Lateral 7 Primer tercio	11, 12, 13	0.55/1.5	0.50/1.4	0.31/0.7		
LOGITUD MAX. DEL LATERAL 276 m/ 222 laterales						
Sub Unidad "B"						
Lateral 100 Segundo tercio	272, 273, 274	0.60/1.4	0.10/1.0	0.3/0.7		
Lateral 102 Segundo tercio	273, 274, 275	0.60/1.4	0.15/1.0	0.1/0.5	STD =	0.30
Lateral 103 Segundo tercio	274, 275, 276	0.55/1.4	0.11/1.0	0.1/0.3	$\bar{X}q$ =	0.11
Lateral 104 Segundo tercio	275, 277, 278	0.60/1.4	0.10/1.0	0.1/0.3	UE =	0.043
Lateral 105 Segundo tercio	277, 278, 279	0.60/1.4	0.09/0.3	0.0/0.1	UD =	49.06
Lateral 106 Segundo tercio	278, 279, 280	0.60/1.4	0.08/0.3	0.00/0	Ea (B)=	0.39
Lateral 107 Segundo tercio	279, 280, 281	0.55/1.4	0.08/0.2	0.00/0		
LOGITUD MAX. DEL LATERAL 276 m/ 222 laterales						
Sub Unidad "C"						
Lateral 201 Tercer tercio	538, 539, 537	0.81/1.0	0.00/0	0.00/0		
Lateral 202 Tercer tercio	540, 541, 542	0.81/1.0	0.00/0	0.00/0		
Lateral 203 Tercer tercio	541, 542, 543	0.75/1.0	0.00/0	0.00/0	STD =	0.12
Lateral 214 Tercer tercio	541, 542, 544	0.64/1.0	0.00/0	0.00/0	$\bar{X}q$ =	0.20
Lateral 215 Tercer tercio	543, 544, 545	0.62/1.0	0.00/0	0.00/0	UE =	0.001
Lateral 216 Tercer tercio	544, 545, 546	0.60/1.0	0.00/0	0.00/0	UD =	6.82
Lateral 217 Tercer tercio	545, 546, 547	0.62/1.0	0.00/0	0.00/0	Ea (C)=	0.37
Lateral 218 Tercer tercio	546, 547, 548	0.60/1.0	0.00/0	0.00/0		
EFICIENCIA DE APLICACIÓN PROMEDIO						40.18

STD = es la desviación estándar de la descarga o gasto de los emisores (L/h)

$\bar{X}q$: es el gasto medio de las tres sub unidades "A, B y C" emisores con menor descarga (L/h)

Ea = Eficiencia de aplicación en cada sub unidad.

a) Uniformidad de Aplicación

$$UD = \left(\frac{\bar{X}q}{\bar{X}} \right) * 100$$

UE = 29.85 y UD = 43.92

UE (%) < 70 y UD (%) < 62, por lo tanto, es pobre

Además: Ln = 165.19 mm

Ea: 40.18

✚ Por lo tanto, la Eficiencia de riego

$$E_r = E_k \times E_a = 34.96 \approx 35\%$$

La eficiencia del sistema de riego por goteo subterráneo del DPS10: 35 %, debido a las regulares condiciones del sistema de distribución y aplicación, ya que utiliza para el riego, el agua de Vinaza; éste fluido es bombeado a través de un sistema de riego que no es el apropiado para el riego, dejando un 58% de fallas por taponamientos y provocado fugas de agua en el sistema.

4.9. Análisis del riego por goteo subterráneo y el superficial

Trabajos experimentales han encontrado que, aplicando la misma cantidad de agua en los dos sistemas de riego para un suelo franco arcillosos en el riego de caña por goteo subterráneo, el radio de humedecimiento es un 10% menor que en el superficial. Sin embargo, el área y el volumen humedecido son un 62 y 46% mayor que el superficial, con el tiempo genera mayor producción agrícola.

En la figura 38; se presentan ambos patrones de humedecimiento.

Además, la evapotranspiración del cultivo en riego por goteo subsuperficial se reduce hasta en un 13.9% en comparación con el goteo superficial, esto es debido a una reducción de la evaporación directa del suelo (Evelt et al., 1995).

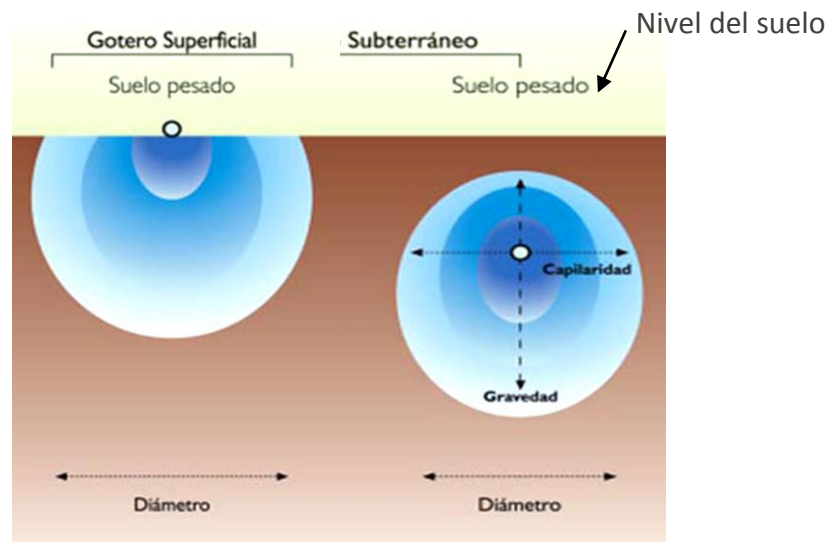


Figura 27. Patrones de humedecimiento en riego por goteo superficial subterráneo.

Cuadro 28. Diferencias entre riego superficial y subsuperficial.

	<i>Superficial</i>	<i>Subsuperficial</i>	
<i>Radio</i>	0.40 m	0.36 m	- 10
<i>Área</i>	1.0005 m ²	1.629 m ²	+ 62
<i>Volumen</i>	0.134 m ²	0.195 m ²	+ 46

Fuente: (Ben-Asher y Phene, 1993)

➤ **Comparativo de eficiencias entre riego subterráneo y superficial**

El comparativo implica llevar un análisis experimental en campo, para evaluar el comportamiento del sistema, haciendo un breve análisis a la línea de distribución y aplicación. Con el fin de verificar la uniformidad del riego con este método.

Cabe resaltar que, para este método, el diseño agronómico va a tener una variación debido a que el riego se estará dando al nivel del suelo y las condiciones climáticas relativas (evapotranspiración, temperatura, viento e insolación) serán más altas para el cultivo.

Para ello se tomó la uniformidad de riego, se determinó los laterales y goteros a estudiar buscando la que cumplieran las condiciones de riego superficial. Se consideró cuatro laterales equidistantes. En cada línea se escogieron cinco goteros, haciendo un total 20; es decir, se tuvieron 20 puntos de medición.

Se aforó cada uno de los goteros, posteriormente, se promediaron los 20 puntos para obtener el promedio general (q_m) y se obtuvo el promedio de los cuatro con el menor gasto (q_m), para finalmente aplicar la fórmula: $CU = (q_{25}/q_m) * 100$. Con la condición de que el coeficiente de uniformidad debe ser lo más cercano posible a 100% y no inferior a 90%, para poder concluir que el sistema de riego funciona eficientemente. Dejando como resultado final que:

Entonces:

- **La Uniformidad de Aplicación superficial**
UE = 39.92
UD = 53.06

UE (%) < 90 y UD (%) < 87, por lo tanto, es pobre

Además:

- $L_n = 196.11 \text{ mm}$
- $E_a: 47.71$

➤ **Por lo tanto, la Eficiencia de riego**

$$E_r = E_k \times E_a = \mathbf{41.51} \approx \mathbf{42\%}$$

Se concluye del análisis de las dos eficiencias de riego por goteo subterráneo y superficial, el goteo superficial es mayor en 7%, puesto que este método es más eficiente, siempre y cuando se trabaje con aguas en condiciones naturales, ya que para este estudio se tomó el agua de riego según el suministro que bombea la estación DPS10 con goteros direccionados verticalmente para evitar las obstrucciones de los mismos.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se concluye que:

- La eficiencia del sistema de riego por goteo subterráneo con mezcla de agua Vinaza en el DPS10 es: 35 %, debido a las regulares condiciones del sistema de distribución y aplicación, ya que utiliza para el riego el agua de Vinaza.
- En el área de estudio se cuenta con 218 componentes hidráulicos, que hace un 100% muestra para la descripción y evaluación, de las cuales 53 componentes que representa el 24.31% están operativos; además, 77 componentes que representa el 35.32% están en regulares condiciones mientras que 88 componentes que representa el 40.37% están totalmente deficientes.
- Para el riego se utiliza: agua del rio Chira, que irriga el campo 16 hrs/día y su análisis fisicoquímico a temperatura 30 °C tiene: viscosidad 0.000891 Kg/ms, densidad 995,7 Kg/m³, pH 7.65, turbiedad 0 NTU, STD 110%, sólidos en suspensión 110 ppm, DQO 1.55 ppm, aspecto trasparente, olor es inodoro la cual cumple los parámetros; mientras que el agua de Vinaza, es agua no tratada, que riega 2.5 hrs/día, es utilizada como fertiriego, por su contenido de nutrientes como el N, P, K y Ca. Además, tiene pH 4.35 acido, viscosidad 0.0001025 Kg/ms, densidad 1.08 g/ml, DQO 37067 mg/l, DBO 2905 mg/l, STD 1980 mg/l, STS 1587 mg/l, turbiedad 10.64 NTU, e impurezas como: hollín de caldera, cenizas, arenas, arcillas y fibras leñosas. Estos parámetros superan los límites permisibles para uso agrícola; disminuyendo la fluidez en el sistema. Afectando los componentes del sistema hidráulico de riegos.
- El coeficiente uniformidad de distribución resultó: 29.85 <70%, y el coeficiente de uniformidad de aplicación: 43.92<62%, calificando estos resultados como pobre según la metodología Merria y Keller.

5.2.Recomendaciones

1. Si se va utilizar el agua de Vinaza como fertiriego, se tiene que complementar la infraestructura hidráulica con una poza de sedimentación para el tratamiento de agua de Vinaza, previo a los filtros de grava para eliminar gran parte de los sólidos en suspensión hasta el tamaño de 100 μm . Además, reestructurar los reservorios con el cambio de geomembrana y renovar los equipos obsoletos del sistema hidráulico.
2. Se recomienda realizar mantenimientos preventivos, correctivos y predictivos del sistema: cada 25 días para la tubería conducción, portalaterales, laterales y goteros usando el Ácido Nítrico inyectando 3 veces por temporada en dosis de 4 lt/ha, o Ácido Fosfórico cada 14 días; con la finalidad de evitar la sedimentación o la retención de cuerpos extraños dentro de las líneas regantes; y para los accesorios del cabezal del sistema, realizar un mantenimiento preventivos y predictivos.
3. Se recomienda seguir los procedimientos del diseño hidráulico en la ejecución para el enterrado de los laterales en campo y realizar el análisis fisicoquímico del agua para riegos por lo menos dos veces al año.
4. Instalación de una tubería recolectora, flushing manifold, instalado al final de los laterales para el lavado de los laterales, y eliminar las impurezas del lavado dentro de un circuito cerrado a fin evitar obstrucciones en el sistema.

5.2. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Yoram, M A; Krontal, S T. (2006). *Desarrollo del programa Fertinet, herramienta de campo con propósitos de fertirriego en los sistemas de riego por goteo subterráneo*. México. 56 p. Consultado 10 May. 2016.
- MINAGRI/Elaboración: MINAG – DGCA/Dirección General de Competitividad Agraria/Dirección de Información Agraria 2008. *Resumen del Informe final del crecimiento agrícola en el norte del Perú del año 2007/2008*. Perú 2016. Disponible en: <https://www.minagri.gob.pe>
- DAE (2011). Fuente: Departamento de Agricultura de España. *Revista anual Informativo. Economía y Agricultura de la Región de Obregón 2010 y la alianza para nuevas tecnologías*. España 47, 52p. Consultado el 17 Jun. 2016.
- Netafim/Olarte R. (2009). *Nuevas de tecnologías de riego presurizado – Deposit, Pressure, Substratum (DPS)*, Perú 29p. Consultado Oct. 2016. Disponible en. www.netafimperu.com
- López, P. C. (2012). *La industria de la caña de azúcar en el marco de la crisis energética*. Investigación Agrícola Colombia/Netafim Colombia 10 p. Consultado 17 Jun. 2016. Disponible en. <http://idustriadelazucarcol.com/zns12/publications/p10.1.pdf>
- Esteven. L. (2004). Victoria K. *Programa de Variedades de caña* Fitopatólogo. 31(8): Rev. Cemicaña – Cali, Colombia. Ed. Febrero, 2004. Consultado 18 Jun. 2016. Disponible en: www.ceñicaña.colombia.com
- Acosta. 1994. *La utilidad del suelo y la cobertura de paja en el regadío de la caña de azúcar*. Boletín de Resúmenes, V Jornada Científica del INICA. – Colombia. p. 210. Consultado en Jul. 2016.
- FAO/Pruitt. Doorembos (1998), *Estudio riego y drenaje en suelos agrícolas para la eficiencia de riegos*. Curso Internacional de riegos, Israel (2000). Israel 44/51p. Consultado en Jul. 2016.

- NETAFIM/Ing. J. Chow 1996. *Resumen de la información proyectos disponible en tema del riego por goteo en caña de azúcar. Systems* 28p. Perú (2005).
- NETAFIM/Ing. J. Chow 1996. *Filtration and Maintenance Considerations for Subsurface Drip Irrigation (SDI) Systems* 11p. Perú (2005).
- Nolla. Manejo (2000). Aplicación y valor fertilizante de a Vinaza para caña de azúcar y otros cultivos. Brazil 2012. Pág. 23. Consultado Jul. 2016. Disponible en. <https://www.mazucarbrasil/po6/cons/s/124>.
- Estudio FAO (2000), *Riego y Drenaje. Las necesidades de agua de los cultivos como eficiencia N° 24*, Roma 1986. Pág. 134. Consultado Jul. 2016. Revisado en. <http://www.fao.org/home/en/41>
- CIPCA (2013) Piura/Perú. *Junta de Usuarios del rio Chira, ALA Chira. Centro de Investigación y Promoción del Campesinado. Piura. Informe anual* 40 p. *Sistema de Información Geográfica Proyecto Binacional Catanayo Chira. 31 p.* Consultado Jul 2016/biblioteca virtual en GRP. <http://www.piura.gob.pe/>
- Netafim Israel y A. L., 1990. *Aspectos técnicos y agronómicos en proyectos de riego por goteo en caña de azúcar. 20 años de experiencia 1990 – 2010.* Ing. Agr. Norberto Uner (Mitchi) – Dirección de Agronomía. Netafim America Latina. 41 – 44 p. Perú 2009. Consultado Ago. 2016.
- Morales A., Godshall M.A. y Larrahondo. J.E. 2004. *Identificación de compuestos orgánicos e inorgánicos en Vinaza.* Pág. 5/10. Colombia. Allen et al 2008. Consultado Set. 2016.
- Ayers r.s., d.W. Westcot. 1996. *Calidad del agua para la agricultura.* FAO Riego y Drenaje n° 29. España. Consultado Set. 2016.
- Olarte, 1997. *Evapotranspiración de los cultivos de gran envergadura para México con riego tecnificado.* Mexico 2000. 30/32 p. Consultado Set. 2016.

- Penman y Olarte M. 1985. *Diseño agronómico para el cultivo de caña de azúcar en zona tropicales de Sudamérica. Perú 2005*. Consultado Set. 2016.
- Netafim A.L./Pisfil 2004. *Calculo y diseño hidráulico para sistema de riego por goteo subterráneo en cultivos mayores*. Oct. 2016.
- Netafim/Hanson, 2003. Características de las principales cintas con goteros disponibles en el mercado. Manual del regador por Netafim A. L. Perú 2004. Set. 2016.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP 2002. Mc. Sergio Payan Ochoa. Libro: *Uso y manejo del agua en riego tecnificado*. 53/61 p. 119/122p. México. Consultado Set. 2016. [http:// www.inifap.com/me/s/](http://www.inifap.com/me/s/).
- Netafim A.L./Alonso 2004. Manual de: *Diseño de Riego por goteo y Criterios para la evaluación de eficiencia del riego/Parámetros de uniformidad de riego*. Pág. 96 y Pág. 108. Consultado Set. 2016.
- Netafim Israel. Ranjel J. 2004. *Software de riegos DriPnet10.1*. Diseño de sistema de riegos/Monitoreo y control de riego tecnificado. Generación de leyenda agrícola. Israel 2009. Aplicado MLSA Netafim SRL. Perú. Consultado: Jul. 2016.
- Informe II. Maple SR.L. 2010. *Muestreo de suelos y Rasgo geológicos, a una profundidad. Investigación, Estudio y solución de Problemas Medioambientales de Ingeniería Geotecnia*- Ing. José Carlos Cobeñas. 24/41p. Perú. Consultado en archivo Maple Etanol SRL. 2016.
- Informe anual 2011. Maple Etanol SRL/Departamento Servicios Agrícolas. División de riegos y cosecha. Ing. Carlos Fuentes. *Evaluación del sistema de bombeo del DPS 10 y otros*. Perú 2011. 30/34p. Perú. Consultado en archivo Maple Etanol SRL. 2016.

- Netafim/Maple Etanol SRL, 2006. Resumen informativo y experiencia disponible en tema del riego por goteo en caña de azúcar en Maple del año 2006. Perú 2011. 14/15p. Perú. Consultado en archivo Maple Etanol SRL. 2016.

- Informe: CIPCA 2013. *Gestión del recurso hídrico de la Junta de Usuarios del rio Chira*, octubre 2013.: Archivo Centro de Investigación Promoción del Campesinado. Sullana – Piura – Perú. Consultado Set. 2016.

- Tesis de grado. Tema: Diseño del sistema de riego por goteo para el sector Cooperativa San Vicente de Mulalillo, en la ciudad de Salcedo provincia de Cotopaxi”. Autor: Diego Soria. 2008, Universidad Técnica de Ambato – Ecuador.

- Tesis de grado: “Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado” de la Universidad de Talca. Autor: Leonardo Gaete Vergara. 2001.

- P. López Sánchez, J.L. (1998), Fundamentos del Calculo hidráulico en los sistemas de riego y de drenaje. Madrid – España: Ms Holmi 1 ed. 43p.

- Anonio Nolla D. (2009), Inifap. Manejo, aplicación y valor fertilizante de Vinaza para caña de azúcar y otros cultivos Cali – Colombia. Sevicool. II ed. 62p.

- Rudy Herim. 2005. Curso Internacional de Riego Presurizado y Curso de cultivos extensivos 2005. 87p. Israel. Tajonh K. 2 ed. 36 p.

- A. Rocha. Hidráulica de Tuberías. Vol II. Tabla F, Chistiansen, especificaciones técnicas de la marca Ty – tape, modelo Netafim. TSX. México Comparativo. 1 ed. 61p.

- ICID: Instituto Central de Investigación Digital Bio engineering. (2005). *Principios de la agricultura en la caña de azúcar con nuevas tecnologías. Boletín de anuncios para agricultores de la zona agrícola del noreste de México. Agricultura y comercialización* 13(2). Consultado 10 Jun. 2016. Disponible: www.icid.com.es/bitstream/10239/10202/34.pdf.
- Netafim Perú. (2009) *Analysis Drip Pump Station de Bomba de Goteo (DPS) in the Agriculture Organization of Perú city. Diseño de riego presurizado para diversos cultivos en el Perú (2010) y Resumen de la información y experiencia disponible en tema del riego por goteo en caña de azúcar. Revisado. Edic.3/2 Ago. 2016. Pág. 11/13.* Disponible en: www.netafim.com.pe./u17/10/12
- (SCS,1990). *Herraiz J.v. Agriculture Organization/. EE.UU. Clasificación de los suelos agrícolas para la agricultura. Pág. 124 (17).* Consultado en Jun. 2016. Disponible en: www.scs./es/764/
- FAO: <http://www.fao.org/home/en/> y Netafim: <http://www.netafim.com>

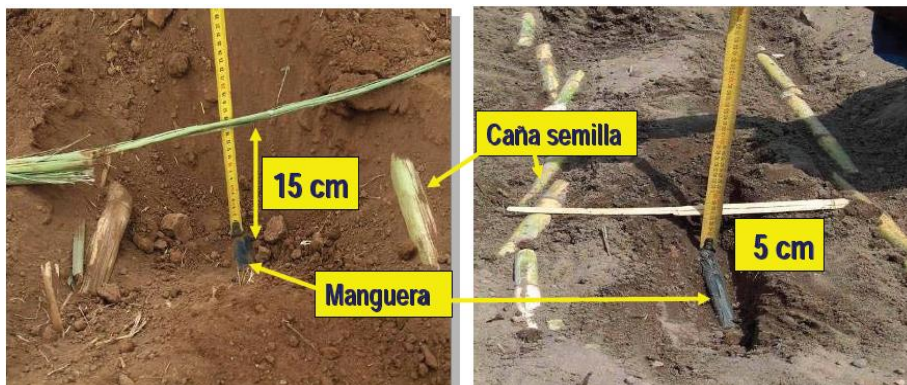
**ANEXO
PANEL FOTOGRÁFICO**



Foto 1. Suelo arcilloso y franco arcilloso encontrado en el DPS10 -105,



Foto 2. Aforo del gotero de la cinta "B", a 2d/3.



Instalación de la cinta de riego 15 – 25 cms de la superficie del suelo.

Instalación de la cinta de riego de 3 a 5 15 cms por debajo de la caña semilla.

Foto 3. Diseño de profundidades de enterrados de cinta en campo.



Foto 4. Estado de abandono de las válvulas de aire de la tubería de distribución



Foto 5. Ubicación correcta del gotero salida del agua hacia arriba.



Foto 6. DPS10, Tuberías de conducción del micro reservorio hacia los blocks.



Foto 7. Obstrucción de gotero por acumulación de arcillas en suspensión.



Foto 8. Salida de agua de Vinaza no tratado en los laterales de estudio.



Foto 9. Autopurga de los laterales en la subunidad "A"

Tabla 26. Valores del factor de ponderación (W) para los efectos de la radiación sobre la ETP a diferentes temperaturas y altitudes.

Temperatura°C	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
Altitud (m)																
0	0.43	0.46	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.67	0.70	0.73	0.76	0.79	0.82	0.85	0.8
500	0.45	0.48	0.51	0.54	0.57	0.60	0.63	0.66	0.69	0.72	0.75	0.78	0.81	0.84	0.87	0.9
1000	0.46	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.67	0.70	0.73	0.76	0.79	0.82	0.85	0.88	0.9
2000	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.67	0.70	0.73	0.76	0.79	0.82	0.85	0.88	0.91	0.9
3000	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.67	0.70	0.73	0.76	0.79	0.82	0.85	0.88	0.91	0.94	0.9
4000	0.55	0.58	0.61	0.64	0.67	0.70	0.73	0.76	0.79	0.82	0.85	0.88	0.91	0.94	0.97	1.0

FUENTE: FAO Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Publicaciones 33. Roma

Tabla 29. Factor de conversión de radiación extraterrestre (Ra) sobre la radiación neta solar (Rns) en las diferentes relaciones entre reflexión alfa 0.25 y las horas de máxima insolación actual $(1-\alpha)(0.25+0.5 n/N)$

n/N	0.0	0.5	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.70	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95
$(1-\alpha)(0.25+0.5 n/N)$	0.19	0.21	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34	0.36	0.37	0.39	0.41	0.43	0.45	0.47	0.49	0.51	0.52	0.54

FUENTE: FAO Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Publicaciones 33. Roma

Tabla 30. Efecto de la temperatura $f(T)$ sobre la radiación de onda larga (Rnl)

Temperatura °C	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
$f(T) = STk4$	11.0	11.14	11.7	12.0	12.4	12.7	13.1	13.5	13.8	14.2	14.6	15.0	15.4	15.9	16.3	16.7	17.2	17.7	18.1

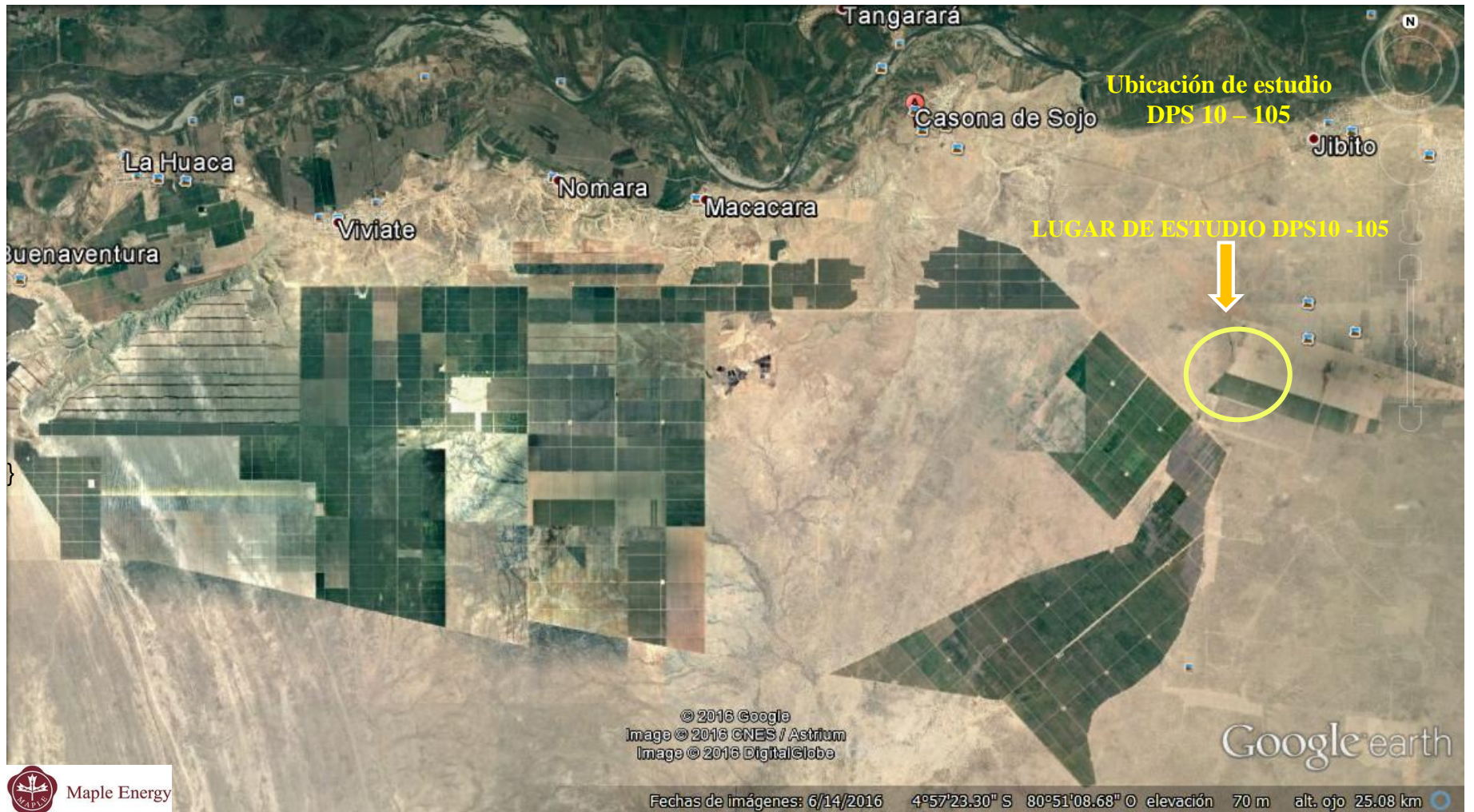
FUENTE: FAO Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Publicaciones 33. Roma

Tabla 31. Efecto de la presión real de vapor de agua $f(ed)$ sobre la radiación de onda larga (Rnl)

ed (mb)	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
$f(ed) = 0.34-0.044(ed)$	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06

FUENTE: FAO Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Publicaciones 33. Roma

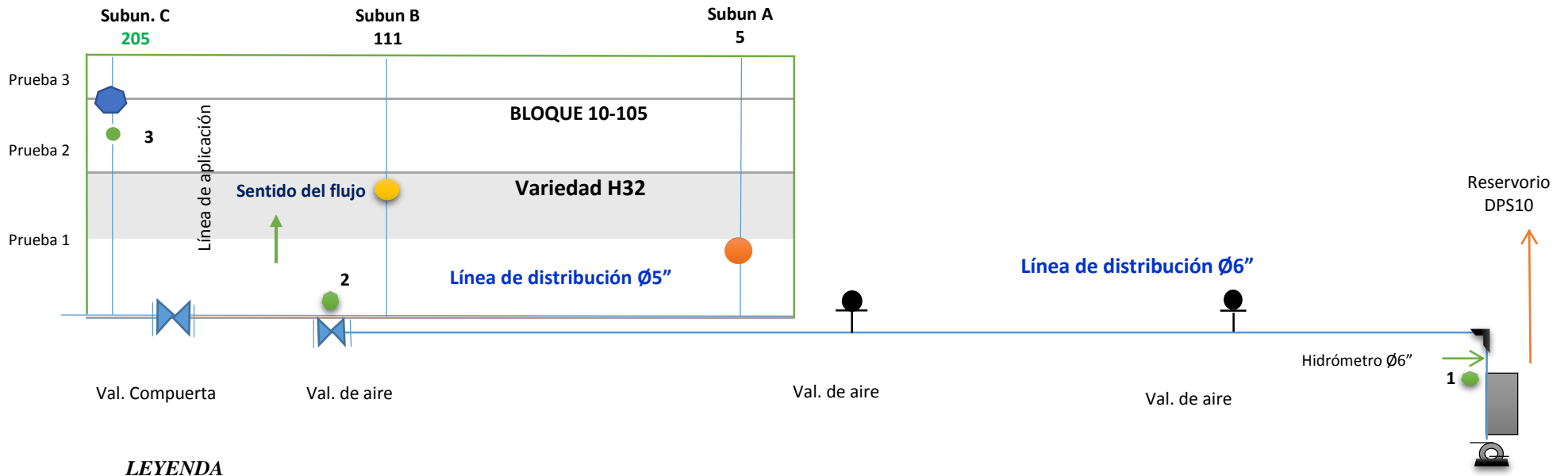
PLANO SATELITAL DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN



UBICACIÓN DEL PROYECTO MAPLE ETANOL PIURA – SULLANA PAITA – SOJO Y LA HUACA.

Fuente: (Netafim, 2006)

CROQUIS DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO SUBTERRANEO DPS10 – BLOQUE 105. MAPLE ETANOL SRL.




LEYENDA

● Punto de monitoreo de agua de Vinaza

Sistema de bombeo con turbina de vertical, cabezal, filtros y sistema fertiriego.

**DPS 10
BLOQUE 010
CUARTEL 105**

Cuadro 28. Datos climáticos de la Estación Meteorológica Malladares – Cobertura Sojo – Sullana – Piura (2014).

DATOS METEREOLÓGICOS	MESES												
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEM	OCTUB	NOVIEM	DICIEM	MEDIA
NÚMERO DE DIAS	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	30
T° Máx.	38.9	38.7	39.4	37.7	36.5	32	34.3	35.1	35.9	35.6	36.6	37.8	36.54
T° Min.	20.7	17.8	21.5	18.2	17.6	15.4	19.2	18.4	15.8	16.3	17.4	19.2	18.13
T° Media	29.8	28.3	30.5	27.9	27.1	23.7	26.8	26.8	25.9	25.9	27	28.5	27.35
Hr. Máx.	89.2	87.8	87.8	90.4	90.8	91.4	91.3	91	89.6	86.8	85.2	85	88.86
Hr. Min	31.6	44.2	42.2	40.1	32.6	35.4	31.2	32.8	33	35.4	34.8	35.2	35.71
Hr. Med.	60.4	66	65	65.3	61.7	63.4	58.4	61.9	61.3	61.1	60	58.6	61.925
Viento (Km/día)	65	65.5	68.9	71.2	61.6	60.7	70.4	60.9	62.8	68.6	70.1	63.6	65.775
PP(mm/mes)	1.6	0.8	0.6	0.8	0.1	0	0	0	0.1	0.3	0	1.1	0.45
Evpo. (mm)	8.19	8.61	8.76	8.39	8.12	7.12	7.63	7.81	7.99	7.92	8.15	8.41	8.09
Insolación (m/s)	7.54	6.2	6.72	7.73	8.84	8.66	9.56	9.58	7.74	7.46	7.88	7.62	7.96
Viento (m/s)	0.75	0.76	0.80	0.82	0.71	0.70	0.81	0.70	0.73	0.79	0.81	0.74	0.76
 Maple Energy	MESES												
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEM	OCTUB	NOVIEM	DICIEM	MEDIA
PP(mm/mes)	1.6	0.8	0.6	0.8	0.1	0	0	0	0.1	0.3	0	1.1	0.45
Evpo. (mm)	8.19	8.61	8.76	8.39	8.12	7.12	7.63	7.81	7.99	7.92	8.15	8.41	8.09

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología Mallanares – Sullana – Piura (SENAMHI, 2014)

Cuadro 29. Cedula de cultivo de caña de azúcar, variedad H32 Hawaiana. Maple Etanol, Campo DPS 10 – 105.

REFERENCIA	MESES													
	DATOS DE CAMPO	AREA NETA	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09	M10	M11	M12
			ENER	FEBR	MARZ	ABRI	MAYO	JUN	JUL	AGOS	SETI	OCT	NOVI	DICIE
CAÑA DE AZUCAR H32	10.16	0.4	0.4	0.4	0.4	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	0.75	0.75	0.75	
ÁREA CULTIVADA	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	10.16	
COEFICIENTE PONDERADO Kc		0.4	0.4	0.4	0.4	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	0.75	0.75	0.75	
EVAPOTRANSPIRACION		8.19	8.61	8.76	8.39	8.12	7.12	7.63	7.81	7.99	7.92	8.15	8.41	
POTENCIAL (mm/día)														
ETC = Kcp. ETP(mm/mes)		101.56	96.43	108.62	100.68	314.65	267.00	295.66	302.64	299.63	184.14	183.38	195.53	
PP confiable =		0.80	0.40	0.30	0.40	0.05	0.0	0.0	0.0	0.05	0.15	0.0	0.55	
(1 -c).PP75%P; c=0.5														
Requerimiento neto (mm) (ETC – PP efectiva)		100.76	96.03	108.32	100.28	314.60	267.00	295.66	302.64	299.58	183.99	183.38	194.98	
Requerimiento neto (m3/ha)		6087.68	5792.65	6523.27	6028.83	6565.70	6106.29	6170.48	6316.04	5952.56	5983.35	5761.64	6106.85	
Requerimiento bruto (m3/ha)	Numero turnos	7609.5969	7240.81	8154.0891	7536.04	8207.13	7632.86	7713.10	7895.06	7440.69	7479.19	7202.05	7633.56	
Riego = m3/ha/día	4	245.47	258.60	263.04	251.20	264.75	254.43	248.81	254.68	248.02	241.26	240.07	246.24	
Módulo de riego (L/s/ha)		2.84	2.99	3.04	2.91	3.06	2.94	2.88	2.95	2.87	2.79	2.78	2.85	
Caudal (m3/día)		2493.98	2627.38	2672.44	2552.21	2689.82	2585.00	2527.90	2587.54	2519.92	2451.25	2439.10	2501.84	
Caudal por tuno (m3/N° turnos)		623.50	656.85	668.11	638.05	672.45	646.25	631.98	646.89	629.98	612.81	609.77	625.46	
Caudal (m3/hora)		118.76	125.11	127.26	121.53	128.09	123.10	120.38	123.22	120.00	116.73	116.15	119.14	

Fuente: (Maple Desing, 2009)