

T
631.7
J61
c.2.



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería Mecánica



**" SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION
SOBRE FOLLAJE FIJO "**

PROYECTO DE GRADO
Previo a la obtención del Título de:
INGENIERO MECANICO

Presentado por:
Pedro Xavier Jiménez Arbona

Guayaquil - Ecuador

1990

DEDICATORIA

A mis padres, que en todo momento han estado junto a mí, apoyándome, alentándome y que supieron motivarme para seguir adelante.

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas, y doctrinas expuestos en este Proyecto de Grado, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual del mismo a la Escuela Superior Politécnica del Litoral".

(Reglamento de Tópico de Graduación).

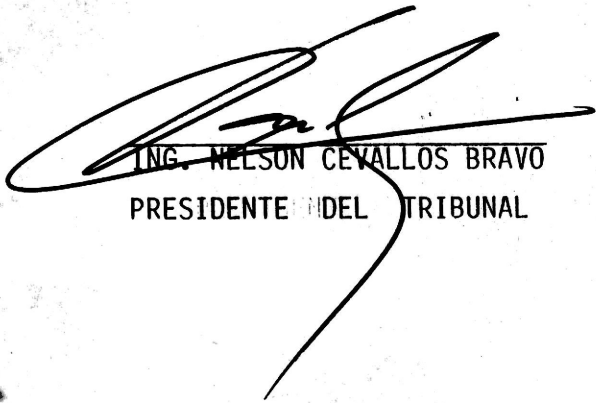
A handwritten signature in black ink, appearing to read "Pedro Jimenez Arbona", written over a horizontal dashed line.

PEDRO JIMENEZ ARBONA


AGRADECIMIENTO

Al ING. MARCO PAZMIÑO,
Director de este
Proyecto de Tópico de
Graduación, por su
constante e invaluable
ayuda.


A mis compañeros de
Tópico y demás personas
que directa o
indirectamente han
colaborado con la
elaboración del
presente trabajo.



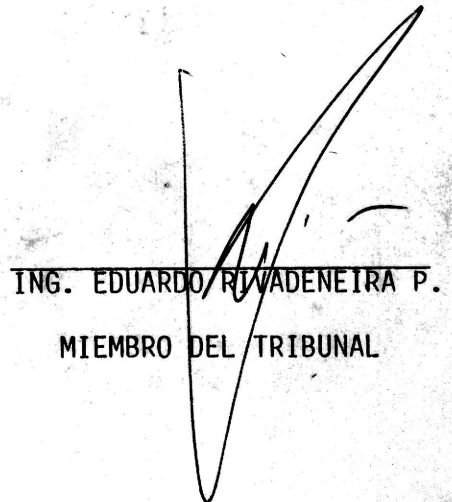
ING. NELSON CEVALLOS BRAVO
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



ING. MARCO PAZMINO BARRENO
DIRECTOR
TOPICO DE GRADUACION



ING. FRANCISCO ANDRADE SANCHEZ
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



ING. EDUARDO RIVADENEIRA P.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

RESUMEN DEL PROYECTO

El sistema de riego se diseñó con base en parámetros técnicos en donde se consideraron conceptos como tiempo de riego, funcional a las horas laborales de la finca, trazado y distribución de las tuberías, posición de los aspersores, altura de los aspersores, inclinación del chorro del aspersor, potencia del motor, capacidad de la bomba, tipo de suelo, evapotranspiración, lámina de riego, infiltración del agua, etc.

Este sistema está diseñado de tal forma que la lámina de riego neta, en su totalidad, llega a la primera mitad del volumen de raíces fibrosas que captan el 80% del agua utilizada por las plantas en sus necesidades evapotranspiratorias.

La operabilidad del sistema en cada período de riego, se controla por medio de la apertura y el cierre de las llaves de compuerta ubicadas en cada torre.

Es importante destacar que el riego de toda la finca se logra cada 6 días, evitando de éste modo el riego de los domingos, cumpliendo siempre con las demandas del cultivo, que es el objetivo del sistema.

Se eleigió aspersores BIG GUNS de alto galonaje para poder cubrir las necesidades de agua de la planta en el tiempo indicado.

Los aspersores trabajan a presiones elevadas con el objeto de obtener buena pulverización de la gota de agua y de esta manera lograr una mejor distribución del agua al tener un choque menos violento el agua con la planta.

Mediante la distribución de las torres en triángulo equilátero, aseguramos un traslado correcto de las áreas cubiertas por los aspersores, del 30 % entre aspersores y 40% entre laterales, con el fin de garantizar una lámina de agua uniforme. Si bien es cierto que la ausencia de viento no afecta la distribución del aspersor no se debe abusar de los espaciamientos para garantizar la lámina aplicada.

La red de tubería de aluminio se calculó con el diámetro más económico pero tomando en consideración que la presión en la salida de la bomba nunca debe ser mayor a 150 lbs para cualquier punto ya que si recomiendan los fabricantes de los accesorios que van incluidos en el sistema. El trazado de las tuberías es de tal forma en la finca, que no cruzan los canales de drenaje, ni tampoco obstaculizan las líneas del cable vía.

VIII

La finca cuenta con un río como fuente de agua, donde estará implementada la estación de bombeo. La demanda de agua para el riego es de 1180 GPM que será cubierta en su totalidad por la capacidad de agua del río.

El equipo de bombeo estará conformado por un motor de combustión interna a diesel de 162 Hp acoplado directamente a una bomba de 1180 GPM con una carga dinámica total de 324 pies. El motor y la bomba estarán montados sobre una base común.



INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	IX
INDICE DE FIGURAS	XII
INDICE DE CUADROS	XV
INDICE DE TABLAS	XVII
INTRODUCCION	XVIII
CAPITULO I	19
EL RIEGO	
1.1 DEFINICION Y OBJETIVOS	19
1.2 IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS DE RIEGO	20
1.2.1 Importancia del Ingeneiro de Riego	23
1.3 BENEFICIOS E INCIDENCIAS DE LOS SISTEMA DE RIEGO EN EL CAMPO ECONOMICO Y SOCIAL	24
1.3.1 Costo y relaciones de beneficios	25
CAPITULO II	27
GENERALIDADES	
2.1 EL SUELO	27
2.1.1 Textura del Suelo	29
2.2 AGUA REQUERIDA PARA EL REIGO	34
2.2.1 Uso consuntivo	38
2.2.2 Efecto del Nivel de la Humedad del Suelo en el crecimiento y rendimiento del	47

cultivo	
2.2.3 Humedad que debe restituirse en cada Riego	49
2.2.4 Aplicación total de Agua	50
2.2.5 Frecuencia de Riego	52
2.2.6 Período de Riego	54
2.3 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE RIEGO	57
2.3.1 Riego por Superficie	58
2.3.2 Riego por Goteo	62
2.3.3 Riego por Aspersión	65
2.4 CAMPO DE APLICACION DE LOS SISTEMAS DE RIEGO EN LA AGRICULTURA	68
2.5 SELECCION DE METODO DE RIEGO	71
2.5.1 Preparación del terreno	71
2.5.2 Variabilidad de los tipos de Suelo	73
2.5.3 Cantidad y Calidad de Agua	74
2.5.4 Clima	75
2.5.6 Cultivos	76
 CAPITULO III	 78
FUNDAMENTOS TEORICOS	
3.1 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSION	78
3.1.1 Sistema de Riego por Aspersión tipo Sub-Foliar	78
3.1.2 Sistema de Riego por Aspersión tipo Sobre-Follaje	82

	Págs.
3.1.3 Sistema de Riego por Aspersión tipo Sobre-Follaje Móvil	86
3.1.4 Sistema de Riego por Aspersión tipo Sobre-Follaje Semi-Fijo	88
3.1.5 Sistema de Riego por Aspersión tipo Sobre-Follaje Fijo	89
3.2 PARAMETROS A CONSIDERAR EN LOS SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSION	90
3.3 PLANIFICACION DE LOS SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSION	95
3.4 PROYECCION DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION	98
 CAPITULO IV	 101
 CALCULOS Y DISEÑOS	
4.1 IDENTIFICACION DEL CULTIVO A REGARSE	101
4.1.1 Toma de datos	103
4.2 CALCULO DE LA NECESIDAD DE AGUA DE CULTIVO	106
4.3 CALCULO DEL VOLUMEN NECESARIO DE AGUA PARA EL RIEGO	113
4.4 CALCULO DE LOS ASPERSORES	113
4.4.1 Velocidad de Aplicación	116
4.4.2 Tiempo de Riego por Posición	116
4.5 CALCULOS DE LAS PERDIDAS DE PRESION POR FRICCION EN EL EQUIPO	117
4.6 CALCULO DE LA CARGA DINAMICA TOTAL DE LA BOMBA CENTRIFUGA	141

XII

	Págs.
4.6.1 Carga Dinámica en la Succión	143
4.6.2 Cabezal de Succión Neto disponible (NPSHA)	145
4.6.3 Carga Dinámica en la Descarga	146
4.7 CALCULO DE LA BOMBA	147
4.8 CALCULO DEL MOTOR	152
4.9 HOJA TECNICA	157
4.10 LISTA DE MATERIALES	158
CAPITULO V	166
ANALISIS DE COSTOS Y BENEFICIOS	
5.1 INFORMACION GENERAL (FORMULARIO TIPO)	171
5.2 DESCRIPCION DE COSTOS (FORMULARIO TIPO)	172
5.3 COSTO ANUAL DE OPERACION (FORMULARIO TIPO)	174
5.4 INCREMENTO DE LA PRODUCCION POR HECTAREA COMO RESULTADO DE LA IRRIGACION (FORMULARIO TIPO)	178
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	179
APENDICES	183
BIBLIOGRAFIA	191

INDICE DE FIGURAS

No.		Págs.
1	Proporciones de arena, limo y arcilla en diferentes clases básicas de textura de suelos.	30
2	Esquema general de la distribución de un terreno para el riego por superficie.	60
3	Rociador para riego Sub-Foliar.	79
4	Aspersor para riego Sobrefollaje.	84
5	Elevador o Torre para aspersor Gran Cañón.	91
6	Esquema de la succión y descarga del sistema de bombeo.	142
7	Curva de la bomba.	151
8	Curva del motor.	156
9	Tubos de aluminio con acople y abrazadera.	162

XIV

	Págs.
10 Tubos de aluminio con válvula tee de línea y abrazadera.	163
11 Tubos de aluminio con codo de toma lateral simple acoplado en válvula tee de línea y abrazadera.	164
12 Tubos de aluminio con codo de toma lateral de doble salida acoplado en la válvula tee de línea y abrazadera.	165

INDICE DE CUADROS

No.		Págs.
1	Relación entre textura del suelo, infiltración y tamaño del caudal.	35
2	Períodos críticos con respecto a la tensión de humedad del suelo en el caso de diferentes cultivos.	43
3	Cuadro de los aspersores "Big Guns".	83
4	Profundidad de raíces.	107
5	Tensiones máximas admisibles antes del riego para obtener máximos rendimientos de diversos cultivos en suelos no salinos.	108
6	Eficiencias de riego por aspersión.	109
7	Humedad volumétrica a capacidad de campo expresado en pulgadas de lámina de agua por profundidad en pie de suelo homogéneo.	110

8	Rata de infiltración para suelos agrícolas expresado en pulgadas por hora de aplicación.	111
9	Tensión de la humedad en el suelo (atmósfera)	112

INDICE DE TABLAS

No.		Págs.
1	Tabla de datos de pérdidas de presión en el equipo.	130
2	Depreciación anual y factor de costo de interés.	173
3	Consumo anual de combustible.	175
4	Consumo anual de aceite.	176
5	Costo anual de reparación y mantenimiento.	177

INTRODUCCION

Existen varios tipos de sistemas de riego utilizados en la agricultura para los diferentes cultivos. Se clasifican de acuerdo a muchos factores, como cantidad de agua necesaria para el cultivo, cantidad de agua disponible para el riego y de manera general, en las características particulares de cada cultivo. Uno de los sistemas de riego más utilizados y difundidos en nuestro país, especialmente en el sector bananero, es el "sistema de riego por aspersión sobrefollaje fijo". En el presente Tópico se analizará precisamente este tipo particular, entre los diferentes sistemas.

✓ El tema objeto de este estudio, es tomar en consideración todos los parametros técnicos para realizar los cálculos y el diseño del sistema de riego, con la finalidad que el sistema proyectado sea lo más eficiente posible, en lo que se refiere a cubrir las expectativas de un incremento de producción por el riego, pero teniendo siempre presente que el costo de inversión y operación del sistema tendrá que ser el menor posible. ✓

De acuerdo con los resultados que se obtengan, se podría determinar cuanto beneficio nos trae o no la implementación de un sistema de riego, que en un momento determinado ayudaría a tomar una decisión sobre inversión.

CAPITULO I

EL RIEGO

1.1 DEFINICION Y OBJETIVOS

Podríamos definir al riego "como la aplicación artificial de agua al terreno con el fin de suministrar a las especies vegetales la humedad necesaria para su desarrollo".

✓ En sentido más amplio, la irrigación puede definirse como la aplicación de agua al terreno cumpliendo los siguientes fines. ✓

- ✓ 1.- Proporcionar la humedad necesaria para que los cultivos puedan desarrollarse.
- ✓ 2.- Asegurar las cosechas contra sequias en periodos cortos.
- ✓ 3.- Refrigerar el suelo y la atmosfera para de esta forma mejorar las condiciones ambientales para el desarrollo del vegetal.
- ✓ 4.- Disolver sales contenidas en el suelo.
- ✓ 5.- Reducir la probabilidad de formación de drenajes naturales.

Los planos de riego se diseñan con la finalidad de producir algún patrón conveniente de crecimiento de las plantas. El crecimiento vegetativo máximo no corresponde necesariamente a un rendimiento máximo de la parte útil de una planta. Lo más importante es obtener un rendimiento óptimo en circunstancias dadas. Esto es una función de todas las operaciones necesarias para la producción de una cosecha y pueda definirse "como el rendimiento para el que la relación entre los beneficios y los costos es la más alta aún cuando hay situaciones en los que las consideraciones de orden social resultan más importantes que las financieras".

Si alguno de los recursos, tales como las tierras o el agua, estuviera gravemente limitado, podría definirse el rendimiento óptimo de acuerdo con esa condición. Lo primordial es decidir claramente la finalidad de un sistema, antes de iniciar su diseño.

1.2 IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS DE RIEGO

La demanda de alimentos y fibras crece al mismo tiempo que la población, y los expertos en riego son consultados para tratar de resolver aquellos problemas que se plantean en las mencionadas demandas. Más tierras de los desiertos y zonas áridas deberán tratar de regarse, puesto que el agua

elevaría enormemente su productividad.

Hay que tomar en cuenta que la inversión que hay que hacer para poder poner en marcha nuevos proyectos de riego para nuevas tierras será muy superior a la realizada para la implantación de los actuales regadíos.

En la medida en que la población crece, la demanda de agua para el riego se incrementará.

Para condensar la importancia del riego en la actualidad podriamos utilizar la definición de N. D. Gulhati de la India quien nos dice:

"En muchos países el riego es un arte antiguo, tanto como la civilización, pero para la humanidad es la ciencia de sobrevivir".

El riego es necesario en un clima seco; pero tenemos que definir lo que entendemos por clima seco. Se considera seco un clima si las lluvias naturales no son suficientes para satisfacer las necesidades de agua de las Plantas, durante todo el año o parte de él. Hay muchas zonas desérticas en el mundo, y otras zonas como la del Ecuador que carece de lluvias durante la mayor parte del año aunque la tierra es potencialmente fértil. Por supuesto, el riego es indispensable para la agricultura en estos lugares; pero hay otros climas donde el riego no es esencial,

aunque puede servir para fines útiles.

Hay regiones con estaciones secas en las que el riego hace que se extienda el período de crecimiento, incrementando la gama de los cultivos posibles o mejorando los rendimientos de los ya existente, y otros con lluvias inciertas, en los que el riego sirve como garantía de que no se perderán las cosechas. Los intentos hechos para clasificar el clima en árida, tropical y otras categorías, suelen resultar bastante confusos.

Las características típicas pertinentes para determinar el tipo de sistemas de riego que se requiere son: si las necesidades de agua de las plantas deben suministrarse totalmente o sólo en partes, durante todo el año o sólo parte de él.

En un país como el nuestro en donde no se puede confiar en las lluvias, será necesario el riego total, o sea, el suministro de toda el agua que necesitan las plantas. El riego y la agricultura son inseparables y la decisión de invertir en el desarrollo agrícola se basa, en gran parte, en condiciones sociales, económicas y políticas.

La decisión relativa al empleo o nó del riego se basa en los beneficios estimados.

1.2.1 IMPORTANCIA DEL INGENIERO EN EL RIEGO

Por muchos años, el trabajo o tarea de los ingenieros consistió en proporcionar algún sistema para poder llevar el agua desde una fuente y distribuirla en forma equitativa en determinada región agrícola. Posteriormente, hace muy poco tiempo, en muchos países, la aparición de terrenos anegados y salinos demostró que la eliminación del agua no conveniente es tan importante como el suministro de agua de riego, por lo que se les exige a los ingenieros los sistemas complementarios de suministro.

Es evidente que para que los sistemas de conducción funcionen de una manera adecuada, será preciso diseñarlos tomando en consideración el paso del agua de riego de la estación o fuente de bombeo a través del sistema del suelo y las plantas. El interés de los ingenieros por esta fase ha aumentado considerablemente en el curso de los últimos años.

La escala de los trabajos de ingeniería es grande, tanto en el campo espacial como en el financiero. Inclusive cuando hablamos de los planes de riego de tamaño mediano debemos tomar en cuenta varios centenares de kilómetros de canales de conducción o aducción de agua para abastecer las denominadas

estaciones de bombeo. Los grandes proyectos deberán tomar en consideración el desarrollo de cuencas hidrográficas completas, con inversiones de muchos millones, para dar servicio a centenares o incluso a miles de kilómetros cuadrados de tierras.

1.3 BENEFICIOS E INCIDENCIAS DE LOS SISTEMAS DE RIEGO EN EL CAMPO ECONOMICO Y SOCIAL

Como quiera que la implantación del riego se realiza en gran parte para aumentar beneficios, la economía tiene un papel importante a la hora de su valoración, y los beneficios mayores que se producen como consecuencia de una mayor eficacia productiva repercuten en los precios más bajos a los consumidores, que a su vez motivarán mayor consumo de alimentos y fibras se traduce en un nivel de vida más alto de los pobladores de la tierra. Los planes de regadío, así otras obras de ingeniería, tienen por objeto hacer más agradable el mundo en que vivimos; y la manera más adecuada de hacerlo es creando nuevas fuentes de riqueza o mejorando las ya existentes.

El funcionamiento de la operación de un proyecto importante se complica muchas veces por sus ramificaciones. Desde un punto de vista financiero simple, un proyecto debe tender a liquidarse por sí mismo: pero hay pocos proyectos que podrían

considerarse como por ejemplo el nuestro, si se considera esto como regla inflexible.

Los beneficios del riego son económicos y sociales; algunos de ellos son directos, otros son indirectos, algunos se los puede calcular, pero otros son intangibles. Las autoridades están dispuestas a tomar en consideración la demanda creada de servicios, materiales y equipo, que estimula a otros sectores de la economía nacional o los efectos favorables que tendrá sobre la balanza de pagos del país el incremento de la producción agrícola. También consideran que el establecimiento en las tierras es un servicio social, que proporciona un medio de vida a los desempleados y les devuelve a los individuos su respeto propio.

Lo mejor es que las normas de funcionamiento están desde el principio para que se deje un margen razonable para los beneficios indirectos en los estudios económicos.

1.3.1 LOS COSTOS Y LAS RELACIONES DE BENEFICIO

La naturaleza a largo plazo de los efectos de un proyecto hace que resulte virtualmente imposible la evaluación de todos los beneficios y, por otra parte, los datos que se dispone suelen ser

insuficientes para justificar un estudio económico completo. En muchos casos, es poco realista el aplicar la prueba estandar de la relación anual de los beneficios a los costos y se utilizan pruebas aproximadas que sirven tan solo como medios de comparación entre los proyectos.

Los beneficios del proyecto, en su conjunto, se basan en los precios de los artículos agrícolas, aplicados a la producción estimada. El valor bruto actual de la producción se deduce de los ingresos brutos futuros, para obtener los beneficios brutos.

CAPITULO II

GENERALIDADES

2.1 EL SUELO

Este subcapítulo tratará sobre las propiedades físicas de los suelos y las plantas que afectan el movimiento, retención y uso del agua y que deben ser tomados en cuenta en los proyectos y el mantenimiento de sistemas de riego.

Al planear el riego, el ingeniero encargado se preocupa principalmente por la capacidad retentiva del suelo, especialmente en la zona de la raíz de la planta; por el grado de captación de agua del suelo; el tipo enraizado del cultivo de que se trate, y la cantidad de agua que dicho cultivo requiera.

Además, debe tener claros conocimientos prácticos de la relación existente entre suelo-planta-agua para poder planear eficazmente el riego adecuado a los cultivos en determinados terrenos y poderse adaptar a las condiciones de los mismos.

Estos conocimientos le ayudan en el manejo eficaz del sistema de riego adaptado.

El suelo es un almacén de elementos nutritivos para

la planta, un medio ambiente para las bacterias, un adecuado asidero para la propia planta y un depósito del agua que la misma requiere para su desarrollo. La cantidad de agua disponible en suelo para el consumo de la planta se determina por sus propiedades físicas. Dichas cantidad es determinante para la vida de las plantas, sin considerar agua adicionada, y es básica para establecer tanto el volumen como la frecuencia del riego requerido para asegurar el desarrollo continuo del cultivo.

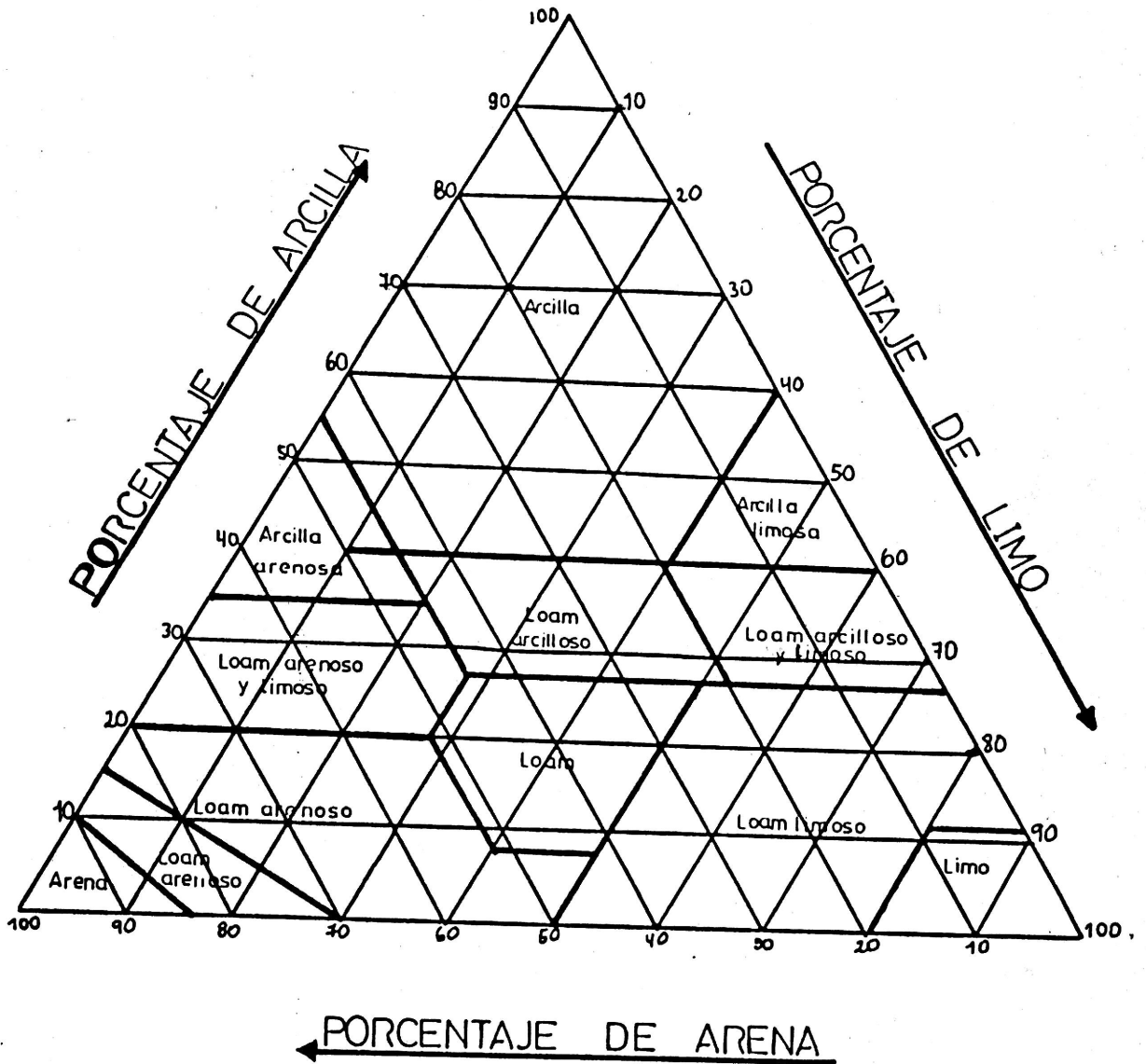
Los suelos minerales consisten de mezclas porosas de partículas inorgánicas (minerales) de materia orgánica en descomposición, de aire y de agua. Encierran, además, variedades de organismos vivos. La materia que integra los suelos minerales consiste de fragmentos sueltos, desunidos, de rocas o de sedimentos dispersos de varias clases. Las características físicas y químicas de los agentes atmosféricos dan lugar a la formación de capas horizontales en la masa del subsuelo. Se pueden apreciar estos en los caminos. La forma en que están dispuestos y el material de que consisten afectan tanto el crecimiento de la raíz como el movimiento y retención del agua en el subsuelo.

2.1.1 TEXTURA DEL SUELO

Los grupos de diversos tamaños de partículas minerales en el suelo se conocen como "separados". La clasificación de éstos según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, y su variación en diámetros, se listan a continuación. Los fragmentos más gruesos, mayores de dos milímetros de diámetro, no fueron incluidos.

SEPARADOS	DIAMETRO DE LA PARTICULA (mm)
Arena muy gruesa	2.0 - 1.0
Arena gruesa	1.0 - 0.5
Arena median	0.5 - 0.25
Arena fina	0.25 - 0.10
Arena muy fina	0.10 - 0.05
Limo-Sedimento	0.05 - 0.002
Arcilla-Greda	menos de 0.002

Las clases de textura de un suelo se basan en diferentes combinaciones de arena, limo, arcilla. Para ciertas determinaciones, a veces se requiere practicar una fina distinción en las texturas, según determinaciones a base de análisis mecánico en el laboratorio, se ilustran en la figura #1.



PROPORCIONES DE ARENA, LIMO Y ARCILLA EN DIFERENTES CLASES BASICAS DE TEXTURA DEL SUELO

FIGURA No.1

En algunos casos conviene tratar el problema de la textura en forma más general. La terminología aceptada para grupos de clases básicas se incluye a continuación.

Terminología general empleada para clases
básicas de texturas de suelos

Suelos arenos

Suelos de textura gruesa Arenas

Suelos de loam

Suelos de textura moderada-
mente gruesa

Loam arenoso
Loam arenoso fino

Suelos de textura mediana

Loam arenoso muy
fino
Loam
Loam y limo
Limo

Suelos de textura modera-
damente fina

Loam arcilloso
Loam arenoso y
limo
Loam arcilloso y
limo

Suelos arcillosos Suelos de textura fina

Arcilla arenosa
Arcilla limosa
Arcilla

Arena.- Es una materia suelta y de granos individuales.

Estos granos pueden verse y sentirse fácilmente. Si se aprieta en la mano un puñado de arena, los granos se separan al dejar de oprimirlos. Si se oprimen al estar húmedos, se pueden moldear pero se deshacen al tacto.

Franco Arenoso El franco arenoso es un suelo que tiene un alto porcentaje de arena, pero con suficiente limo y arcilla para darle cierta consistencia. Si se aprieta en seco, este franco arenoso se puede moldear, pero se deshace con rapidez. Al apretarlo cuando está húmedo, se forma un molde que puede ser manejado con cierto cuidado sin deshacerse.

Franco Es materia que consiste de una mezcla relativamente igual de diversos grados de arena, limo y arcilla. Es blando al tacto, aunque se distingue la consistencia arenosa y es ligeramente plástico.

Si se aprieta estando seco, se forma un molde que puede manejarse con cuidado y, cuando se oprime al estar húmedo, se maneja sin que se quiebre.

Franco Limoso Este tipo de suelo contiene una proporción moderada de arena fina y muy poca

cantidad de arcilla; más de la mitad de las partículas son del tamaño de los del sedimento al estar seco, su aspecto es aterranado, pero los grumos se deshacen con facilidad. Ya pulverizado, se siente suave y harinoso. Al humedecerselo, se forma lodo con facilidad. Tanto seco como húmedo, este tipo de tierra puede moldearse y manejarse sin que se desintegre. Al humedecerlo y oprimirlo entre los dedos, no forma hilillos, pero tiene un aspecto quebradizo.

Franco Arcilloso Este suelo es de textura fina que, por lo general, forma terrones o grumos al estar duro o seco. Cuando se humedece y se apriete entre los dedos, se forman hebrillas fácilmente quebradizas y que se desmoronan por su propio peso. Bien humedecido tiene consistencia plástica y se forma moldes resistentes. Al amasarlo en la mano no se desmorona inmediatamente sino que tiende a formar una masa compacta.

Arcila El suelo de arcilla es de fina textura que generalmente forma terrones duros y grumos en estado seco: es de consistencia plástica y al humedecerlo, se siente pegajoso. Al apretarlo entre los dedos, húmedos se forma un hilillo flexible. Algunas arcillas con alto contenido de coloide son friables y no tienen plasticidad,

cualquiera que sea el grado de humedad.

Los suelos de materia orgánica son los que contienen esta materia en proporciones del 20 al 95 por ciento. Por regla general, se clasifican sobre bases del grado de descomposición de la materia orgánica en depósito. Los que contienen una pequeña proporción de materia en descomposición se conoce como "turba" y en ellos es fácil reconocer la clase de plantas que constituye el depósito orgánico. Los depósitos en franca descomposición y en los que no es posible identificar las plantas como tierra vegetal. Podemos observar el cuadro # 1.

2.2 AGUA REQUERIDA PARA RIEGO ✓

✓ El volumen neto de agua necesario es la cantidad de agua, además de la precipitación pluvial, que se necesita para la producción del cultivo. En otras palabras, representa la cantidad de agua de riego que debe quedar almacenada en la zona de las raíces para satisfacer las necesidades de agua consuntiva del cultivo. El agua de riego total comprende el volumen neto necesario y el agua que se pierde en la aplicación y operación del sistema. ✓

✓ Las necesidades de riego se refieren a la cantidad de agua y al momento de su aplicación con objeto de compensar los déficit de humedad del suelo durante el

RELACION APROXIMADA ENTRE LA TEXTURA DEL SUELO, LA TASA DE INFILTRACION Y EL
CAUDAL

TEXTURA DEL SUELO	TASA DE INFILTRACION mm/hora	TAMANO DEL CAUDAL qa (1/seg/ha)
Arenoso	50 (25 - 250)	140
Franco arenoso	25 (15 - 75)	70
Franco	12.5 (8 - 20)	35
Franco arcilloso	8 (2.5 - 15)	22
Arcillo-limoso	2.5 (0.03 - 5)	7
Arcilloso	5 (1 - 15)	14

CUADRO No. 1

período vegetativo de un cultivo dado. Estas necesidades de riego quedan determinadas por la evapotranspiración del cultivo menos el agua que han aportado las precipitaciones o aportaciones de aguas superficiales y subterráneas. Se expresan en milímetros por período vegetativo (una estación o un mes o menos tiempo todavía), a efectos de planificación global y de evaluación del balance hídrico de la cuenca, del proyecto o del campo. Referidos a toda la superficie cultivada, forman la base para determinar el suministro de agua necesario y la idoneidad de las aguas disponibles. Se expresan en forma de un plan de riego en profundidad o en intervalos entre dos riegos, a efectos de administración del proyecto (mm y días).✓

✓ El riego no es nunca eficaz en un cien por ciento, hay que dejar un margen para tener en cuenta las pérdidas evitables o inevitables, entre ellas la percolación profunda, se expresa la eficiencia de aplicación del riego, E_a , en fracciones o porcentajes de I_n , o sea, las necesidades de riego brutas $I_f = I_n/E_a$, siendo I_n las necesidades de riego netas e I_f las necesidades brutas. ✓

I_n se basa en el balance hídrico, lo cual, con respecto a un período y a un cultivo dados, puede expresarse como sigue:

$$I_n = [ET \text{ (cultivo)} + F + R] - [P_e + G_e + N + w]$$

$$I_n = \text{p\u00e9rdidas} \quad - \quad \text{ganancias}$$

en donde P_e y G_e son la contribuci\u00f3n efectiva a la rizosfera de las lluvias y de las aguas subterrneas, respectivamente; la circulaci\u00f3n - afluyente y afluyente - superficial y subterrneas, N y R , puede tener una importancia local; la percolaci\u00f3n profunda, F , que se produce despu\u00e9s de que el suelo ha llegado a la capacidad de retenci\u00f3n o capacidad de campo tras el riego suele tenerse en cuenta de un modo general, pero incorrecto, para la correcci\u00f3n de la E_a , esto es, la eficiencia de aplicaci\u00f3n del riego; w es la variaci\u00f3n de la humedad del suelo en la rizosfera efectiva que, con el riego, debe variar entre la capacidad del campo y el agoramiento m\u00e1ximo del agua disponible en el suelo para un cultivo y un suelo dados. Todas las variables pueden expresarse en altura de agua (mm). Seg\u00fan cuales sean los datos disponibles y la exactitud necesaria, se podr\u00e1 predecir la I_n para todo el per\u00edodo vegetativo o para per\u00edodos mensuales o de diez d\u00edas. ✓

El per\u00edodo o intervalo de tiempo con arreglo al cual se haga el balance h\u00eddrico es importante. Unos per\u00edodos demasiado largos pueden encubrir la existencia de breves fases de escasez de agua. Por ejemplo, al utilizar datos mensuales, puede parecer

que las lluvias efectivas mensuales satisfacen la ET (cultivo) mensual pero, como las lluvias no están distribuidas normalmente por igual a lo largo de todo el mes, podrán producirse breves intervalos de escasez de agua. Esto puede ocurrir a diario; sin embargo, los cálculos sobre períodos demasiado cortos pueden resultar poco prácticos. Hay que tener presente que, al utilizar el balance mensual en vez del diario, esto puede producir resultados aceptables a efectos de planificación global pero que distarán mucho de ser realistas para su uso en lo que se refiere a la concepción detallada y al funcionamiento de unas obras de riego y la programación de las distintas aplicaciones de agua. ✓

✓ En la mayoría de los casos, habrá que calcular el balance hídrico con respecto a las distintas rotaciones de cultivo posibles, a fin de llegar a un equilibrio óptimo entre las necesidades de riego y el agua disponible. ✓

✓ 2.2.1 USO CONSUNTIVO

✓ El agua consumida, llamada a veces " agua de evapotranspiración" incluye el agua aprovechada por la transpiración de la planta, y en su desarrollo, así como lo que se evapora del suelo y la precipitación interceptada por el follaje. Se expresa en pies acre ó pulgadas acre ó su

profundidad en pies o pulgadas.

La transpiración es el proceso por medio del cual la planta toma el agua del suelo, la cual circula a través de la planta hacia las hojas y se pierde en la atmosfera en forma de vapor. Para el riego, la humedad consumida durante el crecimiento de la planta y lo que se conserva en la misma son tomados en consideración. La evaporación del suelo no se incluye en la transportación, pero si se considera como elemento de desgaste. ✓

Algunos de los factores que afectan el grado de la transpiración son la humedad disponible son la humedad disponible del suelo, la clase y densidad del crecimiento de la planta, la cantidad de luz solar, la temperatura y la fertilidad del suelo.

La evaporación es la dispersión del agua en forma de vapor de la superficie del suelo a la atmosfera. Los factores que afectan el grado de evaporación son la naturaleza de la superficie y la diferencia en la presión de vapor según la temperatura, el viento y la presión atmosférica. Para el cálculo del agua de consumo o desgaste, se incluye tanto la evaporación de la superficie del suelo como el agua interceptada por el follaje. En terrenos de riego, las frecuentes aplicaciones superficiales



influyen en la pérdida de agua por evaporación. Si se hacen menos, pero más fuertes aplicaciones, la superficie se moja con menos frecuencia y el agua penetra a mayor profundidad en el suelo. Esto presenta mayor proporción de agua aprovechada por la planta. En los pastizales o sembríos similares se reduce la evaporación no solamente por que las plantas transpiran en mayor proporción, sino por que sombrean el terreno.

La textura del suelo afecta la evaporación. El índice de la misma es más alto en suelos en los que el proceso capilar del agua a la superficie es rápida.

El promedio de consumo diario de agua durante los 6 a 10 días de mayor demanda en la temporada, se llama "consumo de agua en su máximo punto", y este promedio se emplea para planear el sistema de riego.

La ecuación de Blaney-Criddle (1950) es una de los métodos más ampliamente utilizados para calcular las necesidades de agua de un cultivo. Se sugiere una adaptación de este metodo para calcular la evapotranspiración del cultivo de referencia, E_{To} , en aquellas zonas en los que solamente se

disponga de datos medidos sobre la temperatura del aire.

El método original de Blaney-Criddle recurre a la temperatura t , y al porcentaje de horas diurnas, p , como variables climáticas para producir los efectos del clima sobre la evapotranspiración. Esta recibe el nombre de factor de uso, f , en el cual:

$$f = \frac{25,4 (p \times t)}{100}$$

cuando la t viene en grados Fahrenheit (F) siendo, p el porcentaje de horas diurnas anuales durante el período considerado:

$$f = p (0.46t + 8,13)$$

cuando la temperatura viene dada en grados centígrados.

Las necesidades de agua de un cultivo variarán, sin embargo, en unos climas que tengan una temperatura del aire similar: por ejemplo, entre climas muy secos o muy húmedos o entre zonas de viento muy fuertes del clima sobre las necesidades de agua del cultivo no quedan del todo definidos unicamente por la temperatura y el factor f relacionado con la duración del día.

Con el objeto de definir mejor los efectos del clima sobre las necesidades de agua del cultivo, sin dejar por ello de aplicar el factor original de uso consuntivo f , se ha calculado este factor en relación con un gran número de ubicaciones y climas distintos. Se establecen también unas relaciones entre el factor f de Blaney-Criddle y la evapotranspiración del cultivo de referencia, ET_0 , teniendo en cuenta los niveles generales de humedad, insolación y viento.

Tras haber calculado el factor f en un punto dado utilizando datos sobre la duración de las horas de luz y la temperatura, se puede determinar graficamente el valor de la ET_0 .

Para calcular la evapotranspiración del cultivo ET (cultivo) se utiliza la siguiente fórmula:

$$ET = K_c \times ET_0$$

donde K_c es el coeficiente de cultivo que es diferente para cada cultivo.

Para tener en cuenta los efectos de las características del cultivo sobre sus necesidades de agua, se presentan unos coeficientes de cultivo (K_c), con objeto de relacionar el ET_0 con la

PERIODOS CRITICOS CON RESPECTO A LA TENSION DE HUMEDAD DEL
SUELO EN EL CASO DE DIFERENTES CULTIVOS

Alfalfa Justo después de la siega en el caso de la alfalfa para heno y al principio de la floración en el de la destinada a la producción de semillas.

Albaricoques Período de floración y desarrollo de las yemas

Cebada Fase inicial de formación de las vainas > fase de consistencia blanda del grano > iniciación de la fase de ahijamiento o maduración

Frijoles Fase de la floración y aparición de las vainas > antes > período de maduración. Sin embargo, el período de maduración > antes si no hay una tensión de humedad previa

Brécoles Durante la formación y desarrollo de las cabezas

Coles Durante la formación y desarrollo de las cabezas

- Ricino** Requieren un nivel de humedad del suelo relativamente alto durante todo el período de crecimiento
- Coliflor** Requiere riegos frecuentes desde la plantación hasta la recolección
- Cerezas** Período de rápido crecimiento de la fruta antes de la maduración
- Cítricos** Fases de floración y de fructificación; se puede suscitar una fuerte floración suspendiendo el riego justo antes de la fase de floración (limón); se puede controlar la "caída de junio" de los frutos más débiles mediante una gran humedad del suelo
- Algodón** Floración y formación de las cápsulas > fases iniciales de crecimiento > después de la formación de las cápsulas
- Maní** Fases de floración y desarrollo de las semillas > entre la germinación y la floración y el final del período vegetativo

- Lechuga** Necesita unos suelos húmedos especialmente antes de la recolección
- Maíz** Período de polinización desde la inflorescencia hasta la fructificación > antes de la inflorescencia > períodos de desarrollo del grano; período de polinización muy crítico si no hay una tensión de humedad previa
- Avena** Desde la aparición de los flósculos hasta la formación de las cabezuelas posiblemente
- Olivo** Justo antes de la floración y durante el crecimiento del fruto
- Melocotón** Período de rápido crecimiento del fruto hasta la maduración
- Guisantes** A principios de la floración y cuando se llenan las vainas
- Patata** Niveles altos de humedad; después de la formación de los tubérculos, de la floración a la recolección

Rábanos	Durante el período de ensanchamiento de las raíces
Girasol	Posiblemente durante la siembra y la floración; fase de germinación de las semillas
Cereales	Desde la formación de las vainas hasta la aparición de las cabezuelas
darios	
Sorgo	Aparición de las raíces secundarias y ahijamiento hasta la fase de formación de las vainas > formación de las cabezuelas, floración y formación del grano > período de desarrollo del grano
Soja	Fase de floración y fructificación, y posiblemente período de crecimiento vegetativo máximo
Fresa	Desde el desarrollo del fruto hasta la maduración

Evapotranspiración del cultivo: ET (cultivo). El valor de Kc presenta la evapotranspiración de un cultivo en condiciones óptimas y que produzca rendimientos óptimos.

Los factores que repercuten en Kc son:

- Características del cultivo.
- Fechas de plantación o siembras.
- El ritmo de desarrollo del cultivo y la duración del período vegetativo.
- Las condiciones climáticas durante el crecimiento.
- La frecuencia de lluvias y de riego.

2.2.2 EFECTO DEL NIVEL DE LA HUMEDAD DEL SUELO EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO

Según el cultivo que se trate. este nivel varía en lo referente a la obtención de los mejores rendimientos y calidad del producto.

La mayoría de las planta tienen un grado mayor de eficiencia en la toma del agua si el nivel de humedad es alto. Al bajar este nivel, la tensión de la humedad del suelo aumenta y llega el momento en que la planta no puede extraer suficiente humedad para su óptimo desarrollo. La planta comienza a marchitarse y el crecimiento se retarda

o cesa por completo. Cuando se restablece el nivel de humedad por medio del riego, hay algunos cultivos que siguen creciendo y no demuestran haber sufrido daño apreciable.

Sin embargo, hay otros cultivos que sí sufren daños permanentes y si, el nivel se aproxima o llega al punto de architamiento, el fracaso de la cosecha es muy posible. Aún cuando el cultivo se recupere sin sufrir daños apreciables, el tiempo perdido en el desarrollo afecta los rendimientos.

En la mayoría de los cultivos se presentan periodos críticos durante la época del crecimiento, en los que se debe mantener un nivel alto de humedad para lograr buenos rendimientos. Si hay suficiente humedad para la germinación y el desarrollo, el periodo crítico casi siempre ocurre en la parte final de la estación cuando se aproxima la cosecha.

No es práctico, y probablemente sea inadecuado, mantener el mismo nivel de humedad del suelo durante toda la época del florecimiento.

El objetivo que perseguimos con el riego es la eliminación de una posible limitación en la producción por falta de humedad.

Esto se logra al suministrar constantemente la humedad necesaria en la zona que rodea la raíz.

2.2.3 HUMEDAD QUE DEBE RESTITUIRSE EN CADA RIEGO

Se debe aplicar la cantidad exacta de agua, cuando esta se necesite, para asegurarse de una operación adecuada del sistema de riego, y obtener así los mejores resultados, económicamente hablando. Si se suministra más agua de la necesaria para alcanzar un nivel máximo de la capacidad del terreno, esa mayor cantidad se pierde por filtración profunda. A menos que se requiera cierta cantidad de agua para contrarrestar la lixiviación, o para controlar la temperatura, no se logra beneficio alguno con ese costo extra. En los suelos en que el desague interno es lento, la mayor cantidad de agua puede significar una mengua en los rendimientos. Sin embargo si no se suministra agua suficiente, los rendimientos del cultivo también se reducen.

Por consiguiente, la cantidad de agua de reemplazo en cada riego depende de la humedad disponible que el suelo pueda retener a la profundidad de humedad que la planta pueda extraer según el plan de riego y el nivel de humedad que se escoja para iniciarlo.

La cantidad neta de humedad que debe ser reabastecida en cada riego está representada por la que el suelo puede retener entre su máxima capacidad y el nivel de humedad inicial.

Si este cultivo se fija al 60 por ciento, el cultivo puede usar hasta el 40 por ciento de la humedad disponible en la zona de la raíz antes de aplicar agua de riego. Entonces, se hace necesario anadir una cantidad igual a dicho 40 por ciento de la humedad disponible que el suelo pueda retener, con el fin de que la zona de la raíz llegue al nivel de capacidad del terreno.

2.2.4 APLICACION TOTAL DE AGUA

La cantidad total de agua de riego en cada aplicación es el volumen que debe ser aplicado en la superficie, para tener la seguridad de que el líquido penetre y sea retenido en el suelo, a fin de poder llenar los requisitos y necesidades de cada riego.

Sea cual fuere el método de riego que se emplee, ninguno de los sistemas llega a ser 100 por ciento eficaz y no toda el agua surtida durante la aplicación logra penetrar y ser retenida en la zona de la raíz.

Hay pérdidas inevitables a causa de la desigualdad en la distribución del terreno debido a la filtración más abajo de la zona de la raíz y por pérdidas en los bornes y en los surcos. En aspersiones, hay otras pérdidas por evaporación de

la propia aspersión y por la tentación de agua en el follaje de la planta.

En cualquier método de riego, la eficacia en el campo varia según lo adecuado del plan, organización y forma de operación, así como a causa de los condiciones climáticas y por las propiedades físicas del suelo. Para tener la certeza de que la cantidad neta de humedad de reemplazo en cada aplicación logra penetrar y queda retenida en la zona de la raíz, es necesario surtir un volumen mayor de agua en la superficie para compensar la cantidad que se pierde. Esta cantidad total que debe aplicarse se puede determinar:

$$\text{Cantidad total} = \frac{\text{Cantidad neta reemplazable}}{\text{Eficiencia del Sistema}}$$

En las regiones húmedas se aplican diferentes cantidades de agua durante un riego determinado para suministrar un alto nivel de humedad en todo el terreno. En muchos lugares no es posible regar el terreno en un solo día, sino que se necesitan varios días para lograrlo.

Esto significa que el nivel de humedad en el extremo opuesto del terreno al sitio donde se

inicio el riego tiene un nivel menor que el requerido mientras no se reciba la dotación correspondiente del líquido; de hecho, gran parte del terreno tiene un nivel más bajo del prescrito.

Este índice más bajo de humedad no tiene gran importancia en cultivo que no requieran un alto nivel para dar óptimos resultados en rendimientos.

Pero los rendimientos de cultivos que sí se benefician con un alto nivel de humedad se verán afectados. Para ciertos cultivos valiosos, es conveniente mantener un alto nivel de humedad en todo el terreno sembrado. Esto puede lograrse surtiendo cantidades mayores de agua al ir avanzando el riego en el terreno.

2.2.5 FRECUENCIA DE RIEGO

La frecuencia del riego significa el número de días que debe transcurrir entre cada aplicación. Depende del grado de consumo del líquido en los cultivos y de la cantidad de humedad disponible en la zona de la raíz calculado entre la capacidad total del terreno y el nivel inicial de humedad adoptado. Esto representa una función tanto del suelo como del cultivo.

La frecuencia del riego durante el período del

desarrollo depende en su mayor parte, del crecimiento. Debe haber agua abundante durante la germinación y el brote de la planta para lograr así un firme sistema de plantas. A continuación, se debe seguir regando con frecuencia e ir dejando cada vez menos días de intervalo, hasta la época de la floración.

La frecuencia del riego se determina, en un plan adoptado por los días o intervalos de las aplicaciones durante el período de mayor grado de consumo de humedad del cultivo de que se trate.

En vista de que la frecuencia depende de la proporción de agua suministrada y retenida cuando el cultivo transpira a su máximo, el promedio del grado de consumo durante este período es el que debe tomarse en cuenta para formular el plan y sistema de riego.

Para que un sistema de riego corresponda adecuadamente al cultivo, dicho plan debe incluir un amplio suministro de agua durante dicho período.

$$\text{Plan de Frecuencia} = \frac{\text{Cantidad neta de humedad entre capacidad del terreno y nivel inicial de humedad}}{\text{Punto máximo de consumo de humedad del cultivo}}$$

$$\text{Plan de Frecuencia} = \frac{\text{Profundidad neta de aplicación}}{\text{Grado de consumo en su punto máximo}}$$

2.2.6 PERIODO DE RIEGO

Por esto se entiende el número de días necesarios para la aplicación de un riego en un área determinada durante el período de máximo consumo. Es la base para calcular la capacidad del equipo y su diseño.

En vista de que este período de máximo consumo es, por lo general, el lapso crítico en el ciclo del cultivo y en el que un faltante de humedad durante el mismo afectaría seriamente los rendimientos, todo sistema que no proporcione un suministro de agua para cubrir todo el terreno en los días calculados para completar el riego, no puede ser satisfactoria.

Si el aplicador sacrifica en alto rendimiento por un coste inicial menor, sus percepciones serán mucho menores a pesar del riego.

En las regiones áridas en que los riegos son cíclicos y el nivel de humedad se mantiene entre la capacidad del terreno y el 50 por ciento, el período de riego y la frecuencia del mismo son iguales.

En zonas húmedas, el período de riego no siempre es igual al de la frecuencia porque las aplicaciones no son cíclicas y los procedimientos empleados son un tanto diferentes de los de las regiones áridas.

Cuando la lluvia eleva a su capacidad máxima todo el terreno, la humedad del suelo puede bajar a un porcentaje predeterminado del total de capacidad por la extracción en la parte profunda antes de que se inicie el riego. En estas circunstancias, la cantidad de humedad restante en el suelo determina el período permisible para regar dicho terreno en cada aplicación. Si el nivel inicial se fija a un porcentaje bajo total de humedad disponible, la humedad restante en el suelo es baja y el tiempo que puede calcularse para cubrir el terreno antes de llegar al punto de marchitamiento en el extremo opuesto o más lejano de la parcela, es menos que cuando el riego se inicia a niveles más altos de humedad. Esta es la razón por la cual el período de riego no es igual al de la frecuencia del mismo. En otras palabras la cantidad de humedad disponible en el suelo entre el nivel inicial de humedad y el límite más bajo de la misma representa el volumen de agua que el cultivo puede aprovechar para su desarrollo durante el ciclo de riego. Por los que tenemos:

Cantidad neta de humedad en el suelo
entre la iniciación de riego y
límite mínimo de agotamiento

$$\text{Periodo de riego} = \frac{\text{Grado de consumo de humedad en su punto máximo}}{\text{Cantidad neta de humedad en el suelo entre la iniciación de riego y límite mínimo de agotamiento}}$$

El plan para un sistema de riego en una área determinada durante un período calculado anticipadamente requiere un volumen de agua que pueda ser surtido con el equipo de que se dispone. Sin embargo, este sistema puede haber sido calculado en un número menor de días del período normal de riego, por las siguientes razones.

- 1.- Que el operador desee disponer de periodos leves entre riego.
- 2.- Características del programa de rotación de riego por parte de las empresas especializadas.
- 3.- Operaciones de la cosecha, cuando sea necesario el suministro de mayor cantidad de agua durante periodos relativamente cortos, para iniciar normalmente la cosecha.
- 4.- Si se tiene en cuenta que se pueden necesitar otras aplicaciones para lograr mejor calidad del cultivo, como en el caso de las hortalizas que van a ser enlatadas o congeladas.

2.3 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE RIEGO.

En la evapotranspiración del cultivo repercute muy poco el método de riego si el sistema está bien concebido, instalado y utilizado pero no en los casos de frecuente riego del follaje o cuando la cubierta del suelo sea baja. Por consiguiente, las ventajas de un método con respecto a otro no quedan determinados por las diferencias del agua total de riego suministrado sino por la idoneidad y eficacia con los que se atienden las exigencias de los cultivos. En general, la elección del método estará en función del costo de la aplicación de agua, de la eficiencia de ésta aplicación, de la sencillez del sistema, del deterioro y erosión del suelo, de la salinidad del agua que se emplee y quizá otros factores.

En general, unos métodos de riego distintos implican tazas de aplicación de agua también distintas. En los experimentos que se realicen para evaluar y comparar los diversos métodos por lo que a la eficiencia del agua se refiere habrá que tener esas diferencias; la superioridad aparente de un método con respecto a otro puede deberse simplemente a una aplicación excesivamente grande o pequeña de agua. Es posible que no haya ninguna falla en el método concreto de riego, y solamente en su administración.

Se dispone de varias fuentes de información sobre los aspectos prácticos de los métodos y prácticas de riego.

2.3.1 RIEGO POR SUPERFICIES

El terreno que deba regarse se divide en bloques por medio de cauces de suministro secundaria y los canales que se trazan de acuerdo con la topografía. Se trazan canales de suministro agrícola y zanjias de terrenos, cuando se conocen las dimensiones de cada parcela (en gran parte, la eficiencia del riego se ve determinada por la geometria del terreno que por ende, se diseña de tal modo que se minimicen las pérdidas por escurrimiento y filtraciones).

A partir del conocimiento de la cantidad de humedad que se requiere para rellenar la zona de las raices y el área del terreno, se puede determinar el flujo que se requiere para el riego adecuado, en cualquier momento dado.

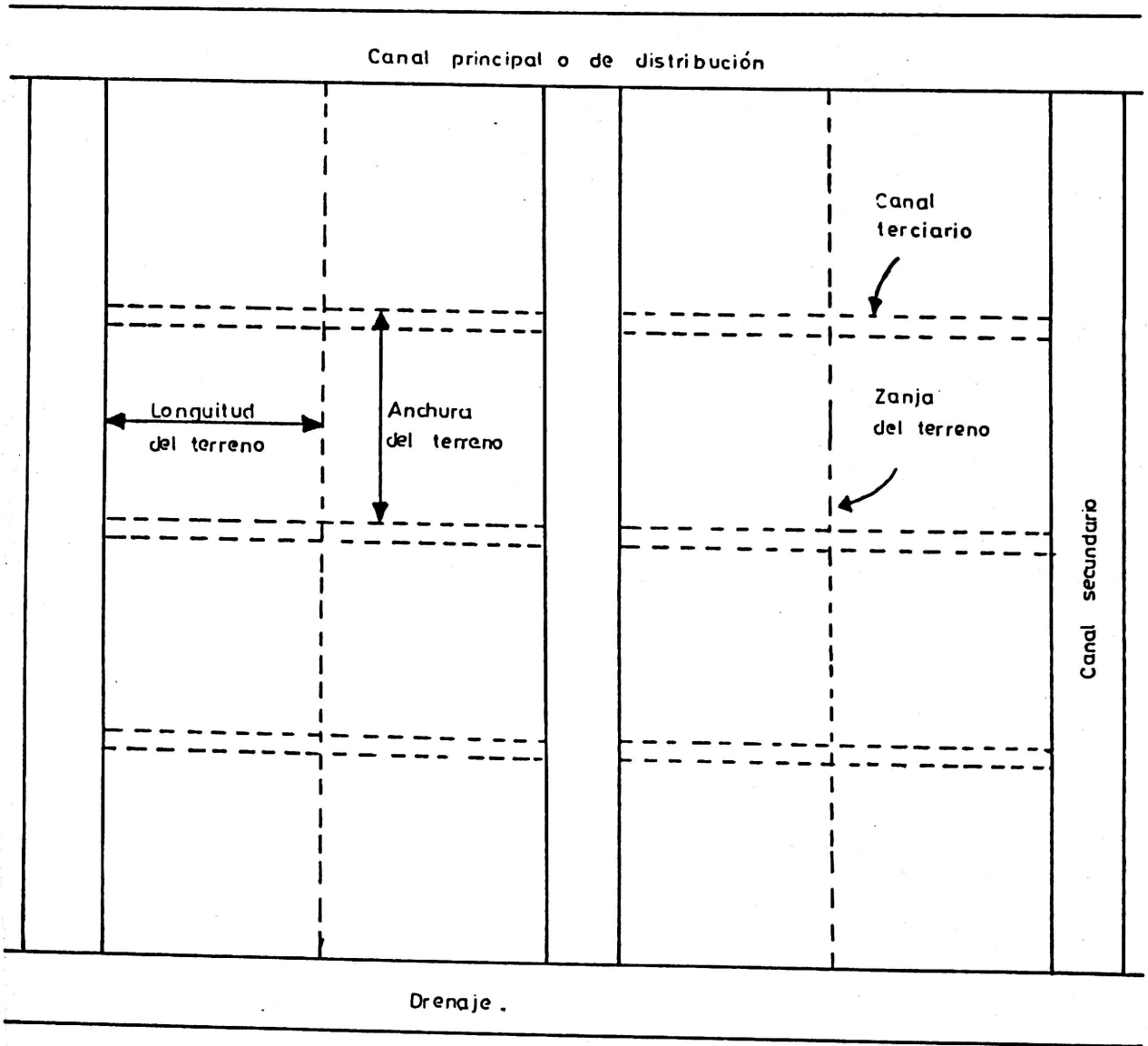
Esta determina el tamaño de las zanjias sobre el terreno. Al tomar en consideración la zona a la que sirve cada canal terciario, se puede determinar el número de parcelas, y por ende el flujo terciario propiamente dicho.

El diseño de la distribución del terreno para un sistema de riego de superficie es bastante impreciso, no por falta de métodos científicos sino por la gran variabilidad de las condiciones naturales. Las trazadas deben ajustarse a zonas que con frecuencia son irregulares, donde hay a menudo variaciones de los suelos y las características de cada tipo de suelo varían con el tiempo. Por lo tanto, cualquier diseño estará sujeto a ciertas tolerancias. No obstante, en el pasado se han diseñado muy mal algunos sistemas y esto ha conducido a que no se hayan logrado rendimientos convenientes desde el punto de vista económico, ver Fig. # 2.

El riego de un terreno por un método de superficie se logra mediante una o más de las etapas que siguen: la corriente de avance inicial que sales hacia abajo de la pendiente, el período de humedecimiento, cuanto toda la corriente de receso, después de que se corta el suministro de agua.

La cantidad total de agua absorbida es una función del índice de filtración del suelo y el tiempo durante el que se produzca dicha infiltración.

De manera ideal, un sistema de riego debe aplicar una profundidad de agua igual a lo largo de todo el



ESQUEMA GENERAL DE LA DISTRIBUCION DE UN TERRENO

PARA EL RIEGO DE SUPERFICIE

FIGURA No. 2

cauce. En la práctica, esto resulta imposible, excepto, quizá, en los suelos pesados con índices bajos de infiltración.

En general, se aplican mayores cantidades de agua al principio de la operación; pero a veces, se producen estancamientos al extremo del cauce y se presenta el caso inverso.

Por consiguiente, el procedimiento en el riego de superficie consiste en introducir una corriente grande de agua que llegue hasta el extremo del terreno, tan rápidamente como como sea posible, con el fin de minimizar la profundidad "extra" de agua aplicada al comienzo del riego. Al llegar al extremo o inmediatamente antes, se corta el suministro para evitar el escurrimiento excesivo del terreno, que se produciría al aumentar las cantidades, a medida que el índice de infiltración disminuye con el tiempo.

Este flujo de corte se mantiene hasta el humedecimiento del extremo del terreno a la profundidad requerida.

Entonces se corta el suministro formandose en esa forma la corriente de receso que, según se espera, completará el riego.

El diseño y funcionamiento deben tener como fin igualar las oportunidades de absorción de agua en todos los puntos del cauce.

Si se encuentran las curvas citadas para un terreno dado, la profundidad promedio de aplicación para la operación de riego se podrá determinar utilizando la curva de admisión del suelo.

La frecuencia de aplicación determinada en esa forma le permitirá al ingeniero efectuar los ajustes necesarios en los planos.

2.3.2 RIEGO POR GOTEO

Con el sistema de riego por goteo, se riegan distintos árboles, grupos o hileras de plantas mediante unos goteros o goteadores colocados en los canales secundarios que proporcionan un caudal de 2 a 10 litros por hora. Solamente se moja una parte de la superficie del suelo. El tamaño necesario del caudal viene determinado principalmente por el número y el tipo de goteadores, el tipo del suelo, el cultivo y el agotamiento del agua disponible en el suelo.

En un sistema bien concebido, se podrán mantener unas condiciones de tensión de humedad del suelo baja de un modo casi constante; para un determinado

nivel de agotamiento del cultivo y de la tasa de infiltración del suelo.

En el riego por goteo se considera como criterio principal la aplicación diaria del consumo diario del cultivo. Esta es la diferencia primordial entre un diseño de un sistema de riego por goteo y un diseño de un sistema de riego por aspersión.

La razón por la cual se quiere aplicar agua, a casi la misma rata de consumo, es la de mantener una humedad constante en el suelo. Esta a su vez permite que la planta no soporte ciclos de mayor o menor esfuerzo en la obtención del agua del suelo. Como resultado de una humedad constante, la calidad y productividad de la planta siempre es incrementado con el uso de riego por goteo.

El riego por goteo nos ofrece las siguientes ventajas:

Aumento de Producción

- Por la correcta y oportuna aplicación
- Por la buena aplicación de fertilizantes a través del sistema.
- Por la correcta aireación de la zona radicular.
- Por la conservación de la fertilidad del suelo,

al no ser lavado por aplicación excesiva de agua.

Economía de Agua

- Por la menor evaporación.
- Por no ser afectado por el viento.
- Al no producirse pérdidas por infiltración.
- Al ser aplicado el agua directa y uniformemente a la raíz.

Economía de mano de obra

- Porque es posible diseñar cualquier grado de automatismo.
- Por producirse menos cantidad de malezas.
- Por no interferir con las diversas labores de cultivo.

Economía de fertilizantes

- Porque no se pierde por exceso de agua.
- Porque se aplica directamente.

Economía de herbicidas

- Puede utilizar agua de menos calidad.

Economía de energía

- Cuando se utiliza agua con elevación mecánica, por que se utiliza menor cantidad de agua y menor presión de trabajo.

Economía en preparación de suelos

- Por no ser necesario nivelar, pudiendo instalarse en terrenos de fuerte pendiente, sin erosionarlos.
- Por no ser necesario disponer de acequias y canales.
- Por ser utilizable en suelos con problemas de drenaje.

2.3.3 RIEGO POR ASPERSION

Se denomina riego por aspersión al método que consiste en aplicar agua a la superficie del terreno, rociándola a la manera de una lluvia ordenada.

La mayoría de los sistemas de riego por aspersión consisten en instalaciones de tuberías con aspersores giratorios.

Aparte de su objeto primordial que es la distribución del agua de riego para su ulterior almacenamiento en el terreno el riego por aspersión tiene otras aplicaciones secundarias que revisten también su importancia.

En muchas situaciones los riegos ligeros y frecuentes, dados fácilmente por medio de aspersores, ayudan; al enraizamiento de las plantas

de sistemas radiculares superficiales, a la germinación de las semillas.

Mediante la aspersión se puede abonar o aplicar enmiendas con rapidaz, eficacia y economía. El equipo necesario es simple y la mano de obra es reducida. Las ventajas radican en los siguientes hechos.

- a) Si estan disueltos los productos se distribuyen con gran uniformidad sobre la superficie del terreno.
- b) Los elementos fertilizantes en disolución se encuentran a disposición de las raíces de las plantas mucho antes que si fueran incorporados en un terreno seco.

La evapotranspiración, incluido la evaporación directa del agua de las hojas húmedas de los cultivos regados por aspersión con una cubierta vegetal completa, no rebasa excesivamente las tasas previstas de evapotranspiración.

Se puede reducir considerablemente la transpiración del cultivo mediante el riego, pero esto quedará compensado por una mayor evaporación de las hojas húmedas y la superficie del suelo. Ahora bien, la mayor evaporación de las hojas

húmedas no trae consigo un aumento considerable de la pérdida de agua. Es poco probable que sean muy grandes los efectos sobre el ahorro de agua de riego por aspersión bajos los árboles.

Las pérdidas por evaporación del riego por aspersión son relativamente bajas, en general inferiores al 2%. Su magnitud depende de la temperatura y humedad del aire y de las características de la temperatura del agua tales como el radio de aspersión y el tamaño de las gotas.

Las caudalidades de este riego son las siguientes:

Máxima productividad

- Por lo uniforme y oportuna aplicación del agua.
- Por la posibilidad de dosificar y aplicar los fertilizantes con el sistema.
- Por la correcta aireación de la zona radicular.
- Por la conservación de la fertilidad del suelo al no lavarlo por aplicación excesiva de agua.
- Al usarlo como complemento en las zonas naturalmente regadas por las lluvias, como es la zona sur del Ecuador, sin requerir la construcción de canales.

Economía de agua

- Por la aplicación de la cantidad necesaria en forma exacta
- Por no producirse pérdidas por infiltración.

Economía de mano de obra

- Porque un solo hombre puede cubrir grandes extensiones, lo que variará según el sistema que se adopte.

Economía de fertilizantes

- Porque se aplica bien dosificado y en forma uniforme.

Economía en preparación de suelos

- Por no ser necesario nivelar, pudiendo regarse faldeos y lamajes.
- Mayor aprovechamiento del suelo al no ser necesario surcos de riego y acequias.
- Por ser aprovechables los suelos con problemas de drenajes.

2.4 CAMPO DE APLICACION DE LOS SISTEMAS DE RIEGO EN LA AGRICULTURA.

Es preciso conocer la relación entre la necesidad de agua de los cultivos y sus rendimientos para predecir

unos niveles de producción que puedan lograrse variando la asignación y utilización de agua disponible para riego. La evapotranspiración quedará o no plenamente atendida mediante un suministro adecuado de agua de riego en función de objetivos determinados tales como la producción máxima en relación con las inversiones, el máximo rendimiento por unidad de agua cuando escasea, el máximo rendimiento por unidad de tierra cuando escasea esta, la necesidad de proporcionar al número máximo de agricultores los beneficios del riego cuando los factores socioeconómicos son muy onerosos o de proporcionarles unos rendimientos netos altos.

La relación entre el rendimiento de los cultivos y la aplicación del agua es compleja debido a los múltiples factores que entran en juego. Las primeras investigaciones sugerían que, en el caso de la mayoría de los cultivos, hay una relación lineal entre la ET y la traducción de la materia seca.

La pendiente de la relación lineal varía con cada especie. La relación lineal entre la producción de materias secas y la ET parece aplicarse únicamente cuando otros factores del crecimiento, tales como los fertilizantes, la temperatura, la insolación y la profundidad del suelo no tengan un carácter limitado.

Los efectos de la escases de agua sobre los rendimientos resultan muy acusados durante ciertos periodos de crecimiento de algunos cultivos.

En lo que se refiere a la obtención de grandes rendimientos, los cultivos tienen distintas necesidades en términos de tensión de humedad del suelo máximo, o grado de agoramiento entre dos riegos que pueden ser tolerados. Ciertos cultivos sólo producirán rendimientos aceptables cuando la humedad del suelo se mantenga en un alto nivel, por lo general muy por encima del 50% del agua disponible en el suelo.

Los cultivos que requieren unos suelos relativamente húmedo son la mayoría de las hortalizas, la patata, el banano, etc.

Los rendimientos de otros cultivos como frutas percederas, cebada, y remolacha azucarera, no reaccionan normalmente cuando se riega por encima de un nivel de agotamiento del 50%. Por otra parte, a veces los déficit de humedad del suelo pueden tener un efecto positivo sobre la calidad del rendimiento; unos déficit pequeños pueden mejorar la calidad de las manzanas, durazanos y las ciruelas y aumentar la calidad aromática del tabaco y el contenido de aceite de la aceituna. Una reducción inducida de la ET antes de la recolección puede aumentar también el

contenido de azúcar de la caña. Por consiguiente, hay que programar el riego de modo tal que se obtengan los niveles específicos de humedad del suelo que necesita el cultivo, mostrado en el cuadro # 5.

2.5 SELECCION DEL METODO DE RIEGO

La selección de un método de riego se basa en la viabilidad técnica y económica. Por lo general, los métodos o sistemas de riego superficiales son los de instalación más barato y cuando las condiciones sean apropiadas, no será necesario tomar en cuenta ciertos otros métodos.

No obstante, cuando vayan a cultivarse cosechas de alto valor, puede que haya justificación económica para formar en consideración otros tipos de riego, sobre todo cuando las condiciones no sean ideales (o se requieran correctivos costosos), para el riego de superficie.

2.5.1 PREPARACION DEL TERRENO

El riego de superficie requiere pendientes uniformes que no sean demasiado pronunciadas. A menos que se lleve a cabo un terracénado, lo que es un proceso costoso, las pendientes pronunciadas impedirán seguramente el riego de superficie y harán más conveniente el riego por goteo o

aspersión. También es importante la uniformidad de la superficie del terreno. Para que el riego sea eficiente mediante el método de superficie, las pendientes tendrán que ser uniformes, sin puntos elevados ni bajos.

Para lograr esto, se requiere una nivelación del terreno, cuya amplitud dependerá de la topografía natural.

La nivelación del terreno puede ser un proceso destructivo que de como resultado la reducción de las profundidades de las capas superiores del suelo y quizá la exposición del subsuelo, la que no contribuye al mejoramiento de la producción de cultivos. A menos que la capa superior del suelo sea profunda y la superficie no demasiado ondulada, no se deberá efectuar la nivelación del terreno. En este caso, la construcción de cauces de riego que sigan los contornos da como resultado menos daños para los suelos.

Si las circunstancias son tales que no resulte prudente nivelar el terreno, se deberá utilizar el riego por goteo o aspersión.

Es preciso tomar en consideración el hecho de que la nivelación del terreno pueda ser una operación costosa y que, por consiguiente en algunos casos, quizá sea instalas desde un principio el riego por

aspersión o tal vez que se encuentre el en desarrollo por lo que no podrán ingresar maquinarias por el peligro de malograr los cultivos.

2.5.2 VARIABILIDAD DE LOS TIPOS DE SUELO

Los tipos de suelo en la zona de riego afectan también la elección del método. Los suelos con poca agua disponible requieren un riego ligero y frecuente que es difícil aplicar por medio de métodos superficiales. Los suelos con índice elevado de infiltración tienden a desperdiciar el agua, debido a que se produce una infiltración por debajo de la zona de enraizamiento, a menos que los cauces de riego de superficie sean muy cortos. Los cauces cortos incrementan los costos de mano de obra, desperdician tierras, debido al número de canales que se requieren y producen dificultades para la mecanización.

La variabilidad del suelo provoca dificultades para la programación del riego por los ingenieros, sobre todo si hay en los terrenos más de un tipo de suelo. El riego de superficie por rotación, en esas zonas, puede dar malos resultados y, si se va a utilizar un método superficial, deberán tomarse disposiciones para el riego más frecuente de los

terrenos arenosos. Los sistemas de riego por goteo y aspersión se pueden adaptar con facilidad a las zonas de tipos variable de suelo.

2.5.3 CANTIDAD Y CALIDAD DE AGUA

La cantidad, la calidad y el costo del suministro de agua tendrán efectos sobre la elección del método de riego. Donde el flujo de agua sea pequeño, el riego de superficie resulta con frecuencia antieconómico, en el caso de que sea posible, aún cuando el flujo efectivo pueda aumentarse mediante un almacenamiento agrícola, durante los períodos en que no se practica el riego; por ejemplo, en las noches.

Si la cantidad de agua total es pequeña, entonces se deberá utilizar con mayor eficiencia posible. Las altas eficiencias no se obtienen en general con métodos superficiales, a menos que el diseño, el funcionamiento y la administración sean muy elevados y que los canales de distribución estén revestidos.

En general, el riego por aspersión y goteo tiene mucha mayor eficiencia que los métodos superficiales.

La presencia de sedimentos en el agua impide el

uso de rociadores y el método de goteo a menos que se utilice un equipo complejo de filtración. Este equipo suele ser costoso y crea dificultades. Los sedimentos raramente provocan trastornos en los sistemas de superficie; aunque cuando se encuentran presentes en grandes cantidades, pueden enlodar los canales y elevar los niveles de tierra al depositarse en el terreno. En esos casos, se pueden tomar medidas para retirar el sedimento antes de que entre al sistema de riego.

El riego por aspersión cae sobre las plantas. Si el agua contiene cualquier material indeseable como por ejemplo, aguas negras, entonces no deberán utilizarse rociadores cuando el agua raya a entrar en contacto con las partes comestibles de las plantas.

2.5.4 CLIMA

En general, los vientos que sobrepasan 15 a 20 Km/h hacen que los rociadores sean poco adecuados, ya que las gotitas se las lleva el aire y el patrón de aplicación del agua se distorsiona, dando como resultado bajas eficiencias. Las temperaturas altas y las bajas humedades reducen la eficiencia de la aspersión: sin embargo, el rociado, al disminuir la demanda del agua atmosférica, puede aliviar las tensiones del agua en las plantas, incrementando

considerablemente el crecimiento. Donde llueva durante la estación de riego, el riego es de complemento y será conveniente utilizar el riego por aspersión. Las lluvias fuertes después del riego por un método de superficie, pueden dar como resultado la inundación.

2.5.5 CULTIVOS

El tipo de cultivo que se está regando tiene técnicamente pocos efectos sobre la elección de un método de riego superficial o de aspersión. Cuando las plantas son altas, como en el caso del banano, resulta incómodo desplazarse entre ellas y, por ende, puede resultar difícil el movimiento de las tuberías y los rociadores.

Al tomar en consideración el rendimiento de los cultivos bajo diferentes tipos de riego, los fabricantes de rociadores citan con frecuencia ejemplos en los que sus equipos han producido rendimientos muy superiores a los obtenidos por otros métodos. Aunque no se discuten esas cifras, debe señalarse que una mala elección del método de riego proporcionará propaganda útil para los que prefieren otros tipos.

2.5.6 FUNCIONAMIENTO

Uno de los argumentos principales en favor de los tipos de riego no superficiales, es la facilidad de manejo que ofrecen los sistemas de aspersión y goteo, no solo en lo que se refiere a la programación del riego, sino también en el proceso de distribución del agua. En el primer año de funcionamiento muchos sistemas de riego presentan dificultades operacionales que dan como resultado bajos rendimientos en los cultivos.

Donde el riego por goteo o aspersión se haya incluido, debido a su costo o por otras razones, el problema consistirá en escoger el tipo más apropiado de riego de superficie.

CAPITULO III

FUNDAMENTOS TEORICOS

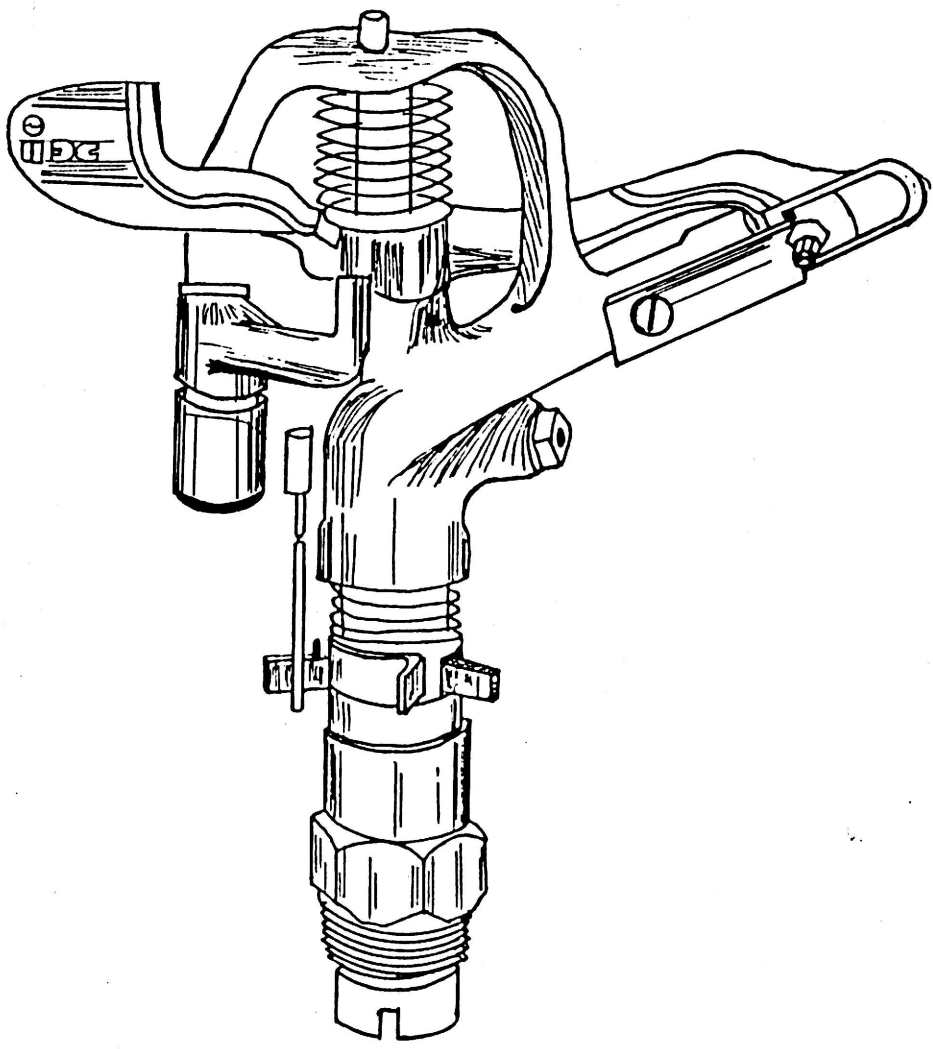
3.1 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSION

En general los sistemas de riego por aspersión consiste en una fuente de agua, una unidad de bombeo, un sistema de tuberías de conducción y un sistema mediante el que se lanza el agua al aire, para que caiga en forma de aspersión.

Dependiendo de la variación parcial de estos elementos que componen un sistema de riego por aspersión nos llevará a una clasificación particular de este sistema.

3.1.1 SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION DEL TIPO SUB-FOLIAR

Una de las características fundamentales de este tipo de riego por aspersión se basa en la forma de aplicación del agua al cultivo. La aplicación del agua se la realiza por debajo de la hoja o follaje, utilizando aspersores o boquereles con cierto grado de inclinación, montados en un soporte que se hace girar sobre un eje vertical, mediante la acción de una válvula de martillo Fig. # 3. Por lo general, el rociador va montado en un elevador de 25mm de



ASPERSOR PARA RIEGO SUB-FOLIAR

FIGURA No. 3



diámetro y 50 cm de altura, fijo a la tubería de alimentación. Al funcionar, un chorro empuja la válvula de martillo y la hace a un lado. La válvula está restringida y regresa, debido a un resorte ligero. El regreso termina en un tope del cuerpo, que gira un pequeño ángulo, debido al impulso.

Luego, la válvula vuelve a interceptar el chorro y se repite todo el ciclo.

Si los aspersores o rociadores se diseñan y se fabrican con cuidado y si el rociador completo se mantiene en un buen estado de funcionamiento y con la presión de más del 85%. Esto puede ser comprobado mediante el coeficiente de Christiansen, Cu.

$$Cu = 100 (1.0 - x/mn)$$

x = derivación de la media de la profundidad individual observada.

m = media de profundidades observadas.

n = número de observaciones.

La presión de trabajo de estos aspersores van desde las 30 hasta las 65 libras por pulgada cuadrada.

El diámetro de riego que proporcionan estos aspersores son de 69 hasta 75 pies dependiendo de la presión y del galoneje puesto que cuando se

está trabajando con 65 libras por pulgada cuadrada de presión y se quiere tener un diámetro mojado de 69 pies se tendrá que utilizar 1.89 gpm y esta estará relacionado además con la boquilla que se esté empleando.

Cuando se manejan a la presión correcta y con espaciamientos apropiados, tendremos una buena aplicación de agua de manera uniforme, con poco riesgo de causar daños a los cultivos o al suelo.

El sub-folliar tiene la ventaja de que necesitan menor potencia en la unidad de bombeo; pero así también se requiere mayor cantidad de tubería puesto que se encuentran a espaciamientos menores que el sobrefollaje, debido a que el radio mojado de cobertura es mucho menor.

Como ya dijimos anteriormente el espaciamiento entre un aspersor y otro es pequeño y el galonaje utilizado por cada aspersor es bajo, en los diseños se agrupan cierto número de aspersores en módulos para que por medio de líneas de tubería de mediano diámetro poder llevar el agua hasta el centro de estos módulos donde están las llaves de compuerta

que permiten o no el flujo de agua a los módulos para que sea repartida el agua a los aspersores por medio de la línea principal y laterales de los módulos.

Esto facilita, la forma de riego y economiza material, puesto que cada módulo encerrará un galonaje determinado para abastecer a los aspersores del galonaje que necesitan para con la presión de trabajo cubrir un diámetro mojado preestablecido por las tablas.

3.1.2 SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION TIPO SOBREFOLLAJE

Se denomina riego por aspersión sobrefollaje al método que consiste en aplicar el agua sobre la hoja de la planta rociandola a la manera de lluvia.

Se diferencia también con el riego por aspersión del tipo subfoliar en los aspersores gigantes que utiliza con presiones de 70 a 100 lbs. denominados gran cañón, ver Fig. # 4. El gasto de descarga de estos aspersores varía desde 200 galones por minuto (GPM) es decir unos 770 litros por segundo, hasta 650 GPM (2400 litros por segundo), cuadro # 3. Esto permite una velocidad de aplicación muy alta, que en condiciones normales de brisas ligeras puede

BIG GUN® PERFORMANCE TABLES

0 SERIES BIG GUNS — 24° TRAJECTORY**

T TAPER BORE NOZZLES - U.S. UNITS

I	Nozzle 5"		Nozzle 5.5"		Nozzle 6"		Nozzle 6.5"		Nozzle 7"		Nozzle 7.5"		Nozzle 8"		Nozzle 8.5"		Nozzle 9"		Nozzle 10"	
	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA
0	47	191'	57	202'	66	213'	78	222'	91	230'	103	240'	118	250'	134	268'	152	282'	204	300'
0	50	205'	64	215'	74	225'	87	235'	100	245'	115	256'	130	265'	150	273'	165	280'	199	318'
0	55	215'	69	227'	81	240'	96	250'	110	260'	128	270'	143	280'	164	298'	182	295'	224	318'
0	60	225'	75	238'	88	250'	103	263'	120	275'	136	283'	155	295'	177	302'	197	310'	243	338'
0	64	235'	79	248'	94	260'	110	273'	128	285'	146	295'	165	305'	188	314'	210	325'	258	354'
0	68	245'	83	258'	100	270'	117	283'	135	295'	155	306'	175	315'	201	328'	223	335'	274	362'
0	72	255'	87	268'	106	280'	123	293'	143	305'	163	318'	185	325'	212	338'	235	345'	289	372'
0	76	265'	92	278'	111	290'	129	303'	150	315'	171	324'	195	335'	222	344'	247	355'	304	380'

Table only with F100 & SR100.

R RING NOZZLES - U.S. UNITS

I	Ring 712"		Ring 768"		Ring 812"		Ring 857"		Ring 895"		Ring 927"		Ring 965"	
	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA
0	74	220'	88	225'	100	230'	115	240'	129	250'	150	255'	167	260'
0	81	235'	96	240'	110	245'	125	260'	141	270'	164	275'	183	280'
0	88	245'	104	250'	118	260'	135	275'	152	290'	177	295'	199	300'
0	94	255'	111	265'	127	275'	145	285'	163	300'	189	305'	211	315'
0	99	265'	117	275'	134	285'	154	295'	173	310'	201	315'	224	325'
0	105	270'	124	280'	142	295'	162	305'	182	320'	212	325'	238	335'
0	110	275'	130	290'	149	305'	170	315'	191	325'	220	335'	248	345'

diameter of throw is approximately 3% less for the 21° trajectory angle, 6% less for 18°.

0 SERIES BIG GUNS — 24° TRAJECTORY**

T TAPER BORE NOZZLES - U.S. UNITS

I	Nozzle 7"		Nozzle 8"		Nozzle 9"		Nozzle 10"		Nozzle 1.1"		Nozzle 1.2"		Nozzle 1.3"	
	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA
0	100	250'	130	270'	165	290'	205	310'	255	330'	300	345'	350	360'
0	110	265'	143	285'	182	305'	225	325'	275	345'	330	365'	385	380'
0	120	280'	155	300'	197	320'	245	340'	295	360'	355	380'	415	395'
0	128	290'	165	310'	210	335'	260	355'	315	375'	380	395'	445	410'
0	135	300'	175	320'	223	345'	275	365'	335	390'	405	410'	475	425'
0	143	310'	185	330'	235	355'	290	375'	355	400'	425	420'	500	440'
0	150	320'	195	340'	247	365'	305	385'	370	410'	445	430'	525	450'
0	157	330'	204	350'	258	375'	320	395'	385	420'	465	440'	545	460'

R RING NOZZLES - U.S. UNITS

I	Ring 88"		Ring 97"		Ring 108"		Ring 118"		Ring 126"		Ring 134"		Ring 141"	
	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA
0	100	245'	130	265'	165	285'	205	300'	255	320'	300	335'	350	350'
0	110	260'	143	280'	182	300'	225	315'	275	335'	330	350'	385	365'
0	120	270'	155	290'	197	310'	245	330'	295	350'	355	365'	415	380'
0	128	280'	165	300'	210	320'	260	340'	315	360'	380	380'	445	395'
0	135	290'	175	310'	223	330'	275	350'	335	370'	405	390'	475	405'
0	143	300'	185	320'	235	340'	290	360'	355	380'	425	400'	500	415'
0	150	310'	195	330'	247	350'	305	370'	370	390'	445	410'	525	425'
0	157	315'	204	335'	258	360'	320	380'	385	400'	465	420'	545	435'

diameter of throw is approximately 3% less for the 21° trajectory angle.

0 SERIES BIG GUNS — 27° TRAJECTORY**

T TAPER BORE NOZZLES - U.S. UNITS

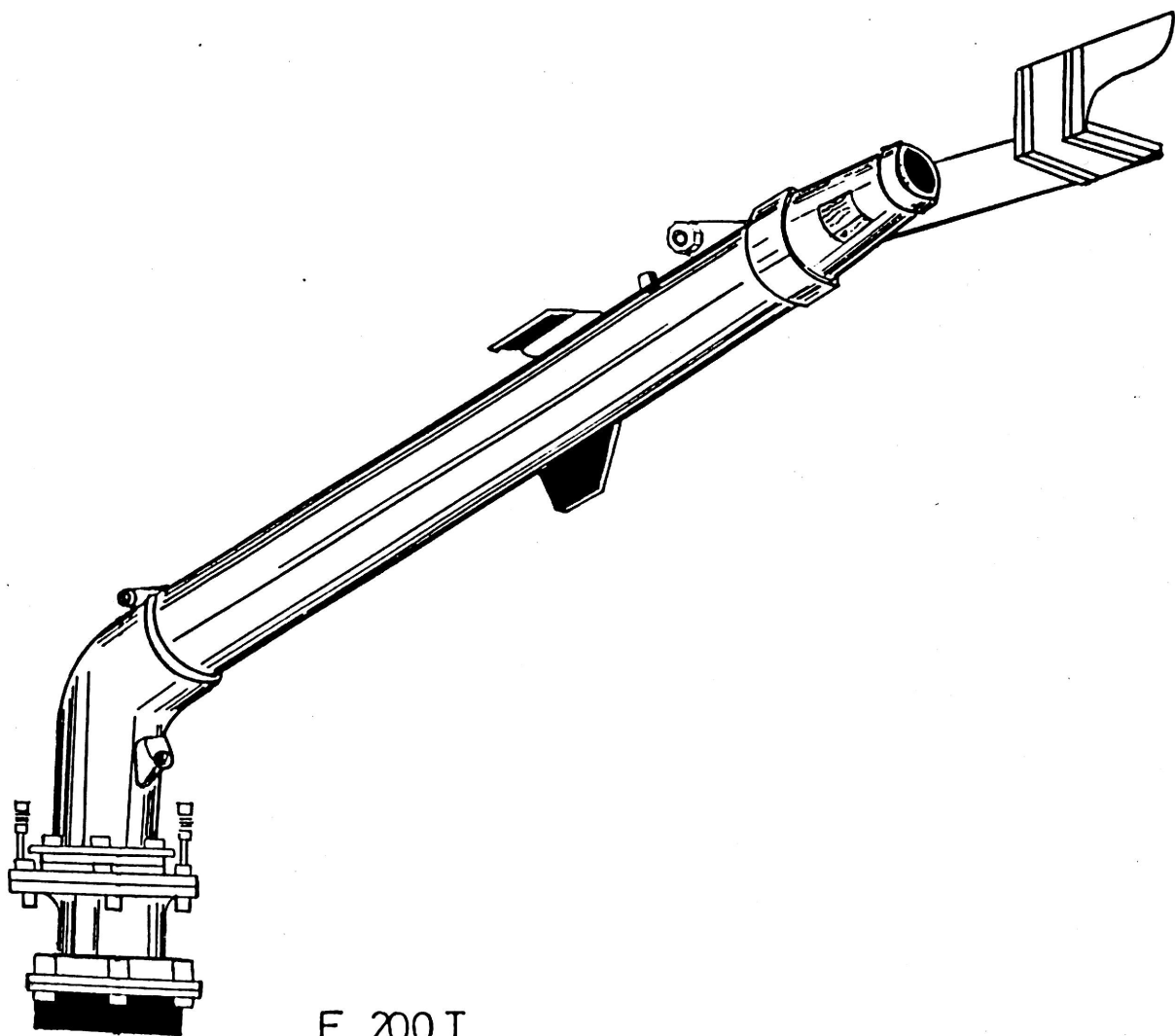
I	Nozzle 1.05"		Nozzle 1.1"		Nozzle 1.2"		Nozzle 1.3"		Nozzle 1.4"		Nozzle 1.5"		Nozzle 1.6"		Nozzle 1.75"		Nozzle 1.9"	
	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA
0	250	345'	285	355'	330	375'	385	390'	445	410'	515	430'	585	445'	695	470'	825	495'
0	270	360'	310	380'	355	395'	415	410'	480	430'	555	450'	630	465'	755	495'	890	515'
0	290	375'	330	395'	380	410'	445	430'	515	450'	590	470'	675	485'	805	515'	950	535'
0	310	390'	350	410'	405	425'	475	445'	545	465'	625	485'	715	505'	855	535'	1005	555'
0	325	400'	370	420'	425	440'	500	460'	575	480'	660	500'	755	520'	900	560'	1060	575'
0	340	410'	390	430'	445	450'	525	470'	605	495'	695	515'	790	535'	945	565'	1110	590'
0	355	420'	405	440'	465	460'	545	480'	630	505'	725	530'	825	560'	985	580'	1160	605'
0	370	425'	425	445'	485	465'	565	485'	655	515'	755	540'	860	580'	1025	590'	1210	620'

R RING NOZZLES - U.S. UNITS

I	1 1/2" Ring (1.25" actual)		1 3/4" Ring (1.46" actual)		1 1/2" Ring (1.56" actual)		1 1/2" Ring (1.66" actual)		1 3/4" Ring (1.74" actual)		1 1/2" Ring (1.83" actual)		2" Ring (1.93" actual)	
	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA	GPM	DIA
0	230	325'	300	355'	350	370'	410	390'	470	405'	535	420'	640	435'
0	250	340'	330	370'	385	390'	445	410'	515	425'	585	440'	695	455'
0	270	355'	355	385'	415	405'	480	425'	555	440'	630	455'	755	475'
0	290	370'	380	400'	445	420'	515	440'	590	455'	675	470'	805	490'
0	310	380'	405	415'	475	435'	545	455'	625	470'	715	485'	855	505'
0	325	390'	425	425'	500	445'	575	465'	660	480'	755	500'	900	520'
0	340	400'	445	435'	525	455'	605	475'	695	490'	790	510'	945	535'
0	355	410'	465	445'	545	465'	630	485'	725	500'	825	520'	985	545'
0	370	415'	485	450'	565	470'	655	490'	755	505'	860	525'	1025	560'

diameter of throw is approximately 2% less for the 24° trajectory angle, 5% less for the 21° trajectory angle.

The BIG GUN® performance data has been obtained under ideal test conditions and may be adversely affected by wind, poor hydraulic entrance conditions or other factors. Make-up Injection Connection makes no representation regarding droplet condition, uniformity, or application rate.



F 200 T

ASFERSOR PARA RIEGO SOBREFOLLAJE (GRAN CAÑON)

FIGURA No. 4

tener un valor no menor de 1 Pulgada por hora. Unicamente en condiciones climáticas más favorables puede este valor de aplicación reducirse a un valor de 0.75 Pg/hr. La forma de distribución de la lámina de agua a aplicarse al suelo en ~~condiciones~~ normales de viento no se distorsiona mucho. En consecuencia, este tipo de aspersor tiene mayor aplicación para suelos con una alta clasificación de permeabilidad en zonas de vientos ligeros.

En países como Ecuador que en muchas ocasiones se lo utiliza como un riego de complemento en ciertas zonas, un ahorro considerable en el costo de instalación puede hacerse con este tipo de aspersor, en relación a la instalación del sistema de riego subfoliar.

El goteo que sale de los aspersores gigantes está muy bien pulverizado, siempre que estos aspersores operen con una presión óptima. /

Estos aspersores son del tipo resorte oscilante o péndulo oscilante que ha probado ser los mejores y más seguros sin problemas de servicios.

Como dijimos anteriormente la aplicación de la lámina de agua se hace de una manera más rápida que un subfoliar, el caudal que se necesita será mayor por consiguiente la tubería que debemos utilizar tanto para la conducción de agua por la línea

principal como en las laterales será de mayor diámetro.

La potencia del motor se ve incrementado con el aumento de la necesidad de agua.

Los aspersores de altas presiones ahorran amplias zonas y el caudal precipitado sobre el espacio recomendado entre aspersores es mayor que en el de baja presiones. En general, la distribución es buena, pero puede ser trastornado con facilidad por el viento, debido a que la trayectoria del agua es mayor. Suelen proporcionar aplicaciones copiosas y el círculo mojado alcanza de 60 a 100 metros. El humedecimiento es completo cuando el tiempo está en calma.

El equipo de riego sobrefollaje puede ser de aluminio o de pvc según la función y como se lo utilice aunque también depende del factor económico.

3.1.3 SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION TIPO SOBREFOLLAJE MOVIL

La forma más simple de sistemas de rociado se compone de una banda centrífuga móvil, utilizando a veces por economía la energía de un tractor. Las

tuberías sobre el terreno (laterales) para alimentación de los módulos, tienen salidas de elevadores con su respectivo espaciamento.

En funcionamiento, se coloca la banda junto a un canal de aducción o estanque, se hace correr un tubo principal de la bomba hacia el terreno que se va a regar, se tiende por el centro del terreno la tubería que se va a regar con válvulas de salida espaciadas a las distancias calculadas, se colocan dos o más ramales de tuberías laterales, con los aspersores, para rociar franjas del terreno. Por lo común se ponen ramificaciones laterales a cada lado de la tubería central, en extremos opuestos del terreno.

Después, del riego en el primer cuadro, durante un margen del tiempo calculado de acuerdo con las características de los suelos, los cultivos y el rociador, se corta el suministro de agua y se llevan las ramificaciones a la posición siguiente, a lo largo de la tubería central, para reanudar el riego.

Para que el funcionamiento sea eficiente, los ramales laterales se sitúan nivelados o con un ligero gradiente de descenso calculado para contrarrestar las pérdidas de presión a lo largo de los ramales laterales deben limitarse o se tendrá

muy poca uniformidad, con mala alimentación de los rociadores de los extremos y una presión excesiva en los iniciales rociadores.

Los sistemas completamente portátiles son muy útil para:

- a) Riego complementario en climas templados y húmedos.
- b) Riego de germinación y control de la humedad del suelo en los periodos críticos, cuando se utilizan al mismo tiempo que sistemas de riego de superficie. Pueden realizarse aplicaciones controladas y eficientes de agua, con mano de obra no especializada; para las necesidades de mano de obra son altos en el caso de un sistema portátil y el trabajo resulta tedioso.

3.1.4 SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION TIPO SOBREFOLLAJE SEMIFIJO

A menudo que los sistemas de aspersion se van haciendo mayores, por encima de las instalaciones simples sobre terrenos, las características económicas del tendido permanente de tuberías centrales enterradas, en lugar de las portátiles, se van haciendo cada vez más convenientes, incluso para el riego de complemento.

Para una capacidad dada, las tuberías enterradas de plástico (pvc) pueden resultar más barata por unidad de longitud que las tuberías portátiles de aluminio.

Se protegen contra los daños causados por las máquinas agrícolas de paso y pueden suministrar agua para los servicios domésticos y el ganado. Se necesitan tubería de mayor longitud; pero se reducen los costos de funcionamiento. De manera, típica el sistema semipermanente incluye una unidad fija de bombeo y tuberías centrales enterrados con tomas espaciadas a lo largo de los linderos de cada terreno para permitir el ajuste de las tuberías principales a los ramales laterales de las parcelas.

3.1.5 SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION TIPO SOBREFOLLAJE FIJO

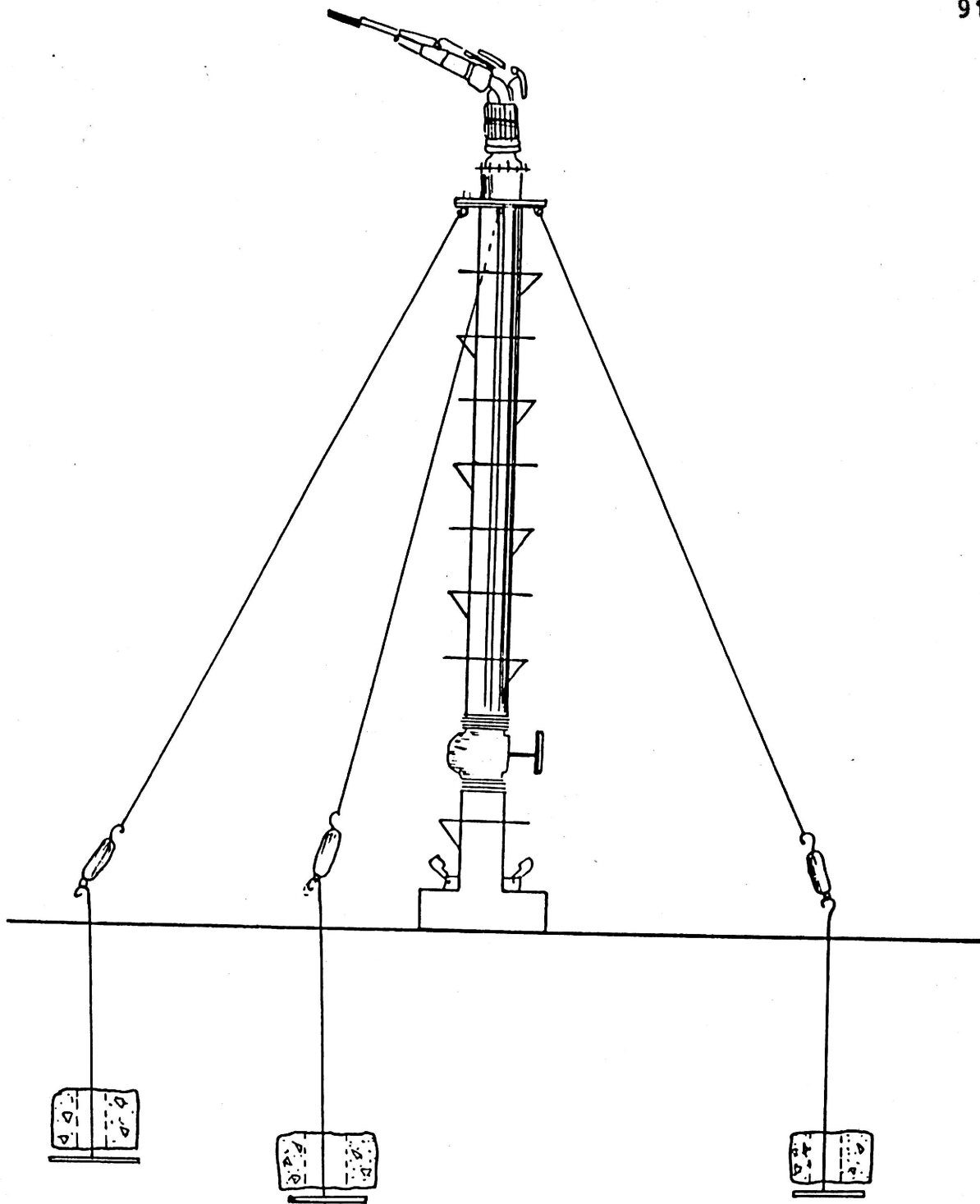
En las condiciones particulares de mano de obra escasa y cara, suelos arenosos de baja capacidad de retención de la humedad, índices elevados de evaporación y cultivos de gran valor, puede resultar económico hacer que todo el sistema completo sea permanente, reduciendo a un mínimo las necesidades de mano de obra.

En una disposición alternativa, para huertos, se utilizan ramales laterales enterrados con elevadores o torres de acoplamiento rápido en cada segundo o tercer tramo. Sólo los elevadores tienen que retirarse para cada establecimiento y los tramos se cierran al sacar los tubos elevadores. Fig. # 5.

3.2 PARAMETROS A CONSIDERAR EN LOS SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSION.

Los factores más importantes de los que depende el éxito de un sistema de riego por aspersión son, ante todo, el cálculo correcto del mismo y después, el funcionamiento con altos rendimientos del sistema proyectado. La información de base necesaria para proyectar una instalación de este tipo se obtiene de las siguientes fuentes: el suelo, las disponibilidades de agua, los cultivos que se pretenden regar y el clima.

La información relativa al suelo incluye el tipo de terreno, su profundidad, textura, permeabilidad y capacidad de retención del agua en la zona radicular. Las necesidades de agua se refieren, tanto a la situación de su punto de aprovisionamiento con relación a las parcelas, como al volumen disponible y a los turnos de suministro. Los datos de máximo



ELEVADOR O TORRE PARA ASPERSOR GRAN CARON

FIGURA No. 5

consumo diario, de profundidad de la zona radicular y de las peculiaridades del riego, que hay que tener en cuenta para el sistema de riego por aspersión, se obtienen del conocimiento de las necesidades de los cultivos que se quieren implantar. La información climatológica incluye las precipitaciones naturales y la velocidad y dirección de los vientos dominantes. Todos estos datos deben recopilarse, de una u otra manera, antes de empezar a proyectar un riego por aspersión.

Las necesidades de un sistema de riego por aspersión incluyen la aplicación de agua en forma tal que no produzca escorrentía desde la zona regada. El agua debe ser proporcionada al terreno de manera que se alcance un rendimiento del agua que dé lugar a rendimientos elevados de distribución.

El sistema de aspersión debe tener la capacidad suficiente para cubrir al máximo de las necesidades de agua de cada cultivo durante el período de riego. Debe darse cierto margen de seguridad a dicha capacidad, para prevenir las pérdidas que inevitablemente se producen por evaporación o porque el agua es interceptada y por cierta percolación profunda.

Cuando un sistema se proyecta para proporcionar riegos suplementarios o con objeto de proteger los

cultivos, debe tener capacidad suficiente para aplicar el volumen de agua necesario a la superficie dada, en un tiempo determinado. El costo del sistema debe estar en consonancia con los rendimientos a obtenerse.

No debe haber una diferencia de más del 20% en el espesor del agua aplicada en cualquier punto de la superficie regada. Para que esta variación se reduzca a los límites anteriores, y la distribución sea prácticamente uniforme, es preciso que la presión a lo largo de las cañerías laterales no varíe más del 20%.

Las variaciones de presión se producen como resultado de pérdidas por rozamiento en los tubos y cambios de altura en las líneas principales o en los laterales. Puede surgir la necesidad de controlar las presiones por medio de válvulas.

Un sistema de aspersión debe repartir el agua sin dañar a los cultivos. Cuando los aspersores se encuentran cerca del banano, los chorros de agua proyectados a gran velocidad por las boquillas deterioran el fruto. Por lo que se necesita grandes presiones para pulverizar las gotas de agua a su paso por las boquillas.

Las gotitas deben ser lo suficientemente pequeñas para no perjudicar al terreno. Algunos suelos se

embarran bajo el impacto de gotas gruesas, haciendo que se forme una costra en el terreno. Las boquillas más pequeñas que trabajan a presiones más altas reducen el tamaño de las gotas.

El viento puede interferir la distribución del agua en amplias proporciones, resultando difícil que se lleve a cabo adecuadamente cuando la velocidad es de más de 16 Km por hora. Las tuberías laterales se deben situar formando ángulo con el viento predominante. En muchos casos puede ser necesario disminuir la separación entre espersores y entre tuberías laterales, hasta un 40% , para conseguir una distribución satisfactoria con tiempo ventoso.

El sistema de aspersión debe proyectarse para regar al mínimo costo anual. En todo sistema impulsado por bombeo ha de llegarse a un equilibrio entre la sección de los tubos y los gastos de bombeo. Se deben calcular con todo cuidado las relaciones de los costos del equipo y de la energía para llegar a un equilibrio razonable entre ambos.

Cuando se utilizan en campos de prácticas operando con presiones elegidas, los aspersores que se elijan deben efectuar el reparto del agua de un modo uniforme.

Si hace falta una bomba, debe ésta ser elegida

teniendo en cuenta las condiciones de máximo de presión y caudal, y no debe estar sobrecargada en las condiciones de trabajo mínimas.

3.3 PLANIFICACION DE SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSION.

Para que la planificación del riego, por aspersión sea adecuada es necesario realizar un inventario de los recursos de la finca y la inclusión del riego por aspersión en su plan general de actividad. El planificador necesita tener en cuenta las limitaciones de los recursos de la finca así como de los factores económicos y faenas agrícolas que pueden determinar el éxito o fracaso de la empresa de riego.

En muchos casos la instalación inicial de un sistema de aspersores constituye el primer paso para el establecimiento de un sistema de cultivo regado completamente por aspersión. Una planificación correcta del riego por aspersión debe tener en cuenta la aplicación futura. El sistema inicial dentro de su carácter de economía debe ser susceptible de una futura ampliación para dar lugar al proyecto final.

Existe otro factor que con frecuencia se olvida, tanto por parte del planificador como del futuro usuario y que es la rotación de cultivos que puede ser llevada a cabo cuando se utiliza plenamente el

sistema. Sucede muchas veces que la capacidad del sistema, su plantamiento y funcionamiento se basan únicamente en un solo cultivo. Las rotaciones que incluyen cultivos que sirven para mejorar el suelo son precisas para mantener un nivel óptimo de producción, cuando los rendimientos de este cultivo aumentan con el riego y otras prácticas culturales. Las necesidades de humedad de la rotación de cultivos resultante puede ser complementado diferente de la del cultivo aislado. Mediante el establecimiento de una determinada rotación es posible reducir la capacidad del sistema donde las necesidades máximas de humedad, para los diferentes cultivos, se producen en momentos diferentes de la estación de riego. Si se llega a establecer una rotación de cultivos equilibrada se puede adaptar la maquinaria, tanto al cultivo más intensivo como al que se le sigue en la rotación. Esta práctica puede reducir los costos de mano de obra.

La preparación de un plan para trabajar con un sistema de riego por aspersion en condiciones rentables requiere una identificación del técnico planificador y del futuro usuario o propietario. A la hora de realizar el inventario de los recursos de la explotación, el planificador y el propietario o explotante deben trabajar juntos. Para diferenciar los suelos la experiencia del propietario o del

arrendatario puede darnos amplia información sobre la infiltración del suelo comprendido el de la zona estudiada. En el caso que tenga experiencia anterior de riego es posible que el explotante haya observado diferencias de los diferentes suelos para retener el agua que después será puesta a disposición de los cultivos.

Hay que tener también una idea clara de las necesidades de mano de obra para el riego por aspersión. Sin haber discutido esta fase se puede llegar a malentendidos que conducen ya sea al funcionamiento defectuoso del sistema o a malestar por parte del usuario. La mano de obra forma parte de los costos anuales de riego.

Un planificador que a la vez sea proveedor puede llegar a dominar estas cuestiones y planear el riego y su funcionamiento de acuerdo con ellas; si así lo hace es posible que se encuentre una mejor posición para mantener una reputación de proyectista de riego por aspersión próspera y respetada, además de sentir la satisfacción de desempeñar un papel importante en la transformación agrícola de su región o país.

3.4 PROYECCION DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION.

Para proyectar un sistema de aspersión es preciso tener presente, prácticamente, todos los conceptos utilizados, tales como el suelo el agua disponible, la gestión, la evapotranspiración y la hidráulica, además de los costos del trabajo, del equipo y de la energía.

*Las empresas que venden equipos de riego por aspersión proporcionan datos técnicos sobre los aspersores, las tuberías, las bombas y motores.

El proyecto debe empezar con un inventario de los recursos de la explotación. Antes de lanzarse a calcular con detalles es preciso tabular el emplazamiento, el agua disponible, los cultivos, las operaciones recomendadas de riego, la energía, los suelos y la información sobre la evapotranspiración, unido todo a un croquis de la finca.

Con estos datos se puede calcular la capacidad del sistema. Es conveniente señalar que se han tenido en cuenta las diferencias de una finca a otra; no obstante, debe ser seleccionado un conjunto de valores para calcular la capacidad del sistema que se adapta

a diferentes condiciones.

Cuando se conoce la capacidad potencial del sistema y las condiciones de funcionamiento se puede elegir una velocidad de aplicación así como determinar la separación entre aspersores y la distancia entre líneas laterales de aspersores. A continuación se debe estudiar el tipo y dimensión de la boquilla y elegir la presión de trabajo y calcular la longitud de las tuberías. Mediante el estudio y la combinación de varias soluciones se llega al cálculo de la energía necesaria y de las dimensiones más económicas de las tuberías. Con estas soluciones alternativas se debe elegir una bomba y motor adecuados.

La viabilidad del riego por aspersión no puede ser determinada plenamente hasta que no se termine un análisis de costos y beneficios en el que se calculen estos últimos mediante la sustracción de los costos de producción del producto bruto. Se deben proyectar soluciones alternativas hasta llegar al proyecto definitivo.

La elección del aspersor, de las dimensiones de la boquilla, de la presión y la disposición sobre el terreno, deben estar basadas en conceptos de ingeniería, influidos por los resultados de experiencias de campo con este tipo de riego.

La velocidad de aplicación y la pulverización de la lluvia están determinadas por varias variables, pero aquellas que son viables se mueven dentro de un campo estrecho de posibilidades. La repartición de los aspersores a lo largo de la tubería lateral y el espacio entre éstas son también función del aspersor elegido y de la presión. Puede encontrarse amplia información, que sirve a los ingenieros proyectistas, en las fuentes puramente comerciales o en los centros estatales que se dediquen a problemas de riego y mecanización.

CAPITULO IV

CALCULOS Y DISEÑO

4.1 IDENTIFICACION DEL CULTIVO A REGARSE.

El cultivo que se ha seleccionado para realizar los calculos y diseño del equipo de riego es el banano debido a la importancia que tiene este producto en el campo mundial y por consiguiente a nivel nacional.

El banano es la fruta que más se exporta en el mundo, en el comercio mundial ocupa el cuarto lugar después del trigo, arroz, azúcar.

En el Ecuador el cultivo de banano se encuentra distribuido en todo el litoral desde las fajas costeras hasta las estribaciones de las cordilleras y desde la provincia de Esmeraldas hasta la provincia de El Oro.

Las variedades que se cultivan comercialmente son: Gross Michel y Cavendish.

El 77% del area cultivada con banano en el Ecuador se encuentra en las provincias de Guayas y El Oro.

La provincia de El Oro contribuye con el 55% de la producción nacional, seguida por las provincias de

Guayas, Los Rios y Esmeraldas.

La superficie cultivada con banano en el Ecuador decreció a fines de la década de los 70, como consecuencia de una estrategia a largo plazo establecida en los años setenta, la cual se basaba en alcanzar una estabilización de la superficie dedicada a los bananeros conjuntamente con lograr un rendimiento por hectarea más alto. Pero en la actualidad con los problemas sociales y climáticos de Centro América se ha aumentado el cupo de exportación para el Ecuador lo que ha traído como consecuencia que muchas huertas de Cacao y potreros se estén convirtiendo en zonas de cultivo de banano por lo que hay una gran demanda de riego en los actuales momentos para el cultivo en mención.

Banano

Superficie Cosecha 1979-1984 (Miles de Hectarias)

Año	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Banano	68	70	64	65	59	61

Volumen de Producción (Miles Toneladas Metricas)

Banano	2.032	2.269	2.010	1.999	1.642	1.678
--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

En el año 1985 las ventas de banano se incrementaron considerablemente (41%) ocupando el tercer lugar entre las exportaciones no petroleras, luego de haber

sido el cuarto en 1984, tercero en 1983 y primero de 1982.

4.1.1 TOMA DE DATOS

Las propiedades y consideraciones de la zona de cultivo pueden ser claramente expuestas y de hecho así es, mediante una hoja de toma de datos que debe ser llenada por el ingeniero de riego y el propietario o encargado de los cultivos. En esta hoja se plasman los parámetros que van a ser tomados en consideración para el cálculo y diseño del equipo de riego.

A continuación presentamos la toma de datos realizada en campo necesaria para poder realizar nuestro estudio.

HOJA DE CONTROL

1.- Tipo de Riego en que se esta interesado

- a Aspersión
 b Pivote
 c Cañon viajero
 d Micro aspersión
 Observaciones; Tipo fijo de aluminio
- e Goteo
 f Manguera perforada
 g Otros
 Especificar

2.- Datos del tamaño de la Finca

- a Area total de la Finca: 44.5 Has
 b Area total a regar: 44.5 Has

3.- Datos sobre el cultivo

- a Tipo de cultivo: Banano
 b Distancia entre planta: 2.80 mts
 c Distancia entre hilera: 2.80 mts
 Observaciones:

4.- Altura sobre el nivel del mar: 4 mts

5.- Descripción de las condiciones climáticas

- a Evaporación del lugar tanque tipo "A":
 b Temperatura promedio: 30° centígrados

6.- Características de los vientos

- a Velocidad promedio: Menor a 5 MPH
 b Dirección predominante:

7.- Tipo de suelo

- a Arenoso
 b Limoso
 c Franco
 d Arcilloso
 Otros:

8.- Fuente del agua

- a Embalse
 b Río
 c Pozo
 Nivel Dinámico...
 Nivel Estático ..
 Profund. Pozo ...

9.- Caudal de la fuente y tiempo en que se puede bombear esta capacidad:

Todo el año

9.- Caudal de la fuente y tiempo en que se puede bombear esta capacidad:

Todo el año

10.- Bomba

a Turbina Sumergible No Sumergible

ⓐ Centrífuga: Altura de succión para la bomba (menos de 15 pies)

10 pies

11.- Altura mayor del campo en relación a la bomba:

Estación de bombeo a 2mts sobre nivel

12.- Tipo de energía para la unidad de bombeo:

a Gasolina ⓐ Diesel c Eléctrica Voltaje
Ciclos
Phase

13.- Tiempo de operación del riego:

a No. de días por semana: 6 días
b No. de horas por día: 12 horas

14.- Carga hidrostática como fuente de energía

a Diferencia de altura:
b Distancia del recorrido:
c Caudal necesario: 1200 GPM aproximad.

15.- Documentos para adjuntar:

a Análisis de suelo Análisis del agua
Perfil del recorrido

ⓐ Planos o croquis indicando: Dirección de vientos
y Líneas de cultivo
Fuente de agua
Edificio o galera
Punto más alto sobre
el terreno

16.- Comentarios: Terreno completamente plano

Firma:

4.2 CALCULOS DE LA NECESIDAD DE AGUA DEL CULTIVO

Según el Plan Nacional del Banano (PNB), la evapotranspiración semanal de una plantación de banano en la provincia de El Oro es de 32 mm de agua (1.25"); siendo necesaria una aplicación equivalente para proveer esta cantidad. La cantidad antes mencionada es un promedio de los requerimientos por lo que podría variar según las características de la zona.

Por este motivo vamos a calcular la necesidad de agua para nuestro caso.

- Profundidad específicas de las raíces, cuadro #4.

$$P. \text{ Efect} = \frac{\text{Profund de raíces}}{2} = \frac{2.95 \text{ Pies}}{2} = 1.48 \text{ Pie}$$

- Contenido de humedad disponible, cuadro #7.

$$C.H.D. = \text{Profund efect raíces} \times C.H. \text{ Volumétrico}$$

$$C.H.D. = 1.48 \text{ Pies} \times 1.35 \frac{\text{Pg}}{\text{Pie}} = 1.99 \text{ Pg}$$

- Porcentaje de humedad a aplicar

$$P.H.A. = 100\% - \% \text{ de humedad disponible}$$

- Tensión humedad suelo, cuadro 5.

$$P.H.A = 100\% - 40\% = 60\%$$

- Requerimiento de riego bruto - lámina (Pg)

$$R.R.B. = \frac{P.H.A}{100} \times C.H.D. = \frac{60}{100} \times 1.99 = 1.19 \text{ Pg}$$



BIBLIOTECA



BIBLIOTECA

PROFUNDIDAD DE RAICES

12"	24"	36"	48"	60"
RABANO	PIÑA	MAIZ	CITRICOS	FRUTALES
LECHUGA	REPOLLO	ALGODON	TOMATE	ESPARAGOS
CEBOLLA	PAPA	PEPINO	CAÑA	UVA
BROCOLLI	COLIFLOR	PIMIENTO		MELON
AÑO	FRIJOL	YUCA		SANDIA
	PASTOS	ZANAHORIA		
		RENOLACHA		
		BANANO		

CUADRO No. 4

TENSIONES MAXIMAS ADMISIBLES ANTES DEL RIEGO PARA OBTENER MAXIMOS
RENDIMIENTOS DE DIVERSOS CULTIVOS EN SUELOS NO SALINOS

CULTIVO	TENSION ATM.	PERIODO
Cereales	0.5 5 a 8	Hasta la formación del grano Durante la maduración
Leguminosas anuales	0.75 a 2	Hasta la formación de vainas
Alfalfa	1.5	Hasta el corte
Tuberosas	0.3 a 0.6	Hasta la cosecha
Hortalizas	0.3 a 0.6	Hasta la cosecha
Tomate	0.8 a 1.5	Hasta la maduración
Algodonero	0.5 a 0.8 5 a 8	Hasta la formación de capsulas Durante la maduración
Girasol	0.5 a 0.9	Hasta la maduración
Cana de azucar	0.5 a 0.8 5 a 8	Durante el desarrollo vegetativo Durante la maduración
Pastos	0.5 a 1	Hasta el corte o pastoreo
Banano	0.5 a 0.8	Constantemente ✓
Citricos y Mango	5 a 10 0.5 a 1	Dos meses antes de la floración durante la floración hasta la maduración
Otros frutales	0.5 a 1	Constantemente

CUADRO No.5

EFICIENCIAS DE RIEGO POR ASPERSION

s/Manual de Ames (1962)

LAMINA DE AGUA APLICADA mm.	EVAPORACION MAXIMA EN MM/DIA		
	5 mm. 6 menos	5-7.5 mm.	7.5 6 mas mm
	Velocidad de viento promedio 0.64 km/h		
25	68 %	65 %	62 %
50	70 %	68 %	65 %
100	75 %	70 %	68 %
125	80 %	75 %	70 %
	Velocidad de viento prom. 6.4-16 km/h		
25	65 %	62 %	60 %
50	68 %	65 %	62 %
100	70 %	68 %	65 %
125	75 %	70 %	68 %
	Velocidad del viento promomedio 16-24 km/h		
25	62 %	60 %	58 %
50	65 %	62 %	60 %
100	68 %	65 %	62 %
125	70 %	68 %	65 %

CUADRO No.6

X

HUMEDAD VOLUMETRICA A CAPACIDAD DE CAMPO EXPRESADO EN
 PULGADAS DE LAMINA DE AGUA POR PROFUNDIDAD EN PIE DE
 SUELO HOMOGENEO

TEXTURA	LAMINA DE AGUA POR PIE DE SUELO
ARENA GRUESA	0.50"/PIE
ARENA FINA	0.75"/PIE
FINO FRANCO ARENOSO	1.25 - 1.50"/PIE *
FRANCO LIMOSO	1.75 - 2.00"/PIE
FRANCO ARCILLOSO	2.00 - 2.25"/PIE
ARCILLA LIMOSA	2.00"/PIE
ARCILLA PESADA	1.75"/PIE

CUADRO No. 7

X

RATA DE INFILTRACION PARA SUELOS AGRICOLAS EXPRESADO EN
PULGADAS POR HORA DE APLICACION

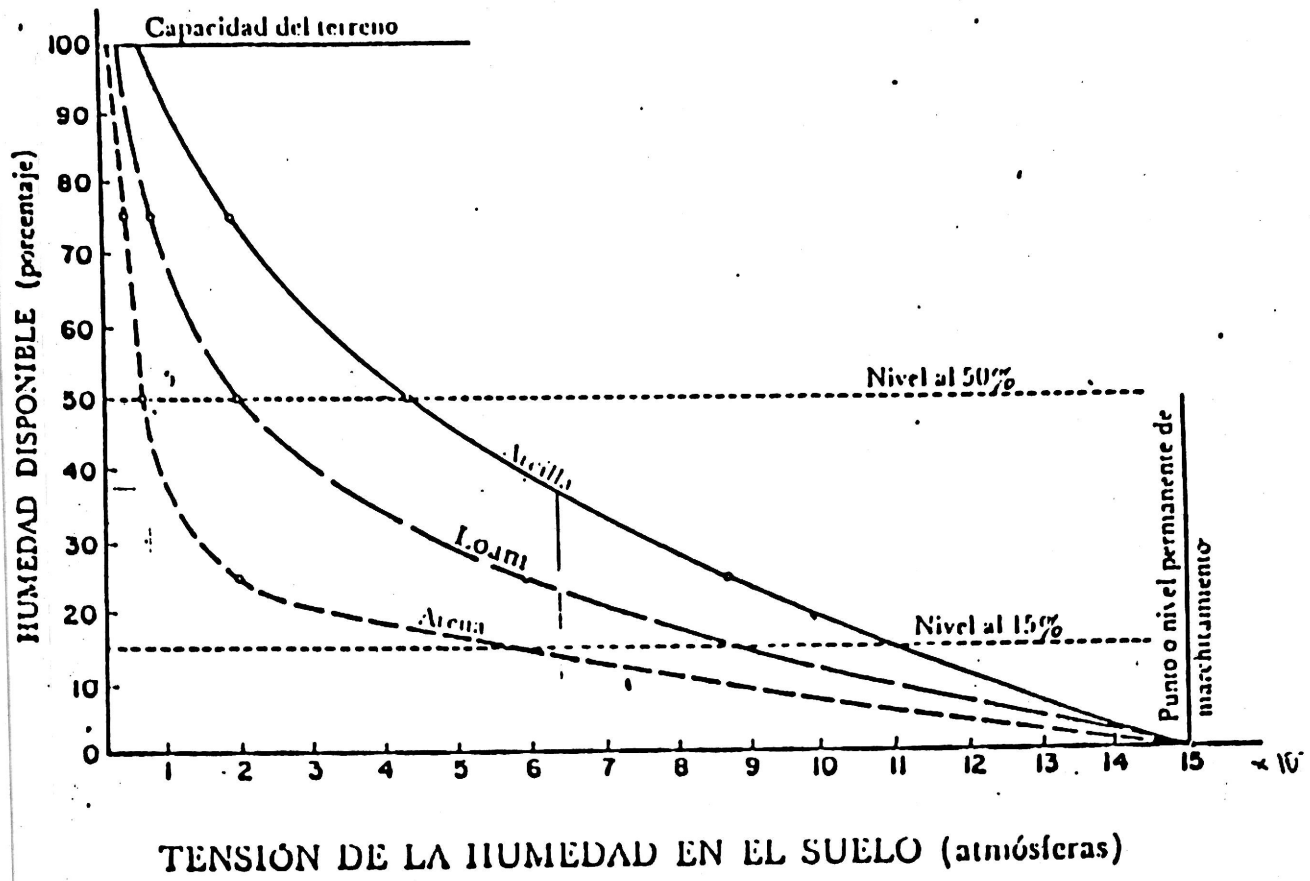
TEXTURAS	INFILTRACION	REDUCCION POR CONDICIONES POBRES
ARENA GRUESA	0.75-1.00"/hr	0.50"/hr
ARENA FINA	0.50-0.75"/hr	0.35"/hr
FINO FRANCO ARENOSO	0.50"/hr	0.30"/hr
FRANCO LUMINOSO	0.40"/hr	0.27"/hr
FRANCO ARCILLOSO	0.30"/hr	0.25"/hr
ARCILLA LIMOSA	0.20"/hr	0.25"/hr
ARCILLA PESADA	0.10"/hr	0.15"/hr

GUIA DE RIEGO DEL DPTO. DE AGRICULTURA DE U.S.A

CUADRO No. 8

64

RELACIÓN ENTRE SUELO-PLANTA-AQUA



CUADRO No. 9

X

- Requerimiento de riego neto - lámina de riego, cuadro #6.

$$R.R.N = \frac{R.R.B}{\text{Eficiencia}} = \frac{1.19}{0.70} = 1.71 \text{ Pg}$$

4.3 CALCULO DEL VOLUMEN DE AGUA NECESARIO PARA EL RIEGO

La fórmula para calcular el volumen de agua se basa en la cantidad de agua que necesita la planta en pulgadas, en el área del terreno que estará dada en hectarias, además también del ciclo que dure el riego, es decir las horas diarias y los días a la semana. Por lo que la fórmula es la siguiente:

$$Q = \frac{1119 \times \text{Área (Ha)} \times \text{lámina de agua (Pg)}}{\text{Número de días} \times \text{número de horas}}$$

Donde reemplazando los datos obtenidos en el cálculo de la necesidad de agua y los datos de la hoja de dato obtenemos:

$$Q \text{ (GPM)} = \frac{1119 \times 44.5 \text{ Ha} \times 1.71 \text{ Pg}}{6 \text{ días} \times 12 \text{ horas}}$$

$$Q = 1182.6 \text{ GPM}$$

4.4 CALCULO DE LOS ASPERSORES

Ahora sabemos que para aplicar 1.71 pulgadas de agua a

X

las 44.5 Hd en 6 días de 12 horas necesitamos 1180.64 galones por minuto.

Observamos en el cuadro No.3 de los aspersores que no tenemos un aspersor que nos de este caudal por lo que tendremos que utilizar dos aspersores al mismo tiempo para que nos de el galonaje que necesitamos.

$$\frac{1180.64 \text{ GPM}}{2 \text{ Aspersores}} = 591.32 \frac{\text{GPM}}{\text{Aspersores}}$$

En la tabla vemos que tenemos entre los F-200 R un aspersor que nos da 470 Da 470 Pies de diámetro mojado con 590 GPM utilizando una boquilla de 1.5 Pg a 80 de presión.

Como este aspersor nos permite un excelente diámetro mojado a una buena presión para que se produzca la pulverización de la gota lo escogemos.

Podríamos haber utilizado tres o cuatro aspersores de menor caudal que sumados nos diera el galonaje que necesitamos pero no lo hicimos, puesto que el diámetro mojado hubiera sido menor por lo que como se verá luego necesitaríamos mayor cantidad de tubería que encarecería el equipo.

Sabemos que el diámetro mojado por este aspersor es de 470 Pies.

$$\text{Díamt mojado bruto} = 470 \text{ Pies} \times \frac{1 \text{ mt}}{3.28 \text{ Pies}} = 143.29 \text{ mts}$$

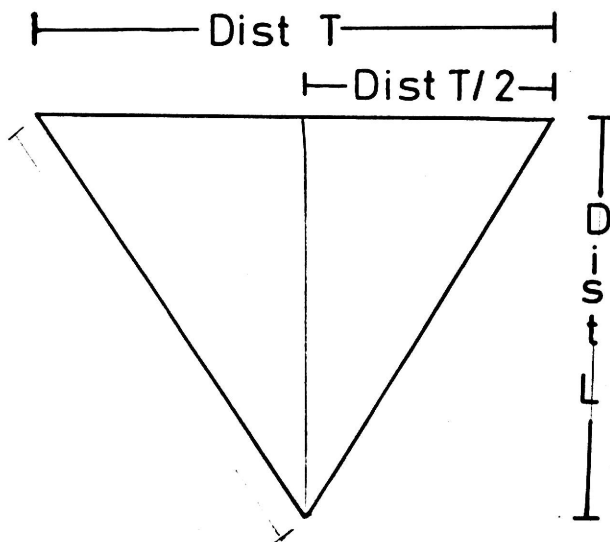
Qué es el diámetro mojado bruto. Para encontrar el diámetro mojado neto multiplicamos el diámetro mojado neto por un factor que depende de la velocidad de los vientos que afectan la efectividad de la aplicación del agua.

$$\text{Díamt mojado neto} = \text{Díamt mojado bruto} \times \text{Aspersor}$$

$$\text{Díamt mojado neto} = 143.29 \text{ mts} \times 0.70 = 100.30 \text{ mts}$$

Ahora sabemos que la distancia entre una torre de aspersores y otra torre de aspersores debe ser de 100 mts.

Calcularemos pues la separación entre líneas de torres de aspersores de tal manera que nos de un triángulo equilátero para asegurar un excelente traslape de agua.



$$(\text{Dist L})^2 = \sqrt{(\text{Dist T})^2 - (\text{Dist}^2/2)}$$

$$(\text{Dist L})^2 = \sqrt{(100)^2 - (50)^2}$$

$$\text{Dist L} = 86.6 \text{ mts}$$

Por lo que:

Distancia entre torres = 100 mts

Distancia entre laterales = 86.6 mts

4.4.1 VELOCIDAD DE APLICACION

La velocidad de aplicación esta dada por la siguiente expresión:

$$V.A = \frac{96.3 \times \text{Galonaje de un aspersor}}{\text{Dist entre torres} \times \text{dist entre líneas de torres}}$$

$$V.A = \frac{96.3 \times 590 \text{ GPM}}{\left(\frac{100 \text{ mts} \times 3.28 \text{ Pies}}{1 \text{ mt}}\right) \times \left(\frac{87 \text{ mts} \times 3.28}{1 \text{ mt}}\right)}$$

$$V.A = 0.61 \text{ Pg/Hr}$$

Esta cifra significa que cada aspersor aplicara 0.61 pulgadas de agua en cada hora.

4.4.2 TIEMPO DE RIEGO POR POSICION

$$\text{Tiempo de riego por posición} = \frac{\text{Requerim de riego neto}}{\text{Velocidad de Aplicación}}$$

$$T.R.P = \frac{1.71 \text{ Pg}}{0.61 \text{ Pg/Hr}} = 2.80 \text{ horas}$$

es decir; 2 horas 48 minutos

K

4.5 CALCULO DE LAS PERDIDAS DE PRESION POR FRICCION EN EL EQUIPO

Las pérdidas de carga debidos a los razonamientos en cada elemento componente del sistema de bombeo y en las tuberías deben añadirse a la altura vertical de elevación. Los razonamientos proceden de las válvulas de pie, tubos de toma, bombas, tubería de salida y las válvulas intermedias, codos y otros accesorios. En la tabla están reseñadas las pérdidas de carga debidas al razonamiento en los codos, válvulas y otras partes, reducidas a longitud de tubería. Las pérdidas combinadas debidas a los accesorios deben sumarse a las producidas en las secciones rectas de la tubería para así obtener el equivalente en longitud de tubería.

Las tablas de cálculo de razonamientos fueron confeccionados basándose en la fórmula de Hazen-Willians.

$$f = 0.002083 L \frac{100^{1.85}}{c} \frac{\text{GPM}^{1.85}}{\phi^{4.865}}$$

f = en metros por 100 metros

c = 120 (aluminio)

GPM = Galones por minuto

ϕ = Diámetro interior en pulgadas

PERDIDAS EN EL ELEVADOR

$$\text{GPM} = 590$$

$$L = 4.5 \text{ mts}$$

$$\phi = 4''$$

$$\text{Lectura } 24 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}} \quad V = 18.8 \text{ p/s}$$

$$\text{Factor de conversión para utilizar: } \frac{\text{Pies}}{100 \text{ mts}}$$

$$\frac{100 \text{ Pies}}{100 \text{ Pies}} \times \frac{1 \text{ mt}}{3.28 \text{ Pies}} = 30.48 \text{ mts}$$

$$\frac{24 \text{ Pies}}{100 \text{ Pies}} \times \frac{100 \text{ Pies}}{30.48 \text{ mts}} = 0.79 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 4.5 \text{ mts} = 3.54 \text{ P}$$

PERDIDAS EN LA LLAVE DE COMPUERTA

$$L_e = 0.66 \text{ mts}$$

$$0.79 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 0.66 \text{ mts} = 0.52 \text{ Pies}$$

PERDIDAS EN LA TEE DE 5" X 5" X 5"

$$L_e = 7.6 \text{ mts}$$

$$0.79 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 7.6 \text{ mts} = 6.04 \text{ Pies}$$

PERDIDAS EN LA REDUCCION DE 5" A 4"

$$0.79 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 1.2 \text{ mts} = 0.95 \text{ Pies}$$

ALTURA DEL ELEVADOR

$$4.50 \text{ mts} \times \frac{3.28 \text{ Pies}}{1 \text{ mt}} = 14.76 \text{ Pies}$$

PERDIDAS DE PRESION TOTAL EN EL ELEVADOR

$P_t = \text{Pérdidas por Fricción} + \text{Presión de Trabajo del elevador} + \text{Altura del elevador.}$

Pérdidas totales:

Presión de trabajo del elevador: 184.80 Pies

Pérdidas por fricción del elevador: 11.05 Pies

Altura del elevador: $\frac{14.76 \text{ Pies}}{210.61 \text{ Pies}}$

PERDIDAS EN LA LINEA PRINCIPAL DE CONDUCCION DE AGUA

TRAMO AB

$Q_{AB} = Q_t \text{ 590 GPM} \times 2 \text{ Aspersores} = 1180 \text{ GPM}$

$L = 270 \text{ mts}$

$\phi = 8" \quad V = 9.5 \text{ p/s} \quad f = \frac{3 \text{ Pies}}{100 \text{ Pies}}$

$\phi = 10" \quad V = 6 \text{ p/s}$

$\frac{3 \text{ Pies}}{100 \text{ Pies}} \times \frac{100 \text{ Pies}}{30.48 \text{ mts}} = 0.10 \frac{\text{Pies}}{\text{mt}} \times 270 \text{ mts} = 26.57 \text{ P}$

PERDIDAS POR FRICCION EN LA LINEA SUBPRINCIPAL DE CONDUCCION DE AGUA

TRAMO CB

$Q_{cb} = Q_t = 1180 \text{ GPM} \quad 590 \text{ GPM}$

$L = 40 \text{ mts}$

$1180 \text{ GPM} \quad \phi 8" \quad V = 9.5 \text{ p/s} \quad f = \frac{3 \text{ Pies}}{100 \text{ pies}}$

$$590 \text{ GPM } \phi 8" \quad V = 4.8 \text{ p/s} \quad f = 0.85 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ pies}}$$

$$\frac{3 \text{ Pies}}{100 \text{ Pies}} \times \frac{100 \text{ Pies}}{30.48 \text{ mts}} = 0.10 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 40 \text{ mts} = 3.94 \text{ Pies}$$

$$\frac{0.85 \text{ Pies}}{100 \text{ Pies}} \times \frac{100 \text{ Pies}}{30.48} \text{ mts} = 0.03 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 40 \text{ mts} = 1.12 \text{ P.}$$

TRAMOS CD = DE = EF = FG = HI = IJ = JK = KL

Qcd = Qde = Qef = Qfg = Qhi = Qij = Qjk = Qkl = 590GPM

L = 87 mts

$$\phi = 7" \quad V = 6.5 \text{ p/s} \quad f = 1.6 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$\phi = 6" \quad V = 8.5 \text{ p/s} \quad f = 3.4 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$\phi = 5" \quad V = 10.3 \text{ p/s} \quad f = 8 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$0.05 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 87 \text{ mts} = 4.51 \text{ Pies}$$

$$0.11 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 87 \text{ mts} = 9.59 \text{ Pies}$$

$$0.26 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 87 \text{ mts} = 22.57 \text{ Pies}$$

TRAMO BH

Qbh = 590 GPM

L = 48 mts

$$\phi = 7" \quad V = 6.5 \text{ p/s} \quad f = 1.6 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$\phi = 6" \quad V = 8.5 \text{ p/s} \quad f = 3.4 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$\phi = 5" \quad V = 12 \text{ p/s} \quad f = 8 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$0.05 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 48 \text{ mts} = 2.52 \text{ Pies}$$

$$0.11 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 48 \text{ mts} = 5.35 \text{ Pies}$$

$$0.26 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 48 \text{ mts} = 12.60 \text{ Pies}$$

PERDIDAS POR FRICCION EN LAS LINEAS LATERALES DE
CONDUCCION DE AGUA

$$Qg4 = Qe12 = Qc25 = Qk49 = 590 \text{ GPM}$$

$$L = 56 \text{ mts}$$

$$\phi = 7" \quad V = 6.5 \text{ p/s} \quad f = 1.6 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$\phi = 6" \quad V = 8.5 \text{ p/s} \quad f = 3.4 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$\phi = 5" \quad V = 10.3 \text{ p/s} \quad f = 8.0 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$0.05 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 56 \text{ mts} = 2.95 \text{ Pies}$$

$$0.11 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 56 \text{ mts} = 6.25 \text{ Pies}$$

$$0.26 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 56 \text{ mts} = 14.70 \text{ Pies}$$

TRAMO F8 - D19 - H31 - T43

$Q_{f8} = Q_{d19} = Q_{h31} = Q_{t43} = 590 \text{ GPM}$

$L = 7 \text{ mts}$

$$\phi = 7" \quad V = 6.5 \text{ p/s} \quad f = 1.6 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$\phi = 6" \quad V = 8.5 \text{ p/s} \quad f = 3.4 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$\phi = 5" \quad V = 10.3 \text{ p/s} \quad f = 8.0 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$0.05 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 7 \text{ mts} = 0.37 \text{ Pies}$$

$$0.11 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 7 \text{ mts} = 0.78 \text{ Pies}$$

$$0.26 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 7 \text{ mts} = 1.84 \text{ Pies}$$

TRAMO E13 - C26 - I38 - K50

$Q_{e13} = Q_{c26} = Q_{i38} = Q_{k50} = 590 \text{ GPM}$

$L = 43 \text{ mts}$

$$\phi = 7" \quad V = 6.5 \text{ p/s} \quad f = 1.6 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$\phi = 6" \quad V = 8.5 \text{ p/s} \quad f = 3.4 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$\phi = 5" \quad V = 10.3 \text{ p/s} \quad f = 8.0 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$0.05 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 43 \text{ mts} = 2.76 \text{ Pies}$$

$$0.11 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 43 \text{ mts} = 4.80 \text{ Pies}$$

$$0.26 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 43 \text{ mts} = 11.29 \text{ Pies}$$

TRAMO F9 - D20 - H32 - J44

$$Qf9 = Qd20 = Qh32 = Qj44 = 590 \text{ GPM}$$

$$L = 92 \text{ mts}$$

$$\varnothing = 7" \quad V = 6.5 \text{ p/s} \quad f = 1.6 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$\varnothing = 6" \quad V = 8.5 \text{ p/s} \quad f = 3.4 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$\varnothing = 5" \quad V = 10.3 \text{ p/s} \quad f = 8.0 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$0.05 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 92 \text{ mts} = 4.83 \text{ Pies}$$

$$0.11 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 92 \text{ mts} = 10.26 \text{ Pies}$$

$$0.26 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 92 \text{ mts} = 23.96 \text{ Pies}$$

TRAMO 23 - 24 - 56 - 67 - 78 - 89 - 1011 - 1112 - 1213
 1314 - 1617 - 1718 - 1819 - 1920 - 2021 - 2122-
 2223 - 2324 - 2425 - 2526 - 2627 - 2728 - 2829-
 2930 - 3031 - 3132 - 3233 - 3334 - 3435 - 3536-
 3637 - 3738 - 3839 - 3940 - 4041 - 4142 - 4243-
 4344 - 4445 - 4546 - 4647 - 4748 - 4849 - 4950-
 5051 - 5152 - 5253 - 5354.

$$Q = 590 \text{ GPM}$$

$$L = 99 \text{ mts}$$

$$\varnothing = 7" \quad V = 6.5 \text{ p/s} \quad f = 1.6 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$\varnothing = 6" \quad V = 8.5 \text{ p/s} \quad f = 3.4 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$\varnothing = 5" \quad V = 10.3 \text{ p/s} \quad f = 8.0 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$0.05 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 99 \text{ mts} = 5.20 \text{ Pies}$$

$$0.11 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 99 \text{ mts} = 11.04 \text{ Pies}$$

$$0.26 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 99 \text{ mts} = 25.74 \text{ Pies}$$

TRAMO L54

$$Q_{154} = 590 \text{ GPM}$$

$$\varnothing = 7" \quad V = 6.5 \text{ p/s} \quad f = 1.6 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$\varnothing = 6" \quad V = 8.5 \text{ p/s} \quad f = 3.4 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$\varnothing = 5" \quad V = 10.3 \text{ p/s} \quad f = 8.0 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$0.05 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 13 \text{ mts} = 0.68 \text{ Pies}$$

$$0.11 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 13 \text{ mts} = 1.45 \text{ Pies}$$

$$0.26 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 13 \text{ mts} = 3.41 \text{ Pies}$$

TRAMO 1415 - 12'

$$Q_{1415} = Q_{12'} = 590 \text{ GPM}$$

$$L = 90 \text{ mts}$$

$$\phi = 7" \quad V = 6.5 \text{ p/s} \quad f = 1.6 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$\phi = 6" \quad V = 8.5 \text{ p/s} \quad f = 3.4 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$\phi = 5" \quad V = 10.3 \text{ p/s} \quad f = 8.0 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$0.05 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 90 \text{ mts} = 4.72 \text{ Pies}$$

$$0.11 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 90 \text{ mts} = 10.04 \text{ Pies}$$

$$0.26 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 90 \text{ mts} = 23.62 \text{ Pies}$$

PERDIDAS POR FRICCIÓN EN LOS ACCESORIOS

REDUCTOR DE 8" A 7"

$$\text{GPM} = 1180$$

$$L_e = 1.3 \text{ mts}$$

$$\phi = 7" \quad V = 12 \text{ p/s} \quad f = 5.5 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$5.5 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}} \times \frac{100 \text{ Pies}}{30.48 \text{ mts}} = 0.18 \frac{\text{Pies}}{\text{mt}} \times 3 \text{ mts} = 0.54 \text{ P}$$



BIBLIOTECA

REDUCTOR DE 7" A 6"

GPM = 590

Le = 1.15 mts

$$\phi = V = 8.5 \text{ p/s } f \frac{3.4 \text{ Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$\frac{3.4 \text{ Pies}}{100 \text{ Pies}} \times \frac{100 \text{ Pies}}{30.48 \text{ mts}} = \frac{\text{Pies}}{\text{mt}} \times 1.15 \text{ mts} = 0.13 \text{ P.}$$

REDUCTOR DE 7" A 5"

GPM = 590

Le = 1.4 mts

$$\phi = V = 10.3 \text{ p/s } f \frac{8.0 \text{ Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$\frac{8.0 \text{ Pies}}{100 \text{ Pies}} \times \frac{100 \text{ Pies}}{30.48 \text{ mts}} =$$

$$\frac{0.26 \text{ Pies}}{\text{mt}} \times 1.4 \text{ Pies} = 0.37 \text{ Pies}$$

REDUCTOR DE 6" A 5"

GPM = 590

Le = 0.80 mts

$$\phi = 5" \quad V = 10.3 \text{ p/s } f \frac{8.0 \text{ Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$\frac{8.0 \text{ Pies}}{100 \text{ Pies}} \times \frac{100 \text{ Pies}}{30.48 \text{ mts}} =$$

$$\frac{0.26 \text{ Pies}}{\text{mt}} \times 0.8 \text{ Pies} = 0.21 \text{ Pies}$$

REDUCTOR DE 6" A 4"

GPM = 590

Le = 1.2 mts

$$\phi = 4" \quad V = 18 \text{ p/s} \quad f \quad 24 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$\frac{24 \text{ Pies}}{100 \text{ Pies}} \times \frac{100 \text{ Pies}}{30.48 \text{ mts}} = 0.79 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 1.2 \text{ mts} = 0.94 \text{ P.}$$

REDUCTOR DE 5" A 4"

GPM = 590

Le = 0.66 mts

$$\phi = 4" \quad V = 18 \text{ p/s} \quad f \quad 24 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$\frac{24 \text{ Pies}}{100 \text{ Pies}} \times \frac{100 \text{ Pies}}{30.48 \text{ mts}} = 0.79 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 0.66 \text{ mts} = 0.52 \text{ P}$$

TEE DE 8"

GPM = 1180 GPM

Le = 12.5 mts

$$\phi = 8" \quad V = 9.5 \text{ p/s} \quad f \quad 3 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$\frac{3 \text{ Pies}}{100 \text{ Pies}} \times \frac{100 \text{ Pies}}{30.48 \text{ mts}} = 0.10 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 12.5 \text{ mts} = 1.23 \text{ P}$$

TEE DE 5"

Q = 590 GPM

Le = 7.6 mts

$$\phi = 5" \quad V = 10.2 \text{ p/s} \quad f \ 8 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$\frac{8 \text{ Pies}}{100 \text{ Pies}} \times \frac{100 \text{ Pies}}{30.48 \text{ mts}} = 0.26 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 7.6 \text{ mts} = 1.99 \text{ P}$$

CODO 90° X 7" CORTO RADIO

$$Q = 590 \text{ GPM}$$

$$L_e = 5.4 \text{ mts}$$

$$\phi = 7" \quad V = 6.5 \text{ p/s} \quad f \ 1.6 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$\frac{1.6 \text{ Pies}}{100 \text{ Pies}} \times \frac{100 \text{ Pies}}{30.48 \text{ mts}} =$$

$$0.05 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 5.4 \text{ mts} = 0.28 \text{ Pies}$$

CODO 90° X 6" CORTO RADIO

$$Q = 590 \text{ GPM}$$

$$L_e = 5.4 \text{ mts}$$

$$\phi = 6" \quad V = 8.5 \text{ p/s} \quad f \ 3.4 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$3.4 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}} \times \frac{100 \text{ Pies}}{30.48 \text{ mts}} =$$

$$0.11 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 4.6 \text{ mts} = 0.51 \text{ Pies}$$

CODO 90° X 5" CORTO RADIO

$$Q = 590 \text{ GPM}$$

$$L_e = 3.8 \text{ mts}$$

$$\phi = .5" \quad V = 10.3 \text{ p/s} \quad f \ 8.0 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$8.0 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}} \times \frac{100 \text{ Pies}}{30.48 \text{ mts}} =$$

$$0.26 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 3.8 \text{ mts} = 0.98 \text{ Pies}$$

F

TABLA DE DATOS DE PERDIDAS DE PRESION POR FRICCION EN EL EQUIPO

TRANOS O ACCESORIOS	PERDIDAS PRO FRICCION (PIES)					GALONAJE
	DIAMETRO DE 4"	DIAMETRO DE 5"	DIAMETRO DE 6"	DIAMETRO DE 7"	DIAMETRO DE 8"	
LINEA PRINCIPAL TRAMO AB					26.57	1180
L. SUBPRINCIPAL TRAMO CB					3.94	1180
TRAMO CD-DE-EF HI-IJ-JK-KL		22.57	9.59	4.51		590
TRAMO BH		12.6	5.35	2.52		590
LINEA LATERAL TRAMO G4 E12-C25-I37 K49 2'2		14.7	6.25	2.95		590
TRAMO F8 D19-H31-T43		1.84	0.78	0.37		590
TRAMO E13 C26-I38-K50 32'		11.29	4.8	2.76		
TRAMO F9 D20-H32-J44		23.96	10.26	4.83		
TRAMO 23-34 56-67-78 89-1011-1112 1213-1314-1617- 1718-1819-1920 2021-2122-2324 2425-2526-2627 2728-2930-3031 3132-3233-3334 3536-3637-3738 3839-3940-4142 4243-4344-4445 4546-4748-4950 5051-5253-5354						
TRAMO L54		3.41	1.45	0.68		590
TRAMO 1415-12'		23.62	10.04	4.72		590

TRAMOS O ACCESORIOS	PERDIDAS PRO FRICCION (PIES)					GALONAJE
	DIAMETRO DE 4"	DIAMETRO DE 5"	DIAMETRO DE 6"	DIAMETRO DE 7"	DIAMETRO DE 8"	
ACCESORIOS						
REDUCTOR 8" A 7"				0.54		1180
REDUCTOR 7" A 6"			0.13			590
REDUCTOR 7" A 5"		0.37				590
REDUCTOR 6" A 5"		0.21				590
REDUCTOR 6" A 4"	0.94					590
REDUCTOR 5" A 4"	0.52					590
TEE 8"					1.23	1180
TEE 5"		1.99				590
CODO 90 X 7"				0.28		590
CODO 90 X 6"			0.51			590
CODO 90 X 5"		0.98				
TORRE DE 4" CON LLAVE DE COM- PUERTA DE 4" Y ASERSOR CON PRESION DE TRA- BAJO DE 80 LBS	210.61					

TABLA No. 1

POSICION # 1

Tramo ab 8"	26.57	
Tee de doble salida 8"	1.23	
Tramo bc 8"	3.94	
Reductor de 8" a 7"	0.54	
Tramos cd-de-ef-fg 7"	18.04	
Codo de 90° x 7"	0.28	
Reductor de 7" a 6"	0.13	
Tramo G4 6"	6.25	
Tramo 34 6"	11.04	
Tramo 32' 6"	4.80	
Tramo 2'1 6"	10.04	
Torre con aspersor	<u>210.61</u>	
	293.47 Pies	Total

POSICION # 28

Tramo ab 8"	26.57	
Tee de doble salida 8"	1.23	
Tramo bc 8"	3.94	
Reductor de 8" a 7"	0.54	
Codo de 90° x 7"	0.28	
Reductor de 7" a 6"	0.13	
Tramo C26 6"	4.80	
Reductor de 6" a 5"	0.94	
Tramos 2627-2728 5"	51.48	
Torre con aspersor	<u>210.61</u>	
	300.52 Pies	Total

POSICION # 2

Tramo ab 8"	26.57	
Tee de doble salida 8"	1.23	
Tramo bc 8"	3.94	
Reductor de 8" a 7"	0.54	
Tramos cd-de-ef-fg 7"	18.04	
Codo de 90° x 7"	0.28	
Reductor de 7" a 6"	0.13	
Tramo G4 6"	6.25	
Tramo 34 6"	11.04	
Tramo 32 6"	11.04	
Torre con aspensor	<u>210.61</u>	
	299.67 Pies	Total

POSICION # 29

Tramo ab 8"	26.57	
Tee de doble salida 8"	1.23	
Reductor de 8" a 7"	0.54	
Tramo BH 7"	2.52	
Codo de 90° x 7"	0.28	
Reductor de 7" a 6"	0.13	
Tramo H31 6"	0.78	
Reductor de 6" a 5"	0.21	
Tramos 2930-3031 5"	51.48	
Torre con aspensor	<u>210.61</u>	
	294.56 Pies	Total

POSICION # 5

Tramo ab 8"	26.57	
Tee de doble salida 8"	1.23	
Tramo bc 8"	3.94	
Reductor de 8" a 7"	0.54	
Tramos cd-de-ef-fg 7"	18.04	
Codo de 90° x 7"	0.28	
Reductor de 7" a 6"	0.13	
Tramo F-8 6"	0.78	
Tramo 67 - 78 6"	22.08	
Reductor 6" a 5"	0.21	
Tramo 56"	25.74	
Torre con aspersor	<u>210.61</u>	
	310.15 Pies	Total

POSICION # 34

Tramo ab 8"	26.57	
Tee de doble salida 8"	1.23	
Reductor de 8" a 7"	0.54	
Tramo BH 7"	2.52	
Codo de 90° x 7"	0.28	
Reductor de 7" a 6"	0.13	
Tramo H32 6"	10.26	
Reductor de 6" a 5"	0.21	
Tramos 3233 3334 5"	51.48	
Torre con aspersor	<u>210.61</u>	
	303.83 Pies	Total

POSICION # 9

Tramo ab 8"	26.57	
Tee de doble salida 8"	1.23	
Tramo bc 8"	3.94	
Reductor de 8" a 7"	0.54	
Tramos cd-de-ef-fg 7"	18.04	
Codo de 90° x 7"	0.28	
Reductor de 7" a 5"	0.37	
Tramo F9 5"	23.96	
Torre con aspersor	<u>210.61</u>	
	285.54 Pies	Total

POSICION # 35

Tramo ab 8"	26.57	
Tee de doble salida 8"	1.23	
Reductor de 8" a 7"	0.54	
Tramo BH 7"	2.52	
Tramo HI 7"	4.51	
Codo de 90° x 7"	0.28	
Reductor de 7" a 6"	0.13	
Tramo I32 6"	6.25	
Tramo 3637 6"	11.04	
Reductor de 6" a 5"	0.21	
Tramos 3536 5"	25.74	
Torre con aspersor	<u>210.61</u>	
	289.63 Pies	Total

POSICION # 10

Tramo ab 8"	26.57	
Tee de doble salida 8"	1.23	
Tramo bc 8"	3.94	
Reductor de 8" a 7"	0.54	
Tramos cd-de 7"	9.02	
Codo de 90° x 7"	0.28	
Reductor de 7" a 6"	0.13	
Tramo E12 6"	6.25	
Tramo 1112 6"	11.04	
Reductor 6" a 5"	0.21	
Tramo 1011 5"	25.74	
Torre con aspersor	<u>210.61</u>	
	295.56 Pies	Total

POSICION # 40

Tramo ab 8"	26.57	
Tee de doble salida 8"	1.23	
Reductor de 8" a 7"	0.54	
Tramo BH 7"	2.52	
Tramo HI 7"	4.51	
Codo de 90° x 7"	0.28	
Reductor de 7" a 6"	0.13	
Tramo I38 6"	4.80	
Reductor de 6" a 5"	0.21	
Tramos 3839 3940 5"	51.48	
Torre con aspersor	<u>210.61</u>	
	302.88 Pies	Total

POSICION # 15

Tramo ab 8"	26.57	
Tee de doble salida 8"	1.23	
Tramo bc 8"	3.94	
Reductor de 8" a 7"	0.54	
Tramos cd-de 7"	9.02	
Codo de 90° x 7"	0.28	
Reductor de 7" a 6"	0.13	
Tramo E13 6"	4.80	
Tramo 1314 6"	11.04	
Reductor 6" a 5"	0.21	
Tramo 1415 5"	25.74	
Torre con aspensor	<u>210.61</u>	
	294.11 Pies	Total

POSICION # 41

Tramo ab 8"	26.57	
Tee de doble salida 8"	1.23	
Reductor de 8" a 7"	0.54	
Tramo BH 7"	2.52	
Tramo HI IJ 7"	9.02	
Codo de 90° x 7"	0.28	
Reductor de 7" a 5"	0.37	
Tramos 4142 4243 5"	51.48	
Torre con aspensor	<u>210.61</u>	
	302.62 Pies	Total

POSICION # 16

Tramo ab 8"	26.57	
Tee de doble salida 8"	1.23	
Tramo bc 8"	3.94	
Reductor de 8" a 7"	0.54	
Tramos cd 7"	4.51	
Codo de 90° x 7"	0.28	
Reductor de 7" a 6"	0.13	
Tramos 1718 1819 6"	22.08	
Reductor 6" a 5"	0.21	
Tramo 1617 5"	25.74	
Torre con aspersor	<u>210.61</u>	
	295.84 Pies	Total

POSICION # 46

Tramo ab 8"	26.57	
Tee de doble salida 8"	1.23	
Reductor de 8" a 7"	0.54	
Tramo BH 7"	2.52	
Tramo HI IJ 7"	9.02	
Codo de 90° x 7"	0.28	
Reductor de 7" a 6"	0.13	
Tramo J44 6"	10.26	
Tramo 4445 6"	11.04	
Reductor 6" a 5"	0.21	
Tramo 4546 5"	25.74	
Torre con aspersor	<u>210.61</u>	
	298.15 Pies	Total

POSICION # 22

Tramo ab 8"	26.57	
Tee de doble salida 8"	1.23	
Tramo bc 8"	3.94	
Reductor de 8" a 7"	0.54	
Tramos cd 7"	4.51	
Codo de 90° x 7"	0.28	
Reductor de 7" a 6"	0.13	
Tramo D20 6"	10.26	
Tramo 2021 6"	11.04	
Reductor 6" a 5"	0.21	
Tramo 2122 5"	25.74	
Torre con aspensor	<u>210.61</u>	
	295.06 Pies	Total

POSICION # 51

Tramo ab 8"	26.57	
Tee de doble salida 8"	1.23	
Reductor de 8" a 7"	0.54	
Tramo BH 7"	2.52	
Tramo HI IJ JK 7"	13.53	
Codo de 90° x 7"	0.28	
Reductor de 7" a 6"	0.13	
Tramo K49 6"	6.25	
Tramo 4948 6"	11.04	
Reductor 6" a 5"	0.21	
Tramo 4748 5"	25.74	
Torre con aspensor	<u>210.61</u>	
	298.65 Pies	Total

POSICION # 23

Tramo ab 8"	26.57	
Tee de doble salida 8"	1.23	
Tramo bc 8"	3.94	
Reductor de 8" a 7"	0.54	
Codo de 90° x 7"	0.28	
Reductor de 7" a 6"	0.13	
Tramo C25 6"	6.25	
Reductor 6" a 5"	0.21	
Tramos 2324 2425 5"	51.48	
Torre con aspersor	<u>210.61</u>	
	301.24 Pies	Total

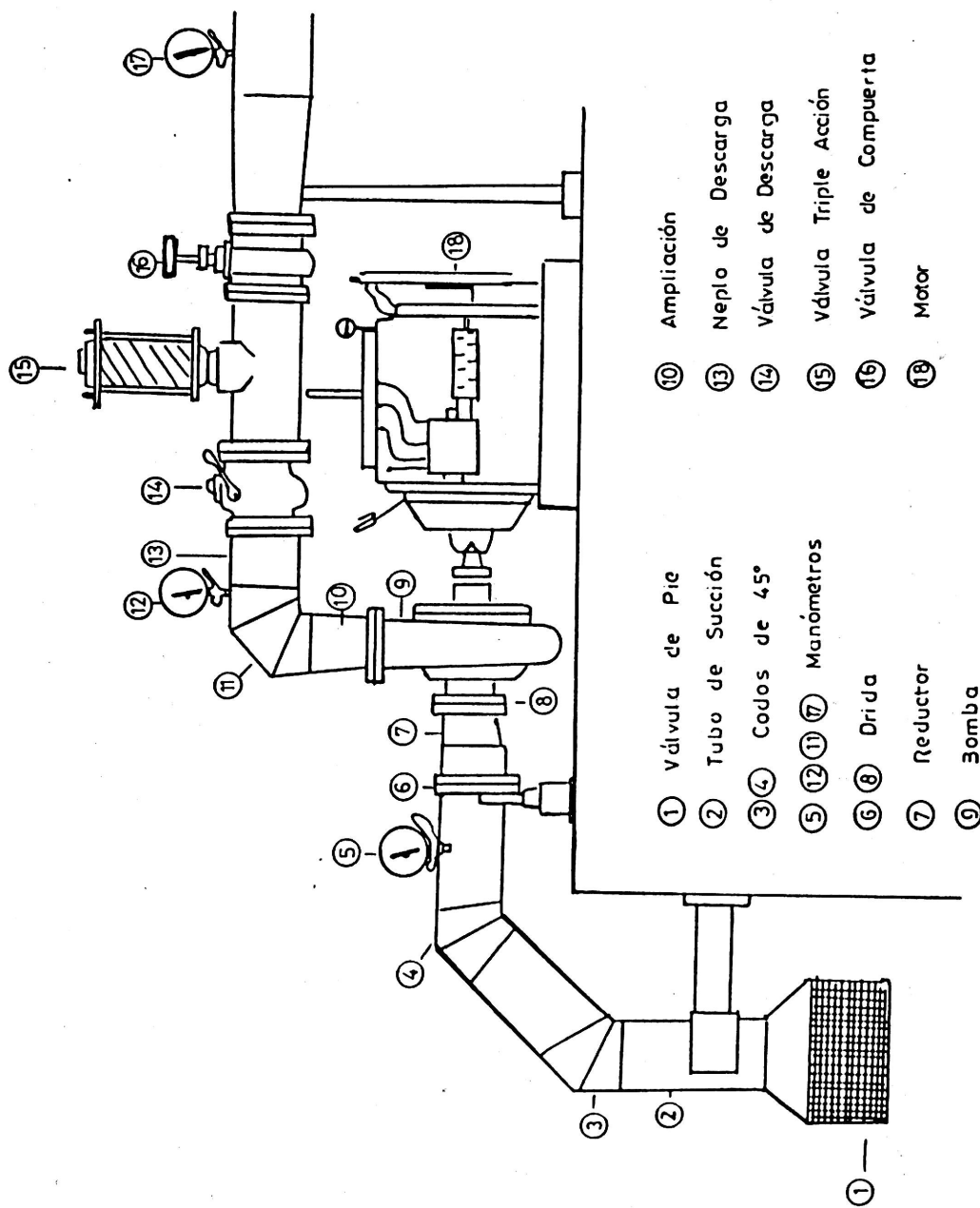
POSICION # 51

Tramo ab 8"	26.57	
Tee de doble salida 8"	1.23	
Reductor de 8" a 7"	0.54	
Tramo BH 7"	2.52	
Tramo HI IJ JK 7"	13.53	
Codo de 90° x 7"	0.28	
Reductor de 7" a 5"	0.13	
Tramo K50 5"	11.29	
Tramo 5051 5"	25.74	
Torre con aspersor	<u>210.61</u>	
	292.44 Pies	Total

4.6 CALCULO DE CARGA DINAMICA TOTAL PARA LA BOMBA CENTRIFUGA A UTILIZARSE

En la figura siguiente podemos observar la disposición de los accesorios que son necesarios tanto en la succión como en la descarga.

Todos estos accesorios, tramos de tubería y altura de succión deben ser tomados en consideración para calcular la carga dinámica total de la bomba que junto con el caudal necesario nos servirán para por medio de las curvas de rendimiento de las bombas escoger la más eficiente para nuestro proyecto. Fig. # 6.



- | | | | |
|---|-----------------|---|-----------------------|
| ① | Válvula de Pie | ⑩ | Ampliación |
| ② | Tubo de Succión | ⑬ | Neplo de Descarga |
| ③ | Codos de 45° | ⑭ | Válvula de Descarga |
| ④ | ⑤ ⑫ ⑪ ⑦ | ⑮ | Válvula Triple Acción |
| ⑤ | Manómetros | ⑯ | Válvula de Compuerta |
| ⑥ | ⑧ | ⑰ | Motor |
| ⑦ | Reductor | | |
| ⑧ | Drida | | |
| ⑨ | Bomba | | |

ESQUEMA DE LA SUCCION Y DESCARGA DEL EQUIPO DE BOMBEO

FIGURA No. 6



4.6.1 CARGA DINAMICA EN LA SUCCION

Caudal de succión:	1180 GPM
Diámetro de la tubería en la succión:	10"
Altura de la succión:	9.84 P.(3 m)
Pérdidas por fricción:	
- Longitud de la tubería:	4.5 mts
- Longitud equivalente	
- Válvula de pie de 10"	
- Codo de 45° x 10"	
- Codo de 45° x 10"	
- Reductor de 10" a 6"	

LONGITUD DE LA TUBERIA

$$\text{GPM} = 1180$$

$$\phi = 10" \quad V = 6.75 \text{ p/s} \quad f \ 1.2 \quad \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$1.2 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}} \times \frac{100 \text{ Pies}}{30.48 \text{ mts}} =$$

$$0.04 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 3 \text{ mts} = 0.12 \text{ Pies}$$

VALVULA DE PIE DE 10"

$$\text{GPM} = 1180$$

$$L_e = 20 \text{ mts}$$

$$\phi = 10" \quad V = 6.75 \text{ p/s} \quad f \ 1.2 \quad \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$0.04 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 20 \text{ mts} = 0.80 \text{ Pies}$$

CODO DE 45° X 10"

$$\text{GPM} = 1180$$

$$\text{Le} = 3.6 \text{ mts}$$

$$0.04 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 3.6 \text{ mts} = 0.14 \text{ Pies}$$

REDUCTOR DE 10" A 6"

$$\text{GPM} = 1180$$

$$\text{Le} = 1.70 \text{ mts}$$

$$0.04 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 1.70 \text{ mts} = 0.07 \text{ Pies}$$

La carga dinámica en la succión será igual a las pérdidas por fricción en la tubería de succión más las pérdidas por los accesorios en dicha tubería más la altura de succión

Carga dinámica en la succión:

Altura de succión:	9.84 Pies
Fricción en la tubería de succión 10":	0.12 Pies
Válvula de pie 10":	0.80 Pies
Codo de 45° x 10" (2)	0.28 Pies
Reductor de 10" a 6"	<u>0.07 Pies</u>
	11.11 Pies

4.6.2 CALCULO DE EL CABEZAL DE SUCCION NETA DISPONIBLE (NPSHA)

El cabezal de succión neta disponible evalúa las condiciones de operación en términos de la presión absoluta a la entrada del impeler.

En un sistema de bombeo el cabezal de succión disponible siempre debe de ser mayor que el cabezal de succión requerido por la bomba, para asegurar que no se vaya a producir cavitación en la bomba ya que nos traería serios problemas de funcionamiento y desgaste.

El cabezal de succión neta disponible se lo evalúa y el cabezal de succión neta disponible es un dato que lo encontramos en las curvas de las bombas:

Cabezal de succión neta disponible = $H_o - H_v - h - h_s$.

H_o Presión atmosférica correspondiente a la altura en pies.

H_v Presión de saturación correspondiente a la temperatura del líquido en pies

h Altura desde la succión hasta el impeller de la bomba

h_s Pérdidas en la línea de succión

De donde por tablas tenemos:

$h_o = 34.0$ Pies (a nivel del mar)

$h_b = 1.20$ Pies (a 30°C ó 86°F)

$h = 9.84$ Pies

$h_s = 11.11$ Pies

Cabezal de succión neta disponible =

34 Pies - 1.20 Pies - 9.84 Pies - 1.27 Pies

NPSHA = 21.69 Pies.

4.6.3 CARGA DINAMICA EN LA DESCARGA

Caudal de descarga: 1180 GPM

Diametro de la tubería en la descarga: 8"

Altura de la descarga: A nivel

Perdidas por fricción:

- Longitud de la tubería
- Longitud equivalente
- Ampliación de 5" a 8"
- Codo de 90° x 8"
- Codo de 45° x 8"

AMPLIACION DE 5" A 8"

$Q = 1180$ GPM

$L_e = 2.4$ mts

$\phi = 8"$ $V = 9.5$ p/s $f = 3 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$

$$\frac{3 \text{ Pies}}{100 \text{ Pies}} \times \frac{100 \text{ Pies}}{30.48 \text{ mts}} = 0.10 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 2.4 \text{ mts} = 0.24 \text{ P}$$

CODO DE 90° X 8"

$$Q = 1180 \text{ GPM}$$

$$L_e = 6.2 \text{ mts}$$

$$\phi = 8" \quad V = 9.5 \text{ p/s} \quad f \ 3 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$0.10 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times 6.2 \text{ mts} = 0.62 \text{ Pies}$$

VALVULA DE COMPUERTA DE 8"

$$Q = 1180 \text{ GPM}$$

$$L_e = 2.8 \text{ mts}$$

$$\phi = 8" \quad V = 9.5 \text{ p/s} \quad f \ 3 \frac{\text{Pies}}{100 \text{ Pies}}$$

$$0.10 \frac{\text{Pies}}{\text{mts}} \times \text{mts} = \text{Pies}$$

La carga dinámica en la descarga será igual a las pérdidas en los accesorios

CARGA DINAMICA EN LA DESCARGA

Ampliación de 5" a 8": 0.24 Pies

Codo de 90° x 8": 0.62 Pies

Válvula de compuerta de 8": 0.28 Pies
1.14 Pies

4.7 CALCULO DE LA BOMBA

La bomba debe suministrar a todos los rociadores el flujo correcto de agua a la presión apropiada. Por ende, la descarga máxima de la bomba será la descarga por rociador multiplicada por el número de rociadores que puedan funcionar simultáneamente en cualquier momento dado, durante el ciclo de riego.

Además, la bomba deberá proporcionar agua con suficiente presión o carga para vencer las pérdidas en la tubería y los accesorios y para que se descargue en los cañones a la presión adecuada.

La carga total que se requiere es la suma de lo siguiente:

- a) La carga de funcionamiento del rociador + la altura del elevador.
- b) Las pérdidas de presión por fricción en el ramal = los cambios de elevación.
- c) Las pérdidas por fricción en la tubería principal = los cambios de elevación.
- d) La carga de succión de la bomba.
- e) Las pérdidas de presión en los codos, las válvulas

y otros tipos de accesorios.

Para utilizar las bombas modernas más adecuadas a la obtención del agua para el riego es preciso elegir las que mejor se adapten a las condiciones particulares del trabajo a que se destinan y que den un rendimiento relativamente alto. Si la cantidad del agua elevada es notablemente menor que aquella para la que se proyecta la bomba, y la altura de impulsión es excesiva, resulta un rendimiento bajo e igualmente una bomba puede suministrar más agua de la prevista para una altura menor que la calculada, produciendo un bajo rendimiento. La correlación, gasto y potencia en CV de una bomba se representa normalmente por líneas que se llaman "curvas características".

El conocimiento de las "curvas características" de una bomba permite escoger aquella que se adapta mejor a las condiciones de trabajo y así lograr un rendimiento relativamente alto a un bajo costo. La curva de aspiración nos indica el volumen de agua para una determinada presión y muestra que el caudal disminuye en el mismo sentido que la altura de aspiración.

Las bombas para el riego revisten características diversas que van desde aquellas con bajo caudal y alturas de aspiración altas a las que tienen caudales

grandes y bajas alturas de aspiración. Bombas centrífugas con bajos caudales y alturas de aspiración altas se utilizan a la vez para el riego por aspersión o cuando la altura de elevación es considerable.

Un indicador excelente de las características de una bomba es la velocidad específica, que expresa la relación que existe entre la velocidad en revoluciones por minuto, el caudal en metros cúbicos por hora y la altura de elevación.

La bomba que utilizaremos en este proyecto será una bomba centrífuga de eje horizontal puesto que estas últimas presentan la ventaja de tener un rendimiento alto, pocas averías y son de costo relativamente bajos, además de ser sencillas de instalar y alcanzar velocidades elevadas, por lo que es conveniente que vayan acopladas directamente.

A continuación se muestra una curva de la bomba escogida utilizando el galonaje requerido por los aspersores al igual que la carga dinámica total dispuesta para el sistema. Fig. # 7.

- a) Galonaje requerido por los aspersores = 1180
- b) Carga dinámica total, como dijimos anteriormente, es la suma de una serie de elementos. Estos han

PERSEDES 438-72
EPT, 1976

MAY 1979

438-72

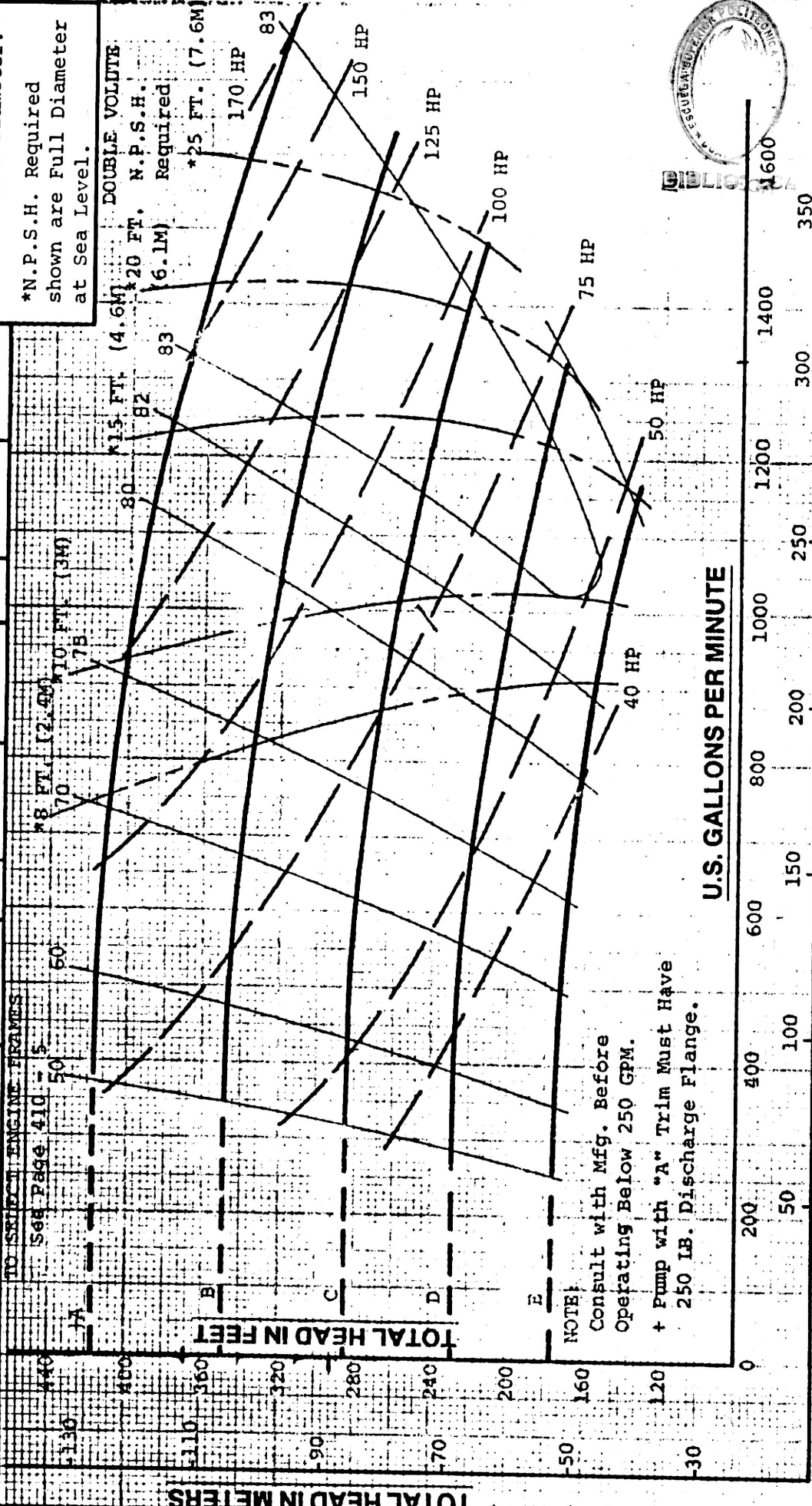
NOTE:
15-7/32" Full Diameter.
HP and Efficiency shown
are for Full Diameter.

*N.P.S.H. Required
Shown are Full Diameter
at Sea Level.

DOUBLE VOLUTE
20 FT. N.P.S.H.
Required
25 FT. (7.6M)



A	15-7/32	2300 RPM	C		12-7/8	2300 RPM	11-9/16	2300 RPM	11-1/8	2100 RPM	E
B	14-1/16	2300 RPM	D	12-9/16	2100 RPM	12-9/16	2100 RPM	12-5/16	1900 RPM	1900 RPM	
	15-7/32	2100 RPM		13-3/4	1900 RPM	13-5/8	1700 RPM	15-7/32	1500 RPM	1500 RPM	



NOTE:
Consult with Mfg. Before
Operating Below 250 GPM.
+ Pump with "A" Trim Must Have
250 LB. Discharge Flange.

4HH - VARIOUS

CORNELL PUMP CO. • PORTLAND, OREGON

CURVA DE LA BOMBA
EJECIDA N. 7

sido calculados y para nuestro sistema necesitamos que la carga dinámica total de 322.4 Pies.

- c) El NPSHA calculado es 21.69 Pies mayor que el NPSHA de la bomba que es 14.00 Pies. Que es lo conveniente como habíamos mencionado anteriormente.

4.8 CALCULO DEL MOTOR

La potencia mecánica se define como la relación entre el trabajo realizado y el tiempo transcurrido, y el trabajo, como el producto de la fuerza por la distancia. Las unidades más utilizadas en los regadíos son el kilogramo/metro por segundo y el caballo de vapor. Para elevar 2 metros cúbicos de agua (2000 kg) a una altura de 1 m. en un segundo se necesitarían 2000 kgm cada segundo, siempre y cuando el rendimiento de trabajo del elevador (planta de bombas) fuese del 100%. Si el rendimiento fuera sólo de 50% harían falta 4000 kgm por segundo para vencer los rozamientos y producción de calor. La unidad de potencia más comúnmente empleada es el caballo de vapor, que equivale a 75 kgm/segundo o a 4500 kgm/min. Un caballo de vapor elevaría 75 kg cada segundo a 1 m de altura, si fuese llegar al 100% de rendimiento.

$$1 \text{ CV} = 75 \text{ kgm/seg}$$

cuando es posible obtener el 100% de rendimiento, la expresión anterior se denomina "potencia teórica".

$$CV = \frac{Qh}{273 n}$$

El grado de eficacia o rendimiento de una instalación de bombeo se define como la relación entre la potencia suministrada y el trabajo realizado. El gas, la electricidad, el gas-oil y el carbón consumido por la máquina o por el motor son los inputs.

La potencia cedida por un motor o una máquina al eje que mueve se llama potencia al freno. La relación entre la potencia hidráulica útil suministrada por una bomba (la que sale o output) y la potencia al freno (potencia cedida a la bomba input) se llama rendimiento de la bomba.

Para comprender más claramente estos conceptos debe tenerse presente que, por definición:

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Trabajo}}{\text{Tiempo}}$$

y, por tanto,

$$\text{Trabajo} = \text{Potencia} \times \text{tiempo}$$

La "potencia hidráulica" se define como la potencia

teóricamente necesaria para elevar una cantidad dada de agua por segundo a una determinada altura. En las elevaciones para el riego se llama el output.

$$C.V.H. = \frac{GPM \times TDH \times 100}{3960 \times n}$$

en donde C.V.H = Potencia hidráulica

GPM = Galones por minuto

TDH = Carga dinámica total

n = Rendimiento de la bomba

Reemplazando en la fórmula anteriormente mostrada los datos de galonaje y carga dinámica total obtenidos luego de realizar los cálculos hidráulicos obtenemos:

$$C.V.H. = \frac{1180 \text{ GPM} \times 322.4 \text{ TDH} \times 100}{3960 \times 82\%}$$

$$C.V.H. = 118$$

El motor que se necesita para mover a la bomba a 2100 RPM es un motor que debe tener 119 Hp de potencia a lo menos, así es que esta potencia la multiplicamos por un factor para que en el momento que el sistema por algún motivo necesite mayor potencia, se la pueda obtener.

Así tenemos:

$$Hp \text{ trabajo} = Hp \text{ calculado} \times \text{Factor de potencia}$$

imprevista

$$\text{Hp trabajo} = 119 \text{ Hp} \times 1.10$$

$$\text{Hp trabajo} = 131 \text{ Hp}$$

Si observamos la curva de la bomba nos daremos cuenta que la potencia recomendada por los fabricantes de la bomba para el motor esta en un rango bastante aproximado al nuestro.

Este es un factor empírico que muchos calculistas aconsejan utilizarlo y que según explican no pocas ocasiones se traduce en economía cuando se necesita una mayor potencia y se dispone con un caballo extra, evitando la inversión en otro equipo de bombeo.

El motor que utilizaremos será un motor marca JOHN DEER modelo 6075 T de 162 Hp girando a 2200 RPM. Este motor girará a igual velocidad que la bomba y así lo hemos escogido para no utilizar bandas ni poleas que encarecerían el sistema. (ver fig. # 8).

La relación de velocidades será 1 a 1 y precisaremos de embrage, es decir será de acople directo.



TUBESA, SR. PEDRO GIMENEZ

Engine Performance Curve

Rating: Gross Power-Basic Engine

Application: Industrial—Continuous

400 SERIES

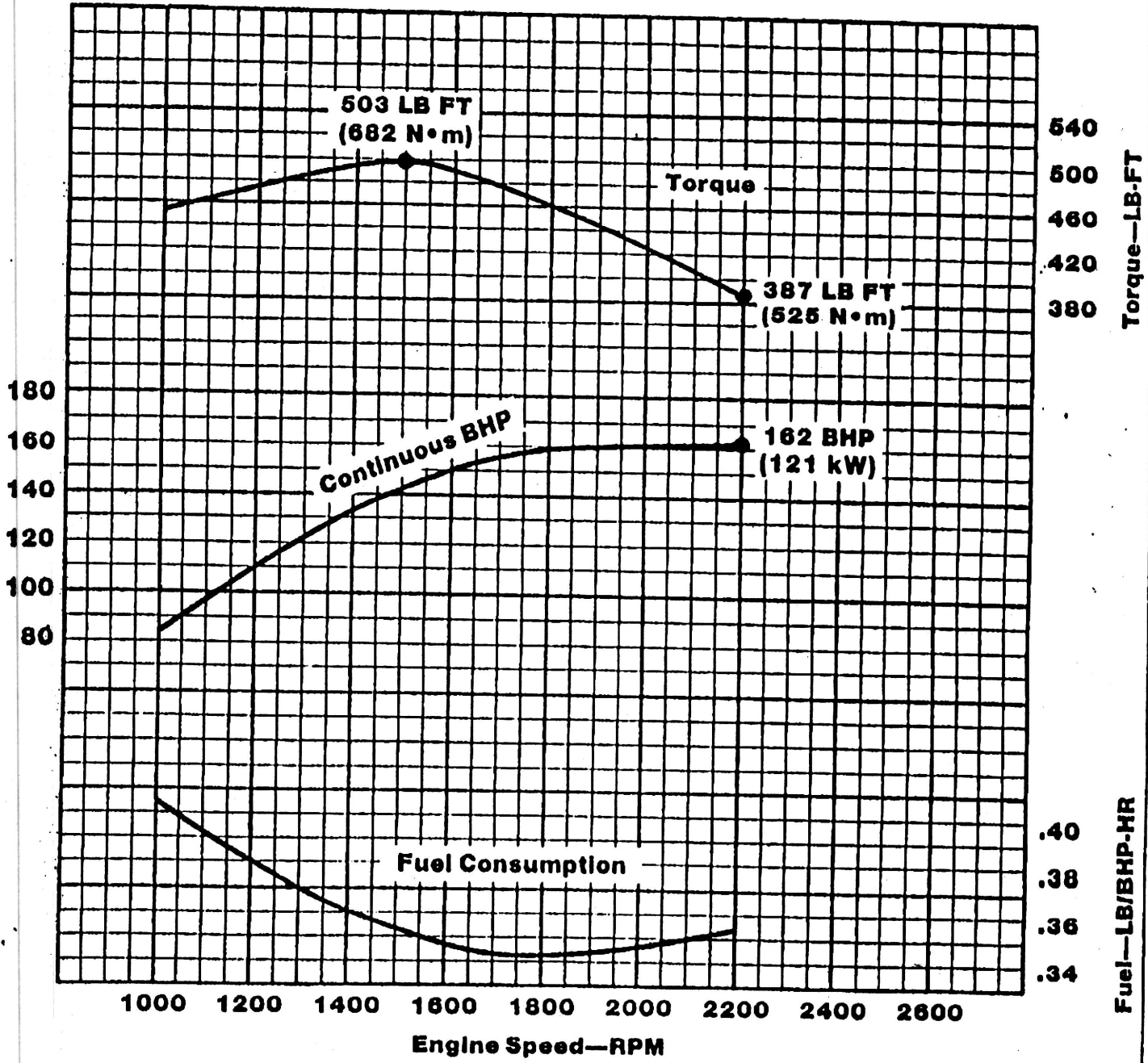
7.6 Liter

Model: 6076T (WATERLOO)

162 BHP @ 2200 RPM

503 LB-FT @ 1500 RPM

156 3



Intake Restriction - In. H₂O (kPa) . . . 10 (2.5) Exhaust Back Pressure - In. H₂O (kPa) . . . 15 (3.7)

Power output guaranteed within 5% at SAE J1349 conditions:
 7°F (25°C) air inlet temperature; 29.31 in. Hg (99kPa) dry barometer;
 60°F (39°C) fuel inlet temperature (.853 specific gravity at 60°F).
 Conversion factors: Power: kW = bhp × 0.746
 Fuel: kg/kW-hr = lb/bhp-hr × 0.608
 Torque: N·m = lb-ft × 1.356
 Values derived are from currently available data and subject to change without notice.

Certified by:
John B. Nichols

Curve No.:
 RG6076T30
 Date: 12-1-87
 Rev/Date:
 Sht. 1 of 2

CURVA DEL MOTOR
 FIGURA No. 8

4.9 HOJA TECNICA DEL EQUIPO DE RIEGO POR ASPERSION

A. ESPECIFICACIONES TECNICAS:

1.- Superficie a regarse:	44.5 Ha
2.- Tipo de cultivo:	Banano
3.- Material a utilizarse:	Aluminio
4.- Espaciamiento entre laterales:	87 mts
5.- Espaciamiento entre torres:	100 mts
6.- Número de aspersores que trabajan:	2
7.- Número de aspersores en espera:	2
8.- Precipitación:	0.61 pg/hr
9.- Lámina de agua a aplicarse:	1.62 pg
10.- Número de posiciones - torres:	54
11.- Ciclo de riego:	6 días

B. GRUPO DE BOMBEO:1.- Turbina

Marca:	Cornell
Capacidad:	1180 GPM
Elevación:	322.4

2.- Motor

Marca:	John Deer
Modelo:	6076T
HP:	162
RPM:	2100
HP requerido:	131
Combustible:	Diesel

C. ASPERSOR:

1.- Marca:	Nelson
2.- Modelo:	F-200 T
3.- Diámetro de Boquilla:	1.5"
4.- Presión:	80 lbs
5.- Caudal de operación:	590 GPM
6.- Diámetro mojado:	470'

D. LINEA SUPLEMENTARIA:

Tubería de aluminio 8" x 9 mts

E. LINEA PRINCIPAL:

Tubería de aluminio 7" x 9 mts

F. LINEA LATERAL:

Tubería de aluminio 6" x 9 mts

Tubería de aluminio 5" x 9 mts

4.10 LISTA DE MATERIALES

1 motor marca JOHN DEER modelo 6076 T acoplado directamente sobre una base de hierro común a una bomba horizontal centrífuga marca Cornel de 1180 GPM a 322.4 TDA girando a 2100 RPM.

GRUPO DE SUCCION

1 Válvula de pie de 10" con canastilla

2 Codos de 45° x 10"

1 Tubo de succión de 10" x 3 mts

1 reductor de 10" a 6"

GRUPO DE DESCARGA

1 ampliación de 5" a 8"

1 Válvula de compuerta de 8"

1 Codo de 90° x 8"

1 Tubo de aluminio 8" x 6 mts

2 Codos de 45 x 8" C45 8

2 Bridas de 8" BR 8

1 Válvula de retención de 8" VR 8

1 Adaptador de descarga de 8" 4-8-06

LINEA PRINCIPAL

30 Tubos de aluminio de 8" x 9 mts

30 Acoples de 8" 1-8-WO

30 Abrazaderas de 8" 8-8-MW

1 Válvula tee de línea de 8" 2-08-4 WD

1 Tapón final de 8" TF- 8

1 Codo de toma lateral de 8" de doble
salida 6-5-8 EH

LINEA SUB-PRINCIPAL

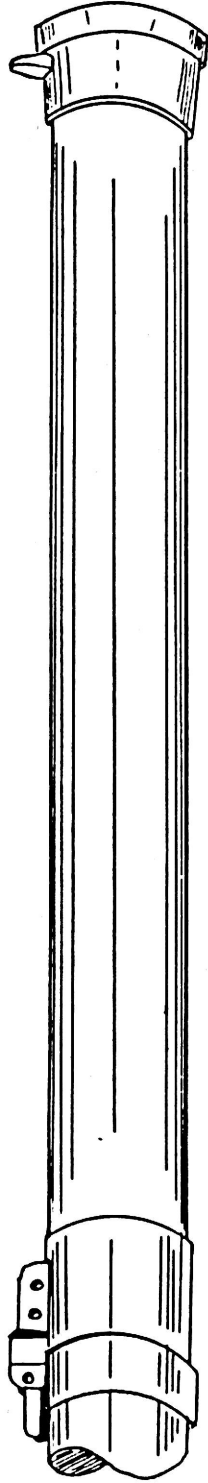
2 Reductores de 8" a 7" RB 7

2 Abrazaderas de 8"	8-8 MW
2 Abrazaderas de 7"	8-7 MW
87 Tubos de aluminio de 7" x 9 mts	
87 Acoples de 7"	1-7 WO
87 Abrazaderas de 7"	8-7 MW
10 Válvulas tee de línea de doble	2-07-4 WO
8 Codos de toma lateral de 6" salida	6-5-6 EH
4 Reductores de 6" a 5"	R 65
4 Abrazaderas de 6"	8-6 UDX
4 Abrazaderas de 5"	8-5 UDX
2 Codos de toma lateral de 6" de una salida	3-6-6 EH
2 Tapones finales de 7"	TF 6

LINEAS LATERALES

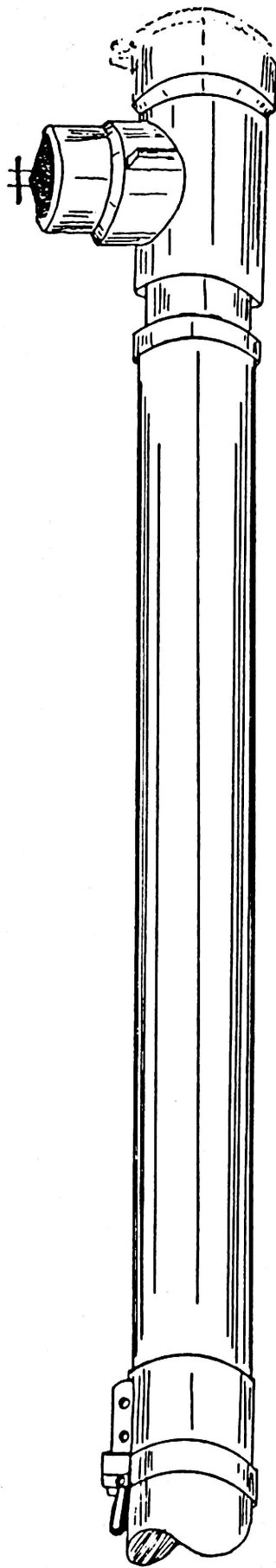
244 Tubos de aluminio de 6" x 9 mts	
229 Abrazaderas de 6"	8-6 UDX
259 Acoples de 6"	1-6 MPH
14 Reductores de 6" a 5"	R 65
14 Abrazaderas de 6"	8-6 UDX
14 Abrazaderas de 5"	8-5 UDX
54 Torres de 4" x 4.50 mts con bridas y escalones	
54 Laves de compuerta de Hierro Negro	LLC 45
39 Tee de torres de 5" x 4" x 5"	T 545
16 Tapones finales de 5"	TF 5
15 Tee de torres de 6" x 4" x 6"	T 646

2	Tapones finales de 6"	TF 6"
258	Tubos de aluminio de 6" x 9 mts	
219	Abrazaderas de 5"	1-5 UDX
297	Acoples de 5"	1-5 MPHT
108	Ganchos	8-10 DX
4	Aspersores Big Guns	F 200 R
324	Grilletes de 3/8	
162	Templadores de 1/2" x 6"	
162	Varillas de anclaje de 3/8"	
324	Bloques de cemento	



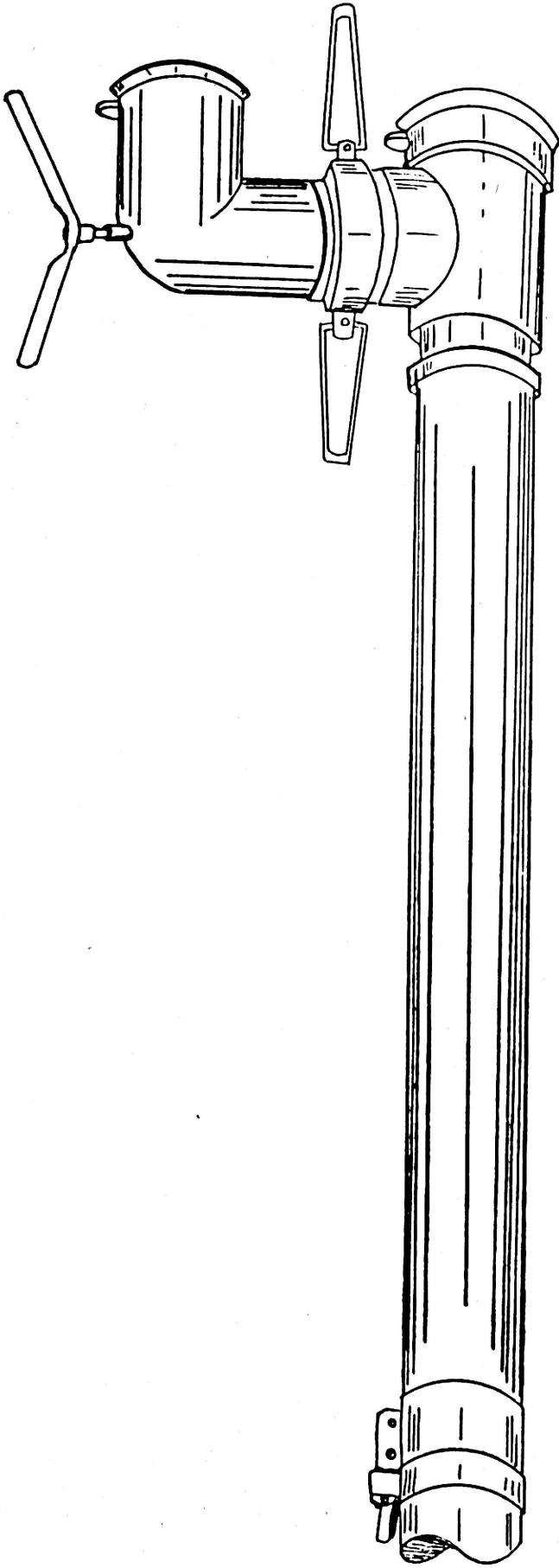
TUBO DE ALUMINIO CON ACOUPLE DE ABRAZADERA

FIGURA No.9



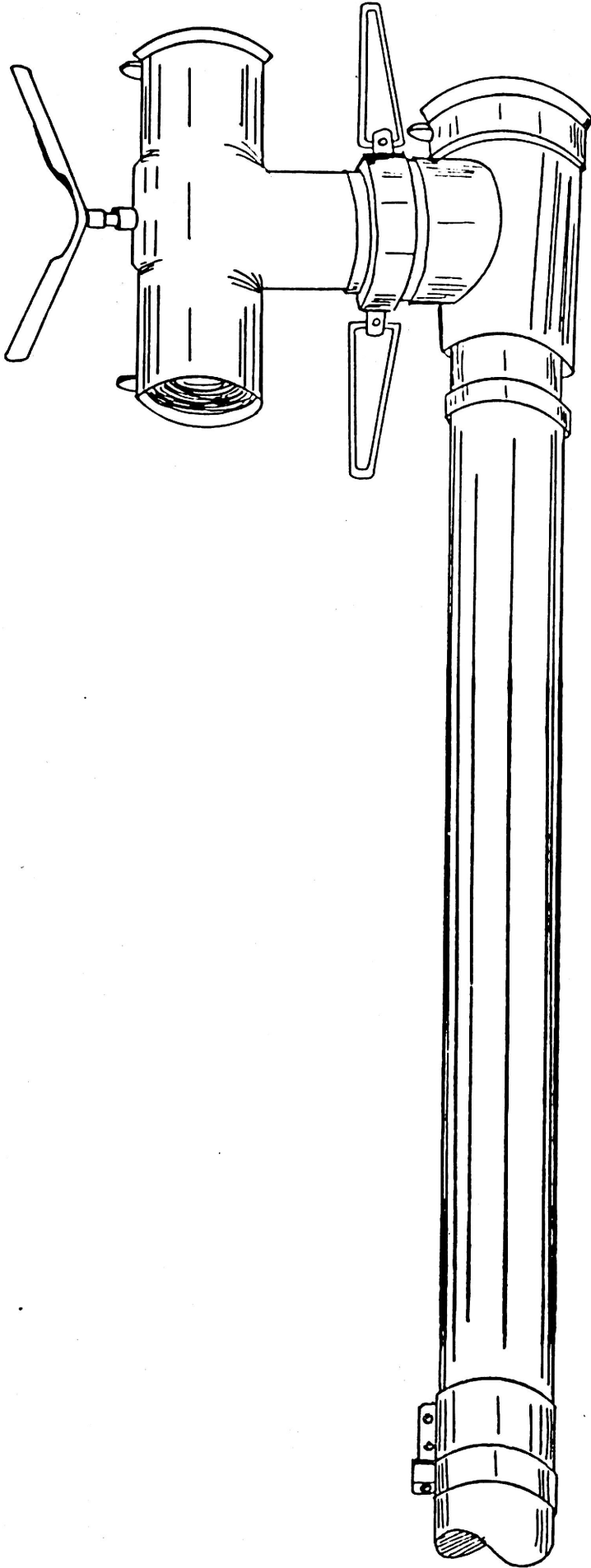
TUBO DE ALUMINIO CON VALVULA TEE DE LINEA Y ABRAZADERA

FIGURA NO. 10



TUBO DE ALUMINIO CON CODO DE TOMA LATERAL SIMPLE
ACOPLADO EN VALVULA TEE DE LINEA Y ABRAZADERA

FIGURA NO. 11



TUBO DE ALUMINIO CON CODO DE TOMA LATERAL DE DOBLE
SALIDA ACOPLADO EN VALVULA TEE DE LINEA Y ABRAZADERA

FIGURA No. 12

CAPITULO V

ANALISIS DE COSTOS Y BENEFICIOS

Para realizar un estudio sobre el resultado económico de un sistema cualquiera de riego es preciso tener en consideración todos los costos y beneficios. Los costos de instalación revisten especial importancia porque el comprador debe financiar esta inversión, que suele ser bastante alta. No obstante, la manera de calcular la rentabilidad de un sistema de riego consiste en la comparación de los costos anuales con los ingresos brutos por hectarea. Los costos anuales por hectarea son los siguientes:

1. Depreciación anual del sistema de riego
2. Coste de agua
3. Coste de la energía
4. Coste de reparaciones y mantención
5. Coste de operación
6. Coste de mano de obra

A la hora de calcular los beneficios posibles que se derivan de un nuevo sistema de riego hay que contabilizar

las economías que resultan de:

1. Aumento de rendimiento
2. Mejora de calidad
3. Reducción de costos de mano de obra, reparaciones, gastos de mantenimiento y de funcionamiento
4. Ahorro de agua y de energía

COSTO DEL SISTEMA

Cuando hablamos de los costos de un sistema de riego tendremos que hacerlo tomando en consideración, no solamente la inversión que es bastante alta, sino también los parámetros antes mencionados.

Debemos mencionar que el costo de un equipo de riego por aspersión sobrefollaje es el más alto dentro de equipos de riego por aspersión. Y dentro de la clasificación de los equipos sobrefollaje el fijo es el que representa la mayor inversión y menor costo en operación.

Además de estas dos consideraciones tenemos que recordar que el material utilizado es aluminio lo que encarece aún más su costo, ya que la otra alternativa hubiera sido utilizar PVC.

Bajo estos tres parámetros realizamos nuestro proyecto,

sabiendo de antemano que el costo sería muy elevado pero lo hicimos así puesto que la mayoría de los equipos de riego instalados en nuestro país son sobrefollaje fijo de aluminio.

La mecánica de cálculo y diseño es la misma para un equipo de riego semifijo ó móvil y en cuanto al material lo que variaría serían las fricciones y ciertos accesorios pero el procedimiento es muy similar.

En este valor está incluido aparte del material anteriormente detallado, la instalación y el transporte del material al sitio de instalación. Es por esto que el costo del equipo se denomina "Costo llave en mano".

EVALUACION DE COSTOS Y BENEFICIOS

Para la evaluación de los costos y beneficios del proyecto se tomaron en consideración los siguientes aspectos:

1. La vida útil del proyecto se ha estimado en 15 años.
2. La instalación del equipo se realizará en las seis primeras semanas del primer año del proyecto, lo que permitirá al productor obtener una cosecha en ese año.

3. Para realizar el proyecto de riego se requerirá de una inversión inicial de 74'250.000 que financiará el Banco Nacional de Fomento.
4. La tasa de interés para el crédito de inversión será al 40% anual.

El método de evaluación utilizado para el proyecto es el recomendado por el Dr. Jerry L. Chesness, profesor (PE), del Departamento de Ingeniería Agrónoma de la Universidad de Georgia en su libro "Planning for an irrigation system".

Antes de entrar a analizar los resultados debemos poner en claro:

1. La expectativa de incremento del rendimiento por Ha por irrigación se basa en los estudios realizados por la compañía TUBESA C.A. y publicados en la revista "Agricultura de las Américas".
2. El valor utilizado para los caballos-hora por unidad de combustible en el cuadro C no es el recomendado por la tabla ya que este es un valor promedio y como contamos con la curva del motor, calculamos este valor de la siguiente manera para tener un valor más exacto.

En la Fig. # 9 apreciamos que el motor A 2100 RPM, velocidad a la cual va a trabajar consumirá 0.35 lbs por HP-Hr entregando 162 Hp de potencia.

Para combustible diesel: 1 galón = 6.9 lbs.

$$\frac{6.9 \text{ lbs}}{\text{Galón}} \times \frac{\text{Bhp-Hr}}{0.35 \text{ lbs}} = 19.71 \text{ Bhp-Hr por galón}$$

Que es el valor que se utilizó

3. Las horas de trabajo anuales del sistema no fueron calculadas en los 12 meses del año sino por 8 meses pues se estima que los 4 meses restantes no es necesario regar por la presencia del invierno.

5.1 INFORMACION GENERAL

COSTO Y RETORNO DE LA INVERSION

PARTE A INFORMACION GENERAL

ITEM	INFORMACION NECESARIA
1. CULTIVO A SER REGADO	BANANO
2. EXPECTATIVA DEL INCREMENTO DEL RENDIMIENTO POR HA POR LA IRRIGACION	1.200 CAJAS POR HECTAREAS AL AÑO
3. VALOR DEL CULTIVO POR UNIDAD (CAJAS)	4.50 DOLARES (3.600 SUCRES)
4. USO CONSUNTIVO DEL CULTIVO ANUAL	2248 MM
5. USO CONSUNTIVO DIARIO	6.20 MM
6. NUMERO DE HORAS DE OPERACION DIARIA	12
7. MINIMO DE DIAS REQUERIDO POR CADA IRRIGACION	6
8. NUMERO DE HORAS DE OPERACION POR AÑO	2306
9. NUMERO DE HECTAREAS EN EL CAMPO	45
10. TIPO DE SISTEMA	SOBRE FOLLAJE - FIJO - ALUMINIO
11. NUMERO DE HECTAREAS A REGARSE	45
12. NECESIDAD DE BOMBEO EN GPM	1180
13. FUENTE DE AGUA	RIO
14. CARGA TOTAL DE OPERACION	324 PIES
15. POTENCIA REQUERIDA	162 HP
16. TIPO DE UNIDAD DE PODER	MOTOR DE COMBUSTION INTERNA A DIESEL
17. INTERES BANCARIO	40 %

5.2 DESCRIPCION DE COSTOS

COSTO Y RETORNO DE LA INVERSION

PARTE B DESCRIPCION DE COSTOS

ITEM (1)	EST. AÑOS DE VIDA (2)	COSTO INICIAL (3)	FACTOR COSTO (4)	COSTO ANUAL (5)	ITEM (1)	EST. AÑOS DE VIDA (2)	COSTO INICIAL (3)	FACTOR COSTO (4)	COSTO ANUAL (5)
POZO	S/.			S/.	PRECIO DEL AGUA				
ENTUBADO					TUBERIA ENTERRADA				
8 7 10 PULGADAS	25 +				CONCRETO	25 +			
12 PULGADAS	15				ACERO	20 +			
CONCRETO	25 +				ASBESTO	25 +			
RESERVORIO	20 +				CEMENTO	20 +			
BOMBA					PLASTICO				
TURBINA	15	4'000.000	0.2667	1'066.800	TUBERIA SOBRE LA TIERRA				
CENTRIFUGA	12				ALUMINIO	15	47'850.000	0.2667	12'761.595
UNIDAD DE PODER					ACERO GALVANIZADO	15			
ELECTRICA	25				TUBERIA ACOPLADA	10			
GASOLINA	10				NOVIDA A MANO	15	3'600.000	0.2667	960.120
DIESEL	12	12'000.000	0.283	3'396.000	NOVIDA POR TRACTOR	10			
GAS NATURAL					PERMANENTE	20			
NICELANIOS					SISTEMA DE SUPERFICIE				
SWITCH ELECTRICO	20				TERRENO TERRACIADO	20			
LINEA DE GAS					SISTEMA SUBSUPERFICIAL				
HIERRO	20				LINEAS DE TUBERIA	25			
PLASTICO	18				DRENAJE DE CAMPO	20			
TANQUE DE COMBUSTIBLE									
PROPANO	20				COSTO INICIAL				74'250.000
DIESEL O GASOLINA	18	50.000	0.2556	12.780					
INSTALACION		6'750.000							
					COSTO TOTAL DE LA DEPRECIACION ANUAL				18'197.295

TABLA DE DEPRECIACION ANUAL Y FACTOR DE COSTO DE INTERES

INTERES POR CIENTO	FACTORES DE COSTO EN VARIOS AÑOS DE VIDA UTIL						
	6	10	12	15	18	20	25
7	0.2017	0.135	0.1183	0.1017	0.0906	0.85	0.075
7 1/2	0.2042	0.1375	0.1208	0.1042	0.0931	0.875	0.0775
8	0.2067	0.14	0.1233	0.1067	0.0956	0.09	0.08
8 1/2	0.2092	0.1425	0.1258	0.1092	0.0981	0.0925	0.0825
9	0.2117	0.145	0.1283	0.1117	0.1006	0.095	0.085
10	0.2167	0.15	0.1333	0.1167	0.1056	0.1	0.09
20	0.2667	0.2	0.183	0.1667	0.1556	0.15	0.14
30	0.3167	0.25	0.233	0.2167	0.2056	0.2	0.19
40	0.3667	0.3	0.283	0.2667	0.2556	0.25	0.24

TABLA No. 2

5.3 COSTO ANUAL DE OPERACION

COSTO ANUAL DE OPERACION

PARTE C COSTO ANUAL DE OPERACION

ITEM	CABALLOS DE FUERZA REQUERIDOS	NUMERO DE HORAS DE OPERACION	COST X UNID.DE COMBUST	CAB.HRS X UNID COMBUST	CABALLOS HORA POR UNIDAD DE COMBUST.
1. COMBUSTIBLE	162 X	2306 X	S/. 280	19.71	S/. 5'306.958,90
2. ACEITE-MAGUINA	162 X	2306 X	S/. 5400	900	S/. 2'241.432,00
3. ACEITE-GRASA					
4. REPARACION Y MANTENIMIENTO UNIDAD DE PODER	162 BHP X	2306 HRS X	S/. 0.002	POR BHP	S/. 747.10
5. REPARACION Y MANTENIMIENTO * EQUIPO DE RIEGO	S/. 74'250.000	COSTO INICIAL X	.005	S/. 371.250,00
6. RESERVORIO Y CAMPO MANTENIMIENTO	S/.	COSTO INICIAL X	.005	
7. ADICIONALES SEMILLAS FERTILIZANTES QUIMICOS Y COSECHA COSTO (ESTIMADO)	S/. 30.000	VARIOS DE TERRENO PER HA. X 45 NUMBER ACRES#		S/. 1'350.000,00
8. LABOR		12 HORAS POR HA. POR IRRIGACION No. DE IRRIGACION X 45			
	HA. X	S/. 5.400	POR HORA	S/. 2'916.000,00
9. COSTO TOTAL DE OPERACION ANUAL.....					S/. 12'186.388,00

CONSUMO ANUAL DE COMBUSTIBLE	
COMBUSTIBLE O PODER	BHP-HORAS POR UNIDAD DE COMBUSTIBLE
ELECTRICO	1.03 A 1.18 POR KW-HORA
GASOLINA	11.5 POR GALON
DIESEL	14.6 POR GALON
PROPANO	9.2 POR GALON
GAS NATURAL	8.9 POR 100 PIES CUB.

TABLA No. 3

CONSUMO ANUAL DE ACEITE	
TIPO DE MAQUINA	BHP-HORAS POR GALON DE ACEITE
ELECTRICO	9000
GASOLINA	900
DIESEL	900
PROPANO	1000
GAS NATURAL	1000

TABLA No. 4

COSTO ANUAL DE REPARACION Y MANTENIMIENTO	
TIPO DE UNIDAD DE PODER	COSTO POR HP POR HORA
MOTOR ELECT	0
GASOLINA	0.0017
DIESEL	0.0020
PROPANO	0.0013
GAS NATURAL	0.0013

TABLA No. 5

5.4 INCREMENTO DE LA PRODUCCION POR HECTAREA COMO
RESULTADO DE LA IRRIGACION

1200 CAJAS POR HA (DE PARTE A) X S/. 3.600 POR CAJA (DE LA PARTE A)	S/. 4'320.000,00
COSTO ANUAL TOTAL POR HA POR IRRIGACION	
S/. 18'197.295 COSTO DE LA DEPRECIACION ANUAL (DE PARTE B) +	
S/. 12'186.388 COSTO DE LA OPERACION (PARTE C) = S/. 30'383.683 45	S/. 675.192,96
NUMERO DE HA (PARTE A)	
ESPECTATIVA ADICIONAL DE GANANCIA POR HA POR IRRIGACION	
S/. 4'320.000 VALOR POR HA AÑO DE LA ESPECTATIVA DEL INCREMENTO DEL RENDIMIENTO POR HA POR LA IRRIGACION MENOS	
S/. 675.192,96 COSTO ANUAL POR OPERACION POR HA.	S/. 3'644.807,04

CONCLUSIONES

- 1.- Este trabajo presenta fundamentos teóricos, cálculos hidráulicos y mecánicos, también muestra guías prácticas para el cálculo y diseño de un equipo de riego por aspersión.
- 2.- Los cálculos hidráulicos y mecánicos presentados en este proyecto son en principio similares a los utilizados para el cálculo y diseño de otros sistemas de riego hasta que se enfoca particularmente el riego por aspersión del tipo sobre follaje fijo.
- 3.- La fase de diseño consiste en un estudio de los aspectos técnicos, determinando fórmulas matemáticas para el cálculo de la necesidad de agua del cultivo, galonaje de la bomba, espaciamiento entre torres de aspersores, además de la utilización de otras fórmulas para el cálculo de tubería, potencia al motor, etc.
- 4.- Los valores de la gran mayoría de los parámetros utilizados, han sido tomados de cuadros y tablas consultadas durante el desarrollo del proyecto, pero otros se han fijado a partir de observaciones y experiencias obtenidas en otros diseños.

- 5.- El crecimiento fenomenal de los cultivos de banano obligan a los productores a mejorar sus cosechas y aumentar la producción por medio de la tecnificación de sus fincas, para de esta manera poder competir con otros productores en la exportación de la fruta. Por este motivo cada día se hace más necesario la implementación de sistemas de riego en el sector bananero.
- 7.- Existe una gran variedad de cultivos que también pueden beneficiarse con la instalación de sistema de riego ya sea por aspersión, goteo o microaspersión.
- 8.- El florecimiento actual de la agroindustria ha traído como resultado que el aumento de compañías nacionales y extranjeras en materia de riego cree una competencia de mercado que ha su vez se ve reflejada en la competencia técnica.
- 9.- Existe la necesidad de crear al Ingeniero de riego que pueda realizar los cálculos hidráulicos y mecánicos necesarios en el diseño de un sistema de riego, pero que al mismo tiempo tenga los conocimientos de agronomía necesarios para los cultivos dables en nuestro país.

RECOMENDACIONES

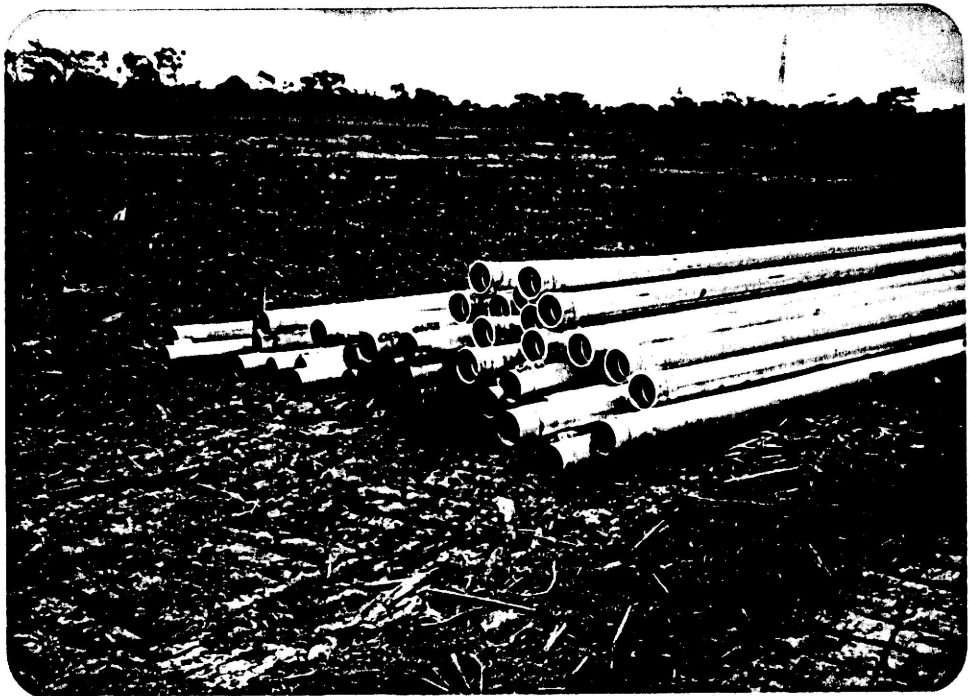
- 1.- Todas las consideraciones hechas y parámetros tomados en cuenta en el desarrollo de este trabajo deben ser así mismo analizados para futuros proyectos de riego por aspersión sobre follaje. También deben considerarse y utilizarse los más convenientes para proyectos de otros sistemas de riego.
- 2.- Sería de gran provecho realizar para el mismo terreno y bajo las mismas circunstancias el diseño de otros equipos de riego con el fin de hacer comparaciones en cuanto a eficiencia del sistema, costo y beneficios.
- 3.- Hacer un estudio comparativo entre el tamaño de la finca y el tipo de sistema de riego con la finalidad de tener una visión más clara de la mejor alternativa de sistema de riego para extensiones determinadas. El estudio comparativo sería basado en eficiencia del sistema, costos y beneficios.
- 4.- Realizar un estudio económico dentro de un mismo sistema de riego variando dos parámetros:
 - Incrementando la potencia de la unidad de bombeo y disminuyendo los diámetros de tuberías.

- Disminuyendo la potencia de la unidad de bombeo e incrementando los diámetros de tuberías.

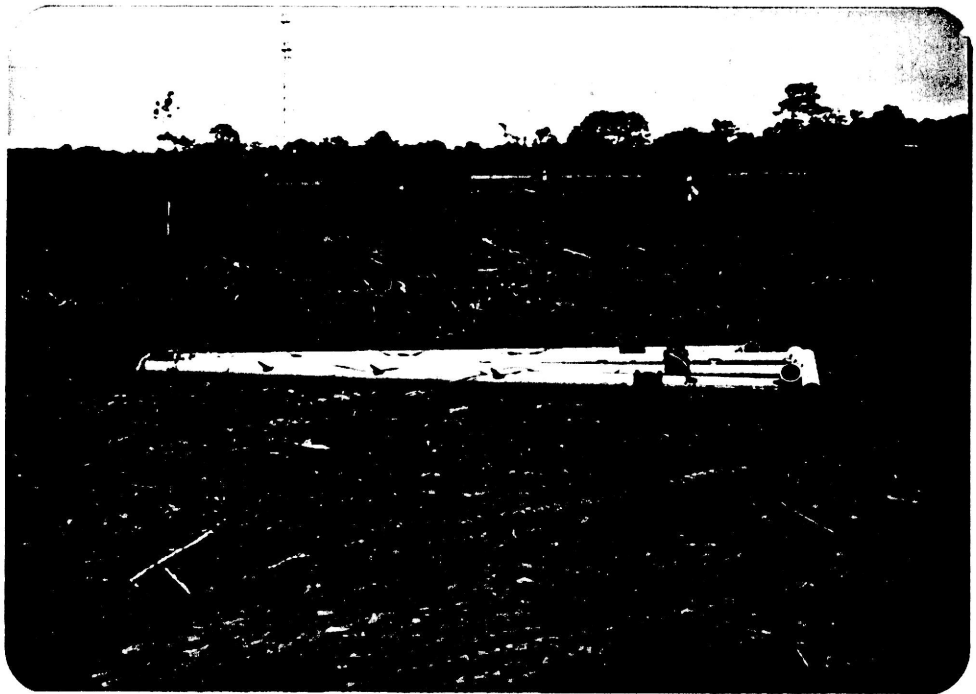
5.- Utilizar los cuadros mostrados en el capítulo V para evaluar cualquier otro sistema de riego.

APENDICE A

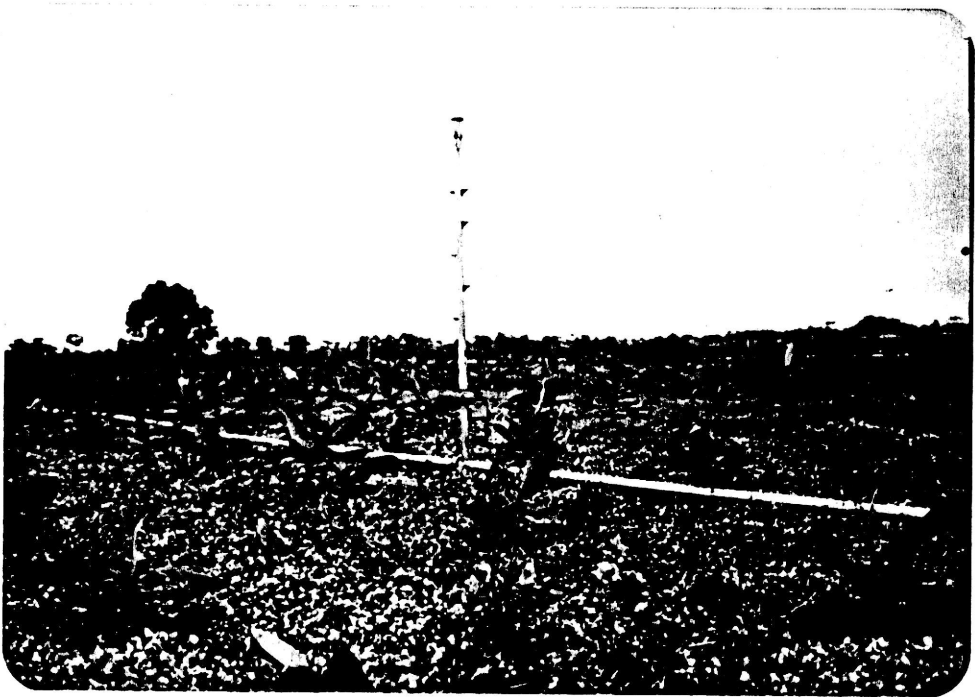
FOTOGRAFIAS



TUBERIA DE ALUMINIO CON ACOPLE Y ABRAZADERA



ELEVADORES CON BRIDAS, SECCIONES, LLAVES, CABLE, GRILLETES Y
TEMPLADORES LISTO PARA SER PARADOS Y ACOPLADOS CON LA
TUBERIA



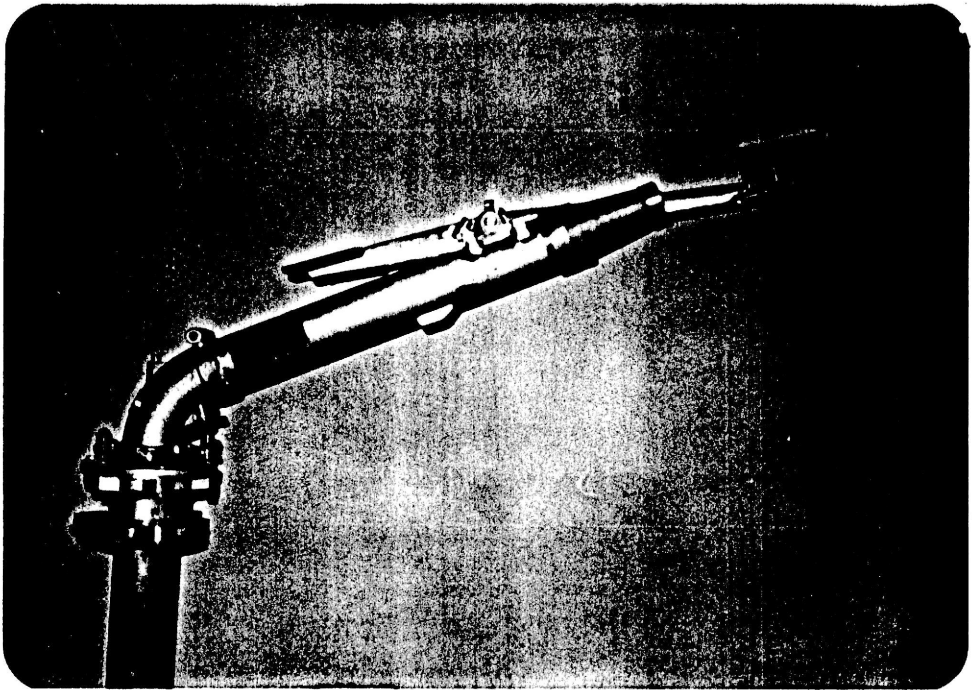
ELEVADOR ACUFLADO CON LA TUBERIA



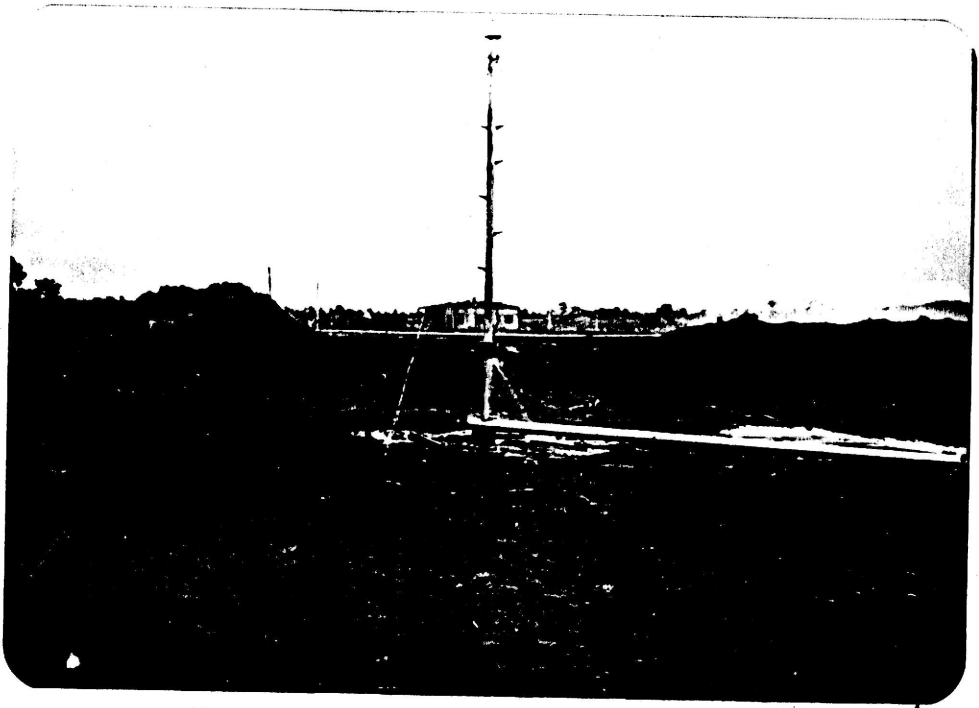
ASPERSUM FUNCIONANDO SOBRE EL ELEVADOR



TOMA INFERIOR DEL ASPERSOR EN FUNCIONAMIENTO



ASPIERSOR MONTADO SOBRE EL ELEVADOR



ELEVADOR MAL AJUSTADO CON LA LLAVE

BIBLIOGRAFIA

- ↓ - El Riego: Diseño y Práctica. Bruce Withers/Stanley Vipona. Editorial Diana México.
- Principios y Aplicaciones del Riego. Israelsen-Hansen. Editorial Reverté.
- Técnica de Riego. D. W. Thorne/H.B Peterson.
- Sistema de Riego. R. Ede y Otros. Editorial Acribia.
- El Riego. Josef D. Zimmerman. Editorial Cecsa.
- Relación entre Suelo, Agua y Planta: Servicio de Conservación de Suelos Departamento de Agricultura de los EE.UU.
- Necesidad de Agua de los Cultivos: Estudio FAO Riego y Drenaje por J. Doorenbos, especialista en ordenación de aguas, W.O Pruitt consultor de la FAO, Ingeniero de Riego, Universidad de California.
- El Riego. Manual para educación agropecuaria. Editorial Trillas México.

- Handbook of Irrigation Technology. Hernán Finkes. 1982.
Boca Ratón.

- Riego por Goteo. Teorencio Rodríguez. México. AGT
Editor. 1982.