

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA



**PROPUESTA DE UN MODELO DE RIEGO TIPO ARTESANAL PARA
PEQUEÑAS EXPLOTACIONES HORTICOLAS**

POR

MARIO ROLANDO MORALES AGUILAR

REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO



SAN SALVADOR, DICIEMBRE DE 1991

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

T
631.587
M 828 p.
1991

RECTOR : DR. FABIO CASTILLO FIGUEROA

SECRETARIO GENERAL: LIC. MIGUEL ANGEL AZUCENA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

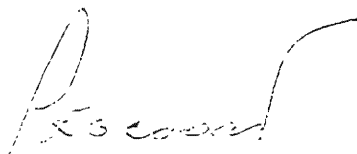
DECANO : ING. AGR. GALINDO ELEAZAR JIMENEZ MORAN

SECRETARIO : ING. AGR. MORENA ARGELIA RODRIGUEZ DE SOTO

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA

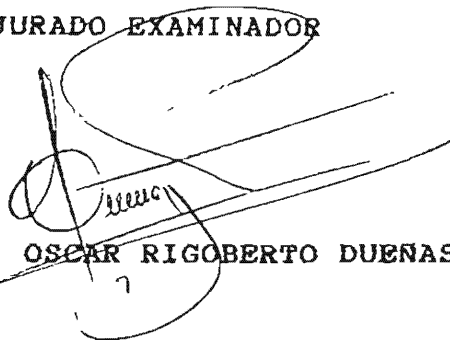
ING. AGR. JUSTO EMILIO CORNEJO

ASESOR

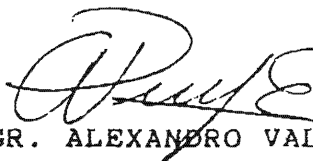


ING. AGR. FREDY ESCOBAR MARTINEZ

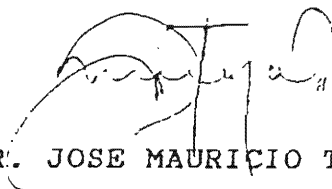
JURADO EXAMINADOR



ING. AGR. OSCAR RIGOBERTO DUENAS



ING. AGR. ALEXANDRO VALMORE PEREZ



ING. AGR. JOSE MAURICIO TEJADA ASECIO

RESUMEN

En el presente estudio, se propone un modelo de riego de tipo artesanal; con el objeto de demostrar sistemas alternativos no convencionales con características similares a los sistemas de riego localizado los cuales son muy eficientes en la utilización del agua, en la conservación de suelos, no permiten el desarrollo de malezas en los entre surcos, permiten la aplicación de agroquímicos al suelo. El sistema propuesto además de lo señalado presenta la ventaja de que el material utilizado para su construcción puede ser adquirido fácilmente en el país, posee un bajo costo inicial con respecto al sistema de riego por goteo.

Para demostrar la efectividad del modelo artesanal se realizó un ensayo de campo; instalándolo junto a un sistema de riego por goteo; se utilizó para evaluar los dos sistemas el cultivo de frijol vigna, (Vigna sinensis) dándoles a las dos parcelas un tratamiento agronómico similar a lo largo de todo el ensayo. De acuerdo a los resultados obtenidos, se pudo apreciar que la diferencia en la producción no fué significativa, pues en la parcela donde se instaló el modelo propuesto se cosecharon 95 libras, y donde se instaló el sistema de riego por goteo la cosecha fué de 97 libras.

Siendo el presente estudio, un primer ensayo en lo que respecta al modelo artesanal propuesto, se tiene la perspectiva de mejorarlo; para hacerlo más accesible al campesino, y obtener resultados más satisfactorios.

DEDICATORIA

A DIOS TODOPODEROSO: Por ser el guía que me dió fortaleza, sabiduría y confianza, para vencer todo obstáculo y así culminar mis estudios.

A MIS PADRES: ROBERTO NAPOLEON MORALES Y CLARA LUZ AGUILAR, por todos sus sacrificios y apoyo incondicional para lograr coronar mi carrera profesional.

A MIS HERMANOS: ROSA MARGARITA MORALES Y JOSE LUIS MORALES, por su apoyo moral en todo momento.

A MI CUNADO: JUAN ANTONIO BARAHONA por su apoyo incondicional.

A MIS PROFESORES: Por darme los conocimientos, que me ayudaran a servir a otras personas.

A TODOS MIS COMPANEROS: Por los momentos inolvidables compartidos.

AL NOBLE CAMPESINO: Que con esfuerzo y sacrificio trabaja la tierra, para lograr dar a la familia el sustento de cada día.

Rolando

I N D I C E

	PAG.
RESUMEN	iv
AGRADECIMIENTOS	v
DEDICATORIA	vi
INDICE DE CUADROS	xi
INDICE DE FIGURAS	xiii
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION BIBLIOGRAFICA	3
2.1. Generalidades del riego en El Salvador	3
2.2. Objetivos de las obras de riego y drenaje	4
2.3. Conceptos de riego y drenaje	5
2.3.1. Concepto específico de riego.	5
2.3.2. Concepto específico de drenaje	5
2.3.3. Concepto general	5
2.3.4. Láminas de riego	6
2.3.5. Frecuencia de riego	6
2.3.6. Período de riego	7
2.3.7. Tiempo de riego	7
2.3.8. Como debe aplicarse el agua	8
2.3.9. Tipos de riego	8
2.4. Factores para planeamiento	11
2.4.1. Clima	12
2.4.1.1. Precipitación	12
2.4.1.2. Temperatura	12

3.7.	Labores culturales y agronómicas	24
3.7.1.	Preparación del terreno	24
3.7.2.	Tratamiento del suelo	25
3.7.3.	Siembra	25
3.7.4.	Control de malezas	25
3.7.5.	Cosecha	25
3.8.	Descripción física del experimento	26
3.9.	Preparación de material	27
3.10.	Montaje del ensayo	28
3.10.1.	Instalación del sistema por goteo	28
3.10.2.	Funcionamiento del sistema de riego por goteo	29
3.10.3.	Instalación del modelo de riego artesanal	30
3.10.4.	Funcionamiento del modelo riego artesanal	32
3.11.	Cálculo del período de riego	33
4.	RESULTADOS	37
4.1.	Relación agua planta	37
4.2.	Relación agua suelo	38
4.2.1.	Distribución de la humedad en el suelo por medio del modelo de riego artesanal	39
4.3.	Eficiencia del modelo de riego artesanal	42
4.3.1.	Eficiencia en la uniformidad de aplicación del agua.	42

4.4.	Análisis económico	48
5.	DISCUSION	50
5.1.	Ventajas del modelo de riego artesanal	55
5.2.	Limitantes del modelo de riego artesanal	55
6.	CONCLUSIONES	57
7.	RECOMENDACIONES	58
8.	BIBLIOGRAFIA	59
9.	ANEXOS	61

INDICE DE CUADROS

CUADRO	PAGINA
1. Programación de riego por medio del sistema de riego por goteo	34
2. Programación de riego por medio del modelo artesanal	35
3. Análisis de humedad en el surco de siembra	40
4. Análisis de humedad en el entre surco de siembra	40
5. Aforo en regantes en el lateral A colocando una sola manguera en un extremo del lateral	43
6. Aforo en doce regantes a cinco presiones diferentes utilizando doble entrada de agua	45
A-1 Costos de material e instalación del modelo de riego artesanal para un área de 360 m ²	62
A-2 Costos de producción de frijol vigna bajo riego por goteo área 360 m ²	63

A-3	Costos de producción de frijol vigna bajo riego por el sistema de riego artesanal área 360 m ²	64
A-4	Tabla de la depreciación anual del equipo de riego por goteo	65
A-5	Tabla de la depreciación anual del equipo de riego artesanal	66

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
1	Acople de manguera en su parte inicial y sellado de tubería de distribución	31
2	Acople de manguera en su parte terminal al lateral	31
3	Porcentaje de humedad en el surco y en el entre surco de siembra a los 5 días despues del último riego . .	41
4	Aforo de regantes utilizando una sola entrada de agua	44
5	Aforo en regantes utilizando doble entrada de agua	44
6	Aforo de regantes a cinco presiones diferentes en el lateral A	46
7	Aforo de regantes a cinco presiones diferentes en el lateral B	47

A1	Sistema de riego por goteo	67
A2	Sistema de riego tipo artesanal	68
A3	Centro-motor	69
A4	Vista Frontal de marcos de sostén	70
A5	Vista aérea de marcos de sostén	71
A6	Estructura de sostenimiento	72
A7	Red de conducción de agua	73
A8	Tambor	74
A9	Rueda direccional-sostenedor	75
A10	Lateral	76
A11	Plano de ubicación del ensayo en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas	77

1. INTRODUCCION

El Salvador cuenta con un territorio reducido, su base económica depende directamente de la agricultura y además posee una tasa de crecimiento poblacional elevada por lo que se vé en la necesidad de utilizar sus escasos recursos de una forma óptima para satisfacer las necesidades de la población.

Para la utilización de los recursos de una manera óptima es necesario la tecnificación del sector agropecuario, con el uso de la técnica del riego se logra obtener conjuntamente con la fertilización, control de plagas y enfermedades, maquinaria agrícola una mayor producción que repercutirá en el nivel de vida del agricultor.

En nuestro país se utilizan diversos sistemas de riego, siendo éstos : gravedad, aspersion y goteo. Cada uno tiene sus características particulares que los hacen diferenciarse entre si algunos son de relativo bajo costo pero poco eficientes, otros trabajan con poca agua y a bajas presiones pero su costo económico es relativamente alto. En vista de todos éstos problemas se propone un modelo de riego de tipo artesanal para pequeñas explotaciones hortícolas, el cual para analizar su funcionamiento y eficiencia se instaló junto a un sistema de riego por goteo en una parcela de la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. El ensayo duró dos meses y el cultivo de prueba fué frijol vigna variedad Caranagui.

Para la obtención de datos (presión hidráulica, tensión de la humedad) se utilizó equipo especial como manómetro de pitot, tensiómetros, de vacío y otros. Se hicieron análisis de laboratorio para determinar la distribución de la humedad en el surco y en el entre surco de siembra en la parcela donde se instaló el sistema de riego propuesto. Se tomaron también datos de producción y eficiencia en cuanto a la uniformidad de aplicación del agua, etc.

Se presenta además en este trabajo un análisis de cada una de las partes que componen este modelo de riego dando algunas recomendaciones para su buen funcionamiento.

Al final se presentan algunas conclusiones de los resultados obtenidos y a la vez se proporcionan otras recomendaciones para posteriores ensayos.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Generalidades de el riego en El Salvador

El Salvador se caracteriza por su alta densidad demográfica que se traduce en una relación 0.12 ha de tierra en uso agrícola por habitante. El nivel de desempleo y subempleo en el sector rural ha sido estimado en el 85% de la fuerza de trabajo disponible. En vista de estas circunstancias y del agotamiento de la posibilidad de ampliación de la frontera agrícola, el país considera el riego como un área de la más alta prioridad dentro de su estrategia de desarrollo.

La expansión de la agricultura bajo riego se considera un camino promisorio para el crecimiento de la agricultura, según lo indican los estudios realizados relativos al potencial de riego en el país. El riego permitiría una diversificación de la producción agrícola hacia ciertos cultivos de uso intensivo de mano de obra (frutas y legumbres frescas), que de acuerdo con estudios realizados, tendrían ventajas comparativas para su exportación, permitiría sustituir las importaciones que de estos productos realiza El Salvador y absorber forma sustantiva el empleo rural.

A pesar de que las condiciones de pluviosidad de El Salvador lo califican como un país de condiciones húmedas, la distribución de la lluvia es muy irregular, concentrándose el 84% en el primer semestre agrícola (mayo-octubre), con los consiguientes problemas de inundación. Esto determina que en

algunas zonas agrícolas se considera altamente riesgoso incluir una segunda cosecha, lo cual se refleja en el bajo índice de uso de la tierra del 0.9. El potencial de aguas subterráneas es 2.2 mil millones de m³. La superficie irrigable es de alrededor de 270,000 ha, de las cuales más del 60% son aptas para cultivos anuales. Actualmente sólo 38,000 Ha tienen infraestructura de riego. La mayor parte del riego existente en El Salvador se ha realizado a nivel de fincas del sector privado, mediante inversiones privadas en equipos de riego por aspersión (10).

2.2. Objetivos de las obras de riego y drenaje

De acuerdo a González, el objetivo fundamental que se persigue al construir cualquier sistema de riego y drenaje es el aprovechamiento racional de las aguas superficiales y subterráneas con el objeto de maximizar su utilización para contribuir al incremento del ingreso nacional a través del aumento de la productividad agrícola y mejorar el nivel de vida de las familias rurales (4).

Sin embargo, para alcanzar ese objetivo fundamental es necesario cumplir con otros de carácter específico que pueden agruparse en sociales, agro-económicos, físicos y político-administrativo. Estos persiguen en conjunto aumentar el nivel de vida de la comunidad agrícola y darle estabilidad de producción agropecuaria mediante la racional utilización de los recursos tierra, agua, planta, trabajo y capital (4).

2.3. Conceptos de riego y drenaje

2.3.1. Concepto específico de riego

Es la aplicación artificial de agua al suelo en forma racional con el objeto de reponer la humedad esencial para que los cultivos se desarrollen en forma óptima sin problemas de escasez de agua (4).

2.3.2. Concepto específico de drenaje

Es la extracción artificial del agua del suelo con objeto de racionalizar la cantidad de aire presente en el mismo para que los cultivos agrícolas se desarrollen óptimamente sin problemas de exceso de agua (4).

2.3.3. Concepto general

Los proyectos de riego y drenaje son empresas de fomento agrícola complejos que distribuyen o regulan cantidades racionales, de agua en zonas adecuadas de terreno y que aplican un gran número de factores esenciales complementarios que permitan la producción óptima de cosechas (4).

2.3.4. Láminas de riego

La lámina de agua debe aplicarse cuando se necesita, para asegurar la operación eficiente y económica de un sistema de riego.

La lámina de agua a aplicar en cada riego depende de la cantidad de agua aprovechable que el suelo puede retener en la zona de las raíces y del nivel de humedad asumido para empezar el riego. Así mismo, recomiendan que la lámina neta a aplicar debe ser igual a la cantidad de agua que el suelo puede retener entre la capacidad de campo y el nivel de humedad asumido para iniciar el riego (14).

2.3.5. Frecuencia de riego

La frecuencia de riego se refiere al número de días entre aplicaciones de agua o riegos. Así se considera que ésta depende del uso consuntivo del cultivo y de la lámina neta a aplicar, estando pues en función del suelo y del cultivo.

La frecuencia de riego, durante la época del crecimiento del cultivo, depende de la etapa de desarrollo de éste y debe haber suficiente agua durante la germinación y cuando la planta emerge; después, el cultivo debe ser regado más frecuentemente hasta la floración. Durante la época de fructificación, la frecuencia disminuye.

Por otra parte, la frecuencia utilizada en el diseño de cualquier sistema de riego, debe ser la necesaria en el período de demanda máxima de agua por el cultivo (14).

2.3.6. Período de riego

El período de riego se refiere al número de días que se pueden permitir para aplicar un riego a cierta área, durante la época de uso consuntivo máximo del cultivo. El período de riego es la base para la capacidad y diseño del sistema.

Las regiones áridas donde los riegos son cíclicos, y el nivel de humedad se mantiene entre la capacidad de campo y aproximadamente 50% de humedad; el período de riego y la frecuencia son idénticos (14).

2.3.7. Tiempo de riego

El tiempo de riego como el tiempo requerido para que una determinada lámina de agua infiltre el suelo. (3)

Para riego en fajas: Tiempo de riego requerido para aplicar la lámina bruta en el área unitaria con el caudal unitario (4). En riego por surcos : es el tiempo requerido para que el agua recorra desde el inicio hasta el final del surco más un cuarto de este tiempo. El tiempo adicional es necesario para obtener una lámina neta de agua al final del surco.

En el método de riego por inundación, el agua cubre toda la superficie del área a regar, formando una lámina continua sobre de ella. Teóricamente el agua debe permanecer en cada punto de la superficie para que el suelo almacene su máxima capacidad en toda su profundidad efectiva; sin embargo, pocas veces es posible satisfacer este requerimiento teórico, ya que la distribución del agua no es uniforme, debido principalmente a la topografía del mismo, encontrándose agua en exceso en las partes bajas, mientras la cantidad de agua es mínima en las partes altas.

El método de riego por surcos, implica el trazo de un cierto número de éstos entre líneas de siembra, que generalmente se abren con arado, introduciéndose el agua en los surcos desde el canal de abastecimiento. Este método es el más generalizado para aplicar agua de riego y en especial para los cultivos sembrados en hilera, como el caso de cereales, hortalizas y frutales (12).

El método por corrugación (o por surcos pequeños muy próximos), se adapta muy bien a los cultivos en siembra estrecha, en terrenos inclinados y ondulados y en terrenos poco permeables, se aplica el agua en surcos pequeños, abasteciéndose el agua por una zanja que se encuentra en la parte alta del terreno.

En la actualidad, el riego por goteo es ante todo, una técnica mediante la cual el agua y fertilizante pueden ponerse a la disposición directa de la zona radicular, gracias a un emisor especialmente diseñado, previsto para caudales

francamente reducidos. Este emisor-el goteador-permite una difusión diferencial tridimensional del agua, manteniendo bajos niveles de tensión suelo agua.

Este método tiene muchas ventajas, especialmente en regiones áridas caracterizadas por suelos salinos pobres, agua de riego salina y un régimen elevado de evapotranspiración.

Las ventajas son :

- Marcado incremento en el rendimiento de los cultivos, frecuentemente al doble o mas de lo que se obtiene con el método por aspersión o por surcos.
- Crecimiento del cultivo que no podrá obtenerse en condiciones normales de riego debido al daño causado por la salinidad.
- Acortamiento en el período de crecimiento, produciéndose cosechas más tempranas.

B - El riego subterráneo o sub- irrigación.

Se usa en los suelos francos delimitados por una capa impermeable en el fondo, como talpetate o arcillas grises (GRUMOSOL), para evitar la pérdida de agua por infiltración.

Implica la construcción de zanjas a intervalos determinados por la textura del suelo. Estas zanjas se llenan de agua y ésta se transmite por capilaridad a ambos lados del terreno adyacente.

Se utiliza este riego en suelos de topografía plana o con una pendiente de 80 cms por Km como máximo, pues en terrenos quebrados u ondulados el abastecimiento de agua de los

cultivos situados en las crestas es mínimo o totalmente nulo (12).

C - El riego por aspersión

Permite distribuir el agua con gran uniformidad. En la actualidad se usan diversas formas de riego por aspersión.

Estas se dividen en dos grupos: Las que distribuyen el agua radialmente con aspersores y las que descargan el agua a través de tubos laterales perforados.

Este tipo de riego es aplicado con grandes ventajas en lugares con topografía ondulada, donde se practica una agricultura intensiva (12).

2.4. Factores para planeamiento

Un diseño bien concebido para los sistemas de riego permite desviar el caudal adecuado de agua en toda la extensión del área de riego, en las debidas proporciones sin causar daños a los suelos y evitando desperdicio excesivo del agua. Es sencillo y práctico en su operación sin obstruccionar otras maniobras de los cultivos. Para planear un sistema de riego de esta naturaleza deben conocerse los factores que afectan el diseño en la superficie que va a regarse. Deben estudiarse esos factores como los suelos, la topografía, los cultivos específicos, el agua disponible, las instalaciones con que se cuenta y los equipos de construcción y labranza que están disponibles (3).

2.4.1. Clima

El clima es un factor que influye en el riego de toda una superficie. En relación con el riego, su clasificación húmedo, semi árido, árido, se basa en la precipitación pluvial. Las regiones húmedas reciben más de 750 mm de precipitación por año; el semi árido 420 a 700 mm y el árido menor de 420 mm. El clima afecta directamente la forma y requerimiento en el desarrollo de las plantas (3).

2.4.1.1. Precipitación

La precipitación anual determina el volumen de agua disponible para almacenamiento. Las lluvias y su distribución durante el ciclo vegetativo, afectan el volumen y la frecuencia de riego necesario. Las tierras que reciben un volumen apreciable de agua de lluvias durante la temporada de desarrollo, pueden requerir una pequeña porción del agua para riego, según sean la distribución pluvial. En algunos años de lluvias propicias y bien distribuidas, quizá no sea necesario el riego (3).

2.4.1.2. Temperatura

La temperatura influye directamente en los volúmenes de agua necesaria para la producción y el diseño de un sistema de riego. El desarrollo de la mayoría de las plantas se

retarda o se detiene a bajas temperaturas. Como la evaporación y la transpiración son naturalmente rápidas a temperaturas altas, la humedad del suelo se agota entonces más pronto.

La duración del ciclo de crecimiento y las temperaturas durante el mismo son determinantes en el tipo de planta que convenga cultivar lucrativamente, mediante el riego, es posible prolongar la temporada de desarrollo para ciertos cultivos

2.4.2. Suelos

El suelo es el cimiento sobre el cual habrá de construirse el sistema de utilización de riego. Debe ser regable, es decir capaz de producir rendimientos suficientemente elevados que permitan cubrir el costo de expansión, además del que implica el trabajo en sí y el mantenimiento. El agricultor debe ser capaz de obtener utilidad con el riego sin deterioro de los suelos.

Para planear el riego es esencial hacer un reconocimiento edafológico. Es la base para determinar si estos son regables y sirve además, para que el proyectista adopte el sistema más adecuado. La ubicación y extensión de los suelos que tienen condiciones apreciablemente diferentes deben tomarse en cuenta al resolver como conviene subdividirse una superficie en caso necesario, y determinar los métodos de aplicación más adecuadamente, así como los volúmenes de agua requeridos. La característica más importante de cualquier suelo es su

capacidad de absorción y retención del agua. También deben de tomarse en cuenta otras condiciones del suelo que influyen en la planeación del riego tales como: alta capacidad de abastecimiento, restricciones para el desagüe, riesgos de erosión, capas duras, áreas compactas y un alto contenido salino.

Para evaluar las características del suelo es necesario también conocer sus propiedades físicas y en que formas éstas afectan el diseño y la operación del sistema de riego (3).

2.4.2.1. Grados de absorción

Debe conocerse la velocidad con que el agua penetra en los suelos en distintos terrenos, así como las condiciones de los cultivos que puedan ocurrir durante el período de aplicación del agua de riego. La cobertura de la superficie, procedimiento de labranza y otros factores afectan el índice de la absorción de cualquier suelo. Uno o varios factores pueden presentarse y deben evaluarse para determinar el grado de penetración en el diseño.

La absorción de los suelos influye en el método de aplicación, la longitud del recorrido y el tiempo de aplicación, todo lo cual afecta a la vez el costo del sistema. Debe conocerse la velocidad a la que el agua recorre el terreno para evaluar las posibilidades de sedimentación y avenamiento del subsuelo. Para determinar y diseñar cualquier método de aplicación de agua, también debe tomarse en

consideración la relación del movimiento lateral de la humedad y su desplazamiento hacia abajo (3).

2.4.2.2. Capacidad de retención de agua

Debe conocerse el volumen de agua que el suelo puede conservar en provecho de los plantíos. La capacidad de retención del agua limita el caudal que debe aplicarse en un riego determinado. En ciertos cultivos para los cuales el suelo tiene baja capacidad de retención se requieren riegos de menos volumen, pero más frecuente que un suelo que tiene alto grado de retención.

Este es un factor que determina el número de días disponibles para aplicar el agua de riego y constituye, en consecuencia la base, para diseñar la capacidad y el tipo del equipo.

El sistema de riego debe diseñarse en forma tal que el agua pueda aplicarse sobre la superficie total antes de que toda la humedad almacenada en algunos sectores del terreno sea utilizada en un cultivo (3).

2.4.2.3. Profundidad

La profundidad en los suelos de regadío es aquella de la cual una planta absorbe la humedad. El suelo que permite el desarrollo normal de la raíz y la penetración proporciona el almacenamiento máximo del agua. Las capas resistentes, tales

como la roca, capas muy compactas, tierras arenosas o altos niveles freáticos, afectan la capacidad de humedad almacenada (3).

2.4.2.4. La textura de los suelos

De acuerdo al MAG, en el suelo se presenta diversas combinaciones de arena, limo y arcilla y la proporción relativa de cada una de ellas, define la textura del mismo. La textura es de importancia fundamental, ya que condiciona la capacidad de transmisión del agua, a través del perfil del suelo.

Muchas propiedades físico-químicas del suelo, están relacionadas con el tipo de textura, aunque no existe una relación matemática entre las unas y las otras, se ha establecido que entre más finas sean las partículas del suelo, mayor es la capacidad de retención del agua, el tamaño de los poros es mas pequeño y la disminuye la velocidad de infiltración del agua. Lo anterior explica en gran parte, la poca permeabilidad y el alto poder de retención del agua que presenta los suelos arcillosos, en contraste con la alta permeabilidad y escasa retención de la humedad por los suelos arenosos (10).

Para determinar la textura de los suelos en el campo, se usa el tacto.

2.4.2.4.1. Arenoso

Es un material suelto, formado por gránulos individuales.

Estos gránulos pueden verse y sentirse fácilmente. Si el suelo se comprime con la mano cuando está seco los gránulos se separan al dejar de oprimirlos. Por otra parte, si se oprimen cuando el suelo está húmedo, forma un molde, pero se deshace al tocarlo (10).

2.4.2.4.2. Franco arenoso

Los suelos franco arenosos contienen un alto porcentaje de arena, pero con suficiente cantidad de limo y arcilla para darle cierta consistencia. Los gránulos individuales de arena pueden ser vistos y sentidos con facilidad. Si este suelo se comprime en seco, forma un molde pero este molde se deshace con rapidez. Al comprimirlo cuando está húmedo se forma el molde, el cual no se rompe si se maneja con cierto cuidado (10).

2.4.2.4.3. Franco

Este suelo está constituido por una mezcla relativamente proporcional de arena, limo y arcilla. Su consistencia es blanda con un poco de material arenoso, ligeramente suave y con cierta plasticidad. Si se le comprime estando seco se forma un molde que puede manejarse con cierto cuidado y cuando

se le comprime estando húmedo, se forma un molde que puede manejarse sin que se rompa (10).

2.4.2.4.4. Franco limoso

Este tipo de suelo tiene una cantidad moderada de arena y solamente una pequeña cantidad de arcilla más de la mitad la constituye el limo. Cuando está seco su aspecto es aterronado, pero los grumos se deshacen con facilidad. Al pulverizarlo se siente suave y harinoso. Al humedecerlo puede moldearse fácilmente y no se rompe (10).

2.4.2.4.5. Franco arcilloso

Este suelo es de textura fina, que por lo general forma terrones o grumos cuando está seco. Cuando se humedece y se comprime entre los dedos, pulgar e índice se forma una cinta delgada y quebradiza, que fácilmente se desmorona por su propio peso. Humedecido tiene consistencia plástica y es pegajosa, forman moldes resistentes. Al amasarlo en la mano no se desmorona fácilmente, sino que tiende a formar una capa compacta (10).

2.4.2.4.6. Arcilloso

El suelo arcilloso generalmente forma terrones duros cuando está seco; en estando húmedo tiene consistencia

plástica y es pegajoso. Al apretarlo entre los dedos se forma una cinta larga y flexible (10).

2.4.3 Aqua

2.4.3.1. Cantidad

La cantidad de agua de riego que se requiera para determinado período debe igualar o exceder el total de las necesidades de agua de riego para dicho período. a este volumen deberá agregarse el agua que se requiera para deslaves y control de la temperatura o de las heladas.

Además del total de agua que se requiera, el promedio de entrega constituye un factor importante para diseñar y operar un sistema de riego. La humedad de la tierra debe reponerse antes de que la siembra se vea reducida por la falta de suficiente humedad en los suelos. El promedio de distribución por unidad de área debe ser igual a la aplicación bruta del riego para la época específica de la operación (3).

2.4.3.2. Calidad

La calidad es un factor importante para evaluar el suministro de agua de riego. A menos que la calidad del agua haya sido determinada con anterioridad, debe practicarse un análisis previo antes de decidir el tipo de agua que deba emplearse para el riego. Generalmente las impurezas disueltas

determinan la calidad del agua, pero las que se encuentran en suspensión pueden producir efectos importantes en ellas. La calidad que hace el agua utilizable depende de condiciones locales como el clima, los suelos, los cultivos y la profundidad a la que va a ser aplicada (3).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación geográfica

El desarrollo del presente proyecto se realizó en el lote de cultivos anuales, ubicado en los terrenos de la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicado en el Cantón Telcualuya, Jurisdicción de San Luis Talpa, Departamento de La Paz.

El 90% del terreno se encuentra en el cuadrante 2356-II Río Jiboa y el resto en 2356-I Olocuilta. Sus coordenadas geográficas son : Longitud Oeste $89^{\circ} 05' 48''$; Latitud Norte $13^{\circ} 28' 03''$. Sus coordenadas planas son : Longitud Oeste 489.6 Kms, Longitud Norte 261.5 Kms (7). Su elevación mínima de 30 y una máxima de 77 mts. sobre el nivel del mar, ubicándose el ensayo a una altura de 39 mts como puede constatarse en la Figura A-11.

3.2. Características del clima

El clima de la región es cálido, observándose una temperatura media de 26.8° y una precipitación pluvial promedio anual y mensual de 1737 mm y 144.75 respectivamente y la humedad relativa de 76% (7).

3.3. Suelo

El suelo donde se desarrolló la investigación pertenece a la unidad, PR-4 clasificado por su capacidad de uso como: I

Son suelos aluviales constituídos por materiales pomicíticos finos sobre materiales de la misma procedencia pero de texturas más gruesas, se pueden catalogar iguales o un poco superiores a la unidad PR-1 en cuanto a su capacidad de uso.

A continuación se describen las características típicas de esta unidad.

0 - 20 cm = F	o	F1
20 - 60 cm = F1		FC1
60 - 160 cm = FAf		Af Arn
160 - 185 cm = F1		C1
185 - 200 cm = FA		Af

Son los mejores suelos de la propiedad. En algunos casos las texturas F1 o FC1 alcanzan hasta más de 110 cms de profundidad. Posiblemente en los períodos más lluviosos aparezca momentáneamente problemas de drenaje, ya que la textura fina y la topografía impiden la salida rápida del exceso de agua de lluvia; pero no se notan moteos en los estratos inferiores lo cual indica que si esto llega a suceder, no es por muchos días seguidos (2).

3.4. Requerimientos de suelos y topografía para la instalación del sistema artesanal de riego propuesto.

Una de las características que debe poseer el terreno donde se instale un sistema de riego de tipo artesanal es que debe de ser uniforme, también debe poseer las dimensiones rectangulares apropiadas. En la preparación mecánica del terreno no necesariamente se tiene que desmontar todo el modelo de riego, basta con quitar la estructura (sostenedores y alambre) (Ver Fig. A-6), mientras pasa la rastra. Hacer un pequeño surqueado donde se va depositando la semilla ayuda a una mejor retención del agua. Al hacer uso de este sistema de riego se evita la pérdida de nutrientes por escorrentía ya que el caudal que sale de los regantes es bajo, también se evita la acumulación de sales pues la misma agua que sale de los regantes ayudan a disolverla.

3.5. Recursos hídricos

Actualmente la fuente de agua es un pozo profundo que abastece todas las necesidades de la Estación Experimental con una capacidad de 280 GMP.

Las características generales de la calidad del agua son:
1.06 Meg/Lit de Ca y 0,2222 Meg/Lit de Mg. Conductividad eléctrica de 73.5 micro mhos/cm 8,7 meg/lit de Na 10,86 RAS y PH 6.4.

Según la clasificación Riverside son aguas con poca salinidad utilizada en riego por tener pocas posibilidades de causar problemas en suelos salinos (8).

3.6. Cultivo de prueba

El cultivo de prueba fué frijol vigna variedad Caranagui, el cual posee las características siguientes : la planta es de crecimientos arbustivo. En época seca el ciclo vegetativo es más corto siendo este de 60 días, mientras que en la época lluviosa dura hasta 85 días. Esta planta se adapta muy bien a la zona costera, sus raíces profundizan hasta 70 cms, la semilla presenta una testa blanca con una pequeña mancha alrededor del rafe, la duración de las fases de crecimiento son :

Plantula	8 días
crecimiento	25 días
floración	15 días
maduración	15 días

3.7. Labores culturales y agronómicas

3.7.1. Preparación del terreno

Se efectuó el paso de rastra lo cual se facilitó el control de maleza, quedando el suelo suelto y con buena aireación.

3.7.2. Tratamiento del suelo

Se aplicó Volatón 2.5 gr a una dosis de 100 Lbs por manzana momentos antes de sembrar la semilla.

3.7.3. Siembra

La siembra se realizó el día 5 de marzo de 1991 dejando un distanciamiento entre surco de 1 mt y entre planta 0.40 mt; se sembraron 2 semillas por postura. Esta labor fue realizada en forma similar en las 2 parcelas en estudio quedando en cada una 12 surcos de siembra.

3.7.4 Control de malezas

En el control de malezas se realizó un deshierbo 30 días después de haber sembrado la semilla, notando que esta no tuvo gran incidencia debido a que el riego en las 2 parcelas fué localizado. El control fué manual y la maleza creció más que todo en el surco de siembra.

3.7.5. Cosecha

La cosecha se sacó en fresco o ejote realizando 4 cortes con un intervalo de 5 días entre cada uno siendo realizados éstos en la misma fecha para las 2 parcelas. Los ejotes cortados se metieron en bolsas de plástico para luego ser

pesadas, sacando así el peso en libras y determinando la producción en cada parcela.

3.8. Descripción física del experimento

El modelo propuesto consta de 4 partes fundamentales que son:

- Centro motor, que es donde se genera el movimiento que hace funcionar a todo el sistema. Consta de 2 cuartones de madera y 2 tambores en los cuales se enrollan 2 alambres galvanizados que dan movimiento a otras estructuras (Fig. A-3).

- Marcos base de sostén son estructuras de madera sobre las que descansan varias ruedas direccionales. Estos marcos sirven de apoyo a diversos materiales fijos y móviles para el funcionamiento del sistema (Fig A-4 A-5)

- Estructura de sostenimiento compuesta por sostenedores de madera y alambre galvanizado. Sobre éstas estructuras se deslizan los laterales que riegan las plantas a lo largo del terreno (Fig. A-6).

- Red de conducción del agua. Compuesta por tubería de PVC, aluminio y plástico en diferentes diámetros. Esta comienza desde que se toma el agua de la tubería principal hasta que se deposita en el suelo por medio de los regantes (Fig. A-7).

3.9. Preparación de material

Previo a la instalación del modelo de riego artesanal se construyeron las siguientes estructuras.

- 2 marcos de sostén: formada por 6 cuartones de 4 mts cada uno, en donde sus extremos se acoplan entre si. Se cortaron también 10 piezas de cuartón de 2 mts cada una haciéndole a 8 de ellas un corte en uno de los extremos, mientras que a otras 2 se les abrió un agujero de 27 mm de diámetro (Fig. A4-A5).

- 2 tambores : para la construcción de estos se utilizó 2 recipientes cilíndricos de lámina de 30 cms de diámetro, a estos se les abren 5 agujeros en su base colocando en el del centro un tubo de aluminio que tiene 42 cms de largo y 27 mms de diámetro, mientras que en los otros 4 se colocan tubos de PVC de 38 cms de largo por 27 mm de diámetro. Además se abren otros 4 agujeros a una orilla del recipiente colocando en ellos tubos galvanizados con la medida de 22 cms. de largo por 22 mm de diámetro, ya colocado todo este material se rellena una mezcla de arena, cemento y agua quedando una estructura sólida y pesada (Fig. A-8).

- 8 ruedas direccionales construídas por aros de bicicleta (Fig. A-9).

- 18 sostenedores hechos de vara de bambú y pequeños trozos de madera (Fig. A-9)

- 2 laterales, formados por tubos de aluminio de 6 mts de largo por 11 mms de diámetro, a éstos se les abren 6 agujeros

para acoplar 6 tubitos de plástico que tienen 1.5 mts de largo por 4 mm de diámetro. Estos tubitos van adheridos a un alambre galvanizado número 18 que permite darle la forma y posición adecuada (Fig. A-10).

3.10. Montaje del ensayo

Delimitación del área : El área que se utilizó fué de 900 m²; esta se dividió en 2 partes iguales de 450 m² cada una con las dimensiones de 30 mts de largo por 15 mts de ancho. En la primera parte se montó el sistema de riego por goteo y en la segunda el modelo de riego artesanal. En la parte central del terreno se instaló una tubería de aluminio de 7.5 cm de diámetro (tubería principal) la cual se alimenta con el agua de pozo ubicado en el lote la bomba. De esta tubería se tomó el agua que serviría para el riego en las 2 parcelas.

3.10.1. Instalación del sistema por goteo

El equipo de riego por goteo fué aportado por la Universidad de El Salvador siendo la marca de este NETAFIN consta de una tubería principal, acoples, una válvula, una tubería de distribución, una serie de tubos laterales, en los cuales se encuentran unos goteros o emisores de forma circular llamados también de botón. Una vez delimitado el terreno se colocaron 12 estacas en cada extremo a un distanciamiento de un metro. Seguidamente se acopló la válvula a la tubería

principal, éste acople se hizo en una de las esquinas del terreno, luego se acopló a la válvula la tubería de distribución la cual porta unas estructuras llamadas conectores, en estos, se acoplan los tubos laterales que poseen un diámetro interno de 11 mm, estos laterales se amarran a las estacas guías, quedando separados a un metro a todo lo largo del terreno.(Fig. A-1).

3.10.2. Funcionamiento del sistema de riego por goteo

El sistema de riego por goteo se caracteriza porque en su funcionamiento no se realiza algún movimiento en toda su estructura, por lo que a la vez se genera un riego localizado.

El agua que es impulsada por medio de la bomba pasa por la tubería principal hasta llegar al lugar de ensayo, al abrir la válvula se dá el flujo de agua hacia la tubería de distribución. Según como se abra la válvula así es el caudal que se genera. El agua que viene de la tubería de distribución pasa a la tubería lateral en la cual se encuentran los emisores o goteros por donde finalmente sale en forma de gotas manteniendo un caudal uniforme.

La presión utilizada en el sistema de goteo fué de 14 PSI dándose una descarga nominal de 3.7 Lt/hr.

3.10.3. Instalación del modelo de riego artesanal

- Centro motor: en esta estructura se genera el movimiento a todo el sistema y se coloca en una de las esquinas del terreno. Enterrando a 0.5 mts los 2 cuartones que poseen los agujeros, entre éstos se coloca un tubo galvanizado de 42 cm de largo por 2.2 cm de diámetro, este sirve de eje para la rotación de los tambores (Fig. A-3)

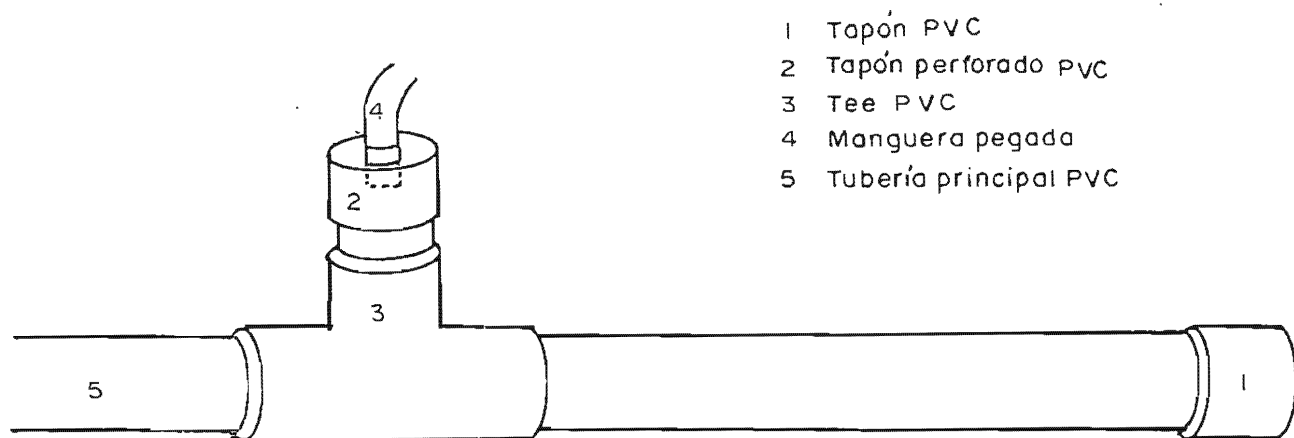
- Marco de sostén: se entierran a 0.5 mt 4 cuartones de base en cada extremo a lo ancho del terreno, sobre éstos se hacen descansar los cuartones de 4 mts los cuales llevan montadas las ruedas direccionales (Fig. A-4 A-5).

- Estructura de sostenimiento. se utiliza alambre No. 16 colocándolo bien tenso desde un marco de base hasta el otro, este alambre descansa sobre sostenedores previamente instalados (Fig. A-6).

- Alambre de movimiento: este alambre es número 18 siendo utilizados 2 ; el primero sale del tambor A pasa por las ruedas direccionales 1, 2, 3, 4, llegándose a enrollar 32 vueltas en el tambor B. El segundo alambre sale del tambor A pasa por las ruedas direccionales 5,6,7,8, llegándose también a enrollar 32 vueltas en el tambor B (Fig. A-5).

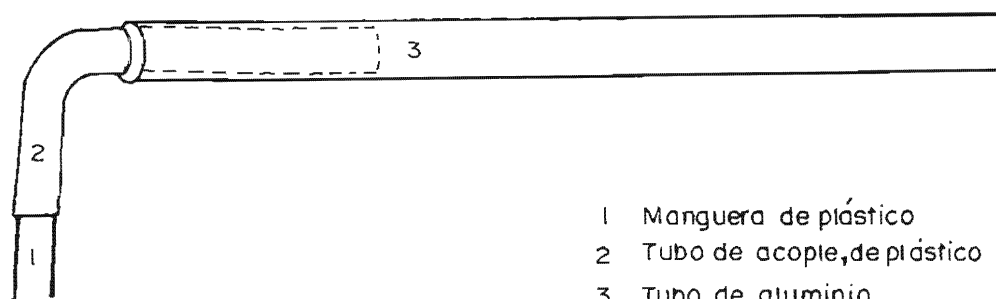
- Red de conducción del agua: A la tubería principal que llega a la mitad del terreno se acopla un tubo reductor, seguido luego de un codo, un acople, una válvula y otro acople que se une a la tubería de distribución siendo ésta un tubo

PVC de 2.2 cm de diámetro por 12 mts de largo en el cual se instalan 4 tubos tee de PVC. En el extremo del tubo de 12 mts se coloca un tapón y en cada tubo tee se coloca un tapón perforado en el que se instala una manguera de 6 mm de diámetro por 17 mts de largo (Fig. 1) los otros extremos de las mangueras se acoplan a los laterales (Fig. 2).



- 1 Tapón PVC
- 2 Tapón perforado PVC
- 3 Tee PVC
- 4 Manguera pegada
- 5 Tubería principal PVC

Fig. 1 Acople de manguera en parte inicial y sellado de la tubería de distribución



	Diámetros	
	interno	externo
1 Manguera de plástico	6 mm	8 mm
2 Tubo de acople, de plástico	8 "	11 "
3 Tubo de aluminio	11 "	13 "

Fig. 2 Acople de manguera en su parte terminal al lateral

El tubo de acople no va pegado al tubo de aluminio, o sea solamente va puesto. De esta manera se logra desconectar fácilmente el lateral en caso de ser utilizado en otro lugar.

3.10.4. Funcionamiento del modelo riego artesanal

El presente modelo de riego se caracteriza porque en la aplicación del agua se genera una serie de movimientos en varias partes del sistema con el fin de lograr un riego localizado.

Hasta el momento se recurre a la fuerza humana para hacerlo funcionar. La parte donde se aplica la fuerza humana es en el centro motor. Haciendo girar los 2 tambores se desenrollan en uno de ellos 2 alambres, mientras que en otro se van enrollando los otros extremos de éstos. Los alambres son llamados de movimiento y a estos se amarran los laterales como ya se explicó anteriormente. Al mover los tambores se desplaza el alambre de movimiento que a su vez mueve los laterales a lo largo del terreno.

En el modelo de riego se utilizan 2 laterales, cada uno riega la mitad del terreno. Estos laterales están ubicados en cada uno de los extremos del terreno y al hacer funcionar el sistema se desplazan en dirección opuesta, cuando uno recorre un metro lo mismo hace el otro, llegándose a juntar en la parte media del terreno y terminando su recorrido al llegar hasta el otro extremo al mismo tiempo respectivamente.

Para la extracción e impulsión del agua se utiliza una bomba, el agua atraviesa por una tubería de aluminio hasta llegar al terreno en donde se realiza el ensayo. Pasando luego a la tubería principal y de distribución. Entre la tubería

principal y de distribución se encuentra una válvula, la cual regula el caudal con el que se piensa trabajar, el agua que pasa por la tubería de distribución se distribuye en 4 mangueras, 2 de ellas se unen a un lateral y las otras dos al otro lateral, el agua entra a los laterales en donde se reparte en 6 regantes que tiene cada lateral, de los regantes sale el agua que se aplica directamente al suelo. (Fig. A-2)

3.11. Cálculo del período de riego

Para calcular el período de riego se utilizó un tensiómetro HYDRATAL 1000 instalado en el surco de siembra a 30 cms de profundidad en el terreno donde se ubica el modelo de riego artesanal. Este tensiómetro cuenta con un conjunto medidor con valores que van desde cero hasta cien y una aguja que marca cuando es necesario aplicar el riego.

Los valores orientados son los siguientes :

de 0-10 CB. El suelo está saturado. Lecturas continuadas en esta escala indican riego excesivo.

10-25 CB. La mejor condición de humedad y aireación del suelo.

Capacidad de campo. Generalmente se detiene el riego para ahorrar agua.

25-50 CB Aconsejable iniciar el riego

50-70 CB Escala de peligro. Las raíces de las plantas

tienen dificultad de sacar agua del suelo. El desarrollo de la planta puede sufrir.

Esta tabla es aplicable para suelos naturales donde los tensiómetros HIDRATAL-1000 son eminentemente útiles.

CB= CENTIBARES

Cuadro No. 1. Programación de riego por medio del sistema por de riego por goteo.

Nº de Riego	Fecha de Riego.	Tiempo de riego (hr)	Caudal de riego lt/hr/got	Volumen de agua aplicado en cada riego (Lts)
1	MAR. 5	1	3.7	3 330
2	" 8	1		3 330
3	" 11	1		3 330
4	" 14	1		3 330
5	" 17	1		3 330
6	" 20	1		3 330
7	" 23	1		3 330
8	" 26	1		3 330
9	" 31	1		3 330
10	ABR. 5	1		3 330
11	" 10	1		3 330
12	" 15	1		3 330
13	" 20	1		3 330
14	" 25	1		3 330
15	" 30	1		3 330
			TOTAL	49 950

El sistema de riego utilizado consta de 900 goteros.

El caudal de los goteros es de 3.7 Lts/hr. De los 900 goteros se produce un volumen de 3,330 Lts/hr de agua.

Para determinar el intervalo de riego se utilizó un tensiómetro.

El tiempo de riego fué determinado en forma práctica de acuerdo a la profundidad del bulbo de mojado en relación al tiempo.

Cuadro No. 2. Programación del riego por medio del modelo artesanal.

Nº de Riego	Fecha de Riego.	Tiempo de riego (hr)	Caudal de riego lt/hr emisor	Volumen de agua aplicado en cada riego (Lts)
1	MAR. 4	2	69.5	-
2	" 5	1		835
3	" 6	1		835
4	" 7	1		835
5	" 8	1		835
6	" 9	1		835
7	" 10	1		
8	" 11	1		
9	" 12	1		
10	" 13	1		835
11	" 14	1		835
12	" 15	1		835
13	" 16	1		835
14	" 17	1		835
15	" 20	2		1 670
16	" 23	2		1 670
17	" 26	2		1 670
18	" 31	2		1 670
19	ABR. 5	2		1 670
20	" 10	2		1 670
21	" 15	2		1 670
22	" 20	2		1 670
23	" 25	2		1 670
24	" 30	2		1 670
			TOTAL	29 225

El sistema consta de 12 regantés

En cada regante o emisor se genera un caudal de 69.5 Lts/hr.

De los 12 emisores se produce un volumen de agua de 835 Lts/hr. Para determinar el intervalo de riego se utilizó un tensiómetro. El tiempo de riego fué determinado en forma práctica de acuerdo a la profundidad del bulbo de mojado en relación al tiempo.

Para el desplazamiento de los laterales a lo largo del terreno, se giro el tambor $1/4$ de vuelta cada 30 segundos, moviéndose éstos 24 cms cada intervalo de tiempo, hasta, completar su recorrido de 30 mts en una hora. Cuando el riego fué de dos horas se giró el tambor $1/4$ de vuelta por minuto.

4. RESULTADOS

4.1. Relación agua planta

Siendo el cultivo vigna, el que se utilizó en el ensayo, para determinar la eficiencia de los diferentes sistemas de riego empleados, se dá a conocer el comportamiento de este cultivo. Estando el suelo ya preparado e instalado los 2 sistemas de riego, se hizo un primer riego por medio del modelo artesanal, al día siguiente se sembró el cultivo de vigna en las 2 parcelas, luego se realizaron riegos diarios de 1 hora. A los 4 días empezaron a emerger las primeras plántulas; llegándose a uniformizar la germinación a los 8 días.

En los dos sistemas de riego utilizados no se observó descubrimiento de semillas, ni maltrato a las plantulas por las características especiales de cada uno como son: en el sistema de goteo el agua sale en forma de gotas y está directamente instalado en el suelo, mientras que en el modelo artesanal el caudal que sale de los regantes es bajo y el agua no cae directamente sobre la semilla o plantula. Según pasaba el tiempo y las plantas crecían se notó que la incidencia de maleza no fué significativa ya que las 2 formas utilizadas para regar las plantas fueron localizadas.

La maleza creció más en el surco de siembra que en el entre surco por lo que se hizo necesario limpiar las 2

parcelas un mes después de haber sembrado la semilla. El crecimiento del cultivo trajo como consecuencia un más alto volumen de follaje, y para evitar que los regantes instalados en el modelo de riego artesanal se enredaran entre las plantas se les dió a éstos la forma y distanciamiento adecuado por medio de tirantes (Fig. A-10).

En la etapa de floración ninguno de los 2 sistemas utilizados ocasionó problemas de caída de flores, ya que en el de goteo no se produce algún movimiento cuando esta funcionando, mientras que en el artesanal, de los regantes se encontraba a solo 20 cms del suelo en una posición horizontal.

La producción en las 2 parcelas fué la siguiente :

97 libras en la parcela regada por medio del sistema de riego por goteo

95 libras en la parcela regada por medio del modelo de riego artesanal la cosecha se sacó en fresco o ejote.

4.2. Relación agua suelo

El terreno donde se efectuó el ensayo posee una textura franca de 0 a 20 cms, franco limoso de 20 a 60 cms y franco arenoso de 60 a 160 cms por lo cual se dió una buena infiltración del agua de riego, la topografía plana evitó la formación de escorrentía superficial. En el primer riego que se realizó se notó que las franjas de suelo mojado quedaron bien delimitadas y sin ninguna interrupción, por lo que sirvió de guía para la siembra del cultivo. A las 24 horas se

notó que la humedad había bajado 10 cms de profundidad. El primer riego por goteo se efectuó al momento de sembrar el cultivo, notando que los bulbos de mojado se traslapaban entre sí, a la vez que la profundidad de este bulbo era mayor que el dejado por el riego artesanal.

4.2.1. Distribución de la humedad en el suelo por medio del modelo de riego artesanal

Para saber como quedaba distribuída la humedad en el suelo se realizó un muestreo de suelo, tomando 10 muestras, 5 en el surco de siembra y 5 en el entre surco, a 5 profundidades diferentes. El muestreo se realizó 5 días después de haber sido regadas las plantas, cuando éstas tenían 40 días, desde la fecha de siembra, ya en esta época el período de riego fué mayor. Las muestras se llevaron al laboratorio para determinar su contenido de humedad. Los resultados se muestran en los Cuadros 3 y 4.

Cuadro No. 3. Análisis de humedad en el Surco de siembra.

Profundidad de muestreo (cm)	Porcentaje de humedad
0 - 15	7,93
15 - 35	16,27
35 - 55	23,47
55 - 75	17,05
75 - 95	21,39

Cuadro No. 4. Análisis de humedad en el entre Surco de siembra.

Profundidad de muestreo (cm)	Porcentaje de humedad
0 - 15	4,15
15 - 35	13,24
35 - 55	17,65
55 - 75	15,34
75 - 95	19,41

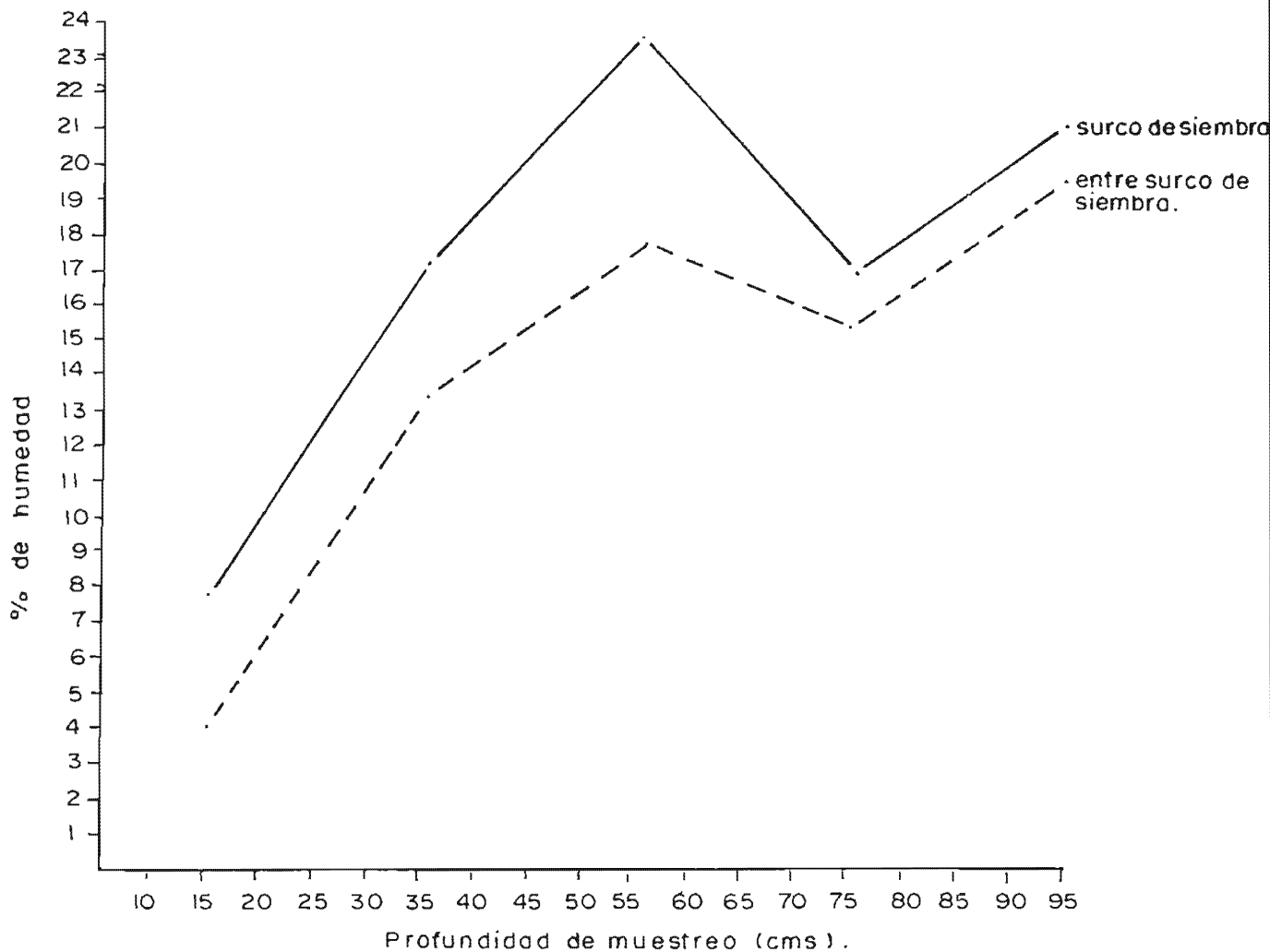


Fig. 3 Porcentaje de humedad en el surco y en el entre surco de siembra a los 5 días después del último riego.

El presente gráfico muestra como la humedad se conserva en mayor proporción en el surco de siembra que en el entre surco. Este fenómeno se presenta porque el riego se realiza directamente en el surco de siembra, saturando de agua el

suelo con un movimiento vertical. En las primeras capas de suelo se aprecia un porcentaje de humedad bastante bajo, esto se debe a que 5 días después del último riego la incidencia de radiación solar y la temperatura evaporaron el agua que se encontraba más cerca de la superficie. A la profundidad de 35 a 55 cms se nota el punto de mayor concentración de humedad. Este fenómeno muchas veces se relaciona con el grado de compactación y la condición textural que tienen las diferentes capas de suelo.

A 95 cms de profundidad se tuvo un 21.39 por ciento de humedad.

4.3. Eficiencia del modelo de riego artesanal

4.3.1. Eficiencia en la uniformidad de aplicación del agua.

En la uniformidad de aplicación del agua por el modelo artesanal juega un papel importante el diseño estructural del mismo, el movimiento uniforme aplicado a este y la presión con que funciona.

Se hizo un ensayo en el lateral "A" (Fig.A-2) colocando una manguera en uno de los extremos y sellando el otro (Fig.4)

Seguidamente se abrió la válvula de salida de agua hasta alcanzar una presión de 20 PSI y así tomar los datos de

descarga en los 6 regantes. El mismo procedimiento se hizo a una presión de 30 PSI. Los resultados obtenidos se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro No. 5. Aforo en regantes en el lateral "A" colocando una sola manguera en un extremo del lateral.

		CAUDAL Ltr/hr					
Regantes	Presión	1	2	3	4	5	6
20 PSI		57.0	40.8	58.2	28.0	-	-
30 PSI		62.7	50.0	63.4	35.2	20.3	-

Según el cuadro anterior podemos apreciar al instalar una sola manguera en el lateral "A" la uniformidad de aplicación del agua es mala ya que la diferencia de descarga en los regantes es bien evidente. A la presión de 20 PSI no hubo descarga de agua en 2 regantes, mientras que a 30 PSI no hubo descarga en el último regante, a la vez que con esta presión el material puede sufrir algún deterioro.

Se realizó otro ensayo de uniformidad de descarga de los 12 regantes de los laterales A y B siendo estos alimentados en sus 2 extremos, (Fig. 5) bajo las presiones de 5, 10, 15, 20, 25 PSI el resultado de la evaluación se muestra en el Cuadro No. 7.

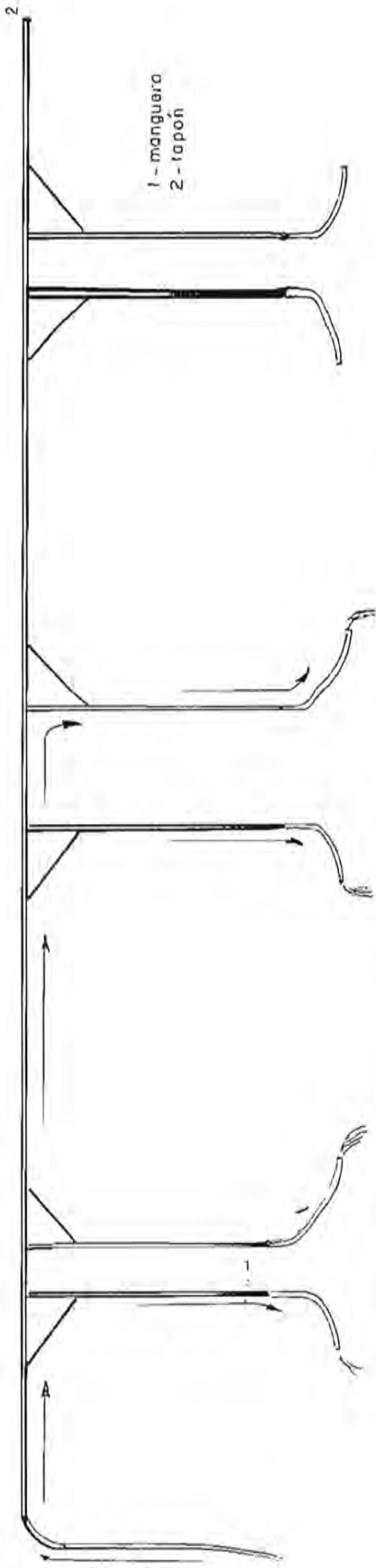


Fig. 4 Aforo en regantes utilizando una sola entrada de agua, ésta solo alcanza a llegar a los cuatro primeros regantes .

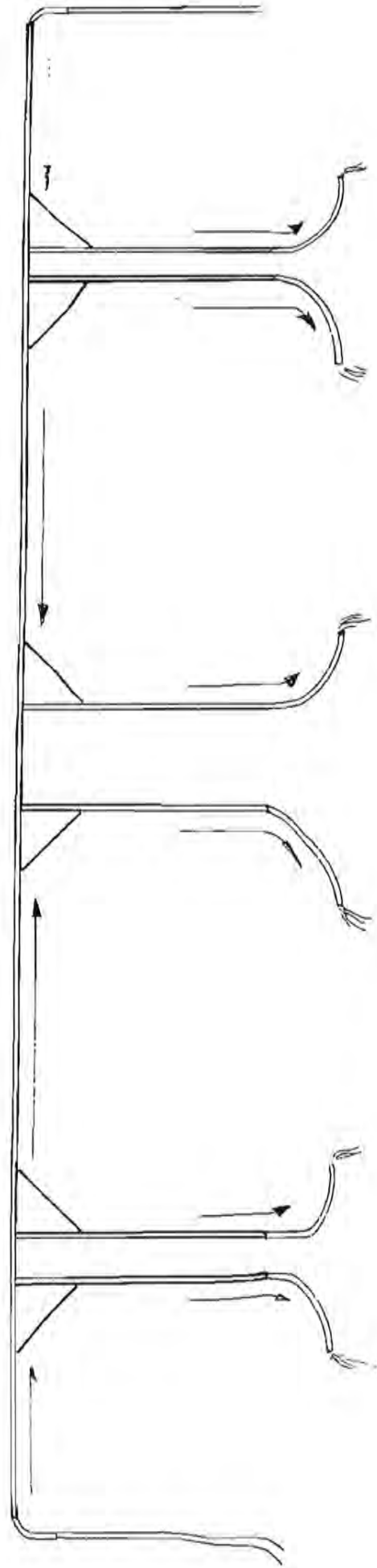


Fig. 5 Aforo en regantes utilizando doble entrada de agua

Cuadro 6. Aforo de doce regantes a cinco presiones diferentes utilizando doble entrada de agua.

LATERALES	C A U D A L (ltr/hr)												TOTAL				
	L A T E R A L A						TOTAL	L A T E R A L B									
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5		6			
Regantes Presión																	
PRES 5 PSI	40,8	36,0	38,4	39,6	24,0	37,2	216,0	49,2	52,8	5,4	6,0	--	33,2	146,6			
10 PSI	56,4	55,2	49,2	43,2	43,2	42,0	295,2	50,4	55,2	38,4	20,4	13,2	49,2	226,6			
15 PSI	62,4	58,8	66,0	61,2	66,0	60,0	374,4	56,4	58,8	56,4	63,6	45,6	57,6	338,4			
20 PSI	72,0	68,9	76,8	72,0	76,8	68,2	434,2	64,8	67,2	66,0	69,6	68,4	64,8	400,8			
25 PSI	73,2	69,6	80,4	80,4	80,4	73,2	457,2	73,5	76,8	74,4	77,2	72,0	68,4	442,3			

En el presente cuadro se aprecia que según se aumenta la presión, así también aumenta el caudal emitido en cada emisor.

La uniformidad de aplicación del agua en los doce emisores es mejorada al aumentar la presión. A una presión de 5 PSI el caudal en el emisor Nº 5 del lateral B es cero mientras que en otros emisores llega a 40.8, 36.0 lt/hr y así respectivamente. De acuerdo a estos datos no es recomendable trabajar a esta presión.

La presión más indicada para ser utilizada es de 20 PSI ya que se presenta una uniformidad de aplicación más aceptable, a la vez que el equipo no sufre ningún deterioro.

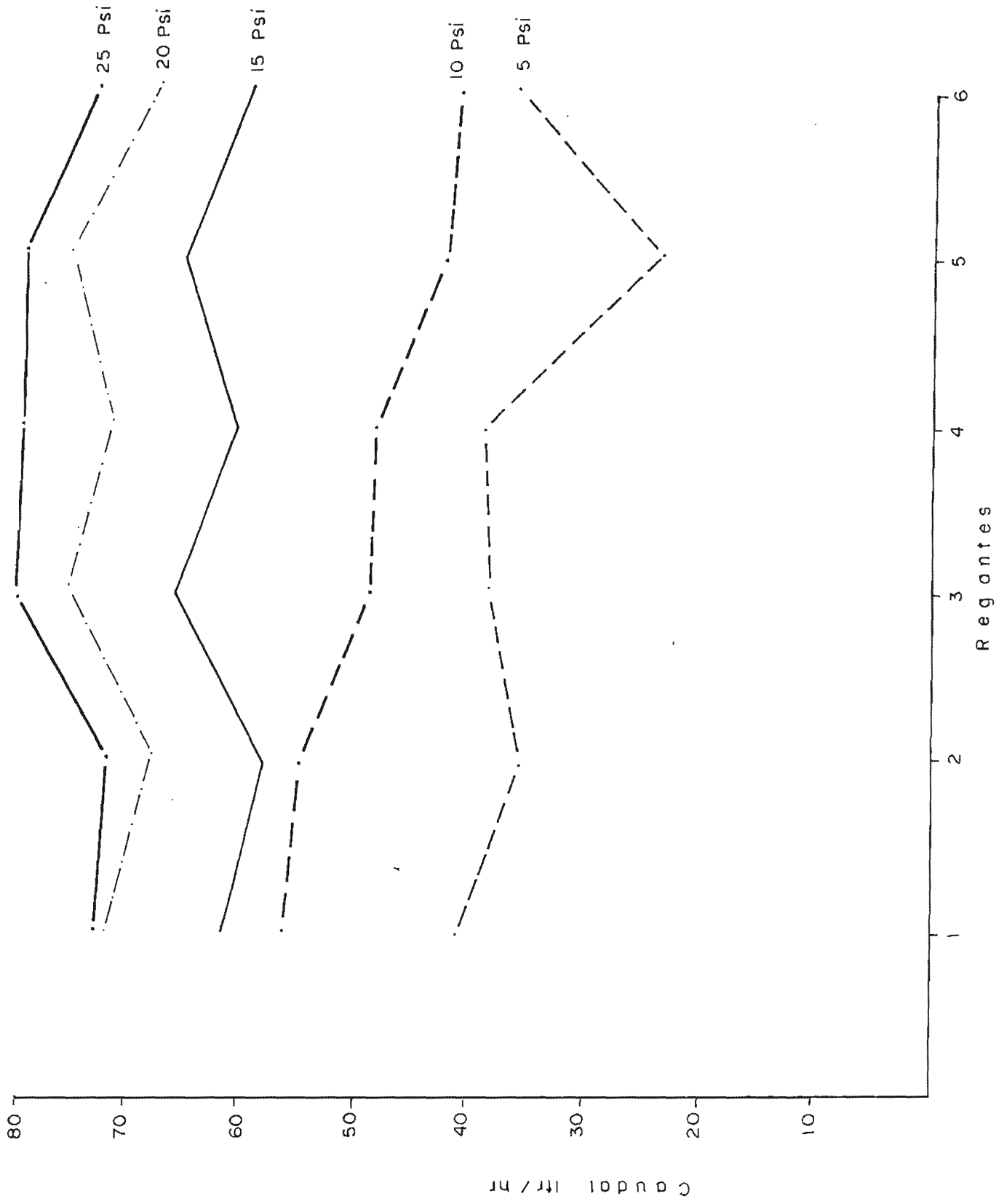


Fig. 6 Aforo de regantes a cinco presiones diferentes en el lateral A

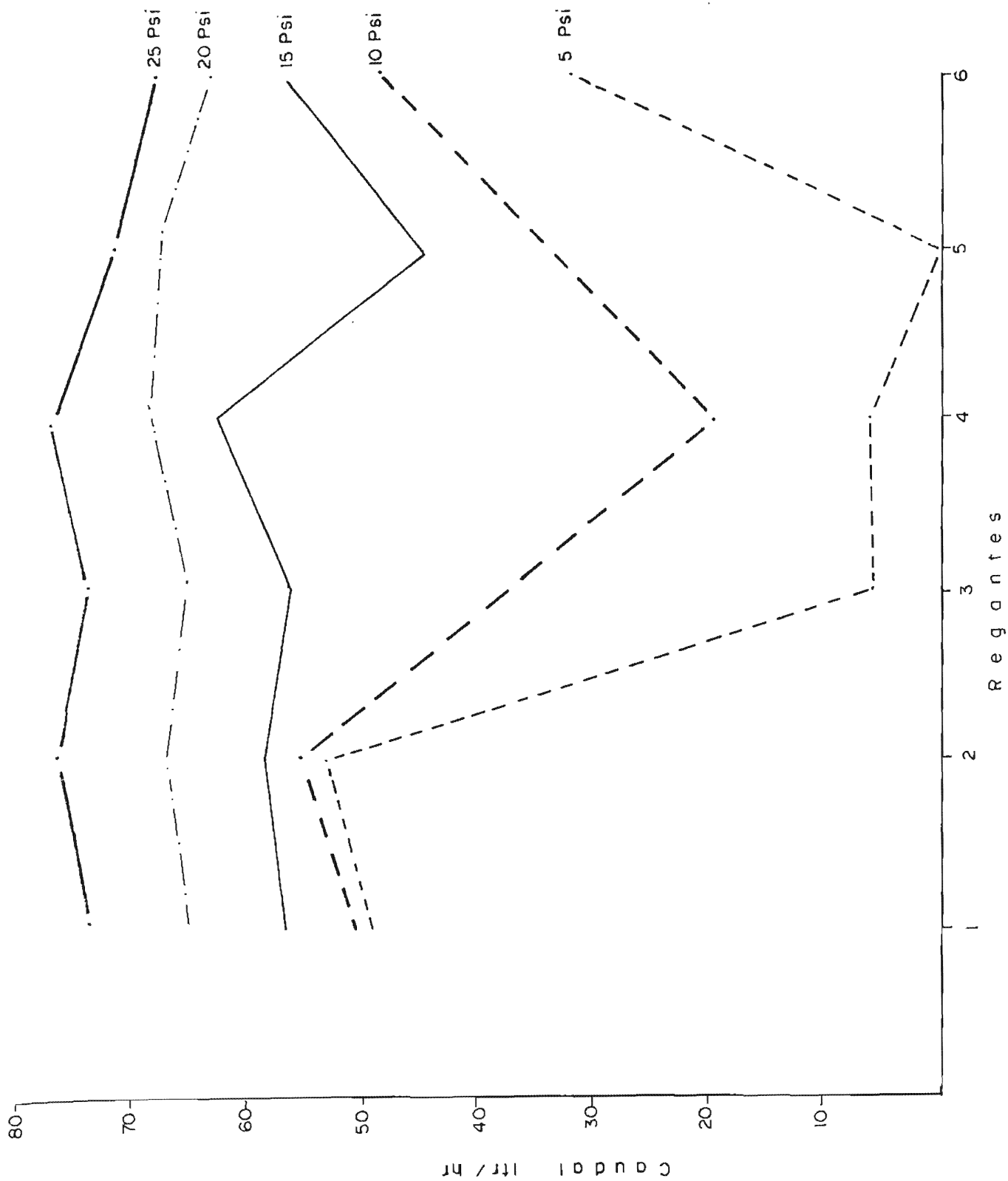


Fig. 7 Aforo de regantes a cinco presiones diferentes en el lateral B .

4.4. Análisis económico

El análisis económico se realiza en base al valor de la producción bruta (Cuadro A2 A3) así encontrar la rentabilidad del cultivo utilizado en el ensayo, la que servirá de parámetro para comparar económicamente los dos sistemas de riego utilizados. En este caso la rentabilidad del cultivo resultó negativa para los dos sistemas, siendo más negativa para el modelo de riego artesanal debido a que utilizó mayor cantidad de mano de obra que el sistema de riego por goteo, no obstante la diferencia en la producción no fué significativa (Cuadro A2, A3).

Para el análisis económico de este ensayo no se tomó en cuenta los costos fijos como es la depreciación del equipo de riego porque solamente se obtuvo una cosecha que dejó un margen bruto negativo y si a este se le resta los costos fijos para obtener el ingreso neto, también éste resultaría negativo.

Se ha calculado la depreciación anual (Cuadro A4, A5) para los dos equipos utilizados resultando mayor la depreciación anual del equipo artesanal que la del sistema por goteo por lo cual el sistema propuesto es menos rentable al menos dentro de lo que el experimento determina.

Otra consideración que se hace es que el frijol vigna técnicamente no es adecuado para ser cultivado bajo riego

debido a su baja rentabilidad. Existen otros cultivos de hortalizas como chile o tomate que son rentables bajo riego pero no fué posible utilizarlos porque la Estación Experimental no ofrecía las condiciones necesarias para éstos cultivos en la época del ensayo por la proliferación de plagas y enfermedades.

5. DISCUSION

En el modelo de riego artesanal juega un papel importante la parte mecánica como la hidráulica, ya que del equilibrio que guarda en su construcción depende el buen funcionamiento del mismo. En este equilibrio se toma en cuenta el diámetro, el largo de la tuberías y mangueras, el material de que están compuestas, la disposición, etc. Una parte donde se establece este equilibrio de una manera más evidente es la utilización de 2 mangueras (Fig. 5) en vez de una para cada lateral, con las 2 mangueras se favorece la uniformidad del riego en los 6 regantes, también la resistencia que presenten los 2 extremos del lateral al ser halados es igual.

En la parte mecánica se utilizó fuerza humana para dar movimiento al sistema, teniendo la perspectiva de que ésta pueda modificarse por un control de movimiento automático.

Para facilitar la instalación del alambre de movimiento es necesario el uso de 2 tambores, este alambre debe ser No. 18 porque al ser más delgado hay más probabilidad de que se corte y cuando es muy grueso es menos flexible y más pesado. La altura de las bases de movimiento va de acuerdo al criterio del constructor, ya que no todos los cultivos presentan la misma altura, también el material con que estén formadas va a su criterio, tomando en cuenta la depreciación del mismo.

El alambre sostenedor No. 16 posee las condiciones necesarias para el sostén y desplazamiento de los laterales, este alambre es más grueso que el de movimiento debido a la carga que debe soportar. En la parte hidráulica, la válvula que regula la salida de agua a todo el sistema, tuvo que mantenerse a una presión aceptable, siendo esta 20 PSI, con la presión baja no hubo flujo de agua en algunos regantes, pero a medida se fué aumentando la presión la uniformidad fue mejorando, con presiones mayores de 25 PSI el equipo trabajaba con tendencia a atrofiarse y despegarse, aumentando además la velocidad del fluido de agua, lo cual causaba un deterioro en el suelo. La tubería de distribución que alimentó a las mangueras necesariamente se encontraba en medio del terreno para facilitar el desplazamiento de éstas a lo largo del mismo.

Las mangueras que se encontraban entre el tubo PVC y el lateral poseen un diámetro de 6 mm. Al aumentar el diámetro éstas se vuelven más pesadas provocando un arco en los laterales cuando son movidos, con un diámetro menor no fluye la cantidad de agua necesaria, debido a que se produce mayor fricción por lo que la uniformidad del riego se ve afectada.

La longitud de la manguera fué de 17 m; a mayor longitud aumentan más las pérdidas de carga por la fricción. Los laterales que se utilizaron son de aluminio, debido a que este material es de bajo peso y su flexibilidad es bastante aceptable, el diámetro del lateral es de 11 mm, con un

diámetro mayor el peso aumenta provocando un arco en el alambre sostenedor, la longitud de 6 m de lateral guarda un rango aceptable para su buen funcionamiento.

Una longitud de más de 6 m provocaría un arco al ser manipulado. Los regantes son de plástico por lo que su peso y flexibilidad no causa problemas significativos y al estar unidos a un alambre galvanizado puede adquirir la forma y distanciamiento deseado.

De acuerdo a los resultados obtenidos con respecto al porcentaje de humedad en las diferentes capas de suelo en el surco de siembra como en el entre surco vemos que juega un papel importante la forma de aplicación del agua como en el presente ensayo donde se realizaron 2 tipos de riegos localizados, la humedad se encontró en mayor proporción en el surco de siembra que en el entre surco. También juega un papel importante la textura y estructura de las diferentes capas de suelo ya que de ésta depende la movilidad del agua así por ejemplo en un suelo arenoso el agua se desplaza con mayor facilidad en una forma vertical por lo cual la humedad queda mayormente retenida en las capas más profundas de suelo, en un suelo arcilloso el movimiento vertical del agua es más lento y con mayor desplazamiento en forma horizontal.

Según el Depto. de Agricultura de EEUU el movimiento del agua es complejo debido a la diversidad de estados y direcciones en que esta lo hace.

A causa de las fuerzas de adhesión y cohesión, se mueve en los pequeños poros por capilaridad. Debido al calor, se vaporiza y se funde en el aire que encierra el suelo (3).

En la práctica debe considerarse que en condiciones normales, el agua del suelo se dirige solamente hacia abajo, los movimientos hacia los lados en forma apreciable tienen solamente lugar en condiciones especiales como, por ejemplo cuando se fuerza a salir el agua hacia los lados por encontrarse el suelo saturado de ella (1)

En el presente ensayo se contó con un tensiómetro el cual sirve para determinar cuando es necesario aplicar riego, ya que este aparato demuestra como esta retenida el agua por las partículas de suelo, teniendo esta retención cierta relación con el grado de humedad del suelo.

Según Thorne los tensiómetros se usan para medir la humedad en el campo. Se ha visto que son especialmente útiles para determinar la necesidad de riego, cuando es conveniente tener una cantidad adecuada de agua aprovechable para el desarrollo de la planta.

Las lecturas del tensiómetro indican la facilidad relativa con que el agua puede extraerse del suelo, pero nada indican respecto a las cantidades de agua que entran en juego. Es posible sin embargo, establecer una relación aceptable entre las observaciones del tensiómetro para cualquier suelo dado y la cantidad de agua disponible para determinar la curva de humedad del suelo (13).

De acuerdo al Depto. de Agr. de EEUU los tensiómetros operan bajo el principio de que un vacío parcial se obtiene en una cámara cerrada a la salida del agua que atraviesa o pasa por un casquillo poroso de barro en contacto con el suelo.

Los tensiómetros registran solamente la tensión de la humedad en el suelo, pero no suministran un informe directo sobre la cantidad de agua retenida en el suelo. Las mediciones de este tipo sirve para determinar la fecha de riego, pero no señala la cantidad de agua que debe de aplicarse (3).

El fluido de agua que pasa por el modelo de riego propuesto presenta cierta turbulencia debido a la disposición estructural del mismo. Una de las causas principales de esta turbulencia se debe a que el fluido de agua entra en los dos extremos del lateral provocando un encuentro en el centro de este. Esta turbulencia genera cierta perdida de carga.

Según King existe pérdida de carga continua cuando el agua fluye dentro de cualquier conducto recto, y a esta se mantiene en una proporción, respecto a la longitud, prácticamente constante mientras no haya variación en la velocidad del agua ni en el aliniamiento del conducto. Además de esta perdida constante, tiene lugar siempre que cambie la velocidad o la dirección (9).

5.1. Ventajas del modelo de riego artesanal

- 1- Los materiales de que está formado se encuentran fácilmente en el país.
- 2- Para la aplicación del agua se utiliza una bomba de baja demanda de potencia.
- 3- Los regantes no sufren taponamiento por partículas finas de suelo ya que el diámetro del orificio de salida tiene 4mm. Por lo cual estas partículas son lanzadas fácilmente al exterior.
- 4- La aplicación del agua no se ve afectada por fuertes vientos.
- 5- Por ser riego localizado existe un ahorro de agua
- 6- No causa lavado de nutrientes por escorrentía o percolación profunda.
- 7- Puede traslocar las sales que se encuentran en la superficie del suelo a otras capas más profundas.

5.2. Limitantes del modelo de riego artesanal

- 1- La instalación debe de ser en terrenos uniformes ya sea planos o con cierta pendiente.
- 2- Sólo pueden ser utilizadas pequeñas extensiones de terreno.
- 3- Su instalación es fija
- 4- Se utiliza hasta el momento fuerza humana para darle movimiento.

- 5- Su construcción es compleja por lo que se necesita de ayuda técnica.
- 6- La madera utilizada para su construcción sufre una rápida depreciación.
- 7- No es factible para cultivos de gran crecimiento.

6. CONCLUSIONES

- De acuerdo al análisis económico, la rentabilidad para los dos sistemas de riego fué negativa, debido a que el frijol vigna técnicamente no es el apropiado para ser cultivado bajo riego por su baja rentabilidad.
- La rentabilidad es mas negativa para el sistema de riego artesanal que el de goteo, debido a que utiliza más mano de obra para realizar el riego.
- La presión de 20 PSI fué la mas adecuada al hacer uso del sistema artesanal, ya que mejoró la uniformidad de aplicación del agua y no causó daño al mismo.
- Al darse el riego local en las dos parcelas, la incidencia de maleza fué baja, se produce una mejor eficiencia en cuanto al ahorro de agua y en la conservación del suelo.
- En cuanto a la producción en las dos parcelas en estudio, la diferencia no fué significativa, pues donde se utilizó el sistema de riego por goteo se cosecharon 97 libras de frijol viena en estado fresco o ejote; mientras que en la parcela donde se utilizó el modelo propuesto la cosecha fué de 95 lbs.

7. RECOMENDACIONES

- 1- El Sistema propuesto se recomienda más para el cultivo de hortalizas, por su tamaño y forma, a la vez por que presentan una mayor rentabilidad.
- 2- Analizar cuidadosamente el terreno donde se va a instalar el sistema de riego artesanal, tomando en cuenta su uniformidad, tamaño, forma, pendiente, etc.
- 3- Hacer pequeños surcos donde se siembre la semilla o planta, para favorecer la retención del agua.
- 4- Es recomendable realizar varios ensayos de riego por medio del modelo propuesto para obtener así una serie de información como lo es adaptabilidad a diferentes tipos de cultivo, comportamiento en diferentes extensiones de áreas, coeficiente de uniformidad etc.
- 5- Antes de realizar un proyecto de riego artesanal es necesario realizar un análisis económico, tomando en cuenta el precio de los materiales en el mercado ya que algunos son caros como la madera.

8. BIBLIOGRAFIA

1. EDE, R. 1964 Sistemas de riego, España. p. 11.
2. DEPARTAMENTO DE SUELOS DE LA FACULTAD DE CC. AA.. 1975
Estudios básicos en suelos de la Estación Experimental
de la Facultad de Ciencias Agronómicas, EL Salvador.
3. DEPARTAMENTO DE CONSERVACION DE SUELOS DE LOS ESTADOS
UNIDOS. 1967. Planeamiento de sistemas de riego para
granjas. p 13-18, 27-29, 43,44.
4. GONZALEZ, R. 1985. Métodos y técnicas de riego. Direc-
ción General de Riego y Drenaje. El Salvador.
p. 1.1, 1.2, 2.4
5. GRASSI, J. C. 1966. Estimación de los requerimientos de
agua de los cultivos para el desarrollo de los recur-
sos de agua y tierra. Venezuela.
6. HAGAN, M. R. 1968. Exito en el Regadío. Italia. p 50.
7. HIDALGO CHACON, 1991. Evaluación del Sistema de despigue
o despanoje, en la producción de semilla de maíz (Zea
mays) Híbrido. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad de
El Salvador. p. 17,81.

8. JUAREZ DUBON, K. E.; LANDAVERDE VALLE, M. J.; SANCHEZ DELGADO, A. S. 1991. Diseño de un programa de riego para la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad de El Salvador. 25 p.
9. KING, H. W. 1962. Manual de Hidráulica. Trad. Santiago Alonso. México. p. 162-164, 175.
10. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1968. Manual de riegos. Dirección General de Agricultura. Departamento de Estudios y Proyectos. p. 11,12.
11. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1968. Curso Taller sobre identificación, formulación y evaluación de Proyectos Agropecuarios. p. 9.
12. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1978. Situación del riego en El Salvador. Dirección General de Riego y Drenaje, División de Planificación. p. 4-7.
13. THORNE, D. W. 1963. Técnica del riego. Trad. Luis Lepe México D.F. p. 209.
14. U.S.D.A. 1953. Soil Conservation Service National Engineering Hand Book, Section Irrigation Washington D.C. U.S.A. p. 72.

9. ANEXOS

Cuadro A-1 Costos de material e instalación del modelo de riego artesanal para un área de 360 m².

DETALLE	Nº DE UNIDADES	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
MATERIALES			
Recipiente cilíndrico	2	15,00	30,00
Cuarton de pino (5 vrs)	12	25,00	300,00
Alambre # 16 (Libra)	7	3,50	24,50
Alambre # 18 (Libra)	7	5,00	35,00
Tubo galvanizado (mt)	2	12,00	24,00
Grifo	1	15,00	15,00
Tubo PVC de 1/2 pul.	2	16,50	33,00
Tee PVC de 1/2 pul.	4	2,00	8,00
Tapon PVC de 1/2 pul.	5	1,15	5,75
Mangueras (lbs)	4	8,50	34,00
Tubo de aluminio (5 mt)	2	52,00	104,00
Tubito (lb)	1	8,50	8,50
Polea	8	10,00	80,00
Pernos hexagonales 3/8x5	10	1,30	13,00
Pernos hexagonales 3/8x8	8	2,00	16,00
		Sub-Total	730,75
COSTOS DE INSTALACION DIAS HOMBRE	3	19.60	58,80
		Sub-Total	
		total	789.55

Cuadro A-2 Costos de producción de frijol vigna bajo
riego por el sistema artesanal Area 360 m²

E G R E S O S			
DETALLE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Semilla	2 lbs	1,00	2,00
Pesticidas			
Volatón	1 lb.	4,00	4,00
Labores Culturales	2 d/h	19,60	39,20
Chapoda			
Siembra			
Aplic. pest.			
Limpieza			
Cosecha			
Riego	3 d/h	19,60	58,80
Total			104,00
I N G R E S O S			
Producción Bruta	95 lbs	0,75	71,25
Margen Bruto			- 32,75

Valor de la producción Bruta = ¢ 71.25

Costos de producción = ¢ 109.00

Margen Bruto = ¢ -32.75

Cuadro A-3 Costos de producción de frijol vigna bajo
riego por goteo Area 360 m²

E G R E S O S			
DETALLE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Semilla	2 lbs	1,00	2,00
Pesticidas			
Volatón	1 lb.	4,00	4,00
Labores Culturales	2 d/h	19,60	39,20
Chapoda			
Siembra			
Aplic. pest.			
Limpieza			
Cosecha			
Riego	2 d/h	19,60	39,20
Total			84,40
I N G R E S O S			
Producción Bruta	97 lbs	0,75	72,75
Margen Bruto			-11,65

Valor de la Producción Bruta = ¢ 72,75

Costos de Producción = ¢ 84,40

Margen Bruto = ¢ -11,65

=====

Cálculo de la depreciación anual del equipo de riego por goteo

De acuerdo a información adquirida en diferentes centros comerciales un equipo de riego por goteo cuesta ₡ 20,000 por Mz. Este equipo posee una vida útil de 10 años y un valor residual del 10% del valor inicial

Valor inicial = ₡ 20,000

Vida útil = ₡ 10 años

Valor residual = 10% de VI

$$\text{Depreciación anual} = \frac{20,000 - 2,000}{10} = 1,800.00$$

Cuadro A-4. Tabla de depreciación anual del equipo de riego por goteo

AÑO	V. inicial	D. A.	V. final
1	20 000	1 800	18 200
2	18 200	1 800	16 400
3	16 400	1 800	14 600
4	14 600	1 800	12 800
5	12 800	1 800	11 000
6	11 000	1 800	9 200
7	9 200	1 800	7 400
8	7 400	1 800	5 600
9	5 600	1 800	3 800
10	3 800	1 800	2 000

El presente Cuadro nos muestra que cada año el equipo de riego disminuye su valor en ₡ 1,800 colones, quedando al cabo de 10 años un valor residual de ₡ 2,000 colones

Cálculo de la depreciación anual del equipo de riego artesanal

Según cálculos realizados un equipo de riego artesanal cuesta ¢ 15,600 (A-1) por manzana, posee una vida útil de 5 años y un valor residual del 5% del valor inicial

Valor inicial = 16 600

Vida útil = 5 años

Valor residual = 5 % VI = 830

Depreciación
anual.
$$= \frac{16\ 600 - 830}{5} = 3\ 154$$

Cuadro A-5. Tabla de depreciación anual del equipo de riego artesanal.

AÑO	V. INICIAL	D.A.	V. FINAL
1	16 600	3 154	13 456
2	13 446	3 154	10 292
3	10 292	3 154	7 138
4	7 138	3 154	3 984
5	3 984	3 154	830

De acuerdo al presente Cuadro, el equipo de riego artesanal sufre una depreciación anual de 3 154 colones que dando un residuo al final de 5 años de 830 colones.

Los costos fijos del sistema artesanal son más altos que el de goteo considerando como costo fijo la depreciación del equipo, esto se debe a que la vida útil del sistema por goteo es mayor que la del artesanal, aunque el valor inicial de compra sea menor el del sistema artesanal es menor.

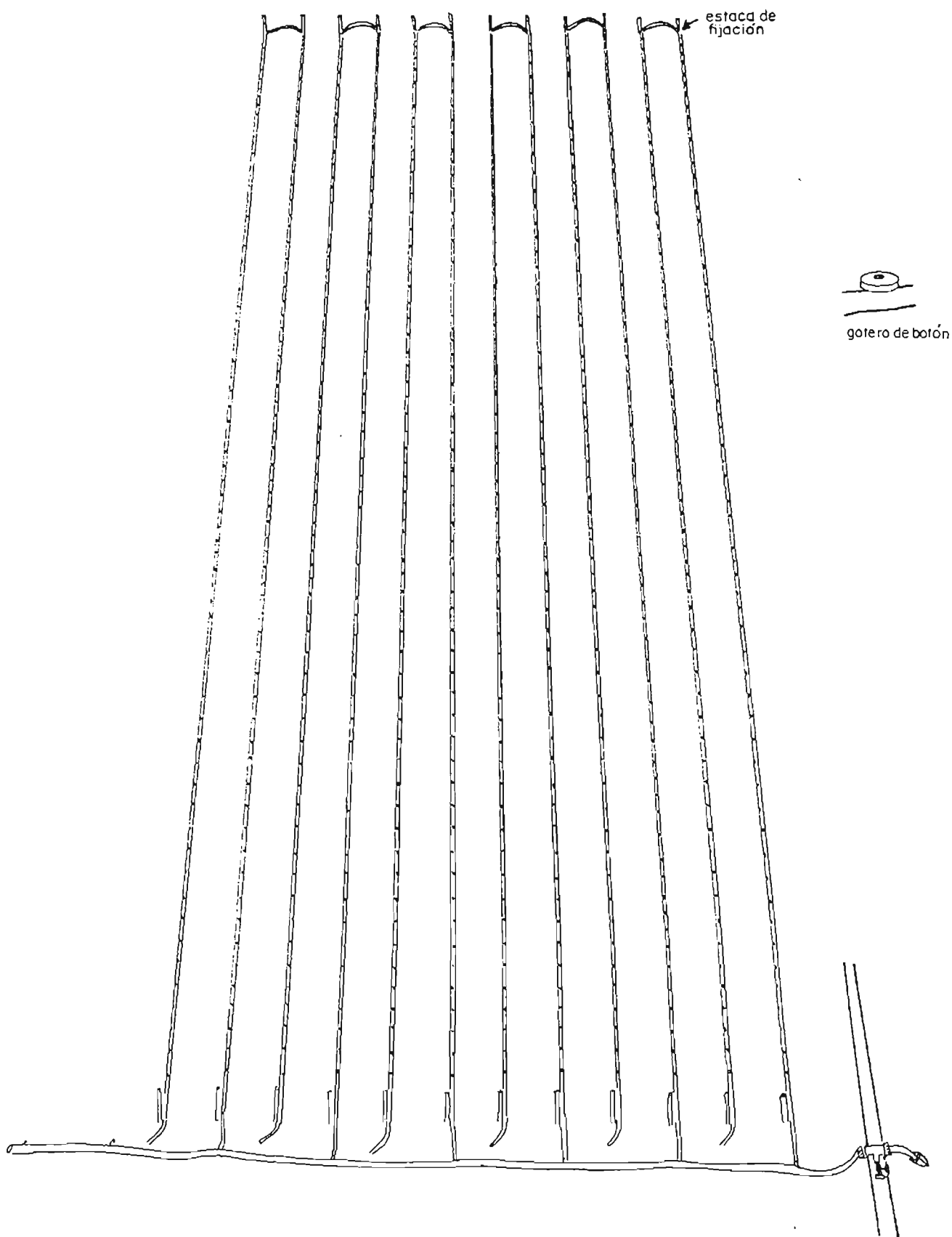
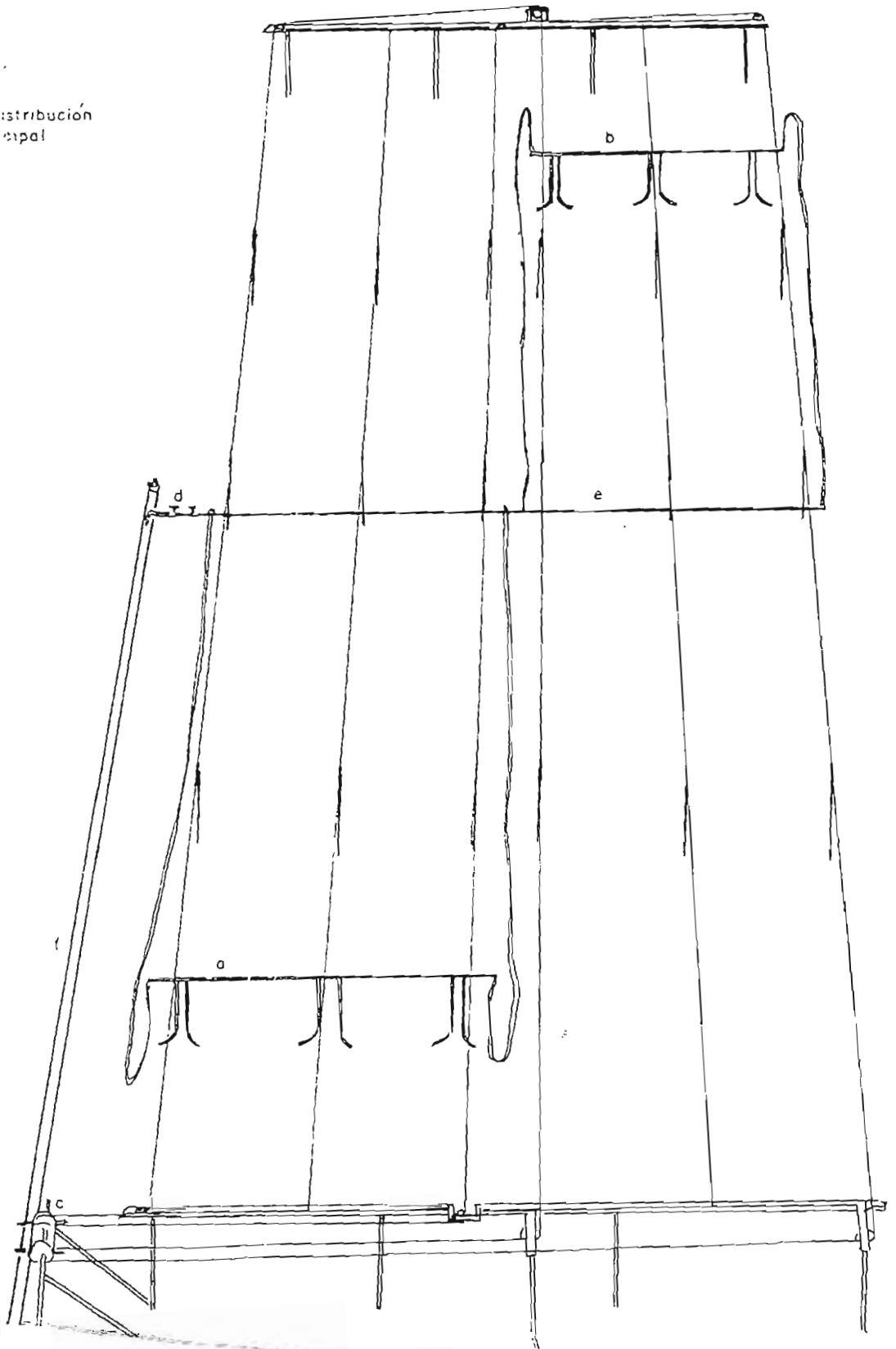


Fig. A-1 Sistema de riego por goteo.

- a) lateral A
- b) lateral B
- c) centro motor
- d) válvula
- e) tubería de distribución
- f) tubería principal



riego tipo artesanal

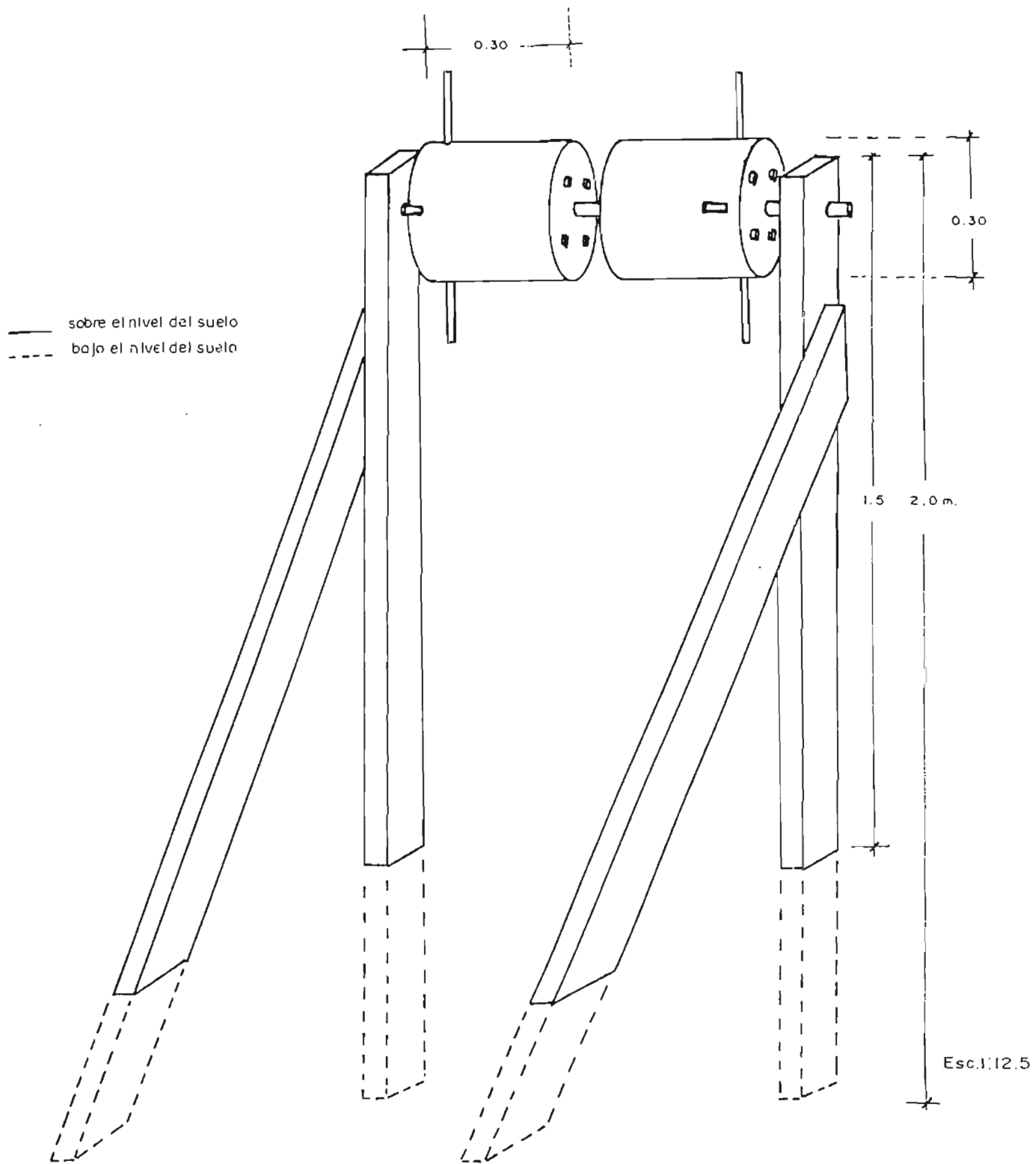
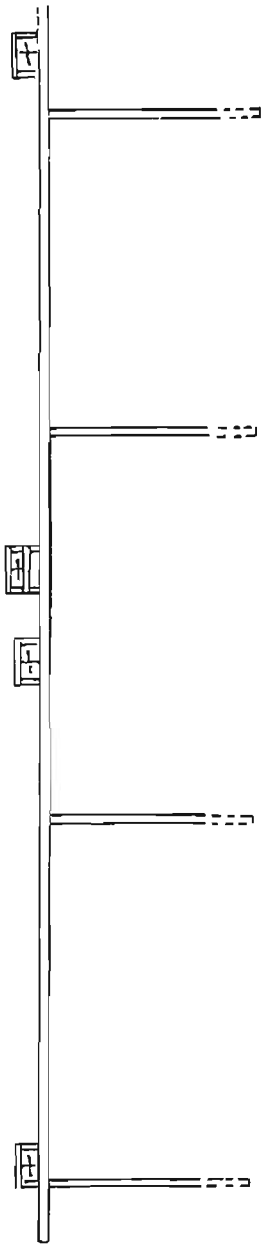


Fig. A-3 Centro motor



— sobre el nivel del suelo
 - - - bajo el nivel del suelo
 † rueda direccional

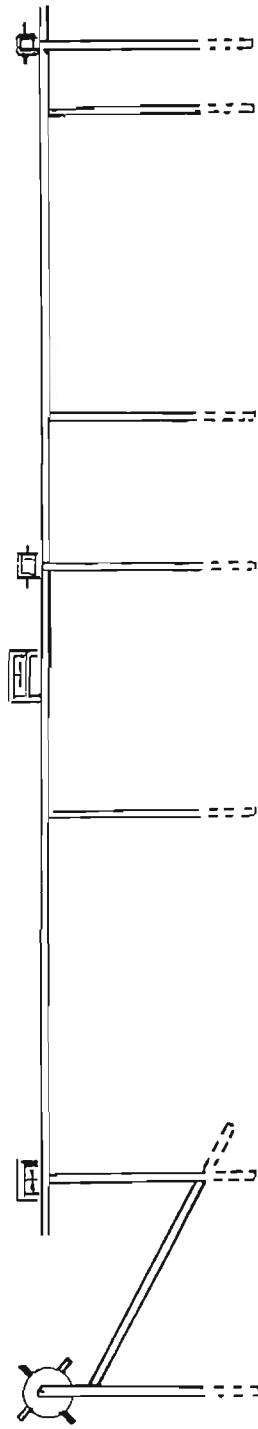
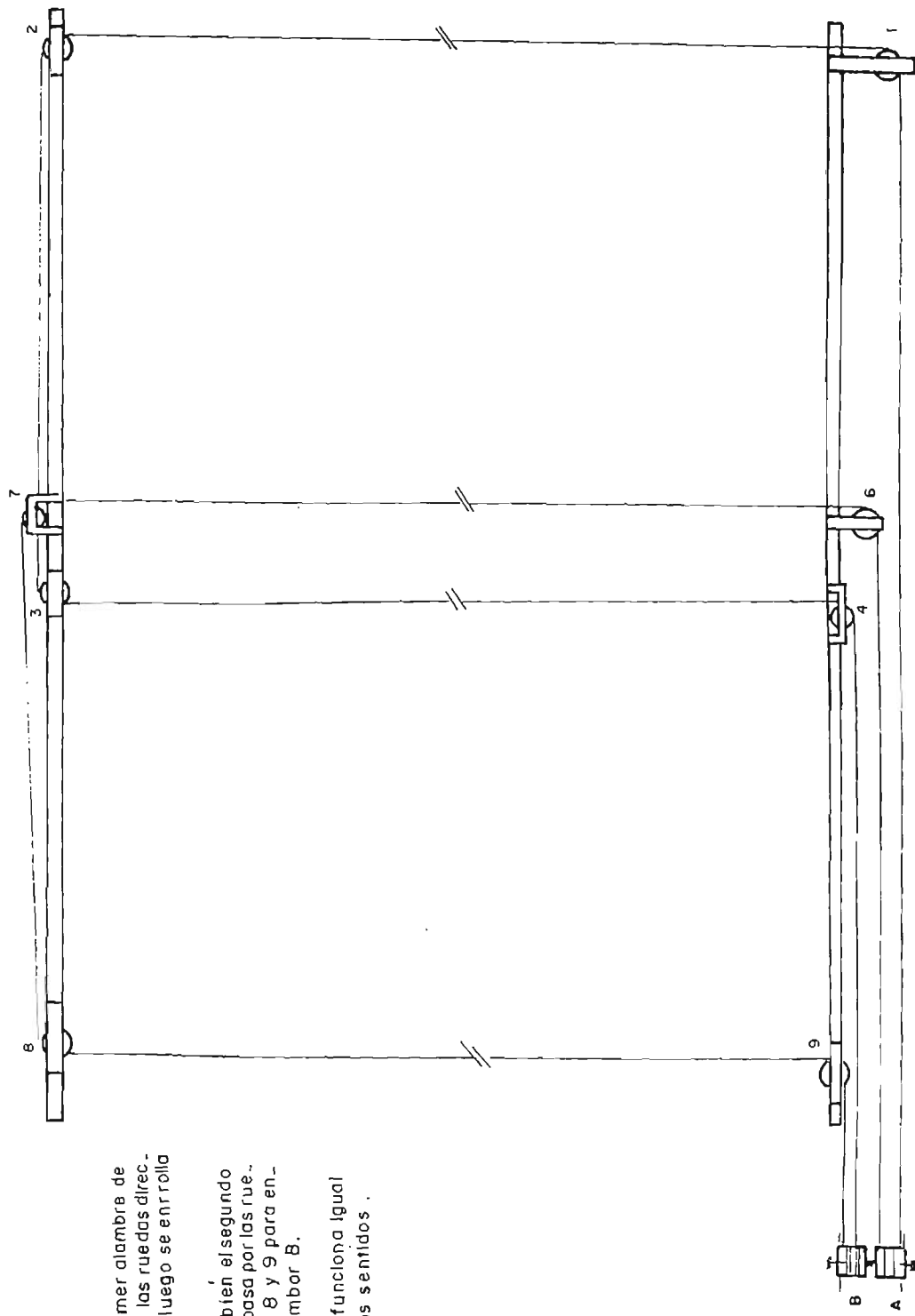


Fig. A-4 - Vista frontal de marco de sostén.



Del tambor A sale el primer alambre de movimiento pasando por las ruedas direccionales 1, 2, 3, y 4, luego se enrolla en el tambor B.

Del tambor A sale tambien el segundo alambre de movimiento pasando por las ruedas direccionales 6, 7, 8 y 9 para enrollarse luego en el tambor B.

El movimiento aplicado funciona igual en cualquiera de los dos sentidos.

Fig. A-5. Vista aérea de marcos de sostén.

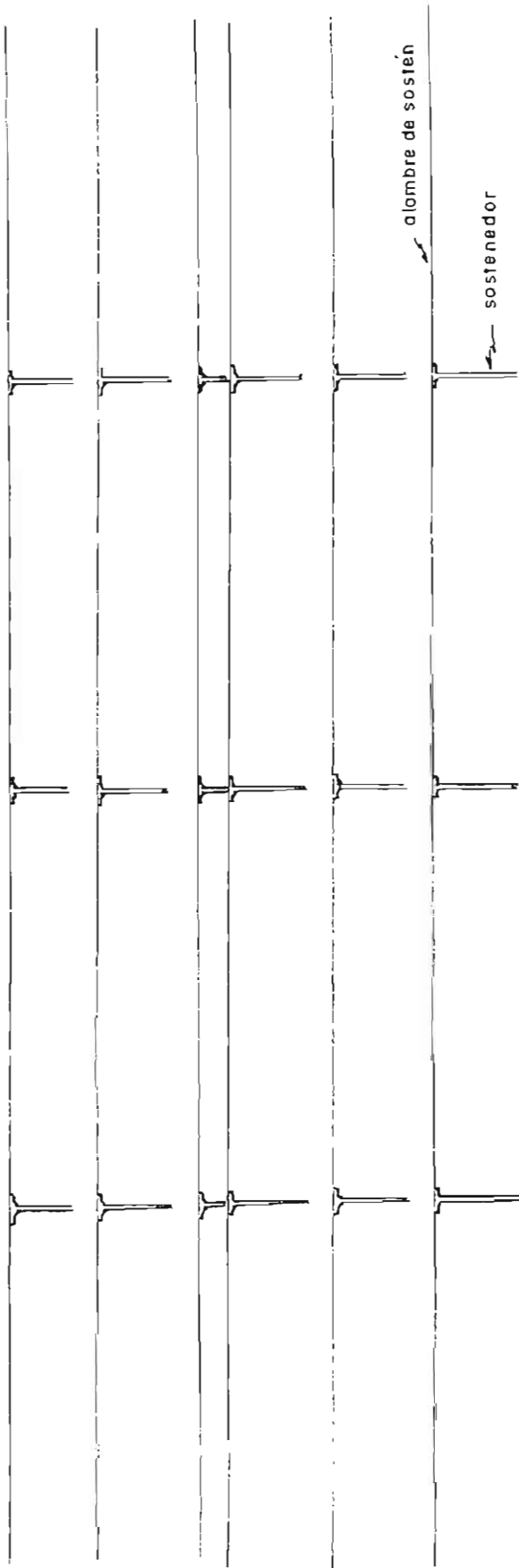


Fig. A-6. Estructura de sostenimiento

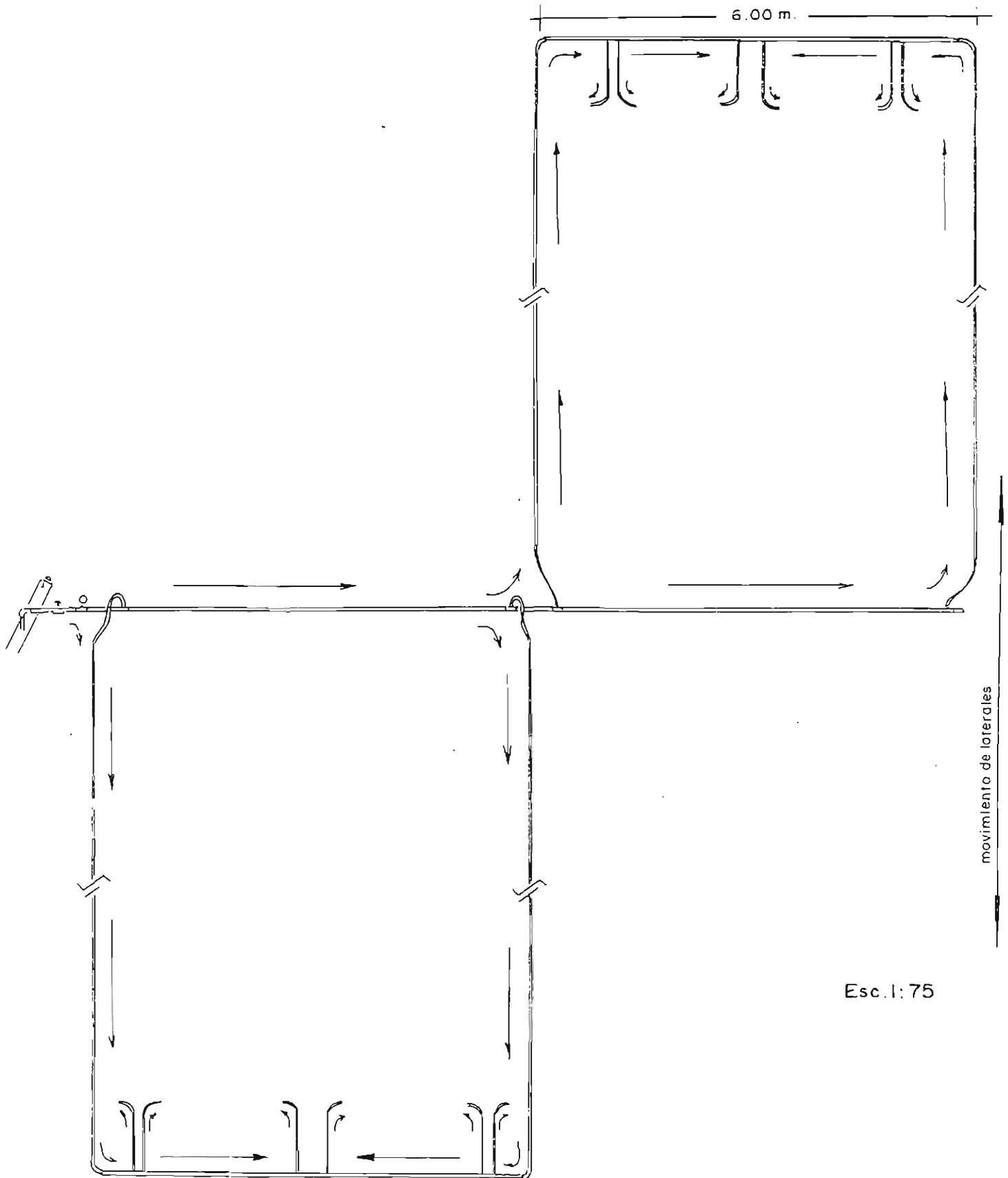
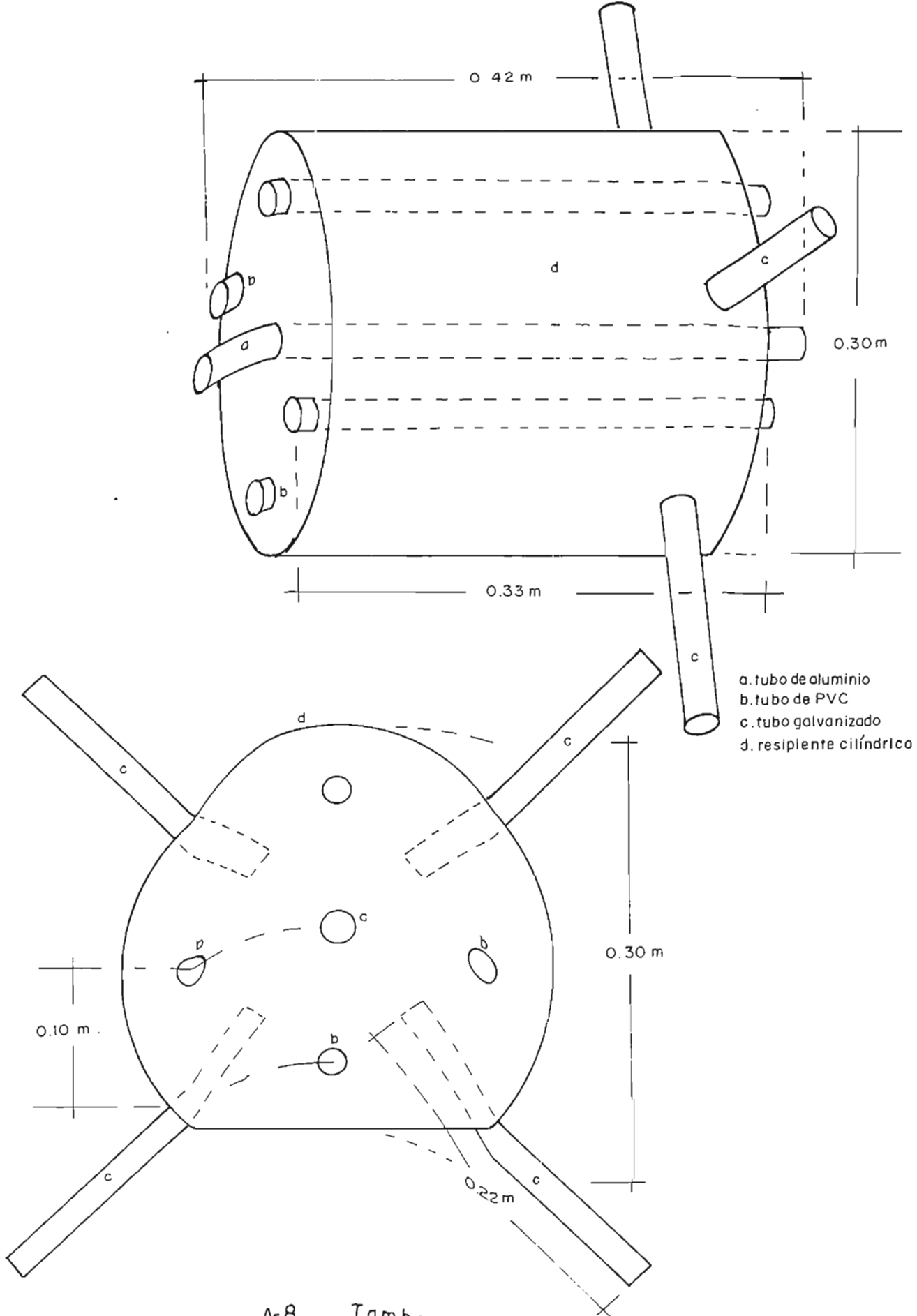
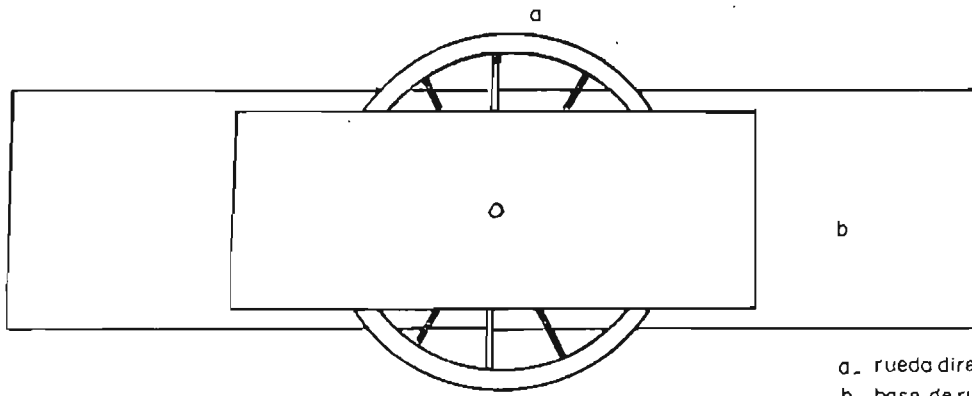


Fig. A-7 Red de conducción de agua

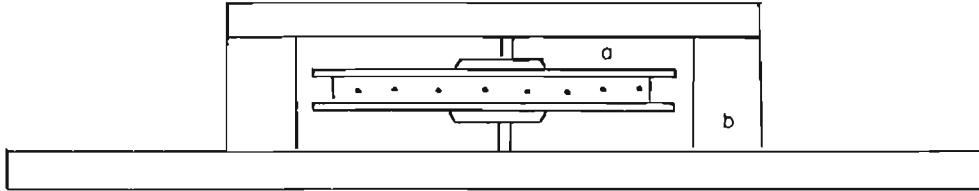


- a. tubo de aluminio
- b. tubo de PVC
- c. tubo galvanizado
- d. resipiente cilíndrico

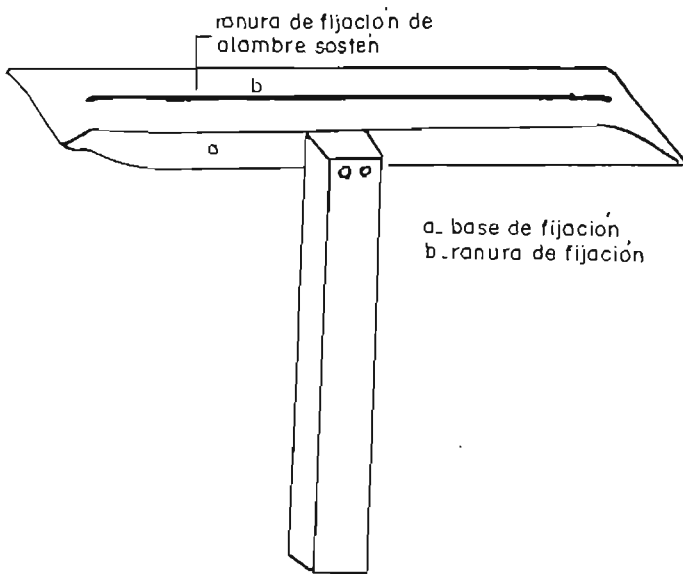
Fig. A-8 Tambor
74



a. rueda direccional
b. base de rueda direccional

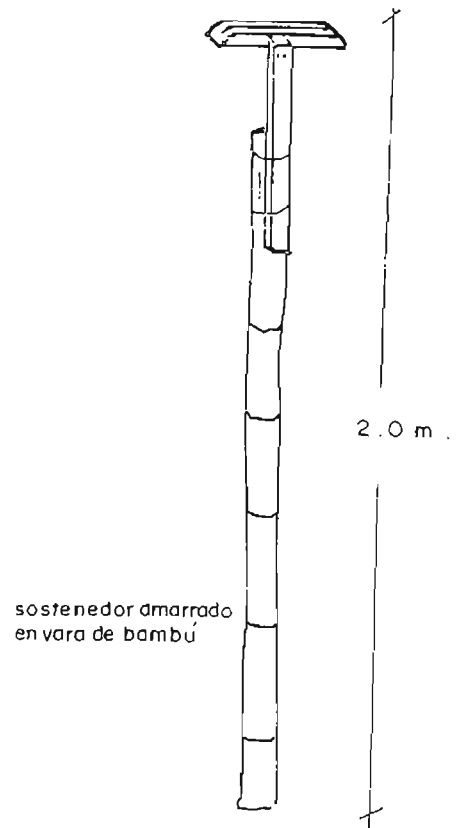


La rueda direccional colabora con el movimiento y cambio de dirección del alambre de movimiento.



a. base de fijación
b. ranura de fijación

El sostenedor ayuda a mantener al alambre de sostén paralelo a la superficie del suelo.



sostenedor amarrado en vara de bambú

Fig. A-9 Rueda direccional, sostenedor

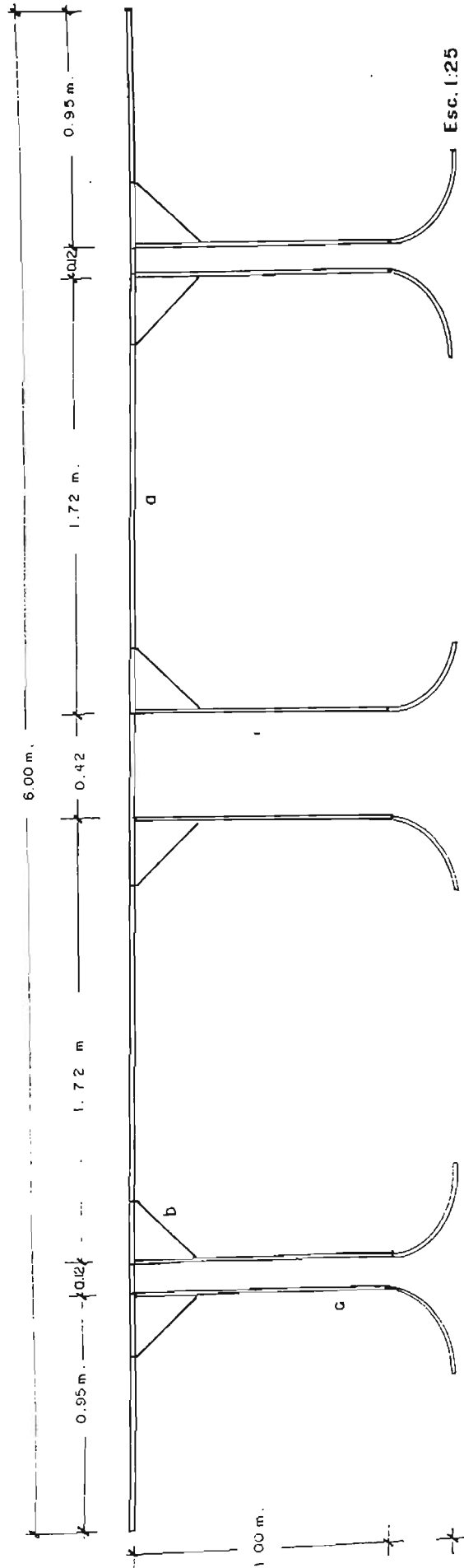
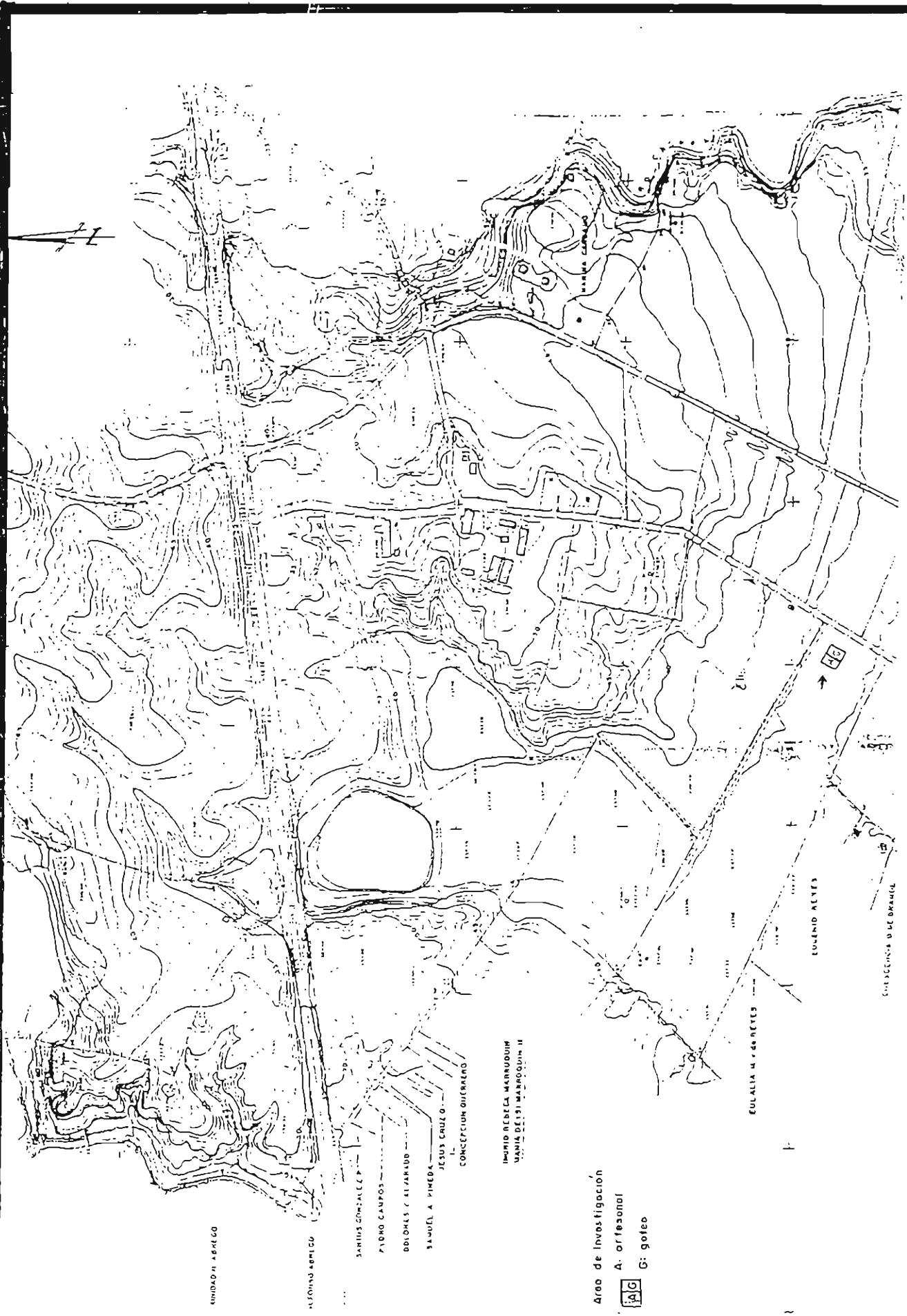


Fig. A-10 Lateral

- a) tubo de aluminio
- b) tirante : sirve para lograr una posición adecuada del regante.
- c) regante : va unido a un alambre galvanizado para tomar la forma mas conveniente .



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRON.
 ESTACION EXP. Y DE PRACT.

TEMA: PROPUESTA DE UN MODELO DE RIEGO TIPO
 ARTESANAL PARA PEQUEÑAS EXPLOTACIONES
 HORTICOLAS

MONTO: MARIO ROLANDO MORA -
 LES.
 AREA: 900 m
 ESCALA: 1:7000