

#W
T
6317
V152d
Ej. 2

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION PARA LA
GRANJA EXPERIMENTAL PATIA (CAUCA) DE LA UNIVERSIDAD
DE NARIÑO

Por:

RUBEN ALFREDO VALENCIA RAMIREZ
ANIBAL MELO MARTINEZ

Las ideas y conclusiones expresadas en la
Tesis de Grado, son de responsabilidad de
UNIVERSIDAD DE NARIÑO
BIBLIOTECA
Tesis de Grado presentada como requisito parcial
para optar al título de

INGENIERO AGRONOMO

Presidente de Tesis

LUCIO LEGARDA B. I.A., M.Sc.

Copresidente

GERARDO PUENTES L. I.A.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PASTO - COLOMBIA

1983

HN
T
631.7
V152 d
Ej. 2

DEDICADO A :

MIS PADRES

MIS HERMANOS

MIS FAMILIARES

MIS AMIGOS

"Las ideas y conclusiones aportadas en la Tesis de Grado, son de responsabilidad exclusiva de sus autores".

Artículo 1o. del Acuerdo No. 324 de Octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

RUBEN ALFREDO VALENZUELA RAMÍREZ

DEDICO A :

MIS PADRES

MIS HERMANOS

MIS FAMILIARES

MIS AMIGOS

RUBEN ALFREDO VALENCIA RAMIREZ

AGRADECIMIENTOS A :

DEDICO A :

LUCIO LEGARDA S. I.A. N.Su.

GERARDO PUENTES L. I.A.

ANTONIO ARIAS I.A. N.S.C.

HENRY JIMENEZ I.A.

RODRIGO LENCOS I.C.

MIS PADRES GERMAN ORLANDO I.C.

MIS HERMANOS PAUL ENGEL

MIS FAMILIARES

MIS AMIGOS

Universidad de Nariño

Universidad del Cauca

Todas aquellas personas que en una u otra forma colaboraron en la realización del presente trabajo.

ANIBAL MELO MARTINEZ

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS A :

Pág.

I.	INTRODUCCION	LUCIO LEGARDA B. I.A. M.Sc. GERARDO PUENTES L. I.A.	1
II.	REVISION EN LINGUAJE	ANTONIO ARIAS I.A. M.S.c.	3
2.1	Generalidades del riesgo	HENRY JIMENEZ I.A.	2
2.2	Riesgo por aspersión	RODRIGO LEMOS I.C.	3
2.2.1	Variables del riesgo por aspersión	GERMAN ORAMAS I.C.	4
2.2.2	Limitaciones de riesgo por aspersión	PAUL ENGEL	4
2.3	Tipos de sistema de riego por aspersión		5
2.4	Tipos de depósitos y controladores		6
2.5	Grado de distribución	Universidad de Narifio	6
2.6	Elementos de diseño de un sistema de riego por aspersión		7
2.7	Localización de la línea lateral y principal	Universidad del Cauca	8
2.8	Uso consuntivo		9
2.9	Balaceo hídrico		10
2.10	Características de diseño	Todas aquellas personas que en una u otra forma colaboraron en la realización del presente trabajo.	13
2.10.1	Localización		13
2.10.2	Capacidad de		13
2.10.3	Eficiencia de aplicación		13
2.10.4	Frecuencia de riego o ciclo de riego		14
2.10.5	Requerimientos de caudal		14
2.11	Disponibilidad del sistema		15
2.11.1	Interrelación entre laterales y aspersores		15
2.11.2	Separación entre aspersores		15
2.11.3	Grado de aplicación		16
2.11.4	Diámetro del principal		17
2.11.5	Diámetro de laterales		17
2.11.6	Relación de la bomba y el motor		17
III.	MATERIALES Y MÉTODOS		19
3.1	Generalidades		19

CONTENIDO

	Pág.
2.1.1 Situación geográfica	19
2.1.2 Actividad y clima	19
2.1.3 Fuentes de agua	19
I. INTRODUCCION	19
II. REVISION DE LITERATURA	30
2.1 Generalidades del riego	30
2.2 Riego por aspersión	30
2.2.1 Ventajas del riego por aspersión	40
2.2.2 Limitaciones del riego por aspersión	42
2.3 Tipos de sistema de riego por aspersión	52
2.4 Tipos de aspersores o rociadores	61
2.5 Grado de distribución del agua	63
2.6 Elementos de diseño de un sistema de riego por aspersión	74
IV. REVISION DE LITERATURA	84
2.7 Localización de la línea lateral y principal	84
2.8 Uso consuntivo	94
2.9 Balance hídrico	105
2.10 Parámetros de diseño	114
2.10.1 Infiltración	114
2.10.2 Capacidad de almacenamiento	137
2.10.3 Eficiencia de aplicación	137
2.10.4 Frecuencia de riego o ciclo de riego	14
2.10.5 Requerimiento de caudal	14
2.11 Disposiciones del sistema	15
2.11.1 Espaciamiento entre laterales y aspersores	15
2.11.2 Separación entre aspersores	15
2.11.3 Grado de aplicación	16
2.11.4 Diámetro del principal	17
2.11.5 Diámetro de laterales	17
2.11.6 Selección de la bomba y el motor	17
2.11.7 Número de aspersores a trabajar	34
III. MATERIALES Y METODOS	194
3.1 Generalidades	194

	Pág.
3.1.1 Situación geográfica	19
3.1.2 Altitud y clima	19
3.1.3 Suelos	19
3.1.4 Fuente de agua	19
3.2 Levantamiento topográfico	20
3.3 Pruebas de campo	20
3.3.1 Análisis de suelo	20
3.3.2 Infiltración	20
3.3.3 Aforo de agua	22
3.3.4 Calidad de agua	22
3.3.5 Datos meteorológicos	22
3.3.6 Uso consuntivo	23
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	24
4.1 Elección del sistema	24
4.2 Parámetros de diseño	24
4.2.1 Levantamiento topográfico	25
4.2.2 Suelos	26
4.2.3 Infiltración	26
4.2.4 Fuente de agua	27
4.2.5 Calidad de agua	27
4.2.6 Factores climáticos	28
4.2.7 Plan de cultivos	29
4.2.8 Fuente de energía	29
4.3 Diseño del sistema	30
4.3.1 Lámina de agua aprovechable	30
4.3.2 Eficiencia de aplicación	31
4.3.3 Frecuencia de riego	32
4.3.4 Gasto del diseño	32
4.3.5 Selección del aspersor a utilizar	32
4.3.6 Número de aspersores a trabajar	34
4.3.7 Tiempo de operación	34
4.3.8 Cálculo del lateral	35

ILUSTRACIONES

Pág.

	4.3.9 Pérdidas en la tubería principal	36
	4.3.10 Pérdidas en accesorios	36
FIGURA	1.4.3.11 Requisitos de potencia	37
	4.4 Descripción del equipo	37
FIGURA	4.5 Funcionamiento del equipo	38
	4.6 Costo del equipo de riego	39
FIGURA	1.4.6.1 Costo del equipo adicional	40
FIGURA	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES de la bomba	41
	5.1 Conclusiones	41
FIGURA	5.2 Recomendaciones para el equipo de riego	41
PLANO	1.1.1.1 Levantamiento topográfico	43
PLANO	1.1.1.2 Levantamiento topográfico	44
PLANO	1.1.1.3 Levantamiento topográfico	44
PLANO	1.1.1.4 Levantamiento topográfico	45
VII.	BIBLIOGRAFIA	45
	APENDICE	54

ILUSTRACIONES

		Pág.
FIGURA	1. Curva de velocidad de infiltración	48
	La infiltración	
FIGURA	2. Balance hídrico para maíz y pastos	49
TABLA	II. Levantamiento planimétrico de la Granja	
FIGURA	3. Curvas características de la bomba seleccionada	50
FIGURA	4. Curvas características de la bomba adicional .	50
FIGURA	5. Motor Lister para el equipo de riego	51
	en la quebrada "Campejos" (1948)	
PLANO #	1. Levantamiento topográfico	52
TABLA	V. Datos climáticos mensuales promedio de la	
PLANO #	2. Diseño del sistema de riego	53
	(La Fonda)	
TABLA	VI. Estimación del uso consuntivo para el cultivo	
	de maíz y pastos en la Granja Experimental	
	Natal Patía	
TABLA	VII. Balance hídrico para los cultivos de maíz y	
	pastos en la Granja Experimental Natal Patía	
TABLA	VIII. Valores del factor "K" para diferentes cultivos	
	de experimentos en la Granja Experimental Natal Patía	
TABLA	IX. Pérdidas en una parcela de 100 hectáreas	
	debidas a evaporación y transpiración en la Granja	
TABLA	X. Catálogo del material climatológico de Natal Patía	10

DISEÑO DE UN SISTEMA APENDICE POR ASPERSIÓN PARA LA GRANJA EXPERIMENTAL PATIA (CAUCA) DE LA UNIVERSIDAD

DE NARIÑO (*)

Pág.

TABLA I. Registro de datos para la determinación de la infiltración 1

TABLA II. Levantamiento planimétrico de la Granja Experimental Patia 2

TABLA III. Análisis físico químico de los suelos 3

TABLA IV. Caudales mensuales medidos durante un año en la quebrada "Cangrejos" (1982) 4

TABLA V. Datos climáticos mensuales promedios de 10 años (1972-1981) de la Estación Sajandí (La Fonda) 5

TABLA VI. Estimación del uso consuntivo para el cultivo de maíz y pastos en la Granja Experimental Patia 6

TABLA VII. Balance hídrico para los cultivos de maíz y pastos en la Granja Experimental Patia 7

TABLA VIII. Valores del factor "F" para diferente número de aspersores 8

TABLA IX. Pérdidas (m) por fricción de 100 metros de tubería de aluminio 9

TABLA X. Catálogo del aspersor seleccionado 10

En el DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN PARA LA presentación de la tesis a la GRANJA EXPERIMENTAL PATÍA (CAUCA) DE LA UNIVERSIDAD de NARIÑO (1) establecimiento productivo de los cultivos y pastos para el ganado de carne.

La temperatura es uno de los factores meteorológicos de mayor influencia sobre el desarrollo y crecimiento de las plantas. Las altas temperaturas que se presentan en la región en estudio incrementan el consumo de las plantas.

Basados en las condiciones mencionadas para el desarrollo de los cultivos, el presente trabajo, el cual RUBEN ALFREDO VALENCIA RAMIREZ y ANIBAL MELO MARTINEZ

Diseñar un sistema de riego por aspersión tipo portátil para la Granja Experimental Patía, de acuerdo a las condiciones de suelo, topografía, clima, disponibilidad de agua, etc. INTRODUCCION de los cultivos de la región, para suplir las deficiencias hídricas de las plantas y obtener un mayor rendimiento. El riego por aspersión está adquiriendo cada vez mayor importancia debido a la escasez y alto costo del agua, al alto grado de uniformidad que puede obtenerse en la aplicación del agua, y, a los altos rendimientos que es posible obtener con este sistema.

La implantación de riego por aspersión implica siempre una inversión inicial alta, pero el monto de esta inversión puede reducirse considerablemente por medio de un diseño eficiente y usando los métodos adecuados de operación.

El presente trabajo, se originó por la necesidad de suministrar riego a la Granja Experimental Patía (Cauca), que posee la Universidad de Nariño, requisito indispensable para llevar a cabo la docencia, la investigación y obtener ingresos rentables.

(1) Trabajo de Tesis presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la Presidencia de Lucio Legarda B. I.A., M.Sc. y Copresidencia de Gerardo Puentes L. I.A.

En la región del Patía, las lluvias son muy irregulares, presentándose el problema de las deficiencias hídricas en los meses de sequía (junio, julio y agosto), lo cual limita el establecimiento productivo de los cultivos y pastos para el ganado de carne.

El riego tiene como objetivo básico la reposición al suelo del déficit. La temperatura es uno de los factores meteorológicos de mayor influencia sobre el desarrollo y crecimiento de las plantas. Las altas temperaturas que se presentan en la región en estudio incrementan el uso consuntivo de las plantas. Basados en las consideraciones anteriores, se creyó útil realizar el presente trabajo, el cual tuvo por objeto:

2.2 Riego por aspersión

Diseñar un sistema de riego por aspersión tipo portátil para la Granja Experimental Patía, de acuerdo a las condiciones de suelo, topografía, clima, disponibilidad de agua en función de los cultivos de la localidad, para suplir las deficiencias hídricas de las plantas y obtener altos rendimientos económicos.

Terrellsen y Hansen (11) dicen que el riego por aspersión consiste en distribuir el agua a través del aire para cubrir el suelo bajo riego. El agua sale en forma de chorros bajo presión desde orificios o boquillas. Cuando se utilizan orificios, éstos generalmente se hacen sobre la misma tubería que conduce el agua. Las boquillas, por otra parte, generalmente van instaladas en dispositivos giratorios, llamados aspersores.

El sistema de riego por aspersión generalmente consta de tuberías por las cuales se distribuyen el agua sobre el terreno. Las tuberías que conducen el agua desde la fuente hasta los aspersores y una bomba que transmite presión al agua.

2.2.1 **Vamos II. REVISION DE LITERATURA**

2.1 **Generalidades del riego**

El riego tiene como objetivo básico la reposición al suelo del déficit de agua que resulta de la insuficiencia de precipitación para compensar la evapotranspiración de los cultivos. Complementariamente el riego asegura la lixiviación de las sales para mantener el balance salino del suelo y garantiza en general mejores condiciones físicas para el laboreo y mejores condiciones ambientales para el desarrollo de los cultivos (6).

2.2 **Riego por aspersión**

El riego por aspersión convenientemente proyectado semeja a una lluvia de baja intensidad, mientras que el riego por gravedad está basado en la distribución del agua que avanza sobre la superficie del suelo. El riego por aspersión ofrece una aplicación adecuada del agua sobre el terreno (2, 10, 15).

Israelsen y Hansen (11) dicen que el riego por aspersión, consiste en distribuir el agua a través del aire para cubrir el suelo bajo riego. El agua sale en forma de chorro bajo presión desde orificios o boquillas. Cuando se utilizan orificios, éstos generalmente se hacen sobre la misma tubería que conduce el agua. Las boquillas, por otra parte, generalmente van instaladas en dispositivos giratorios, llamados aspersores.

El sistema de riego por aspersión normalmente consta de aspersores los cuales distribuyen el agua sobre el terreno, las tuberías que conducen el agua desde la fuente hasta los rociadores y una bomba que transmite presión al agua.

2.2.1 Ventajas del riego por aspersión

- Según varios autores (18, 20, 21), las ventajas que presenta este método son:
- a. Los terrenos de topografía irregular pueden regarse con un mínimo de nivelación y de remoción de la capa arable.
 - b. Es adaptable a suelos poco profundos.
 - c. En los terrenos pendientes se pueden eliminar la escorrentía y la erosión del suelo.
 - d. Los suelos arenosos u otros muy permeables se pueden regar sin que se produzcan pérdidas excesivas por filtración profunda, reduciendo de este modo el riesgo de originar el problema de drenaje.
 - e. Cuando el caudal de agua con que se cuenta procede de un pequeño curso continuo, se consigue una eficiencia mayor tanto en el aprovechamiento como en la mano de obra, si el agua se aplica por este método.
 - f. Se adapta bien para aplicaciones pequeñas de agua, por ejemplo: para la preparación de semilleros, para la germinación de semillas, etc.
 - g. Se adapta a aplicaciones frecuentes de pequeñas láminas de agua en suelos de textura liviana y en cultivos con un sistema radicular poco profundo.

2.2.2 Limitaciones del riego por aspersión

Este método de riego presenta también algunas limitaciones (18, 20, 21). Las más importantes son:

- a. El elevado costo inicial de la instalación.
- b. Los gastos de funcionamiento son, por lo general, mayores para el riego por aspersión que por métodos superficiales. El agua tiene que llegar a presión a los aspersores, lo cual, en la mayoría de los casos, significa el empleo de bombas. El combustible o la energía eléctrica necesarios para el funcionamiento de la instalación de bombeo representa una parte considerable del costo anual de funcionamiento del sistema.
- c. El traslado de las tuberías laterales y principales cuando el suelo está saturado y las plantas están húmedas es una tarea difícil.

2.4 Tipos de aspersores y rociadores

- d. Se pueden esperar dificultades mecánicas. Los aspersores pueden dejar de girar, las boquillas pueden obstruirse, los acoplamientos pueden tener fugas, y la motobomba puede necesitar reparaciones.

2.3 Tipos de sistema de riego por aspersión

Los sistemas de riego por aspersión pueden ser permanentes, semi-portátiles o portátiles. En los primeros toda la instalación está definitivamente localizada en los campos de cultivos; en los semi-portátiles la bomba y en ocasiones la tubería principal son fijas y los laterales son transportables, en tanto que en los portátiles la bomba y el resto de equipo es móvil. Los dos últimos son los más corrientemente usados por su menor costo inicial (3, 15).

La bomba debe seleccionarse de tal manera que descargue el gasto necesario a la presión que impongan la topografía, las pérdidas por fricción en los tubos principales y laterales y la presión requerida en los rociadores.

La tubería principal puede ser de localización fija o portátil, según la naturaleza del sistema, pero las tuberías portátiles permiten una mayor adaptabilidad y tienen un menor costo inicial. Esta tubería conduce el agua desde la bomba hasta los laterales. El agua es tomada de la tubería principal hacia los laterales por medio de válvulas o por medio de aditamentos en "L" ó en "T", que se colocan en los puntos de derivación (3, 15).

En Colombia los laterales se fabrican en secciones de 9 y 12 metros de longitud y son generalmente contruídos de aluminio o de lámina de hierro galvanizado. Estas secciones se conectan entre sí por medio de uniones especiales, para dar al lateral la longitud deseada.

2.4 Tipos de aspersores o rociadores

Los rociadores del tipo rotatorio generalmente van provistos de dos boquillas de tamaño diferente colocadas en forma opuesta y a un ángulo diferente. Una de las boquillas cubre el área más distante del rociador y la otra el área más próxima, asegurando mejor uniformidad de aplicación. La rotación de los rociadores se produce por el impacto que el chorro de agua de una de las boquillas produce sobre una paleta que se mantiene en posición por la acción de un resorte (6, 7, 18).

Los rociadores van generalmente conectados a los laterales por medio de un tubo elevador que sirve para quitarle turbulencia al agua y asegurar una operación más eficiente de los rociadores. La longitud de los tubos elevadores varía según el gasto de los rociadores (6).

2.5 Grado de distribución del agua

La distribución del agua de los rociadores, es menor en las áreas más distantes del rociador. La distancia máxima entre los rociadores se calcula generalmente igual a 0,60 del diámetro húmedo de los aspersores para vientos menores de 10 kilómetros por hora (11). Esta distancia debe reducirse a medida que aumenta la velocidad del viento,

según la siguiente tabla:

Velocidad del viento km/hora	Espaciamiento entre rociadores en porcentaje del diámetro húmedo
0	65
Hasta 6	60
Hasta 10	50
Mayor de 10	30 a 20

2.6 Elementos de diseño de un sistema de riego por aspersión

Según varios autores (6, 7, 11, 15), para diseñar un sistema de riego por aspersión la información necesaria está constituida por los siguientes elementos:

a. El Suelo. La profundidad y las características físicas del suelo que tengan relación con su capacidad de retención de agua y su grado de infiltración. El grado de aplicación de los rociadores en ningún caso debe sobrepasar al coeficiente de infiltración del suelo para evitar el escurrimiento de agua superficial. Por otra parte la periodicidad de los riegos y el tiempo total de aplicación estarán limitados por la capacidad de retención del suelo.

b. La Topografía. La pendiente general, la altura y localización de las partes más bajas y más altas del campo, estos elementos permitirán estimar la distribución de las presiones en todo el sistema de distribución y calcular la carga total de bombeo requerida para asegurar máxima uniformidad de aplicación.

c. El Agua. Para diseñar el sistema será necesario localizar la fuente de abastecimiento de agua. Por otra parte, antes de diseñar el sistema será conveniente establecer la calidad de las aguas para los efectos del riego. El sistema de distribución y la longitud del tubo principal estarán condicionados por la localización de la fuente de abastecimiento.

d. Los Factores Meteorológicos. La dirección y la velocidad de los vientos son factores importantes para determinar la dirección de los laterales y la distancia entre los rociadores según se indicó anteriormente. La temperatura y la humedad relativa por otra parte, afectan la eficiencia del riego o sea la relación entre el agua utilizada por las plantas y el agua aplicada por los rociadores.

e. El Cultivo. Las siembras a establecer deben determinarse previamente a fin de establecer los requisitos de agua del sistema y así conocer las profundidades del suelo que debe humedecerse en cada riego.

f. Energía Disponible. Para seleccionar la unidad motora conviene establecer si hay o no energía eléctrica disponible, o si resultará necesario el uso de un motor de combustión interna. El voltaje y los ciclos de la corriente disponible así como el costo del kilowatio-hora y la localización de las líneas o el costo del combustible, serán datos necesarios para seleccionar el motor y estimar el costo de operación del sistema.

g. Sistema de Trabajo. La modalidad del trabajo agrícola en la localidad que se estudia, así como el costo de la mano de obra, permitirán realizar un diseño que se adapte a estas condiciones y valorar los costos probables de operación del sistema. En general los sistemas de riego por aspersión se diseñan para operar en forma continua con movimiento de los laterales cada 5, 7, 11 ó 23 horas.

2.7 Localización de la línea lateral y principal

La posición que puede darse a la línea principal y a los laterales en un sistema de riego por aspersión es prácticamente ilimitada. La localización del sistema de distribución debe permitir una eficiencia máxima de riego con un costo mínimo de operación. Algunas reglas generales permiten llegar a una solución adecuada con un mínimo de trabajo

(15, 21).

a. El número de rociadores debe ser tal que el total del campo se ejecute en el número de días requerido, con un grado de aplicación inferior al coeficiente de infiltración efectivo del terreno.

b. El número total de posiciones de cada lateral debe ser inferior al producto entre el número de posiciones diarias por el número de días empleados para el riego total del campo.

c. Las líneas principales deben colocarse en el sentido de la máxima pendiente.

d. Los laterales deben colocarse en sentido normal a la máxima pendiente para que adopte una posición próxima a la horizontal.

e. Los cambios de tamaño en la tubería que sean necesarios para controlar la presión deben hacerse en el tubo principal.

f. Cuando el sistema consta de varios laterales, el diámetro de éstos debe ser uniforme a fin de que puedan intercambiarse.

g. Siempre que sea posible, la bomba debe localizarse en el centro del campo.

h. El movimiento de los laterales debe planearse en forma rotatoria para evitar el transporte de los mismos a largas distancias.

2.8. Uso consuntivo

Thornthwaite (23) introdujo el concepto de evapotranspiración potencial (ETP) para expresar la evapotranspiración que generalmente se verifica en un terreno cultivado, libremente expuesto a la atmósfera y donde nunca falta la humedad del suelo para uso de las plantas.

Penman (19), la define como la cantidad de agua transpirada en la unidad de tiempo por un cultivo verde, de altura pequeña y uniforme,

que cubra totalmente la superficie del suelo y con óptimo abastecimiento de agua.

En general, se considera el término uso consuntivo equivalente a la evapotranspiración, no obstante algunos autores (5, 13, 14), hacen diferencia en la definición de los dos conceptos, considerando que en el uso consuntivo se incluye además la cantidad de agua que forma parte de los tejidos de la planta, la cual es una cantidad siempre pequeña (generalmente no excede del 1% con relación al volumen de agua transpirada).

La importancia de este parámetro radica en que sirve para diseñar sistemas de riego, programar eficientemente la irrigación, determinar la frecuencia o ciclos de riego y para elaborar el balance hídrico de los cultivos.

De acuerdo a varios investigadores (5, 13, 14, 19, 23), el procedimiento más confiable para determinar la evapotranspiración de los cultivos consiste en relacionarla con la evaporación del tanque clase "A" del United State Water Bureau (USWB), puesto que son procesos similares, debido a la integración de varios factores climáticos como la temperatura, la humedad relativa, la radiación solar, el déficit de saturación, la velocidad del viento, etc.

En ausencia del tanque clase "A" del USWB, los métodos más usados y sencillos para determinar la evapotranspiración de los cultivos basados en datos meteorológicos son los de Thornthwaite, García López, Blaney Cridille, Papadakis, Holdridge (13, 14).

2.9 Balance hídrico

Según Legarda y Forsythe (13), cuando el suelo está suficientemente húmedo, la evapotranspiración de una planta bien desarrollada es principalmente una función de los factores climáticos tales como: temperatura, humedad relativa, radiación solar, insolación y velocidad del

viento, y, depende muy poco de la fisiología de la planta. El coeficiente de velocidad de infiltración, que es la relación entre la lámina de agua que se infiltra y el tiempo que tarda en infiltrarse. Grassi (5) anota que el proceso inverso al de agotamiento de la humedad del suelo por acción de la evapotranspiración, lo constituye el aporte hídrico por diversos conceptos: precipitación, ascenso de agua por capilaridad, condensación del agua vapor. En la generalidad de los casos la precipitación representa la casi totalidad del aporte hídrico del suelo.

según Musygreve y Kostan (17), Kostikov propone la siguiente fórmula para calcular la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo y su disponibilidad para la planta está comprendida entre el contenido hídrico que incluye la capacidad de campo y el punto de marchitamiento. Dado que la capacidad de campo representa la máxima capacidad capilar de un suelo, la que a su vez está relacionada con el tamaño de las partículas, dependiendo fundamentalmente de la textura. El agua resulta más accesible a las plantas en suelo de textura gruesa con un menor contenido hídrico, que en suelo de textura fina (5).

Esta fórmula es la más empleada por cuanto experimentalmente el balance hídrico es importante porque sirve para determinar el suministro de agua a los cultivos (entrada) y el consumo de los mismos (salidas), el cual debe ser aproximadamente igual (16).

2.10 Parámetros de diseño

2.10.1 Infiltración

La infiltración es la propiedad que tiene el suelo de absorber lentamente el agua a través de sus poros. El conocimiento de la infiltración del suelo es importante para escoger los sistemas de riego adecuados para un suelo y para diseñar los sistemas de riego escogidos (17, 24).

La tasa de infiltración de un suelo, está a su vez, relacionada con la textura del suelo, estructura, presencia de capas impermeables y/o porosas y contenido de humedad del suelo (17, 24).

La cuantificación de la infiltración recibe el nombre de velocidad de infiltración, que es la relación entre la lámina de agua que se infiltra y el tiempo que tarda en hacerlo, se expresa en cm/hora, cm/min; cuando esa velocidad permanece constante se obtiene el coeficiente de infiltración básica. La infiltración acumulada o total es una expresión del tiempo necesario para que un suelo absorba determinada cantidad de agua (10, 15).

Según Iarselsen y Hanson (11), la capacidad de almacenamiento depende de la textura y estructura del suelo, lo mismo que de la profundidad radicular. Según Musgrave y Hootan (17), Kostiaikov propuso la siguiente ecuación empírica:

$$L = KT^n$$

La en donde: L = Lámina acumulada de agua en mm
 T = Tiempo en minutos después de iniciado el proceso de infiltración.

K, n = Constantes.
 donde: LAA = Lámina de agua aprovechable (cm)
 CT = Capacidad de campo (%)

Esta fórmula es la más empleada por cuanto experimentalmente ha demostrado ser la más precisa, sencilla y fácil de aplicar.

Las constantes K y n pueden determinarse por métodos a saber:

- a. Método gráfico
 - b. Método estadístico de los cuadrados mínimos.
- Es una práctica común hacer el riego antes de que el contenido de humedad llegue al punto de marchitamiento; los mejores resultados se han obtenido con un agotamiento del 50 al 75% de la lámina de agua disponible (LADA) (7).

La expresión matemática para la velocidad de infiltración instantánea se encuentra derivando la ecuación dada para la lámina acumulada.

$$VII = \frac{KnT^{n-1}}{60} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{hora}}$$

$$VII = 60 KnT^{n-1} \text{ mm/hora}$$

La lámina de riego está afectada por las pérdidas resultantes de la desecación por evaporación durante el sistema de riego y de las pérdidas por evaporación. La eficiencia de aplicación (E_a), es la relación de la lámina neta almacenada en la zona radicular y la lámina promedio aplicada. Entre las eficiencias estimadas en riego por aspersión se tiene (3, 12):

en donde: V_{ii} = Velocidad de infiltración instantánea mm/hora. (4)

T = Tiempo en minutos.

Clima desértico K, n = constantes. 65

Clima cálido seco 70

2.10.2 Capacidad de almacenamiento 75

Clima templado húmedo 80

Según Israelsen y Hansen (11), la capacidad de almacenamiento depende de la textura y estructura del suelo, lo mismo que de la profundidad radicular, de la capacidad de campo y del punto de marchitamiento.

La lámina de agua aprovechable se puede obtener con la siguiente ecuación:

La lámina de agua aprovechable se puede obtener con la siguiente ecuación:

La siguiente ecuación:

$$LAA = (CC - PM) / 100 \times Da \times P$$

donde: LAA = Lámina de agua rápidamente aprovechable (cm)

CC = Capacidad de campo (%)

PM = Punto de marchitamiento (%)

Da = Densidad aparente (gr/cc)

P = Profundidad radicular efectiva (cm)

Es una práctica común hacer el riego antes de que el contenido de humedad llegue al punto de marchitamiento; los mejores resultados se han obtenido cuando se permite un agotamiento del 50 al 75% de la lámina de agua aprovechable; esta agua usada por la planta se denomina agua rápidamente aprovechable (LARA) (7).

2.10.3 Eficiencia de aplicación

2.10.3 La lámina de riego está afectada por las pérdidas resultantes de la desuniformidad de aplicación inherente al sistema de riego y a las pérdidas por evapotranspiración. La eficiencia de aplicación (E_a), es la relación de la lámina mínima almacenada en la zona de raíces y la lámina promedio aplicada. Entre las eficiencias estimadas en riego por aspersión se tiene (3, 12):

por la siguiente fórmula:

Condición climática	Eficiencia de riego Ea (%)
---------------------	-------------------------------

$Q = \frac{2.78 \times A \times Lb}{\dots}$

Clima desértico	65
Clima cálido seco	70
Clima moderado	75
Clima templado húmedo	80

Lb = Lámina bruta (mm)

La lámina promedio aplicada o lámina bruta, es la cantidad de agua en exceso que debe aplicarse para compensar las pérdidas.

2.11 Disposiciones del sistema

$$Lb = LARA/Ea$$

2.11.1 Espaciamiento entre laterales y aspersores

donde: Lb = Lámina bruta (mm)

LARA = Lámina de agua rápidamente aprovechable (mm)

Para calcular el espaciamiento entre laterales y aspersores es necesario tener en cuenta las siguientes condiciones:

Ea = Eficiencia de aplicación (%)

a. El número de laterales debe ser suficiente para cubrir el área total durante el ciclo de riego.

2.10.4 Frecuencia de riego o ciclo de riego

Es el número de días que un cultivo necesita para agotar la lámina de agua rápidamente aprovechable almacenada en la zona de raíces. La frecuencia de riego para diseño puede determinarse dividiendo la lámina rápidamente aprovechable por la ETP máx./día o déficit diario (6).

$$Fr = LARA/ETP \text{ máx. día.}$$

2.10.5 Requerimiento de caudal

Según Israelsen y Hansen (11), el caudal requerido para un sistema de riego por aspersión depende del área que se va a regar, de la lámina de agua que se aplicará en cada riego, del número de días de operación y de las horas diarias de operación. Se calcula

por la siguiente fórmula: $Q = \frac{2.78 \times A \times Lb}{H \times Fr}$, del número promedio de aspersores que satisfaga la capacidad requerida del sistema. El número promedio de aspersores puede determinarse así:

H. Fr

- donde: Q = Caudal requerido (L/seg)
A = Area a regar (ha)
Lb = Lámina bruta (mm)
Fr = Frecuencia de riego (días)
H = Horas de operación por día.

2.11 Disposiciones del sistema

2.11.1 Espaciamiento entre laterales y aspersores

Para calcular el espaciamiento entre laterales y aspersores es necesario tener en cuenta dos condiciones:

- El número de laterales debe ser suficiente para cubrir el área total durante el intervalo de riego.
- El espaciamiento entre laterales y aspersores debe permitir un grado de aplicación que no exceda el coeficiente básico de infiltración.

2.11.2 Separación entre aspersores

Es importante seleccionar adecuadamente las distancias entre aspersores, ya que si es grande, se requiere una gran presión en las boquillas, lo cual produce unas gotas muy finas fácilmente distorsionables por el viento. Distancias cortas requieren boquillas de baja presión, que dan gotas gruesas, lo cual, en suelos de textura gruesa puede erosionarlos o dañar los cultivos (15).

La disposición de un sistema, debe ser tal que permi-

ta la operación simultánea, del número promedio de aspersores que satisfaga la capacidad requerida del sistema. El número promedio de aspersores puede determinarse así:

$$N = Q/q$$

- donde: N = Número de aspersores
Q = Caudal del sistema (L/seg)
q = Descarga del aspersor (L/seg)

2.11.3 Grado de aplicación

El grado de aplicación es la cantidad de agua a suministrar por unidad de tiempo. Expresada generalmente en pulg/hora ó cm/hora. Debe cumplir dos requisitos:

a. No debe ser menor de 0,5 cm/hora para evitar pérdidas excesivas por evaporación, especialmente en regiones de elevada temperatura.

b. No debe exceder la tasa básica de infiltración para evitar encharcamiento en el terreno. Este sería el límite superior a la tasa de aplicación (15).

$$Ta = \frac{q \times 360}{Sl \times Sm}$$

- donde: Ta = Tasa o grado de aplicación (cm/hora)
q = Gasto de cada aspersor (L/seg)
Sl = Espaciamiento de los aspersores en el lateral (m)
Sm = Espaciamiento de los laterales en el principal (m)

2.11.4 Diámetro del principal, profundidad de agua en la fuente de abastecimiento y de la presión de trabajo de los aspersores (13).

El diámetro de la tubería principal debe ser tal que reduzca a un mínimo los costos de operación. Así, una tubería de diámetro pequeño vale poco pero produce grandes pérdidas por fricción, lo cual requiere el empleo de una bomba de mayor capacidad y redonda en mayores costos de operación (15).

El cabalaje necesario se determina según la cantidad de agua. 2.11.5 Diámetro de laterales total y la eficiencia de la bomba. La cabeza total se compone de:

Una de las características especiales de los laterales debe ser la uniformidad en su diámetro, para que se puedan intercambiar entre sí. En la práctica el diámetro y longitud de la tubería deben ser tales que permitan una variación de presión del 20% entre el comienzo y final de la línea.

e. Misceláneas.

Las pérdidas por fricción se pueden calcular de la siguiente manera (7):

$$H_f = (L/100) \times P_f \times F$$

donde: H_f = Pérdidas por fricción (m)
 P_f = Pérdidas por fricción por cada 100 m de tubería.
 L = Longitud de la tubería (m)
 F = Valor de acuerdo al número de aspersores.

2.11.6 Selección de la bomba y el motor

Generalmente en los sistemas de riego la bomba más funcional es la centrífuga, la cual se adapta a las condiciones de operación como son: un gasto medio, una carga total alta y carga de succión media. La selección de la bomba se realiza en función del gasto total de agua a suministrar y de la cabeza total de bombeo que incluye

todas las pérdidas por fricción, de la profundidad de agua en la fuente de abastecimiento y de la presión de trabajo de los aspersores (15).

3.1 Generalidades

Una vez seleccionada la bomba se procede a escoger el motor que ha de accionar el sistema. Se debe definir si se trata de un motor eléctrico o de combustión interna.

El caballaje necesario se determina según la cantidad de agua que debe bombearse, cabeza total y la eficiencia de la bomba. La cabeza total se compone de:

- a. Presión del aspersor.
- b. Pérdidas por fricción en el principal.
- c. Pérdidas por fricción en el lateral.
- d. Altura de bombeo.
- e. Misceláneos.

3.1.2 Altitud y clima

Se encuentra a una altitud de 900 metros con una temperatura promedio de 27°C y precipitación anual de 1.200 mm, correspondiendo según Holdridge a la clasificación *Desértica semi-trópicos (Bw-7)*.

3.1.3 Suelos

Siendo el suelo de textura franco-arenosa y por sus condiciones de fertilidad, se puede explotar una variedad de cultivos, entre ellos: maíz, algodón, sandía, pastos, etc.

3.1.4 Fuente de agua

La Granja cuenta con la quebrada denominada "Cajón - Jón", la cual corre en dirección de sur a norte y sus aguas se tornan disponibles en un trazo de aproximadamente 100 metros. Aunque el caudal disminuye considerablemente en épocas de sequía (junio, julio y agosto), se ha comprobado que no se ha secado nunca.

3.2 Levantamiento III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Generalidades
Patía, se realizó un estudio planimétrico, para determinar los límites del sistema de

3.1.1 Situación geográfica
aproximadamente los linderos del terreno y sus correspondientes. La Granja Experimental Patía se encuentra situada al sur del Departamento del Cauca, Municipio de Mercaderes, a 2 kilómetros de la población de Mojarras por la carretera que conduce al Departamento de Nariño y a 400 metros de la Panamericana.

3.1.2 Altitud y clima
y horizontal, por sus coordenadas geográficas son:

Latitud norte $1^{\circ} 54'$
Longitud oeste $77^{\circ} 13'$

3.1.2 Altitud y clima

Se encuentra a una altitud de 600 msnm, con una temperatura promedio de 27°C y precipitación anual de 1.800 mm, correspondiendo según Holdridge a la clasificación Bosque seco tropical (bs-T).

3.1.3 Suelos

de Suelos de la Universidad de Nariño, analizado por Cortés y Vivas. Siendo el suelo de textura franco-arenosa y por sus condiciones de fertilidad, se puede explotar una variedad de cultivos, entre ellos: maíz, algodón, sandía, pastos, etc.

3.1.4 Fuente de agua

filtrómetros, después por Restrepo (1984) el agua se encuentra en la quebrada denominada "Cangrejos", la cual corre en dirección de sur a norte y sus aguas se encuentran disponibles en un tramo de aproximadamente 590 metros. Aunque su caudal disminuye considerablemente en épocas de sequía (junio, julio y agosto), se ha comprobado que no se ha secado nunca.

3.2 Levantamiento topográfico

Para fijar claramente los límites de la Granja Experimental Patía, se realizó un estudio planimétrico, éste se llevó a cabo por el sistema de poligonal, el cual consiste en trazar un polígono que sigue aproximadamente los linderos del terreno y desde sus vértices se hacen sus correspondientes lecturas de ángulos de deflexión.

Para el levantamiento altimétrico, se empleó el sistema de taquimetría, el cual consiste en tomar lecturas de mira con tránsito, a nivel de hilo superior, medio e inferior, así como también ángulo vertical y horizontal, para con ello determinar el desnivel del terreno (23).

Se colocó el plástico en el fondo para evitar que se produzca el efecto de campo disturbado.

3.3.1 Pruebas de campo

Se efectuó un muestreo de suelo, dividiendo el terreno en varios lotes y sacando sus correspondientes submuestras para posteriormente obtener una muestra representativa de todo el terreno. (Tabla I).

El análisis de las muestras se efectuó en el laboratorio de Suelos de la Universidad de Nariño, siguiendo la metodología descrita por Cortés y Viveros (4).

3.3.2 Infiltración

Para su determinación se utilizó el método de los infiltrómetros, descrito por Bertrand (1), el cual consta de:

- Dos anillos o cilindros infiltrómetros de diferente diámetro y altura.
- Regla graduada en centímetros
- Mazo para introducir los cilindros en el suelo
- Recipiente para transportar agua.

3.3.3 Cronómetro

- Plástico para proteger la superficie del suelo durante la aplicación del agua.

Se hizo uso de un formulario para registrar los datos obtenidos.

de un flotador (corcho), el cual se lo hizo correr con la corriente del agua en un trazo Procedimiento:

1. Se introdujo en el suelo los dos cilindros, uno dentro del otro a 15 centímetros de profundidad en el suelo.

El cilindro grande sirve para eliminar movimientos laterales del agua que se infiltra del pequeño para que así las lecturas sean exactas.

2. Se colocó el plástico en el fondo para evitar que la superficie del suelo se disturbe.

3. Se llenaron los cilindros simultáneamente.

4. Se realizó las correspondientes lecturas con la regla graduada, determinando con ésta la lámina de infiltración, la cual resulta de la diferencia entre cada lectura y la inmediatamente anterior (Tabla I).

A = Área de la sección (m²)
v = Velocidad media (cm/seg).

Para determinar esta infiltración acumulada se empleó la ecuación empírica propuesta por Kostiaikov en donde la lámina acumulada $L = Kt^n$ y para hallar las constantes K, n se siguió el procedimiento estadístico de los cuadrados mínimos, así:

Se usaron 2 muestras y se depositaron en recipientes plásticos de 1 litro de capacidad, posteriormente fueron enviadas al laboratorio para el análisis.

$$n = \frac{\sum (XY) - N(\bar{X}\bar{Y})}{\sum X^2 - N(\bar{X})^2}$$

El análisis fue realizado en el Laboratorio de Aguas y Suelos de la Universidad Nacional.

- donde: X = Log. de tiempo
- Y = Log. de infiltración acumulada
- N = Número de lecturas

3.3.4

$$\text{Log. } K = K = \bar{Y} - n\bar{X}$$

$$K = \text{Antilogaritmo}$$

Con la infiltración determinada por la ecuación del

3.3.3 Aforo de agua. Para el análisis de estudio del uso consuntivo y de la precipitación, parámetros que son de gran importancia para determinar los caudales. Para determinar el caudal de la quebrada "Cangrejos", se hizo uso de un método sencillo, rápido y barato, basado en la utilización de un flotador (corcho), el cual se lo hizo correr con la corriente del agua en un tramo de 5 metros, cronometrando el tiempo en repetidas ocasiones para promediar y obtener un valor más preciso. La velocidad así calculada ha de ser reducida puesto que es mayor que la velocidad media de la corriente, por ello la velocidad superficial se multiplicará por un factor de corrección de 0,85 para determinar la velocidad media (15).

Cabe destacar el hecho de que se efectuaron lecturas durante un año, realizando cinco repeticiones por medición. Con lo anterior podemos determinar el caudal de la quebrada utilizando la siguiente fórmula:

$$Q = A \times V_m$$

donde: Q = Caudal (L/seg)

A = Area de la sección (m^2)

donde: V_m = Velocidad media (cm/seg).

3.3.4 Calidad del agua

Para su evaluación se tomaron 2 muestras y se depositaron en recipientes plásticos de 1 litro de capacidad, posteriormente fueron enviadas al Laboratorio para su correspondiente análisis.

El análisis fue realizado en el Laboratorio de Aguas y Suelos de la Universidad Nacional de Palmira.

3.3.5 Datos meteorológicos

Con la información suministrada por la Seccional del

HIMAT en Pasto (Nariño), se facilitó el análisis de estudio del uso consuntivo y de la precipitación, parámetros que son de gran importancia para determinar épocas críticas.

Esta información incluye datos de 10 años (1972-1981) sobre: temperatura (máxima, media y mínima), humedad relativa, evaporación del tanque clase "A", precipitación, velocidad del viento (Registros mensuales promedios).

3.3.6 Uso consuntivo

Para su determinación se siguió el procedimiento más confiable, el cual consiste en relacionarlo con la evapotranspiración del tanque clase "A", en donde se integran factores climáticos como la temperatura, la humedad relativa, radiación solar, velocidad del viento, etc. La ETP ó uso consuntivo se obtiene multiplicando la evaporación del tanque por el factor de cultivo, que para maíz y pastos es de 0,75 (8, 13, 14, 15) (Tabla VI).

$$ETP = Ev \times K$$

donde: ETP = Evapotranspiración (mm)
Ev = Evaporación del tanque clase "A" (mm)
K = Constante de cultivo.

4.2 Parámetros del diseño

Entre los parámetros del diseño de riego por gravedad, conviene topografía, suelos, fuente de agua, factores climáticos, tipo de cultivo y fuente de energía. A continuación se describe cada uno de ellos.

4.2.1 Levantamiento IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Elección del sistema de riego. El área total de la Granja en estudio, fue necesario realizar el levantamiento planimétrico por el sistema poligonal. Aún cuando los métodos superficiales de riego resultan generalmente menos costosos, existen condiciones especiales de suelo y topografía que imposibilitan o dificultan la aplicación de estos métodos y en donde el riego por aspersión ofrece ventajas definitivas. Tales condiciones pueden resumirse en la forma siguiente: que hay un error de ángulo por exceso de $1^{\circ} 06' - 05'$.

a. Los suelos del Patía, objeto del presente estudio, presentan un alto coeficiente de infiltración (11,3 mm/hora) y una textura franco-arenosa en los que resulta difícil obtener una buena distribución del agua por medio de los métodos superficiales de riego.

b. En la Granja del Patía existen diferentes tipos de pendientes, la mayoría de ellas superiores al 15%, en los cuales resultaría muy costoso un buen trabajo de nivelación, o donde los métodos superficiales son poco eficientes y ofrecen el peligro de erosionar los suelos.

c. La quebrada "Cangrejos" cuenta con poca disponibilidad de agua (18,37 L/seg, en agosto), la cual está asociada con suelos permeables, como se anota en el literal a., el riego por métodos superficiales se hace extremadamente difícil y muy deficiente. En base a las consideraciones anteriores, se eligió el método de riego por aspersión portátil para la Granja Experimental Patía en el presente estudio.

4.2 Parámetros del diseño

Entre los parámetros del diseño de riego por aspersión tenemos: topografía, suelos, fuente de agua, factores climáticos, tipo de cultivo y fuente de energía. A continuación se describe cada uno de ellos.

4.2.1 Levantamiento topográfico

Para determinar el área total de la Granja en estudio, fue necesario realizar el levantamiento planimétrico por el sistema poligonal, obteniendo de esta forma datos de 33 vértices y un perímetro total de 3.006,69 metros, con una sumatoria total de ángulos de deflexión de $361^{\circ} 06'$ (Tabla II). Teniendo en cuenta que la sumatoria de ángulos de deflexión en una poligonal no debe ser mayor ni menor de 360° según criterio de Torres y Villate (22), se deduce que hay un error de ángulo por exceso de $1^{\circ} 06' = 66''$.

El error de cierre se determina sumando el cuadrado de las diferencias de las proyecciones y aplicando la raíz cuadrada a los términos, así:

N = 926,47	E = 997,52
S = 925,24	W = 993,73
Diferencia N-S = 1,23	Diferencia E-W = 3,79

Error absoluto = 3,98

Error relativo = 1/755,44

Corrigiendo los ángulos de deflexión de acuerdo a las anteriores consideraciones y tomando como azimut de partida en el alineamiento 1-2 de $110^{\circ} 16'$ se pudo determinar el área de la Granja siguiendo el procedimiento de las cruces, en donde las coordenadas (NS) son multiplicadas con las coordenadas (EW) en forma de cruz.

El área comprendida entre el polígono y los linderos de la finca fue obtenido utilizando la fórmula de Simpson que comprende la sumatoria de áreas trapezoidales (22).

Área determinada por el sistema de cruces	39,47 Ha
Área determinada por Simpson	<u>5,02 Ha</u>
Área total	44,49 Ha

En lo referente al levantamiento altimétrico, éste se realizó por taquimetría localizando las curvas de nivel cada 2 metros de diferencia, partiendo de la cota de referencia de 600 metros en el vértice 1, altura sobre el nivel del mar a la cual se encuentra la Granja Experimental Patía, obteniendo de esta forma una altura máxima de 622 metros y una altura mínima de 574 metros (Plano 1).

La Granja cuenta con la quebrada denominada "Cangrejos" la cual es fértil y sus aguas se encuentran disponibles en un trayecto de aproximadamente 500 metros.

4.2.2 Suelos

Los suelos en estudio presentan una textura franco-arenosa, pH cercano a la neutralidad (6,68), un alto contenido de fósforo, calcio, magnesio y potasio, clasificándose en general, de buenas condiciones de fertilidad como se puede observar en la Tabla III. Estos suelos presentan una permeabilidad bastante alta, razón por la cual el agua debe aplicarse en una forma moderada.

4.2.3 Infiltración

Se llevó a cabo tres pruebas de infiltración en diferentes lotes de la Granja y sus correspondientes datos de intervalo de tiempo y lecturas de nivel de agua aparecen en la Tabla I.

Haciendo la sustitución de las constantes K y N obtenidas por el procedimiento estadístico de los cuadrados mínimos en la Ecuación de infiltración media acumulada, tenemos:

$$L = 4. KT^n = 11,71 T^{0.30}$$

La velocidad de infiltración instantánea se calcula derivando la anterior ecuación.

$$VII = 210 T^{-0.70}$$

$$VII (s) = \text{mm/hora}$$

Estos datos pertenecen a la prueba de infiltración número 1.

mero 3 de la Tabla I, escogida para el presente diseño por presentar una tasa básica de infiltración de 11,3 mm/hora, considerada como crítica (Figura 1).

4.2.4 Fuente de agua resultados muestran un alto contenido de carbonatos y bicarbonatos; muy alto el PSP, sin embargo, el contenido de sodio es bajo. La Granja cuenta con la quebrada denominada "Cangrejos" la cual corre de sur a norte y sus aguas se encuentran disponibles en un trayecto de aproximadamente 590 metros. el agua puede clasificarse como buena para riego. No obstante, dada su conductividad moderadamente alta, se daba procurar se tomaron los caudales correspondientes a cada uno de los meses del año como se indica en la Tabla IV, determinándose así un caudal mínimo de 18,37 L/seg. y un caudal máximo de 430,20 L/seg. (agosto y mayo, respectivamente), seleccionándose para el diseño el caudal crítico representado por el mes de agosto.

4.2.5 Calidad del agua geológica de Sojandí (La Honda), se originó por estar localizada en el Valle del Cauca, zona donde se encuentra la Granja en estudio. Los análisis de las muestras de agua tomadas en la quebrada "Cangrejos" dieron los siguientes resultados:

pH información suministrada por la SCS 7,71
 Conductividad eléctrica x 10⁶/25°C, obt 620
 Tabla V demuestran que la zona presenta una alta temperatura (27°C), la cual correlaciona una alta humedad relativa (70%).

Calcio (Ca ⁺⁺)	4.20	Carbonato (CO ₃ ⁼)	2.00
Magnesio (Mg ⁺⁺)	2.20	Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	4.90
Sodio (Na ⁺)	2.20	Sulfato (SO ₄ ⁼)	1.00
Potasio (K ⁺)	0.19	Cloruro (Cl ⁻)	0.90
SUMA	8.79	SUMA	8.80

Salinidad efectiva (S.E.) (m.w/litro)	2.39
Salinidad potencial (S.P.) (m.e./litro)	1.40
Carbonato de sodio residual (C.S.R.) (m.e./litro)	0.50

Sodio posible (P.S.P.) (%) en el año. En la zona de estudio 92,05
Cloruros (m.e./litro) en los meses de junio, julio y agosto 0,90
Relación absorción de Sodio (R.A.S.) se puede observar en la 1,23
Figura 2.

Los anteriores resultados muestran un alto contenido de carbonatos y bicarbonatos; muy alto el PSP, sin embargo, el contenido de sodio es bajo.

Los cultivos seleccionados fueron: maíz y pastos. Bajo estas condiciones el agua puede clasificarse como buena para riego. No obstante, dada su conductividad moderadamente alta, se debe procurar un adecuado avance del agua hacia la profundidad para evitar su concentración en la superficie, que perjudicaría el desarrollo de las plantas. El cultivo de maíz presenta un período vegetativo entre los 90 a 120 días, pudiéndose alcanzar de 3 a 4 cosechas anuales cuando se 4.2.6 Factores climáticos. Estas plantas pueden alcanzar una profundidad radicular hasta de 1,50 metros, sin embargo, su profundidad efectiva se encuentra en menor medida.

La estación meteorológica de Sajandí (La Fonda), se escogió por estar localizada en el Valle del Patía, zona donde se encuentra la Granja en estudio, guardando características similares en los parámetros climáticos. El cultivo de pastos a establecer en la zona a estudiar sería de corte, rotándose entre ellos el pasto alfalfa, pasto jara, Banio y Kudú.

La información suministrada por la Seccional del HIMAT en Pasto, comprende datos de 10 años. Los promedios obtenidos según la Tabla V demuestran que la zona presenta una alta temperatura (27°C), la cual está correlacionada con una alta evaporación (hasta 145 mm) y una alta humedad relativa (70%).

4.2.8 Fuente de energía
Además de las características mencionadas, la región presenta una alta precipitación anual de 1.800 mm, mas sin embargo, ésta en meses de sequía (junio, julio y agosto), no es suficiente para compensar la evaporación produciéndose una deficiencia hídrica.

En el balance hídrico si se considera la precipitación efectiva como el 75% de la precipitación total y se la relaciona con el uso consuntivo (evapotranspiración), se obtienen las deficiencias o ex-

sos hídricos que se presentan en el año. En la zona de estudio esta época de déficit se presenta en los meses de junio, julio y agosto, siendo más notable en el mes de julio, como se puede observar en la Tabla VII, Figura 2.

4.2.7. Plan de cultivos

Los cultivos seleccionados fueron: maíz y pastos; teniendo en cuenta los siguientes factores: tipo de suelo, clima y por estar incluidos estos cultivos dentro de la planeación realizada por la Universidad de Narino.

El cultivo de maíz presenta un período vegetativo entre los 90 a 120 días, pudiéndose alcanzar de 3 a 4 cosechas anuales cuando se dispone de agua suficiente. Estas plantas pueden alcanzar una profundidad radicular hasta de 1,50 metros, sin embargo, su profundidad efectiva se encuentra entre los 50 a 60 centímetros, por localizarse aquí el 70% de sus raíces.

El cultivo de pastos a establecer en la zona a regar sería de corte, nombrándose entre ellos el pasto Elefante, caña forrajera, Ramio y Kudzú, los cuales presentan una profundidad radicular efectiva de 50 centímetros. Estos pastos después de su primera cosecha, pueden volverse a cortar cada 30-60 días, dependiendo de la variedad sembrada.

4.2.8 Fuente de energía

Debido a que la Granja en la actualidad no posee energía eléctrica se optó por acudir, para el presente diseño, a mecanismos de combustión interna como única solución.

4.3 Diseño del sistema - Lámina de agua aprovechable (cm) CC = Capacidad de campo (%)

Empleando los conceptos de los capítulos anteriores y definiendo otros, se muestra un diseño completo de riego por aspersión portátil supra-arbóreo para la Granja Experimental Patía. Del área total de la Granja, por la poca disponibilidad de agua, sólo se podrá regar el 36,6% de ella, equivalente a 16,3 hectáreas.

INFORMACION BASICA $LAA = \frac{(23,65 - 14,19)}{100} \times 1,23 \times 80$

Topografía: Plana 8,5 hectáreas (pendiente hasta 3%)
Irregular 7,8 hectáreas (pendiente hasta 20%)
Asumiendo un agotamiento del agua del suelo en un 75%,

Cultivos: Maíz (8,5 hectáreas), pastos (7,8 hectáreas)
Profundidad radicular = 50 centímetros
Uso consuntivo máximo = 4 mm/día
LARA = 53,1 mm x 0,75

Suelos: Textura franco-arenosa
Tasa básica de infiltración = 11,3 mm/hora
4.3.2 Capacidad de campo = 23,65%
Punto de marchitamiento = 14,19% (60% de la CC)
Densidad aparente = 1,23 gr/cc

Agua: Calidad = buena para fines de riego
Fuente = quebrada "Cangrejos"
pérdida en el aire, evaporación desde el suelo y follaje húmedo, pérdida por percolación, etc. El presente trabajo se tendrá en cuenta la pérdida de agua en base a las condiciones climáticas, siendo el valor correspondiente para la zona en estudio de 75%.

Clima: Caliente moderado
Temperatura promedio 27°C aplicación es necesario para determinar la velocidad del viento 3 km/h

4.3.1 Lámina de agua aprovechable

$$LAA = \frac{(CC - PM)}{100} \times Da \times P \times 100 \quad Ec. 1$$

4.3.3 donde: LAA = Lámina de agua aprovechable (cm)

CC = Capacidad de campo (%)

PM = Punto de marchitamiento (%)

Da = Densidad aparente (gr/cc)

P = Profundidad radicular efectiva (cm)

Ec. 3

P = 50 cm para maíz y pastos

entonces: $LAA = \frac{(23,65 - 14,19)}{100} \times 1,23 \times 50$

$LAA = 5,81 \text{ cm} = 58,1 \text{ mm}$

4.3.4 Asumiendo un agotamiento del agua del suelo en un 75%, la lámina de agua que debe aplicarse en cada riego o lámina rápidamente aprovechable (LARA), será:

Ec. 4

$LARA = 58,1 \text{ mm} \times 0,75$

donde: = 43,5 mm del requerido (L/seg)

A = Área a regar (hectáreas)

4.3.2 Eficiencia de aplicación

F_r = Eficiencia de riego (días)

Un porcentaje del agua aplicada puede perderse por evaporación en el aire, evaporación desde el suelo y follaje húmedo, pérdidas por percolación profunda y escorrentía. Para el presente trabajo se tendrá en cuenta los valores de la página 14, en base a las condiciones climáticas, siendo el valor correspondiente para la zona en estudio de 75%.

Este valor de eficiencia de aplicación es necesario para determinar la lámina promedio aplicada o lámina bruta (Lb), así:

Ec. 2

$Lb = \frac{LARA}{F_r} \times 100$

entonces, $Lb = \frac{43,5 \text{ mm}}{75} \times 100$

$Lb = 58 \text{ mm} = 580 \text{ mm}^3/\text{Ha}$

4.3.3 Frecuencia de riego
 Para los cultivos en mención, la ETP máx./día es la misma por poseer igual coeficiente de cultivo (Tabla VI).

Fr = <u>LARA</u>	214 pies (Ec. 3)
Gasto ETP máx/día	57 GPM (3,591 L/seg)
Boquilla	0,5" (12,7 mm)

entonces, $Fr = \frac{43.5 \text{ mm}}{4 \text{ mm/día}}$

Al aspersor escogido se determinó su intensidad de precipitación o grado de aplicación, usando la siguiente ecuación:
 $10,87 \text{ días} = 11 \text{ días}$

4.3.4 Gasto del diseño

$Q = \frac{2.78 \times A \times Lb}{H \times Fr}$ Ec. 4

donde: I = Intensidad de precipitación (cm/hora)
 Q = Gasto del aspersor (L/seg)

- donde: Q = Caudal requerido (L/seg)
- A = Area a regar (hectáreas)
- Lb = Lámina bruta (mm)
- Fr = Frecuencia de riego (días)
- H = Horas diarias de operación

entonces,
 $Q = \frac{2.78 \times 16,3 \times 58 \text{ mm}}{12 \times 11 \text{ días}}$
 $\# 19,91 \text{ L/seg.}$

4.3.5 Selección del aspersor a utilizar

La intensidad de precipitación del aspersor escogido debe ser menor de 11.3 mm/hora (infiltración básica), para evitar encharcamiento y escorrentía.
 Realizando varias operaciones de sondeo, por facilidades

de manipulación y teniendo en cuenta los catálogos de los fabricantes, se escogió un aspersor tipo cañón pequeño, con las siguientes características: (Tabla X).

Lbs/pulg ²	60 - Psi	No. 6
Diámetro húmedo	214 pies (64,2 m)	
Gasto	57 GPM (3,591 L/seg)	
Boquilla	0,5" (12,7 mm)	

Al aspersor escogido se le determinó su intensidad de precipitación o grado de aplicación haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$I = \frac{q \times 360}{S1 \times Sm} \quad \text{Ec. 5}$$

de acuerdo a la anterior deducción, se utilizaría un
 mínimo de 5 aspersores de
 cada de 17,985 L/seg.

- donde:
- I = Intensidad de precipitación (cm/hora)
 - q = Gasto del aspersor (L/seg)
 - S1 = Separación de los aspersores en el lateral (m)
 - Sm = Separación de los laterales en el principal (m)

4.3.7 Tiempo de operación

por lo tanto,

$$I = \frac{3.591 \times 360}{45 \times 45}$$

entonces,

$$I = 0,64 \text{ cm/hora} = 6,4 \text{ mm/hora}$$

Este valor indica que la intensidad de precipitación del aspersor no excede a la tasa básica de infiltración (11,3 mm/hora).

El espaciamiento de 45 metros entre aspersores y laterales fue designado de acuerdo a la longitud comercial de los tubos de aluminio (9 metros) y teniendo en cuenta un efecto de traslape del 70% para

así, dar una mayor uniformidad de aplicación (Plano # 2).
 posición diaria, tanto para los pastos como para maíz (9 horas). Es de
 aclarar, 4.3.6 Número de aspersores a trabajar (N) de riego se super-
 tará en un día, o sea, que entre riego y riego habría una diferencia, nó
 de 11 sino de 12 $N = \frac{Q \text{ (capacidad requerida del sistema)}}{q \text{ (caudal del aspersor de diseño)}}$ Ec. 6

4.3.8 Cálculo del lateral

por lo tanto,

para este propósito es necesario calcular las pérdidas
 por fricción para diferentes $N = 19.91 \text{ L/seg.}$ y escoger aquel que no
 sobrepase las pérdidas máximas $3,591 \text{ L/seg.}$ (20% de la presión de opera-
 ción del aspersor).

= 5,54 aspersores = 5 aspersores

El caudal que pasará por el lateral será de $57 \text{ GPM} \times 5$
 aspersores = 285 De acuerdo a la anterior deducción, se utilizaría un
 máximo de 5 aspersores de $3,591 \text{ litros/seg.}$ para un total de agua requere-
 rida de $17,955 \text{ L/seg.}$

4.3.7 Tiempo de operación (T)

	Ll	Pérdida total	
3	0,451	180	14,04
4	0,451	180	3,40
5	0,451	180	1,13

Ec. 7

donde: T = Tiempo por posición (horas)

La sigü. Lb = Lámina bruta aplicada (mm)

anteriores resultados de I = Intensidad de precipitación (mm/día)

entonces, $T = \frac{Lb}{I} \times F \times \frac{11}{100}$ Ec. 8

$T = \frac{58 \text{ mm}}{6,4 \text{ mm/hr.}}$

donde: = 9 horas

total de fricción (metros)

pérdidas por fricción por cada 100 m

Teniendo en cuenta que solo se operará el sistema por es-
 pacio de 12 horas en el día, entónces el número de posiciones por día, es:

$\frac{12}{1,33} = 9,02 = 9 \text{ posiciones por día.}$

Por razones prácticas se optará por realizar sólo una posición diaria, tanto para los pastos como para maíz (9 horas). Es de aclarar, que al efectuar esta operación la frecuencia de riego se aumentará en un día, o sea, que entre riego y riego habría una diferencia, no de 11 sino de 12 días.

4.3.8 Cálculo del lateral

Para este propósito es necesario calcular las pérdidas por fricción para diferentes diámetros de tubería y escoger aquel que no sobrepase las pérdidas máximas permisibles (20% de la presión de operación del aspersor).

El caudal que pasará por el lateral será de 57 GPM x 5 aspersores = 285 GPM (17,955 L/seg.).

Pulg.	Pérdidas m/100 m	F	Ll m	Pérdida total m
3	17,3	0,451	180	14,04
4	4,2	0,451	180	3,40
5	1,4	0,451	180	1,13

La siguiente ecuación fue utilizada para obtener los anteriores resultados de pérdidas por fricción:

$$H_f = P_f \times F \times L_l / 100 \quad \text{Ec. 8}$$

donde:

- 4.3.10 H_f = Pérdidas totales de fricción (metros)
- P_f = Pérdidas por fricción por cada 100 metros de tubería (Tabla IX).
- F = Valor de acuerdo al número de aspersores (Tabla VIII).
- L_l = Longitud de la tubería lateral (metros).

4.3.11 Pérdidas máximas permisibles = $60 \text{ P.S.I} \times \frac{20}{100} =$

Excesión del aspersor: $60 \text{ P.S.I.} - 12 \text{ P.S.I.} = 48 \text{ P.S.I.} \quad (8.43 \text{ m})$

Fricción en el principal 8.29 m

Por lo anterior, la tubería a utilizar sería de 4" de ϕ , debido a que la de 3" ϕ produce mayores pérdidas de las permisibles.

Elevador 2.00 m

4.3.9 Pérdidas en la tubería principal 0.34 m

Para este fin se designó un diámetro de tubería de 5", para conducir un total de 285 GPM (17,955 L/seg) en una longitud máxima de 576 metros. Estas pérdidas por fricción se calculan considerando la tubería sin salidas múltiples.

Según la Tabla IX, las pérdidas por fricción por cada 100 metros de tubería de aluminio para 5" es de 1.44, por lo tanto las pérdidas totales serían:

$H_f = P_f \times \frac{L_p}{100}$
donde: H_f = Pérdidas totales del principal (metros)
 P_f = Pérdidas por cada 100 m de tubería (Tabla IX)
 L_p = Longitud de la tubería (metros)

entonces,
 $H_f = 1.44 \times \frac{576}{100} = 8.29 \text{ metros}$

4.3.10 Pérdidas en accesorios
Longitud total: 576 m (64 tubos de 9 m)

Estas pérdidas se consideran como un 10% de las pérdidas por fricción de la tubería lateral.

$3.40 \times 10\% = 0.34 \text{ metros}$

4.3.11 Requisitos de potencia

- Codos - 2 - válvulas - uniones, etc.	
- Presión del aspersor: 60 P.S.I.	42.18 m
- Fricción en el principal	8.29 m
- Fricción en el lateral	3.40 m
- Altura de bombeo	26.00 m
- Elevador (3 lbs/pulg ² (P.S.I.))	2.00 m
- Accesorios: 37 GPM (3,591 L/seg)	0.34 m
- Diámetro mómetro: 64,3 m	
- Noquilla: 5/8" (12.7 mm)	
	CDT TOTAL 82,21 m

La potencia requerida se calcula con la siguiente ecuación:

$$HP = \frac{Q \times CDT}{76 \times Ef} \quad \text{Ec. 9}$$

donde: HP = Potencia requerida

Q = Caudal total (L/seg)

CDT = Carga dinámica total (metros)

Ef = Eficiencia (%)

entonces,

$$HP = \frac{17.955 \times 82.21}{76 \times 0.52} = 37,35$$

4.4 Descripción del equipo

1. Tubería principal de aluminio

- Diámetro: 5"

- Longitud total: 576 m (64 tubos de 9 m)

- Pérdidas por fricción: 8.29 m

2. Tubería lateral de aluminio

- Diámetro: 4"

- Longitud: 180 m (20 tubos de 9 m)

- Pérdidas por fricción: 3.40 m

un total 3. Accesorios suficiente para suplir esta demanda de agua.

- Codos - T - válvulas - uniones, etc.

- Pérdidas por fricción: 0,34 m equivalentes características

(Figura 4):

4. Rociadores

- Tipo: 102 Rain Bird

- Presión: 60 Lbs/pulg² (P.S.I.)

- Descarga: 57 GPM (3,591 L/seg)

- Diámetro húmedo: 64,2 m a gasolina

- Boquilla: 0,5" (12,7 mm)

4.6 5. Bomba y motor de riego

- Bomba centrífuga

- Motor diesel Lister modelo HR3 de 37.5 HP y 1.800 RPM

con una eficiencia del 52% (Fig. 3 y 5).

4.5 Funcionamiento del equipo diesel Lister

HR-3 de 37,5 HP a 1.800 RPM.

Debido a que la fuente abastecedora del agua a utilizar, se encuentra a 11 metros de diferencia de nivel con respecto al pequeño embalse natural (Plano # 1), donde se va a localizar la toma de agua para operar el sistema de riego, es necesario el empleo de un equipo adicional de bombeo que conduzca el agua desde la quebrada "Cangrejos" al embalse en mención, el cual presenta una capacidad de 6.000 m³.

La quebrada suministra en período más crítico (agosto), una cantidad de 18,37 L/seg. de los cuales sólo se tomarán para el presente trabajo el 65% equivalente a 12 L/seg, por razones de legislación de aguas.

El equipo de riego diseñado, requiere un gasto de 17,955 litros/seg. (285 GPM), representando un gasto total en 9 horas continuas de operación de 581,7 m³, y la quebrada sólo puede suministrar en estas horas la cantidad de 388,9 m³, razón por la cual es necesario que el equipo adicional funcione continuamente por espacio de 14 horas/días, dando así,

un total de 604,8 m³, suficiente para suplir esta demanda de agua.

Tapones finales 4"

949 1.000

Este equipo adicional presenta las siguientes características

(Figura 4):

TOTAL \$ 1.384.204

- a. Caudal: 12 L/seg.
- b. CDT: 11 metros
- c. RPM: 3000
- d. Potencia: Motobomba de 9 HP a gasolina
- e. Eficiencia: 65%

4.6 Costo del

Cantidad	Descripción	Vr.Unit.	Vr.Total
1	Bomba centrífuga Aurora 3C acoplada a motor Diesel Lister HR-3 de 37,5 HP a 1.800 RPM. montados sobre trailer de 2 llantas. Incluye cebador manual y tanque de combustible.		\$769.000
1	Manguera de succión de 6" x 6 m de largo.		5.106
1	Conexión para descarga de 5"		3.200
1	Codo de 6" x 45°		3.380
1	Válvula de pie de 6"		8.640
1	Válvula para descarga 5"		6.200
1	Cuello de cisne de 5"		5.900
1	Codo de 45° x 5"		2.900
2	T de control de 5" x 4"	\$10.130	20.260
64	Tubos de aluminio de 5" x 9 m	6.280	401.920
20	Tubos de aluminio de 4" x 9 m	34.595	91.900
5	Rociadores Rain Bird 102	32.000	160.000
TOTAL			1.709.274

5	Trípodes para rociador en 4"	7.000	35.000
2	Tapones finales 4"	949	1.898
1	Remolque para tubería		71.000
	TOTAL		\$ 1.586.304

4.6.1 Costo del equipo adicional

1	Motobomba de 9 HP a gasolina 3/23 a 3.000 RPM		90.500
1	Manguera de succión de 3"		3.500
1	Válvula de pie 3"		4.970
1	Manguera de polietileno 110 m 3"		15.000
	TOTAL	\$	113.970
	GRAN TOTAL	\$	1.700.274

(Jacq) Nichols; guásimo, Guazuma ulmifolia Lam.; higuierón, Ficus glabra H.B.K., etc. para mantener el equilibrio hídrico, evitar la erosión y la escorrentía.

5.2.3. Diseñar otros sistemas de riego tales como el riego por goteo por su gran capacidad de ahorrar agua, para suplir las demandas hídricas producidas por el aumento de nuevos cultivos.

5.2.4. Construir embalses o vasos de almacenamiento donde la condición topográfica lo permita, con el fin de almacenar el agua que escurre de las partes altas de la cuenca hidrográfica.

5.2.5. Realizar estudios de aguas subterráneas para la construcción de pozos con el objeto de elevar agua a la superficie para suplir las futuras deficiencias hídricas que se presentan en la Granja del Patía. *manjado*

5.2.6. Utilizar el equipo de riego por aspersión con otros fines secundarios, de acuerdo a prácticas agronómicas tales como: aplicación de fertilizantes foliares, fungicidas, etc.

5.2.7. Solicitar a la Universidad de Nariño acoja el presente proyecto como parte prioritaria para el desarrollo integral de la Granja del Patía y de las actividades de docencia e investigación que debe cumplir la Universidad.

VI. RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Granja Experimental Patía de propiedad de la Universidad de Nariño, situada al sur del Departamento del Cauca, Municipio de Mercaderes, con coordenadas de latitud norte $1^{\circ} 54'$ y longitud oeste $77^{\circ} 13'$.

La zona en estudio presenta las siguientes condiciones limitantes: topografía irregular con pendientes superiores al 15%, suelos muy permeables (11,3 mm/hora) y poca disponibilidad de agua en los meses de junio (46,37 L/seg), julio (18,55 L/seg) y agosto (18,37 L/seg), escogido este último por ser el más crítico. Bajo estas consideraciones se eligió el sistema de riego por aspersión portátil ya que los métodos superficiales resultan deficientes y difíciles en las condiciones anteriores.

Realizado el diseño de riego por aspersión se determinó la utilización de los siguientes elementos para operar eficientemente el equipo: bomba centrífuga con motor diesel de 37,5 HP, 5 aspersores con presión de 60 Lbs/pulg², 576 metros de tubería de aluminio de 5", 180 metros de tubería lateral de 4" y algunos accesorios como T - válvulas, etc.

Cabe anotar la utilización de un reservorio natural para almacenar el agua, ya que la fuente abastecedora (quebrada "Cangrejos"), se encuentra a 11 metros de desnivel con respecto al embalse en mención. Por ello es indispensable el empleo de un equipo adicional de bombeo con una potencia de 9 HP, que conduzca el agua por manguera en un tramo de 110 metros desde la quebrada hasta el reservorio, el cual presenta una capacidad de 6000 m³ y de donde se va a iniciar el riego.

VII. SUMMARY

This work was carried out at the Experimental Patía Farm owned by the University of Nariffo, and located at the southern part of the Cauca Department in the Mercaderes country, within $1^{\circ} 54'$ north latitude and $77^{\circ} 13'$ west longitude.

The studied area shows the following limiting conditions: a rough topography with slopes greater than 15%, very permeable soils (11,3 mm/hour) and very little water availability in june (46,37 L/sec), july (18,55 L/sec) and august (18,37 L/sec), that was selected because of its criticity. Under these considerations it was elected the portable aspersion irrigation system because the other systems on the surface soil were deficient and difficult in the above conditions.

Once designed the aspersion irrigation system it was also determined the devices that should be used to operate efficiently the equip as: centrifugal pump with 37,5 HP diesel, 5 spinklers y 60 PSI, 576 m 5" ϕ Al pipe, 180 m 4" lateral pipe and some devices like T - valves and so on.

It is also noticeable the utilization of a natural dam to gather water since the principal source (Cangrejos stream), is 11 m lower than the reservoire. That is what it is necessary to use and additional pumping equip with 9 HP which leads the water by a pipe in a distance of 110 m from the mentioned stream to the dam which has a capacity of 6000 m^3 and where the irrigation begins.

8. HAGAN, R. y VASOYA, Y. Principios de cultivos regados. de Riego. Davis, Universidad de California, U.S.A. 1968. 24 p.

9. HANSEN, V. Infiltration and soil water move ment during irrigation. Soil Science (785): 83-90. 1955.

10. HENDERSON, D.W. y BRISS, H. Control of water levels upon the Canal. eds. Irrigation of Agricultural Lands. Wisconsin Journal of Agronomy. 1976. pp.925-933.

11. **BERTRAND, A.R. y HANSEN, V. BIBLIOGRAFIA** y publicaciones de la FAO sobre el riego. Ed. Barcelona, España, Reverté. 1974. 576 p.

1. **BERTRAND, A.R.** Rate of water intake in the field. In: Black C.A. ed. **Methods of soil analysis.** Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy. 1965. pp.197-208.

2. **BARUJ, T.** El riego por aspersión. Misión Israelí. Publicación No.6 Jerusalem. 35 p. 1975.

3. **CHRISTIANSEN, J. y DAVIS, J.** Sprinkler Irrigation Systems. In Hagan, R. et al. eds. **Irrigation of Agricultural Lands.** Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy. 1967. pp.885-903.

4. **CORTES, F. y VIVEROS, M.A.** Análisis bromatológico. Pasto, Universidad de Narifio, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1975.

5. **GRASSI, C.J.** Estimación de los usos consuntivos de agua y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos. Mérida (Venezuela). Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. 1968. 100 p.

6. **_____.** Métodos de riego. Taller de reproducciones del CIDIAT. 1978. 265 p.

7. **GRILLO, M.** Riego por aspersión. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 1974. 76 p.

8. **HAGAN, R. y VAADIA, Y.** Principios de cultivos regados. Departamento de Riego. Davis, Universidad de California, U.S.A. 1980. 34 p.

9. **HANSEN, V.** Infiltration and soil water movement during irrigation. **Soil Science (785):** 83-90. 1955.

10. **HENDERSON, D.W. y HAISE, H.** Control of water intake rates. In, Hagan et al. eds. **Irrigation of Agricultural Lands.** Wisconsin, American Society of Agronomy. 1976. pp.925-930.

11. ISRAELSEN, O.W. y HANSEN, V.E. Principios y aplicaciones del riego. 2a. ed. Barcelona, España, Reverté. 1975. 395 p.
12. KRAUS, J. y ELHANANI, S. Sprinkler uniformity of application test Maan Sprinklers. Field Extension Service (Water and Soils), Jewish Agency Irrigation Division. 1956. 30 p.
13. LEGARDA, B.L. y FORSYTHE, W. Estudio comparativo entre la evaporación calculada por varias fórmulas y la evaporación del tanque; medida en tres lugares tropicales. Turrialba (Costa Rica) 22: 283-292. 1972.
14. _____ . Estudio de algunos métodos para determinar la evapotranspiración con énfasis en el trópico. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Publicación No. 3. 1974. 63 p.
15. _____ . Manual de prácticas de riegos y drenajes. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Publicación No. 9. 1983. 390 p.
16. _____ , ARIAS, A. y CITELLY, F. Riegos y drenajes. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Departamento de Ingeniería. Publicación No. 11. 1974. 228 p.
17. MUSGRAVE, G.W. y HOOTAN, H.N. Infiltración. In Chow. V.T. ed. Handbook of applied hydrology. New York, Mc.Graw-Hill. 1964. Section 12.
18. PAIR, C. Sprinkler irrigation. American Society of Agricultural Engineers. 1975. 980 p.
19. PENMAN, H.L. Natural evaporation from open base soil and grass. Proceeding Royal Society of London. 1948. pp.120-146.

20. SHAVIT, Z. Sistemas de irrigación. Serie de diseños para el desarrollo. Programa No.18. Asociación Israelí de Cooperación Internacional. Jerusalem, 1982. 23 p.
21. S. C. S. Riego por Aspersión. 3a. ed. México, Diana, 1979. 102 p.
22. THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review. 38(1): 55-94. 1948.
23. TORRES, A. y VILLATE, E. Topografía. Cali, Colombia, Norma. 1965. 279 p.
24. WILLIAN, W.A. Field infiltration studies with cream manures and crop residues on irrigation soils. 24(1): 23-26. 1961.

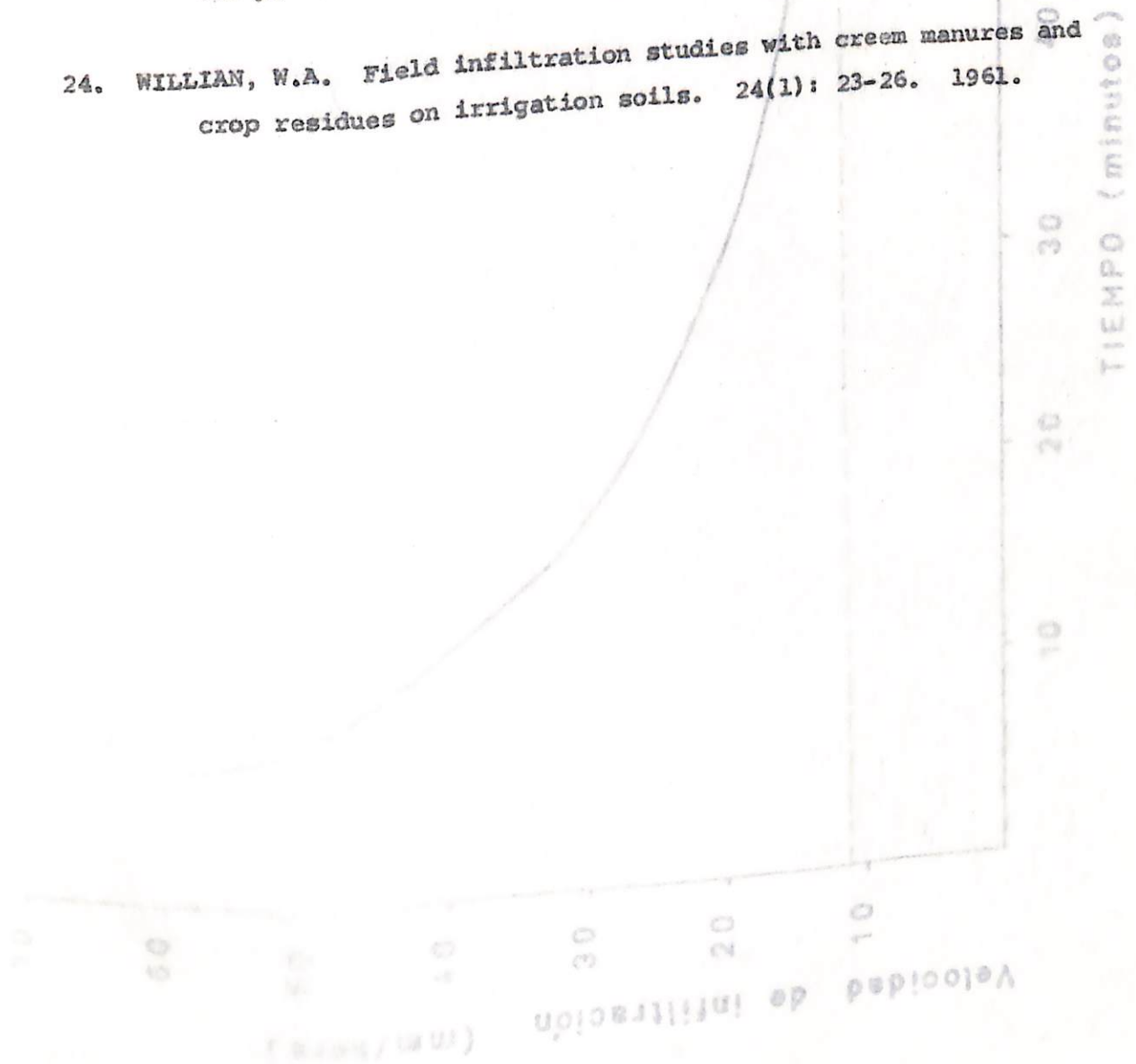


FIG. 1 CURVA DE VELOCIDAD DE INFILTRACION

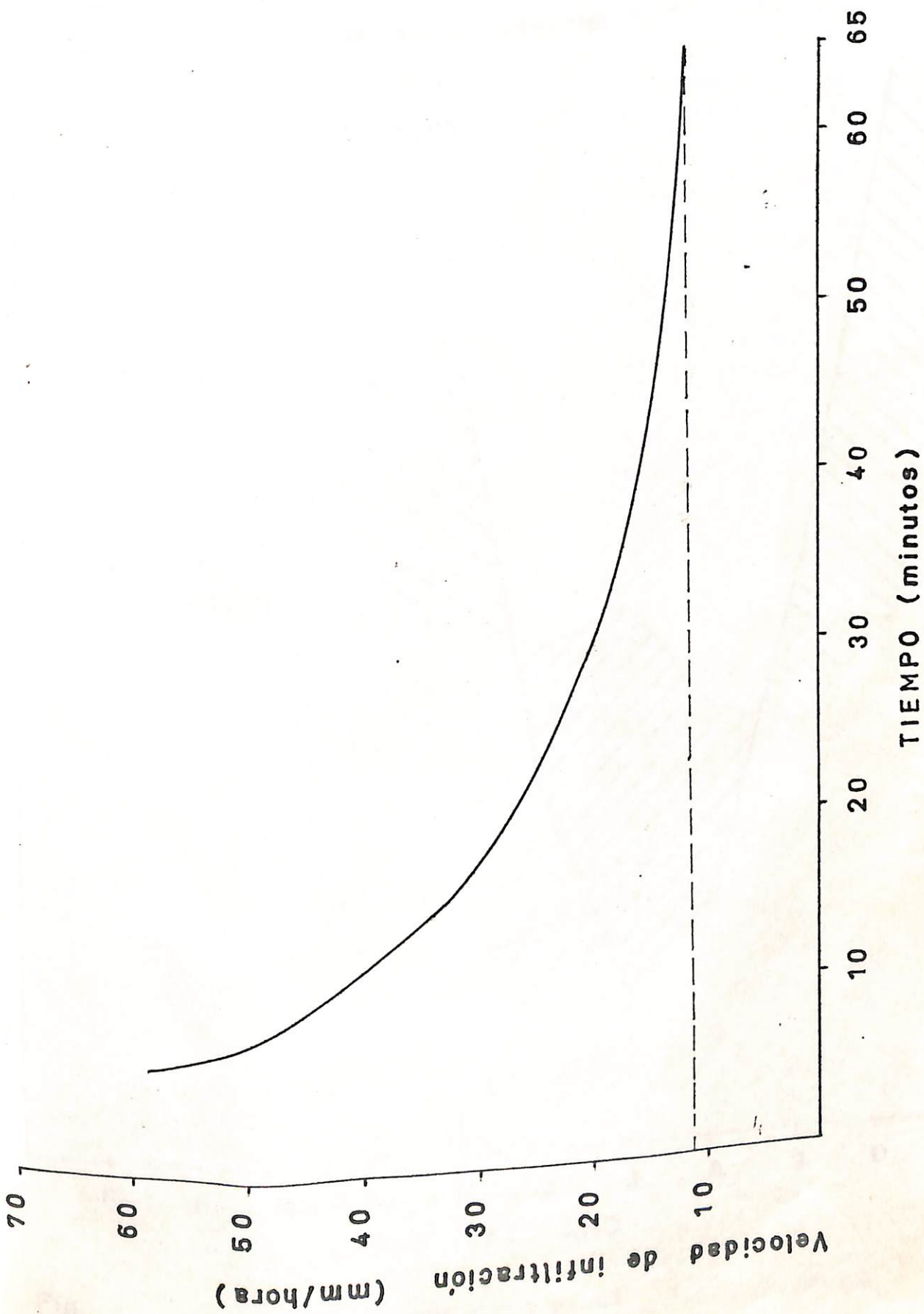


Fig. 1 CURVA DE VELOCIDAD DE INFILTRACION

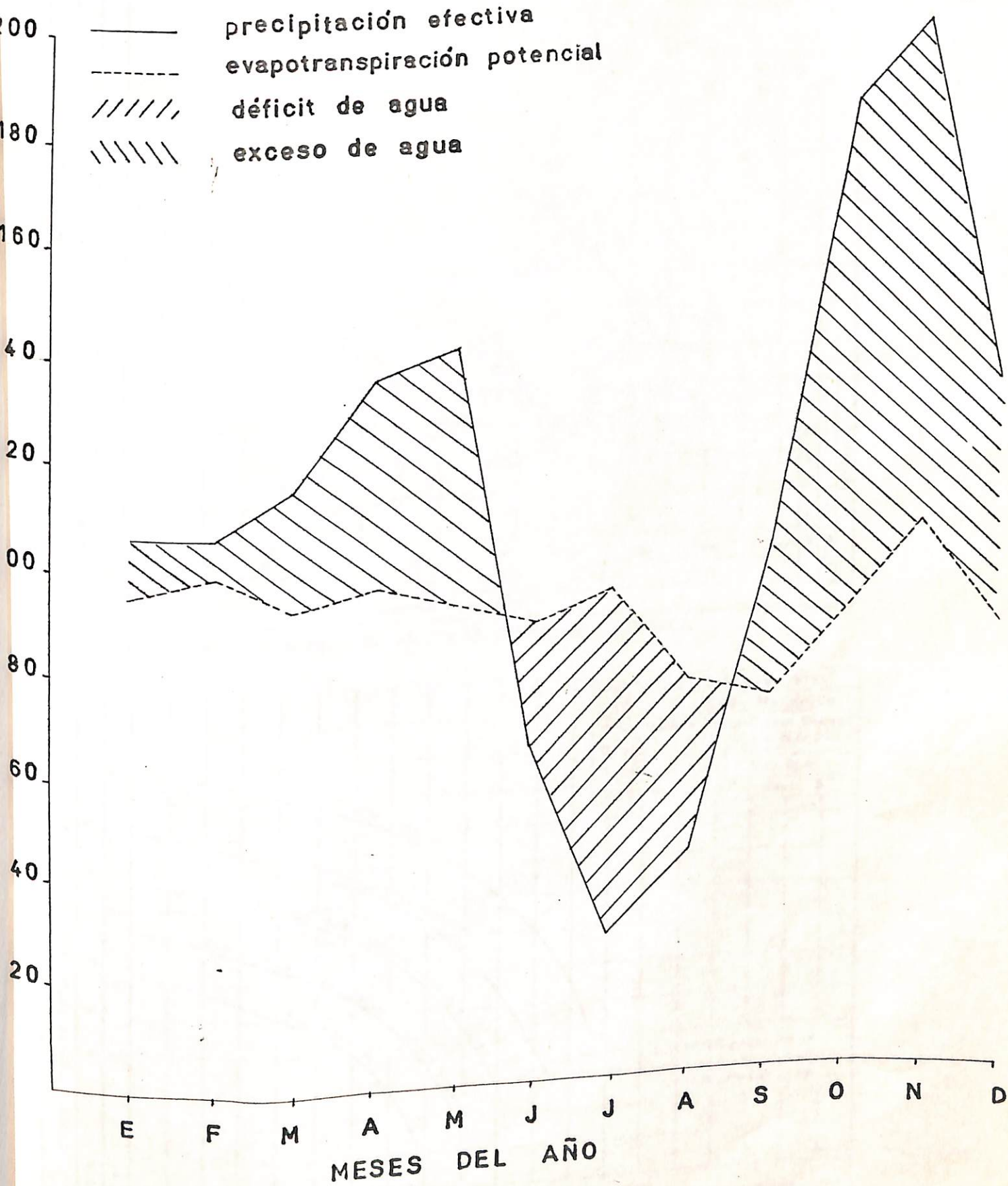


Fig. 2

BALANCE HIDRICO PARA MAIZ Y PASTOS

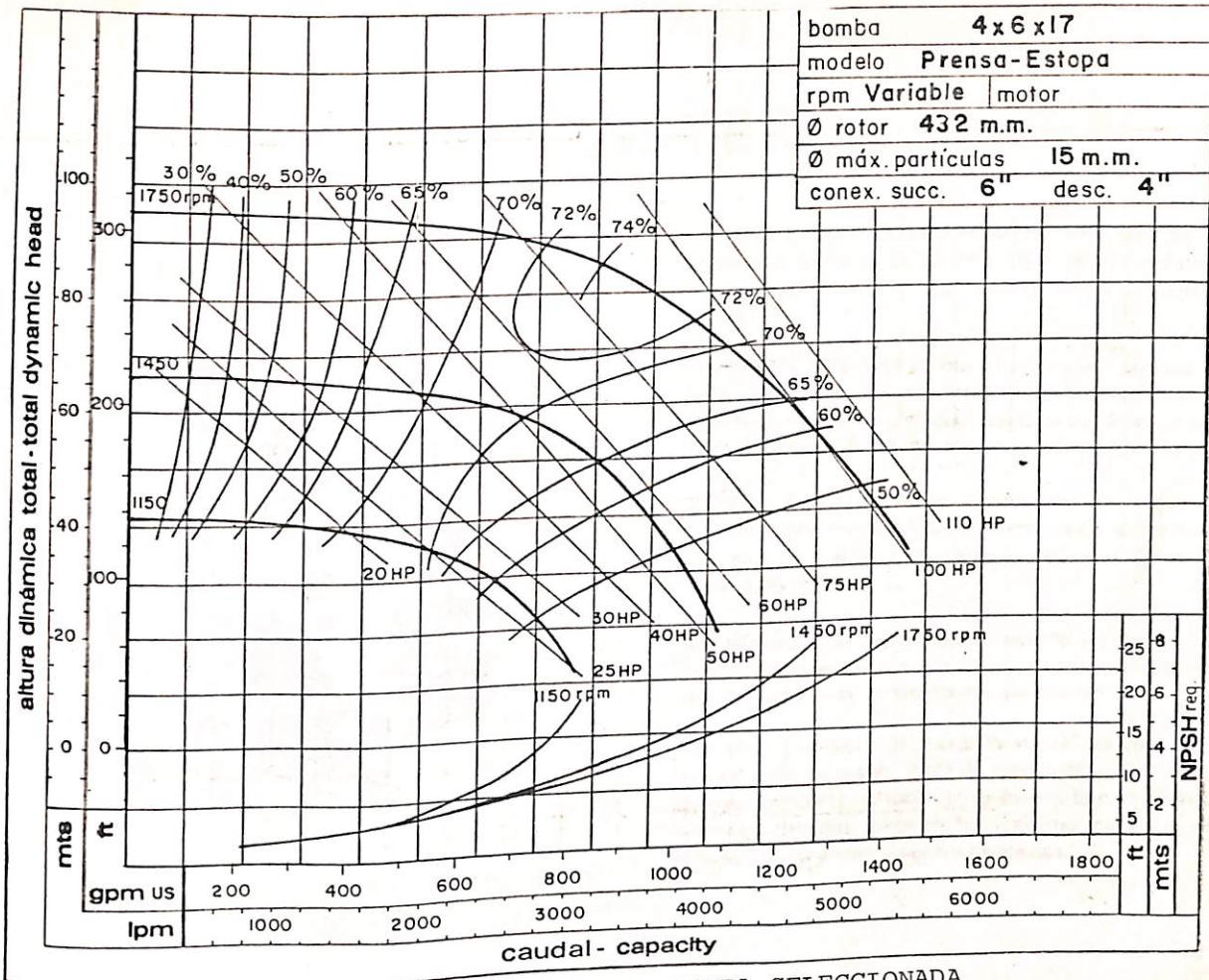


FIGURA 3. CURVAS CARACTERISTICAS DE LA BOMBA SELECCIONADA

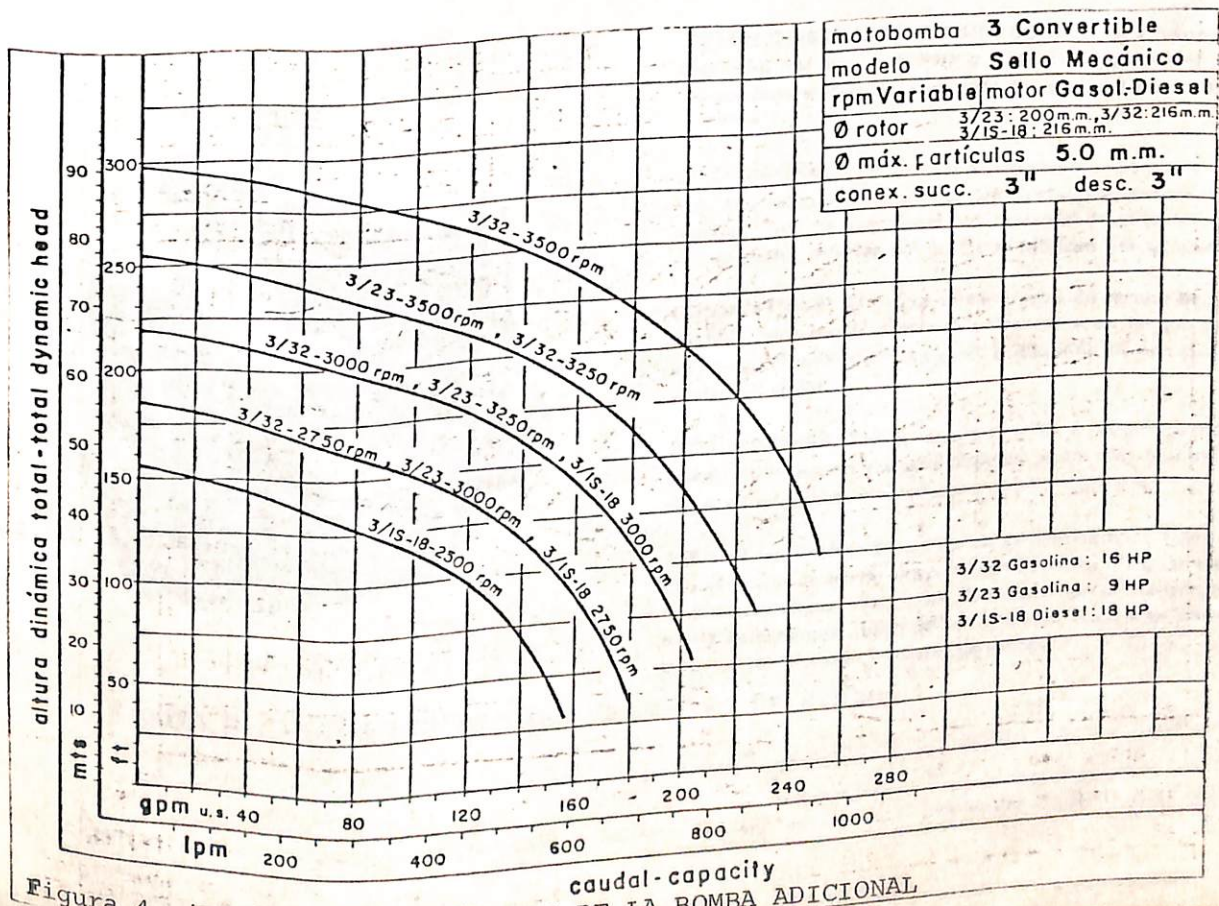
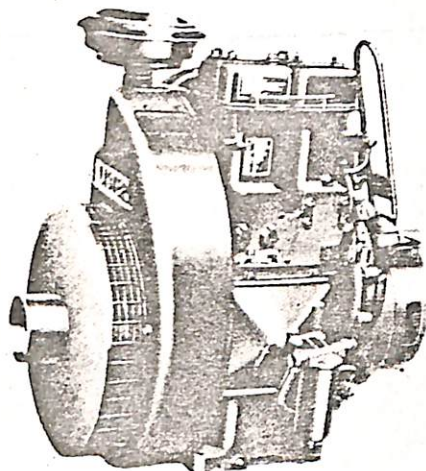


Figura 4. CURVAS CARACTERISTICAS DE LA BOMBA ADICIONAL

LISTER

Modelo HR2



MOTOR DIESEL LISTER MODELO HR2, de 4 tiempos, refrigerados por aire, de 25 HP a 1800 RPM, ventilador radial incorporado al volante, regulador de velocidad constante clase "A".

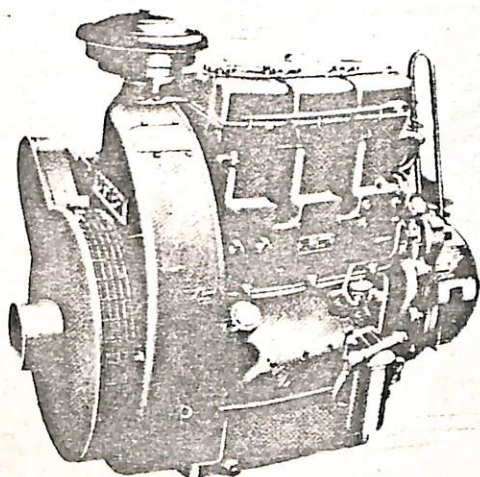
LUBRICACION: Una bomba rotativa suministra aceite a presión constante a los cojinetes principales, mecanismo de balancines, tren de engranajes, cojinetes del árbol de levas; las demás partes móviles del motor se lubrican por salpicadura.

COMBUSTIBLE: El motor se suministra sin tanque de combustible pero puede ofrecerse como extra un tanque de 30 gls. para colocación en la pared; el consumo de combustible es de 1.48 gls/hr.

APLICACIONES: Por su diseño sencillo y robusto el motor puede utilizarse en trabajos pesados como son: bombas de riego, mezcladoras, trituradoras y plantas eléctricas.

EQUIPO NORMAL: El motor se suministra con: Filtro de aire en baño de aceite, filtro de combustible, filtro de aceite de paso completo, silenciador de escape tipo pimentero, manivela de arranque, juego de herramientas manual de instrucciones, lista de partes y pernos de anclaje.

Modelo HR3



MOTOR DIESEL LISTER MODELO HR3, de 4 tiempos, refrigerados por aire, de 37.5 HP a 1.800 RPM, ventilador radial incorporado al volante, regulador de velocidad constante clase "A".

LUBRICACION: Una bomba rotativa suministra aceite a presión constante a los cojinetes principales, mecanismo de balancines, tren de engranajes, cojinetes del árbol de levas; las demás partes móviles del motor se lubrican por salpicadura.

COMBUSTIBLE: El motor se suministra sin tanque de combustible pero puede ofrecerse como extra un tanque de 30 gls. para colocación en la pared; el consumo de combustible es de 2.14 gls/hr.

APLICACIONES: Por su diseño sencillo y robusto el motor puede utilizarse en trabajos pesados como son: bombas de riego, mezcladoras, trituradoras y plantas eléctricas.

EQUIPO NORMAL: El motor se suministra con: Filtro de aire en baño de aceite, filtro de combustible, filtro de aceite de paso completo, silenciador de escape tipo pimentero, manivela de arranque, juego de herramientas, manual de instrucciones, lista de partes y pernos de anclaje.

FIGURA 5. MOTOR LISTER PARA EL EQUIPO DE RIEGO.

Tiempo min.	Altura de agua infiltrada cm	Altura anterior menos altura actual mm	Tiempo actual menos tiempo anterior min.	Infiltración acumulada mm
-------------	------------------------------	--	--	---------------------------

PRUEBA 1

0	16.0	0.0	0	0.0
1	13.3	27.0	1	27.0
2	12.9	4.0	1	31.0
3	12.1	8.0	1	39.0
4	10.9	12.0	1	51.0
5	10.4	5.0	1	56.0
6	9.8	6.0	1	62.0
7	9.4	4.0	1	66.0
8	9.0	4.0	1	70.0
9	8.8	2.0	1	72.0
10	8.2	6.0	1	78.0
11	7.9	3.0	1	81.0
12	7.5	4.0	1	85.0
13	7.1	4.0	1	89.0
14	6.9	2.0	1	91.0
15	6.6	3.0	1	94.0
16	6.4	2.0	1	96.0
17	6.1	3.0	1	99.0
18	5.8	3.0	1	102.0
19	5.5	3.0	1	105.0
20	5.3	2.0	1	107.0
25	4.6	7.0	5	114.0
30	4.0	6.0	5	120.0
35	3.8	2.0	5	122.0
Cambio	12.4	9.0	5	131.0
40	11.5	4.0	5	135.0
45	11.1	12.0	5	147.0
50	9.9	12.0	5	159.0
55	8.7	5.0	5	164.0
60	8.2	5.0	5	169.0
65	7.7	4.0	5	173.0
70	7.3	1.0	5	174.0
75	7.2	1.0	5	175.0
80	7.1	1.0	5	175.0

PRUEBA 2

0	16.10	0.0	0	0.0
1	15.80	3.0	1	3.0
2	15.50	3.0	1	6.0
3	15.20	3.0	1	9.0
4	14.90	3.0	1	12.0
5	14.70	2.0	1	14.0
6	14.40	1.0	1	15.0
7	14.00	1.0	1	16.0
8	14.50	1.0	1	18.0
9	14.30	2.0	1	19.0
10	14.20	1.0	1	20.0
11	14.10	1.0	1	20.5
12	14.05	0.5	1	21.0
13	14.00	0.5	1	21.5
14	13.95	0.5	1	22.0
15	13.90	0.5	1	22.0
20	13.80	1.0	5	23.0
25	13.55	2.5	5	25.5
30	13.50	0.5	5	26.0
35	13.30	2.0	5	28.0
40	13.20	1.0	5	29.0
45	13.10	1.0	5	30.0
50	13.05	0.5	5	30.5
55	12.85	2.0	5	32.5
60	12.75	1.0	5	33.5
65	12.72	0.3	5	33.8
70	12.70	0.2	5	34.0
75	12.68	0.2	5	34.2
80	12.66	0.2	5	34.4
	12.65	0.1	5	34.5

PRUEBA 3

0	19.00	0.0	0	0.0
1	17.80	12.0	1	12.0
2	17.50	3.0	1	15.0
3	17.30	2.0	1	17.0
4	17.20	1.0	1	18.0
5	17.10	1.0	1	19.0
6	17.00	1.0	1	20.0
10	16.90	1.0	4	21.0
15	16.60	3.0	5	24.0
20	16.10	2.0	5	26.0
25	15.90	2.0	5	29.0
30	15.70	5.5	5	29.0
35	15.15	0.5	5	31.0
40	15.10	1.2	5	33.0
45	14.98	0.8	5	36.5
50	14.90	0.7	5	39.0
			5	40.2
			5	41.0
			5	41.7
			5	42.0

TABLA II

LEVANTAMIENTO PLANIMETRICO DE LA GRANJA EXPERIMENTAL PATIA

Estación	Distancia m	Deflexiones observadas	Coordenadas	
			N	E
1			200	800
2	125.25	59° 52 D	156.59	917.28
3	133.79	70° 34	259.41	1002.64
4	42.11	16° 45	298.14	1019.07
5	98.95	71° 38	363.56	944.73
6	123.12	13° 25 D	464.18	873.74
7	41.27	60° 15	460.33	832.57
8	95.61	5° 42	442.05	738.54
9	71.87	37° 16 D	773.85	673.98
10	175.06	15° 03	508.03	501.96
11	19.77	32° 06 D	521.60	487.57
12	107.23	17° 02	569.25	391.34
13	32.00	45° 28 D	599.65	381.38
14	343.47	13° 05	893.40	203.37
15	132.00	64° 45	879.90	71.81
16	170.00	72° 50	713.11	38.34
17	25.50	38° 30	690.40	49.95
18	95.20	36° 05 D	596.31	35.06
19	110.00	13° 55	486.64	44.44
20	109.52	8° 07	379.85	69.00
21	21.12	45° 23	368.75	86.95
22	95.46	31° 49 D	283.25	129.44
23	42.48	55° 15	277.12	171.39
24	39.17	12° 07 D	263.42	208.02
25	49.40	13° 57 D	235.47	248.68
26	85.14	17° 46	210.98	330.07
27	82.93	50° 04 D	134.71	362.68
28	86.61	9° 53	62.06	409.82
29	32.43	6° 13 D	33.09	424.41
30	41.82	93° 19	54.04	460.53
31	68.18	14° 26 D	72.38	526.07
32	83.35	9° 35 D	81.08	608.80
33	137.18	20° 48	142.82	731.05
1	89.70	12° 54	200.00	800.00

TABLA IV

TABLA III

CAUDALES GENSUALES MEDIDOS DURANTE UN AÑO EN LA CUENCA "CANGREJOS"

(1982)

ANALISIS FISICO QUIMICO DE LOS SUELOS

	Velocidad media cm/seg.	Caudal
Humedad, Pw, por ciento		6,34
pH potenciométrico		6,68
Capacidad de campo, por ciento		23,65
Densidad aparente, gr/cc	41,65	1,23
Arenas, por ciento	36,44	53,74
Arcillas, por ciento	17,97	18,40
Limos, por ciento	16,28	27,85
Textura	57,63	Franco-arenosa
Materia orgánica, por ciento	13,91	2,14
NH ₄ ⁺ absorbido, C.I.C., m.e./100 gr	13,81	24,26
Fósforo aprovechable, kg/ha	20,93	127,88
Ca de cambio, m.e./100 gr de suelo	27,86	8,08
Mg de cambio, m.e./100 gr de suelo	28,53	6,78
K de cambio, m.e./100 gr de suelo	46,38	0,68
Na de cambio, m.e./100 gr de suelo	41,97	0,14

TABLA V

CAUDALES MENSUALES MEDIDOS DURANTE UN AÑO EN LA QUEBRADA "CANGREJOS"
(1982)

Mes	Area cm ²	Velocidad media cm/seg.	Caudal L/seg.
Enero	3014,43	41.55	125.25
Febrero	5786,43	36.44	210.86
Marzo	6000,04	17,97	107.82
Abril	7043,40	16.38	115.37
Mayo	7439,10	57,83	430.20
Junio	3333,44	13.91	46.37
Julio	1343,68	13.81	18.55
Agosto	877,92	20.93	18.37
Septiembre	982.62	27.86	27.37
Octubre	1503,60	28.53	42.89
Noviembre	1201,20	46,38	55.71
Diciembre	2373,60	41.87	98.90

Elaborado por la Seccional del INRA en Puyo.

TABLA V

TABLA VI
 DATOS CLIMATICOS MENSUALES PROMEDIOS DE 10 AÑOS (1972-1981) DE LA
 ESTACION SAJANDI (LA FONDA) (*)

Latitud 2° 5' N Longitud 77° 1' W Altura 580 m

Mes	Temperatura °C			Humedad relativ. %	Brillo solar h/día	Evapora- ción mm	Precipi- tación mm
	Media	Máx.	Mín.				
Enero	28.1	31.7	20.9	77	5.8	123.6	140.7
Febrero	26.4	32.3	20.9	72	4.3	130.1	139.9
Marzo	27.6	32.9	19.6	69	5.0	121.7	149.3
Abril	26.6	33.8	20.2	75	5.1	126.6	179.9
Mayo	25.9	31.9	20.8	65	4.6	120.3	188.0
Junio	26.5	32.5	19.3	72	5.0	117.6	86.5
Julio	27.7	34.9	13.0	65	6.6	125.5	36.0
Agosto	26.9	34.5	15.1	66	5.6	102.4	55.8
Septiembre	27.0	33.8	18.4	68	4.6	96.6	133.6
Octubre	26.1	32.5	17.3	64	5.1	120.0	247.4
Noviembre	25.5	31.3	19.9	79	3.6	145.2	269.6
Diciembre	26.1	31.5	17.1	70	5.7	117.3	181.0
Anual	26.7	32.8	18.55	70	5.0	1446.9	1807.7
Total							

(*) = Información suministrada por la Seccional del HINAT en Pasto.

TABLA VII
TABLA VI

BALANCE HÍDRICO PARA LOS CULTIVOS DE MAÍZ Y PASTOS EN LA
ESTIMACION DEL USO CONSUNTIVO PARA EL CULTIVO DE MAÍZ Y PASTOS EN LA
GRANJA EXPERIMENTAL PATIA

Mes	Evaporación tanque efectiva mm	Temperatura °C	Coefficiente cultivo K	Exceso mm	E T P mm
Enero	105.123.6	28.1	0.75	12.82	92.70
Febrero	104.130.1	26.4	0.75	7.35	97.57
Marzo	111.121.7	27.6	0.75	20.76	91.27
Abril	134.126.6	26.6	0.75	39.97	94.95
Mayo	141.120.3	25.9	0.75	50.78	90.22
Junio	84.117.6	26.8	0.75		88.20
Julio	47.125.5	27.7	0.75		94.12
Agosto	61.102.4	26.9	0.75		76.80
Septiembre	100.2096.6	27.0	0.75	27.78	72.45
Octubre	185.9120.0	26.1	0.75	95.53	90.00
Noviembre	202.2145.2	25.9	0.75	93.30	108.90
Diciembre	135.7117.3	26.1	0.75	47.78	87.97

Precipitación efectiva = 75% de la lluvia total.

TABLA VII

BALANCE HIDRICO PARA LOS CULTIVOS DE MAIZ Y PASTOS EN LA GRANJA EXPERIMENTAL PATIA

Mes	Precipitación efectiva mm	Temp. °C	ETP mm	Exceso mm	Déficit mm
Enero	105.52	28.1	92.70	12.82	.375
Febrero	104.92	26.4	97.57	7.35	.372
Marzo	111.97	27.6	91.27	20.70	.370
Abril	134.92	26.6	94.95	39.97	.369
Mayo	141.00	25.9	90.22	50.78	.368
Junio	64.87	26.5	88.20		23.33
Julio	27.00	27.7	94.12		67.12
Agosto	41.85	26.9	76.80		34.95
Septiembre	100.20	27.0	72.45	27.75	.364
Octubre	185.55	26.1	90.00	95.55	.364
Noviembre	202.20	25.5	108.90	93.30	.362
Diciembre	135.75	26.1	87.97	47.78	.362

Precipitación efectiva = 75% de la lluvia total.

TABLA VIII

VALORES DEL FACTOR "F" PARA DIFERENTE NUMERO DE ASPERSORES

N	F	N	F
1	1.000	16	0.377
2	.634	17	.375
3	.528	18	.373
4	.480	19	.372
5	.451	20	.370
6	.433	21	.369
7	.419	22	.368
8	.410	23	.367
9	.402	24	.366
10	.396	25	.365
11	.392	26	.364
12	.388	27	.364
13	.384	28	.363
14	.381	29	.363
15	.379	30	.362

TABLA IX
TABLA IX

PERDIDAS (m) POR FRICCIÓN DE 100 METROS DE TUBERÍA DE ALUMINIO (1)

Caudal gal/min.	Diámetro de Tubería			
	3"	4"	5"	6"
50	0.69			
60	0.97			
70	1.28			
80	1.65			
90	2.05	0.50		
100	2.49	0.61	0.207	
120	3.49	0.86	0.290	
140	4.64	1.14	0.386	0.159
160	5.95	1.46	0.495	0.204
180	7.40	1.82	0.615	0.253
200	9.00	2.21	0.750	0.308
220	10.70	2.64	0.890	0.367
240	12.60	3.10	1.050	0.431
260	14.60	3.60	1.21	0.50
280	16.75	4.12	1.39	0.57
300	19.00	4.69	1.58	0.65
320	21.40	5.30	1.78	0.73
340	23.95	5.90	1.99	0.82
360	26.65	6.55	2.22	0.91
380	29.45	7.25	2.45	1.01
400	32.35	8.00	2.69	1.11
420	35.40	8.75	2.99	1.21
440	38.95	9.50	3.21	1.32
460	41.90	10.35	3.49	1.44
480	45.35	11.20	3.77	1.56
500	48.90	12.05	4.07	1.68

(1) Ignacio Gómez y Cía. Distribuidor de equipos de riego.

CATALOGO DEL ASPERSOR SELECCIONADO

POWER NOZZLE PERFORMANCE—102DL/102DH

P.S.I.	.5"		.6"		.7"		.8"		.9"	
	Dia. GPM	Dia. GPM	Dia. GPM	Dia. GPM	Dia. GPM	Dia. GPM	Dia. GPM	Dia. GPM	Dia. GPM	Dia. GPM
30	—	171	57	179	77	189	102	188	128	—
40	188	47	198	67	210	89	226	117	239	147
50	200	52	220	74	242	99	260	131	272	185
60	214	57	238	82	260	108	280	144	297	177
70	224	61	250	88	275	117	296	156	315	186
80	230	65	260	94	285	126	310	166	335	205
90	238	69	271	98	297	134	326	176	—	—
100	245	72	280	105	307	141	—	—	—	—

POWER NOZZLE PERFORMANCE—102DL/102DH

P.S.I.	.5"		.6"		.7"		.8"		.9"	
	Dia. GPM	Dia. GPM	Dia. GPM	Dia. GPM	Dia. GPM	Dia. GPM	Dia. GPM	Dia. GPM	Dia. GPM	Dia. GPM
30	—	171	57	179	77	189	102	188	128	—
40	188	47	198	67	210	89	226	117	239	147
50	200	52	220	74	242	99	260	131	272	185
60	214	57	238	82	260	108	280	144	297	177
70	224	61	250	88	275	117	296	156	315	186
80	230	65	260	94	285	126	310	166	335	205
90	238	69	271	98	297	134	326	176	—	—
100	245	72	280	105	307	141	—	—	—	—

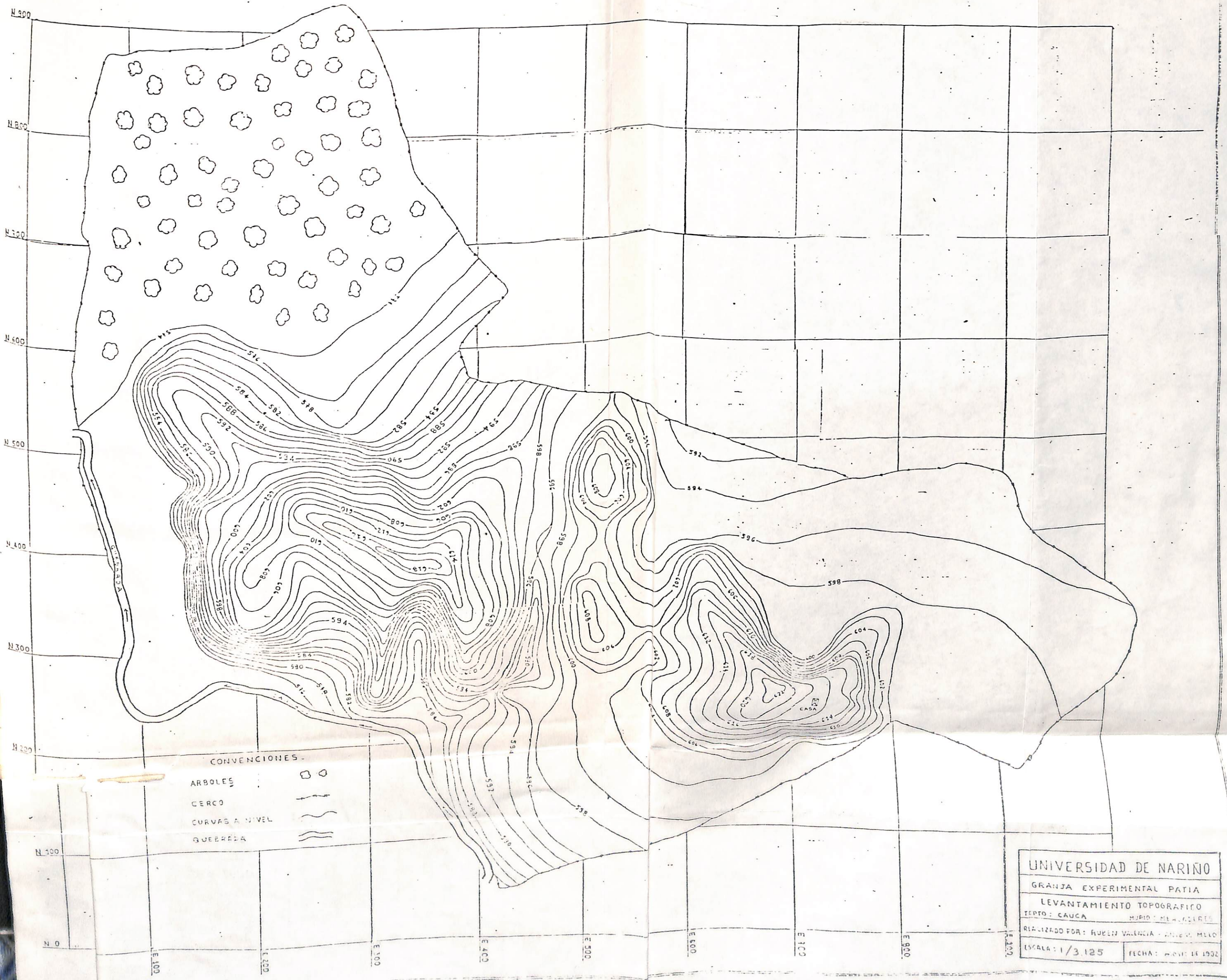
POWER NOZZLE PERFORMANCE FOR 102DL/102DH RAIN GUN® SPRINKLERS

Elbow Pressure (Bars)	Nozzle .5" or 12.7mm			Nozzle .6" or 15.24mm			Nozzle .7" or 17.78mm			Nozzle .8" or 20.32mm			Nozzle .9" or 22.86mm		
	Rad M	M3/Hr	L/Sec	Rad M	M3/Hr	L/Sec	Rad M	M3/Hr	L/Sec	Rad M	M3/Hr	L/Sec	Rad M	M3/Hr	L/Sec
2.00	—	—	—	25.6	12.73	3.54	26.8	17.20	4.78	28.2	22.78	6.33	29.5	28.61	7.95
2.50	—	—	—	28.6	14.25	3.96	30.2	19.24	5.34	32.3	25.45	7.07	34.1	31.84	8.85
3.00	29.3	11.10	3.08	31.3	15.63	4.34	33.7	21.08	5.83	36.3	27.86	7.74	38.2	34.76	9.65
3.50	30.6	11.93	3.31	33.7	16.91	4.70	37.1	22.78	6.33	39.9	30.08	8.36	41.7	37.43	10.40
4.00	32.2	12.69	3.53	35.7	18.09	5.03	39.1	24.36	6.77	42.1	32.14	8.63	44.5	39.90	11.08
4.50	33.4	13.41	3.72	37.2	19.21	5.34	40.8	25.85	7.18	44.0	34.08	9.47	46.7	42.23	11.73
5.00	34.4	14.08	3.91	38.5	20.26	5.63	42.3	27.25	7.57	45.6	35.91	9.98	48.8	44.42	12.34
5.50	35.0	14.72	4.09	39.6	21.26	5.91	43.4	28.59	7.94	47.2	37.65	10.46	51.0	46.50	12.92
6.00	35.9	15.33	4.26	40.8	22.22	6.17	44.7	29.86	8.30	48.9	39.31	10.92	—	—	—
6.50	36.7	15.91	4.42	41.9	23.15	6.43	45.9	31.08	8.64	—	—	—	—	—	—





RING ORIFICE NOZZLE PERFORMANCE FOR 102DL/102DH RAIN GUN® SPRINKLERS

Elbow Pressure (Bars)	Nozzle .5E" or 12.7Emm			Nozzle .6E" or 15.24Emm			Nozzle .7E" or 17.78Emm			Nozzle .8E" or 20.32Emm			Nozzle .9E" or 22.86Emm		
	Rad M	M3/Hr	L/Sec	Rad M	M3/Hr	L/Sec	Rad M	M3/Hr	L/Sec	Rad M	M3/Hr	L/Sec	Rad M	M3/Hr	L/Sec
2.00	—	—	—	26.7	12.73	3.54	28.3	17.20	4.78	30.1	22.78	6.33	31.9	28.61	7.95
2.50	—	—	—	28.9	14.25	3.96	30.7	19.24	5.34	33.0	25.45	7.07	35.1	31.84	8.85
3.00	28.5	11.10	3.08	30.9	15.63	4.34	33.1	21.08	5.83	35.6	27.86	7.74	38.1	34.76	9.65
3.50	30.1	11.93	3.31	32.8	16.91	4.70	35.2	22.78	6.33	37.9	30.08	8.36	41.0	37.43	10.40
4.00	31.8	12.69	3.53	34.6	18.09	5.03	37.1	24.36	6.77	40.2	32.14	8.63	43.5	39.90	11.08
4.50	33.3	13.41	3.72	36.1	19.21	5.34	42.3	34.08	9.47	44.3	34.08	9.47	45.6	42.23	11.73
5.00	34.5	14.08	3.91	37.5	20.26	5.63	40.6	27.25	7.57	44.1	35.91	9.98	47.5	44.42	12.34
5.50	35.5	14.72	4.09	38.8	21.26	5.91	42.2	28.59	7.94	45.1	37.65	10.46	49.3	46.50	12.92
6.00	36.7	15.33	4.26	39.6	22.22	6.17	43.4	29.86	8.30	47.0	39.31	10.92	—	—	—
6.50	37.8	15.91	4.42	40.9	23.15	6.43	44.6	31.09	8.64	—	—	—	—	—	—

10CDL 102DL & 102DH 102DH



CONVENCIONES

- ARBOLES 
- CERCO 
- CURVAS A NIVEL 
- QUEBRADA 

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
 GRANJA EXPERIMENTAL PATIA
 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO
 DEPTO: CAUCA MUNIO: MELIPEDES
 REALIZADO POR: RUBEN VALENCIA - JORGE MILLO
 ESCALA: 1/3,125 FECHA: MARZO DE 1952

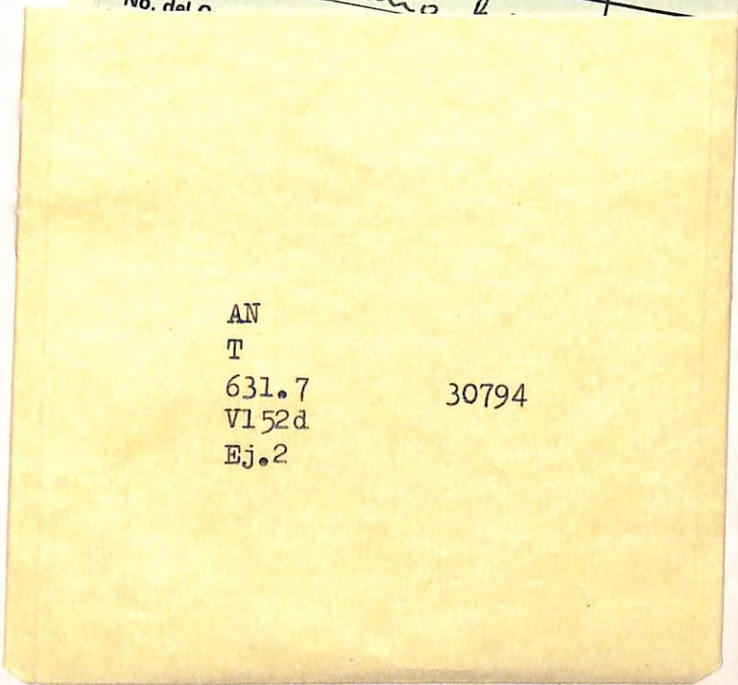


- CONVENCIONES
- CERCA
 - Tuberia Principal
 - Tuberia Lateral
 - Aspersores
 - Bomba
 - 1 Lote para Maiz
 - 2 Lote para pastos
 - 3 Embalse
 - 4 Area de construccion
 - 5 Area sin riego

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
GRANJA EXPERIMENTAL PATIA
DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO
REALIZADO POR: RUBEN VALENCIA - ANIBAL MELO
Escala: 1/3.125 Fecha: Agosto de 1970



AN		30794
T		
631.7	Valencia Ramirez, Rubén Alfredo.	
V152d		
Ej.2	Diseño de un sistema de riego por aspersión.....	VENCE
NOMBRE	<i>Carlos Guerrero R.</i>	
No. del Carnet		
NOMBRE	<i>Segundo I. Posada</i>	
No. del Carnet	<i>8131078</i>	
NOMBRE	<i>Francisco D.</i>	
No. del c		



AN
T
631.7 30794
V152d
Ej.2

AGRI...
20