

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI**  
**ESCUELA DE INGENIERIA**

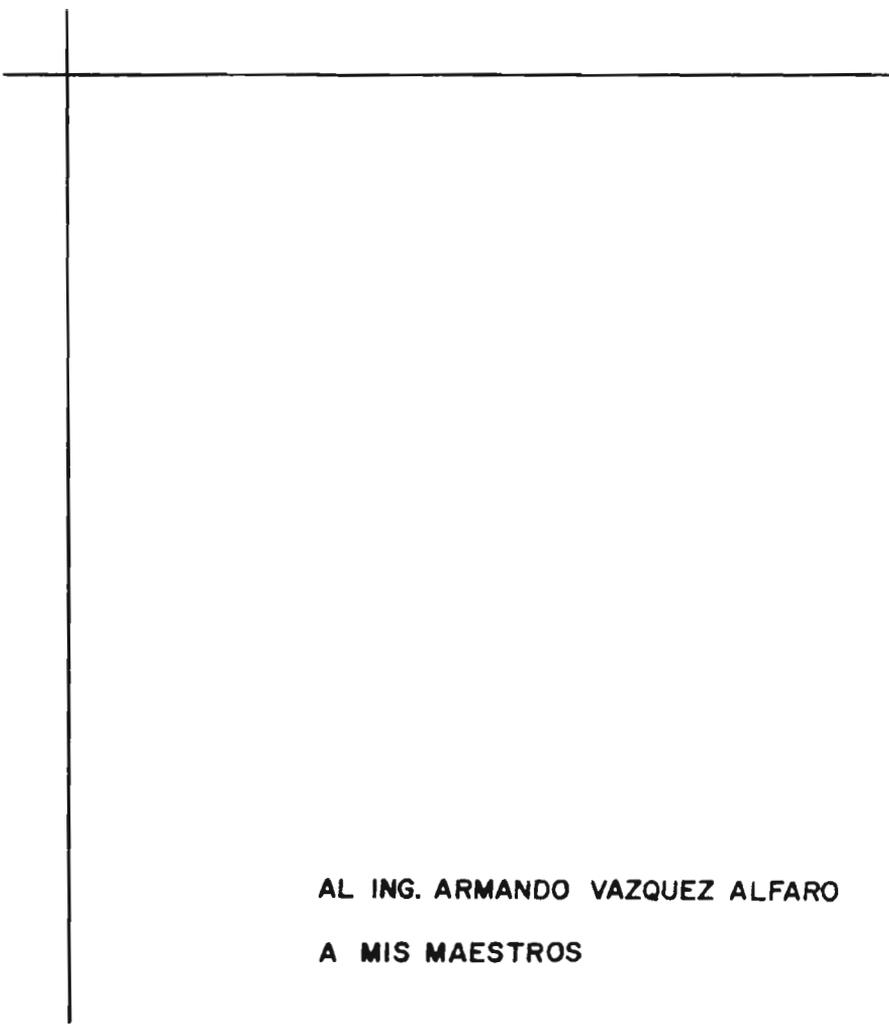


PROYECTO DE LA ZONA DE RIEGO DE LA  
PRESA LIBRADO RIVERA EN EL ESTADO DE  
DURANGO

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
I N G E N I E R O C I V I L  
P R E S E N T A :  
JOSE RICARDO RAMOS DURAN

A MI QUERIDA MADRE  
ANA MARIA DURAN DE DELGADO

A MI QUERIDA ESPOSA  
IRMA ARMANDINA AVALOS DE RAMOS  
A MI HIJA  
ANA IRMA RAMOS AVALOS



AL ING. ARMANDO VAZQUEZ ALFARO  
A MIS MAESTROS



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI  
**ESCUELA DE INGENIERIA**

AV. DE LOS POETAS  
SAN LUIS POTOSI, S. L. P., MEXICO

Junio 30 de 1970.

Al Pasante Sr. José Ricardo Ramos Durán

P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa me esgrato indicar a usted que el H. Consejo Técnico Consultivo-- de la Escuela de Ingeniería ha designado como Director de la Tesis que deberá desarrollar en su Examen Profesional de Ingeniero Civil, al Sr. Ing. Armando Vázquez Alfaro. Así mismo el Tema propuesto para la misma es:

"PROYECTO DE LA ZONA DE RIEGO DE LA PRESA LIBRADO RIVERA EN EL ESTADO DE DURANGO".

TEMARIO:

- I.- INTRODUCCION
- II.- ESTUDIOS PRELIMINARES
- III.- ESTUDIO AGROLOGICO
- IV.- DISEÑO DE LA ZONA DE RIEGO
- V.- FACTIBILIDAD ECONOMICA
- VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE OPERACION Y - MANTENIMIENTO.

Ruego a usted tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, - debe prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de - - seis meses como requisito indispensable para sustentar su -- Examen Profesional.

"MODOS ET CUNCTARUM RERUM MENSURAS AUDEBO".

EL DIRECTOR DE LA ESCUELA.

ING. GUILLERMO LABARTHE HERNANDEZ.

## C A P I T U L O - I

### INTRODUCCION

I.1.- ANTECEDENTES.- Desde que el hombre en sus más remotas épocas se dió cuenta que los recursos naturales que -- servían para su sustento, eran insuficientes o variables en cuanto a cantidad y calidad, forjó la idea de controlar éstas insuficiencias, tomando como punto de partida el cuidado de las plantas ya existentes, así como la siembra de otras semejantes.

Durante muchos años se ha venido regando en forma empírica en la mayoría de nuestras zonas de riego, dejándose ésta práctica en manos de los propios agricultores, que si -- bien pueden llegar a hacer un arte del riego, no todos emplean los sistemas técnicos más apropiados para hacer éste un -- riego eficiente.

Los elementos técnicos al frente de los distritos de -- riego han enfocado sus esfuerzos y su capacidad, en alcanzar un alto nivel de operación, lo que sin duda alguna se ha logrado. Sin embargo es preocupación actual llevar a efecto -- el uso racional del agua a nivel parcelario, donde el usuario poseedor de la tierra, una vez que recibe el agua, efectúa su aplicación bajo métodos y normas que considera más -- conveniente según su costumbre y criterio, los cuales tienen a dar un máximo de riegos con la creencia de que en ésta forma se obtendrán mayores rendimientos unitarios.

Las consecuencias de éste modo de regar son desperdi --

cios de agua debidos a sobreriego, cuyos efectos perjudiciales son varios; sin embargo, debido a su importancia en la economía nacional debemos señalar dos:

10.- Disminución de la superficie total bajo riego, ya que el agua desperdiciada generalmente va a los drenes sin posibilidad de volverse a aprovechar.

20.- La salinización progresiva de los suelos, ya que éstos al tener un deficiente drenaje interno, el manto freático se eleva a un nivel en que causa daños a las plantas.

I.2.- PROYECTO DE RIEGO.- Es lógico suponer que mediante el uso racional del agua de riego se alcanza una mayor eficiencia, que dependerá de la preparación que se de al suelo para seguir un plan bien elaborado, de tal modo que se asegure una alta producción sin desperdicio de agua ni alteración del suelo.

Pocas unidades agrícolas, o ninguna, tienen condiciones físicas, económicas o de operación idénticas. Es necesaria una planeación cuidadosa y adecuada para que el sistema pueda satisfacer las necesidades de la unidad agrícola. Debe adaptarse a los suelos, al clima, a la disponibilidad del agua y sus métodos de distribución, a las prácticas que prefiere el agricultor y a las condiciones socio-económicas que prevalecen en la unidad.

Debe planearse y diseñarse de modo que pueda funcionar con la máxima eficiencia para conservar el agua de riego, tener una productividad continua de sus tierras de riego y obtener la máxima producción de sus cosechas.

I.2.- SITUACION ACTUAL DE LA ZONA.

I.2.1.- SITUACION GEOGRAFICA.- El poblado de Librado di vera se encuentra asentado sobre un lomerío de poca altura - y la zona de riego se localiza en un valle de suave pen- diente; el sitio donde se desea construir el pequeño almacena- miento, se sitúa al poniente de éste poblado a 2 kms. aproxi- madamente.

Las coordenadas geográficas aproximadas del poblado, to- madas del Atlas de Carreteras de la República Mexicana, pu- blicado en 1964 por la S.O.P., son las siguientes:

Latitud Norte 24° 36'

Longitud Oeste 104° 28'

I.2.2.- VIAS DE COMUNICACION.- Partiendo de la ciudad - de Durango, por la carretera Durango-Torreón, se recorren 72 Kms. hasta el Km. 677.40, en donde se desvía al noroeste por un camino de tierra que es transitable en todo tiempo, sobre el cual se recorren 8 Kms. hasta el sitio de la boquilla.

I.2.3.- TOPOGRAFIA.- La zona donde se localiza la obra- consiste en cordilleras de mediana altura, por las cuales -- escurre el arroyo de los Mimbres, la cuenca de captación na- ce en la Sierra Madre Occidental, el sitio de la boquilla es un estrechamiento formado por los mismos cerros en los cua- les aflora la riolita.

Los terrenos regables se extienden a lo largo del arro- yo de los Mimbres en fajas angostas y de longitud corta te- niendo una ligera pendiente transversal hacia el cauce del - río y moderadas pendientes longitudinales en el sentido de -

la corriente.

I.2.4.- RECURSOS HIDRAULICOS.- La corriente que se pretende aprovechar, es la del Arroyo de los Mimbres, perteneciente a la cuenca Mezquital y sub-cuenca La Sauceda, cuya clave hidrológica es 21B.

No existe ningún aprovechamiento dentro de la cuenca ni aguas abajo del sitio de la boquilla.

I.2.5.- CLIMA.- Según la clasificación de Koeppen, el clima de la región corresponde a seco estepario con lluvias en verano; siendo la precipitación media anual en el centro de gravedad de la cuenca, de acuerdo con el plano de isoyetas del Estado de 445.5 Mm. Las temperaturas registradas en la estación meteorológica de San Juan del Rio, que es la más cercana al sitio en estudio son: Temperatura máxima extrema 39.8°C, y mínima de -7.2°C. Los vientos dominantes son los del Noroeste.

I.2.6.- ALTITUD.- El centro de la zona de riego, está a unos 1700 Mts. sobre el nivel del mar.

I.2.7.- VEGETACION.- Las características de la zona permiten solo el desarrollo de la vegetación propia de los climas secos, como son: Mezquites, huizaches y algunas cactáceas con zonas aisladas de pastos.

I.3.- SINOPSIS DEL PROYECTO.- El proyecto consiste esencialmente en el control del arroyo Los Mimbres, mediante un pequeño almacenamiento y una presa derivadora, para aprovechar sus aguas en el riego de 100.00 Has. de terrenos comprendidos en el ejido Librado Rivera, municipio Pánuco de Coronado, en el estado de Durango.

El vaso tendrá una capacidad total para almacenar - - - 1'500,000.00 M<sup>3</sup>, que incluye 85,000.00 M<sup>3</sup> para azolves y - - - 1'415,000.00 M<sup>3</sup> de capacidad útil.

La cortina será de materiales graduados y corazón impermeable, su altura máxima de 18.00 Mts., su longitud por la corona de 210.00 Mts., y sus taludes aguas arriba y aguas -- abajo 2:1. El vertedor quedará alojado en la margen izquierda, teniendo una capacidad de 61.00 M<sup>3</sup>/seg., que es el gasto de la avenida máxima probable, y su longitud será de 27.00-Mts. La obra de toma quedará alojada en la margen derecha a la altura del nivel de azolve con un gasto mínimo de 0.30 -- M<sup>3</sup>/seg. La conducción del agua a la zona de riego se hará -- por el mismo cauce en una longitud de 2 Kms., donde se ubicará una derivadora que conecta a la red de canales de riego.

La derivadora será de perfil Creager con 60.00 Mts. de longitud. La toma será una compuerta tipo Miller con un gasto de 0.30 M<sup>3</sup>/seg.

La zona por regar cubre un área total de 100 Has., y se inicia inmediatamente aguas abajo de la presa derivadora. -- La tierra quedará distribuida entre 20 agricultores con un -- promedio de 5 Has. por agricultor.

La zona de influencia del proyecto abarca una extensión correspondiente a 200 kms.<sup>2</sup>.

El proyecto tiene un costo total de \$1'615,646.50, lo cual nos da un costo de \$16,156.46 por hectárea regada. El valor de la producción agrícola sin el proyecto es de \$64,700.00, que se incrementará a \$430,195.00, o sea unas siete veces, una vez que se inicie el pleno aprovechamiento del conjunto.

El estudio de factibilidad económica del proyecto se realizó de acuerdo con el criterio beneficio-costos, que arrojó un cociente de 2.4.

C A P I T U L O - II  
ESTUDIOS PRELIMINARES

Con el fin de disponer de una base firme que permitiera en primer lugar, juzgar sobre la factibilidad física y económica del proyecto; enseguida, fijar su magnitud y características generales, y por último, hacer la planeación del aprovechamiento, se realizaron los estudios básicos siguientes:

II.1.- LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

II.1.1.- LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO Y CATASTRAL DEL VASO

Una vez estudiadas las posibilidades de almacenamiento sobre el Arroyo Los Mimbres, se efectuó el levantamiento del vaso denominado Librado Rivera; trazándose una poligonal de apoyo con sus puntos de control debidamente monumentados y nivelados que sirvieron de apoyo para la configuración con plancheta, con curvas de nivel equidistantes un metro y para el levantamiento de los linderos de propiedad y ejidales, que se hicieron a escala 1 : 5,000.

II.1.2.- LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE LA BOQUILLA.- El levantamiento consistió en una poligonal de apoyo establecida con tránsito y cinta, monumentada y nivelada, con curvas de nivel equidistantes un metro, que se hizo a escala - - - 1 : 500.

II.1.3.- LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE LA ZONA DE RIEGO. Los terrenos regables que se levantaron están constituidos por un núcleo que se extiende a lo largo del Arroyo de Los Mimbres. Para apoyar el levantamiento se estableció un sis-

tema de cuadrícula rectangular formado por líneas trazadas - con tránsito y cinta de acero espaciadas 500 metros en ambas direcciones y monumentando los cruces, nivelando a continuación las líneas y monumentos con nivel fijo.

Con apoyo en éstos controles se hizo el levantamiento - topográfico y catastral de los terrenos regables, en escala 1 : 5,000 y con curvas de nivel equidistantes un metro, que incluyen todos los detalles del terreno.

## II.2.- ESTUDIOS GEOLOGICOS.-

II.2.1.- GEOLOGIA REGIONAL.- La geología de la región - está constituida por cuerpos alternados de riolitas y tobas-riolíticas, los que por erosión posterior, han originado depósitos de talud y aluviales.

II.2.2.- GEOLOGIA DEL VASO.- Dentro del vaso en la margen izquierda, aflora la toba café claro, desde el eje hasta unos 250.00 Mts. aguas arriba, en donde queda en contacto -- con la toba morada claro por una falla con las siguientes -- características: Rumbo N-S con echado de  $45^{\circ}$  al E, sellada - con material arcilloso. El resto del vaso está constituido por depósitos de talud y de acarreo.

II.2.3.- GEOLOGIA DE LA BOQUILLA.- En la margen izquierda, la roca aflora a lo largo del eje, estando en algunas zonas enmascarada con una delgada capa de tierra vegetal. La roca se clasificó macroscópicamente como toba riolítica, - - siendo de color café claro que intemperiza en café amarillento, de estructura masiva compacta y textura porfirítica.

En la margen derecha la roca basal está totalmente cu--

bierta por depósitos de acarreo desde el cauce del arroyo -- hasta el cadenamiento 0+170, y de ahí hasta el cadenamiento 0+250, por depósitos de talud, constituidos por fragmentos angulosos de roca del tipo riolítico, empaçados en arcilla; después de ése cadenamiento, ya fuera de la cota del máximo-embalse, aflora una toba riolítica de color morado claro, de estructura masiva compacta y textura porfirítica.

Con el objeto de conocer las condiciones geológicas del subsuelo a lo largo del eje de la boquilla, se programaron exploraciones verticales con pozos a cielo abierto, en los cuales se efectuaron pruebas de permeabilidad.

La información proporcionada de las condiciones de cimentación, se encuentra satisfactoria tanto desde el punto de vista de resistencia como de impermeabilidad para la construcción de una cortina del tipo elástico.

Se recomienda que en la zona de depósitos de talud, se lleve la limpia a 3.0 Mts. de profundidad como mínimo, con el objeto de remover la zona más superficial.

### II.3.- ESTUDIO HIDROLOGICO.-

Con el objeto de determinar el almacenamiento más conveniente de la presa, su vida útil y la superficie que beneficiará, se efectuaron varias alternativas para el funcionamiento analítico del vaso, eligiéndose la capacidad total más conveniente de 1'500,000.00 M<sup>3</sup>.

La superficie de la cuenca se determinó en la carta geográfica, obteniéndose una superficie de 39 Kms. cuadrados.

Para valuar la precipitación en la cuenca, se tomaron -

los registros de la estación climatológica más cercana, siendo ésta la de San Juan del Rio, obteniendo para el período de 1954-1968 una precipitación media anual de 445.5 mm.

El coeficiente de escurrimiento medio en la cuenca, de 13%, se determinó por el método de comparación, tomando en cuenta: área de la cuenca, precipitación y vegetación existente. El escurrimiento medio anual obtenido con este coeficiente nos da un volumen de 2'261,200.00 M<sup>3</sup>.

La capacidad de azolves se fijó en un 0.15% del escurrimiento medio anual, por lo que para 25 años de vida útil del proyecto, resulta un volumen de 85,000.00 M<sup>3</sup>.

El volumen aprovechable anual, se obtuvo a partir del porcentaje de variación pluviométrica en la estación climatológica considerada para nuestro estudio, siendo ésta de ---- 50.00%. Esta variación deduce de la gráfica de porcentajes de aprovechamiento, para obras construidas que están en estudio, un porcentaje de aprovechamiento de 62.00%, lo cual nos reporta un volumen aprovechable de 1'401.956.00 M<sup>3</sup>.

La avenida máxima probable local, se determinó utilizando las curvas envolventes de los gastos máximos, registrados en el país, siendo ésta de 61.00 M<sup>3</sup>/seg.

II.3.1.- SUPERFICIE REGABLE.- Las demandas de riego se calcularon tomando en cuenta los cultivos más apropiados para la región, determinando las láminas por el método de Blaney y Criddle, en función de la temperatura y los coeficientes de desarrollo de la planta, obteniendo un volumen de --- 11,240.00 M<sup>3</sup> anuales por hectarea.

La superficie bruta que se puede regar, 125.00 Has. se obtiene dividiendo el volumen aprovechable entre la demanda anual por hectarea.

La superficie neta beneficiada la obtenemos restando a la superficie bruta un porcentaje por pérdidas de filtración en la conducción muerta de 20%.

Superficie neta beneficiada = 100.00 Has.

#### II.4.- ESTUDIO AGROLOGICO.

Este tipo de estudios, tiene como finalidad obtener una separación de clases de suelos; el conocimiento de sus características generales, la extensión, la localización y la distribución de los suelos que pueden aprovecharse para una agricultura de riego.

Los límites entre clases de suelos no necesariamente quedarán delimitados en el terreno y su representación en un mapa es aproximada.

II.4.1.- SUELOS.- El estudio de suelos se basó en un muestreo, mediante pozos practicados con barrena y espaciados en la forma más conveniente para captar toda la información que se refiere a la cuadrícula de apoyo para los levantamientos topográficos.

La clasificación del terreno se hizo en función de su adaptabilidad para el riego, tomando en cuenta los siguientes factores: suelo, alcalí, drenaje y topografía.

Los terrenos regables, son suelos profundos de suave pendiente, clasificados de primera clase con las siguientes características específicas:

Señ suelos que se constituyen por migajón arcilloso de color café oscuro a negro con buen contenido de materia orgánica; el nitrógeno, potasio y fósforo son regulares. Su textura es ligeramente pesada, su estructura terrosa y su consistencia blanda; siendo éstos suelos típicos de vegas rientes que se pueden trabajar con facilidad.

Su drenaje superficial e interno es bueno y su salinidad es normal.

II.4.2.- PLANEACION AGRICOLA.- Teniendo en cuenta el clima y las condiciones del suelo, los cultivos que se recomiendan son: Entre los frutales, los cítricos y entre los anuales, maíz, frijol, trigo, cebada y sorgo, también pueden sembrarse chile, papa, garbanzo, calabaza y tomate.

Los cultivos definitivos, establecidos por selección de acuerdo con las técnicas que prevalecen en la zona son: Maíz, frijol, trigo y manzano.

#### II.5.- ESTUDIOS SOCIO-ECONOMICOS

La escasez de recursos implica la realización de estudios económico-sociales, para asegurar que la asignación que se haga de los mismos se realice en la forma más óptima posible. Cada localidad cuenta con características propias y su conocimiento así como su evaluación es fundamental para determinar cual será el tipo de obra que habrá de ejecutarse desde el punto de vista técnico, económico y social.

El estudio de éstas características implica la exploración exhaustiva de los datos básicos que prevalecen en la comunidad y su área de influencia para así poder orientar la

**EX LIBRIS**

finalidad que se persigue a la solución de los problemas de desarrollo que presente dicha comunidad.

II.5.1.- ANTECEDENTES.- Los ejidatarios del ejido Librado Rivera residentes en el poblado del mismo nombre del municipio Pánuco de Coronado en el estado de Durango. Cuentan actualmente con tierras de cultivo de buena calidad sobre las cuales cruza el Arroyo de los Mimbres sin que les reporte los beneficios deseados. Por lo que han solicitado la construcción de un pequeño almacenamiento sobre el Arroyo de los Mimbres, con lo que consideran se daría como factor determinante para resolver los problemas técnicos, económicos y sociales que atañen a la comunidad.

II.5.2.- POBLACION.- Por lo que respecta a su composición se observa que la zona en estudio se cataloga como rural por habitar en una localidad pequeña con 270 habitantes y dedicarse principalmente a las actividades agropecuarias.

II.5.3.- VIVIENDA.- El tipo de vivienda es rural y para su construcción se utiliza el adobe y vigas de madera para techarla. El promedio de personas que habitan por cuarto es de dos. En lo relativo a salubridad puede decirse que dado lo reducido de la localidad, en la actualidad no se cuenta con los servicios de agua potable, drenaje y alcantarillado, sin embargo en el aspecto higiénico cabe señalarse que no se han registrado enfermedades endémicas ni mídricas por abastecerse de aguas del subsuelo.

II.5.4.- EL TRABAJO EN LA COMUNIDAD.- La población económicamente activa la representa el 40%; la cual se dedica -

actualmente a la agricultura de temporal y a actividades primarias. La ganaderia no se ha desarrollado debido a la falta de recursos económicos para intensificarla, por lo que -- ésta se reduce únicamente al consumo doméstico.

II.5.5.- TENENCIA DE LA TIERRA.- En el poblado Librado-Rivera habitan actualmente los ejidatarios de los ejidos Guadalupe Victoria y Librado Rivera formando una comunidad de - 270 personas, de las cuales 100 corresponden al ejido Librado Rivera, el cual cuenta con 300 hectáreas de las cuales - - 150 Has. son regables y de buena calidad. El promedio de -- personas por familia es de cinco, por lo que el número de jefes de familia es veinte, correspondiéndole 15 Has. a cada - familia.

II.5.6.- AGRICULTURA.- La agricultura desarrollada en - la zona está guiada más por la costumbre que por la técnica, cultivándose maíz y frijol de temporal. Esta agricultura reporta una utilidad promedio de \$3,235.00 anuales, lo cual es insuficiente para satisfacer el mínimo de necesidades que se requieren para llevar un nivel de vida decoroso, pues tomando como indicador para el sostenimiento de la familia el salario mínimo en el campo, que para el municipio de Páruco de Coronado se estableció en \$18.50, el jefe de familia debe -- percibir un ingreso anual de \$6,752.50 considerando que trabaja todo el año.

II.5.7.- COOPERACION.- Los usuarios del proyecto, deseosos de su realización aceptan con optimismo desarrollar los cultivos y técnicas que se proponen.

C A P I T U L O - III

ESTUDIO AGROLOGICO

El presente capítulo tendrá como finalidad, cuantificar de manera sistemática dos conceptos fundamentales de la planeación agrícola que son: Cuanto y cuando regar.

III.1.- CUANTO REGAR

III.1.1.- USO CONSUNTIVO.- Es la cantidad de agua utilizada por las plantas en su función de transpiración y para la formación de sus tejidos celulares, así como el agua que se evapora en la superficie del suelo donde crecen dichas plantas. Debido a que el agua que necesita la planta para la formación de sus tejidos, no excede al 1% del agua que requieren las funciones antes descritas, podemos decir que el Uso Consuntivo es igual a la "Evotranspiración" ocurrida en la superficie donde se riegan dichas plantas.

El concepto de Uso Consuntivo estará íntimamente ligado con el rendimiento del producto principal que del cultivo se espere. Esto conduce a que el Uso Consuntivo no solo dependa de la especie, la variedad vegetal y el clima, sino de la forma misma de realizar los riegos.

Para la determinación del Uso Consuntivo se adoptará el método de Blaney y Criddle, por la accesibilidad de los datos que se requieren, así como la más cercana exactitud en los datos reales que pueden ser llevados a la práctica en el campo.

### III.1.2.- METODO DE BLANEY Y CRIDDLE

III.1.2.1.- Se determina la estación climatológica más cercana a la zona de riego o alguna en la que predominen características climatológicas semejantes a la zona de riego en cuestión. Para nuestro estudio la estación climatológica más cercana es la de San Juan del Río.

III.1.2.2.- Con los datos de temperatura registrados durante quince años de observación, determinamos las temperaturas medias mensuales. (Tabla de Temperatura Media en el Mes).

III.1.2.3.- Se determina el factor de temperatura media para los meses del período vegetativo con la fórmula:

$$C = \frac{^{\circ}\text{C} + 17.8}{21.8} \quad (\text{Tabla de Uso Consuntivo})$$

III.1.2.4.- De la estación climatológica San Juan del Río, cuya coordenada geográfica Latitud Norte es  $24^{\circ} 48' 25''$  aproximadamente  $25^{\circ}$ , valor con el cual quedan determinados los porcentajes (P) de horas luz o insolación en el día para cada mes del año en relación al número total en un año. Estos valores fueron propuestos por Blaney y Criddle (Tabla de Uso Consuntivo).

III.1.2.5.- Determinamos el factor de temperatura y luminosidad (F) multiplicando (P) x (C). (Tabla de Uso Consuntivo).

III.1.2.6.- Se corrige el factor temperatura. Investigaciones recientes efectuadas en el Valle Imperial de los E.U.A. han puntualizado, que para zonas áridas con lluvias en verano, es necesario ajustar convenientemente la rela --

temperatura evotranspiración con un factor de corrección dado por la siguiente fórmula:

$$Kt. = 0.03114^{\circ}C + 0.2396 \text{ (Tabla de Uso Consuntivo).}$$

III.1.2.7.- Queda determinado el Uso Consuntivo (U.C.)- en función de las características térmicas y lumínicas del lugar por la fórmula:

$$U.C. = F \times Kt. \text{ (Tabla de Uso Consuntivo).}$$

III.1.2.8.- Determinamos el coeficiente de Uso Consuntivo (K) que depende del cultivo y que representa el valor medio de U.C./F desde que principia el desarrollo del cultivo hasta su cosecha. (Tabla de Usos Consuntivos).

III.1.2.9.- Se determinan los usos consuntivos promedio en función de sus coeficientes de desarrollo, con la fórmula

$$U.C. = F \times K \text{ (Tabla de Usos Consuntivos).}$$

III.1.2.10.- En las gráficas que representan los porcentajes del ciclo vegetativo en función de sus coeficientes de desarrollo (Kc) se determinan éstos para los períodos mensuales. (Tabla de Usos Consuntivos).

III.1.2.11.- El Uso Consuntivo teórico será igual al Uso Consuntivo con características térmico-lumínicas por el coeficiente de desarrollo mensual del ciclo vegetativo.

$$U.C.T. = Fk_t \times Kc. \text{ (Tabla de Usos Consuntivos).}$$

III.1.2.12.- Determinamos el coeficiente de Uso Consuntivo teórico (K') que es igual a la suma de U.C.T. dividido entre la suma de F.

La aplicación de los coeficientes Kt. y Kc. nos dan un valor de U.C.T. global 10.6% mayor que el que resulta de --

aplicar el coeficiente K en el U.C. Estos resultados se consideran altos debido a que los valores de Kc se obtuvieron de experimentos en que los niveles de humedad fueron muy altos con más de 12 riegos por ciclo y en una zona de verano - sumamente cálida y de baja humedad relativa.

Maíz  $K' = 74.73/87.77 = 0.851$

Frijol  $K' = 46.87/52.62 = 0.891$

Trigo  $K' = 75.16/69.52 = 1.081$

Manzano  $K' = 108.08/172.14 = 0.624$

III.1.2.13.- Se calcula el coeficiente de corrección (Cc.) el cual corrige al UCT. en su valor global obtenido y debe de ser igual al U.C. en su valor global seleccionado.

Maíz  $Cc. = 0.80/0.851 = 0.94$

Frijol  $Cc. = 0.70/0.891 = 0.786$

Trigo  $Cc. = 0.85/1.081 = 0.786$

Manzano  $Cc. = 0.60/0.624 = 0.96$

III.1.2.14.- Obtenemos los valores de Uso Consuntivo -- Corregido, que cubre las necesidades de los cultivos propuestos con las características del lugar. Su fórmula es:

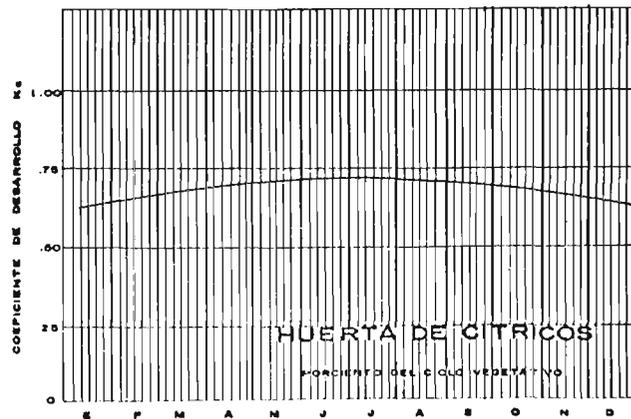
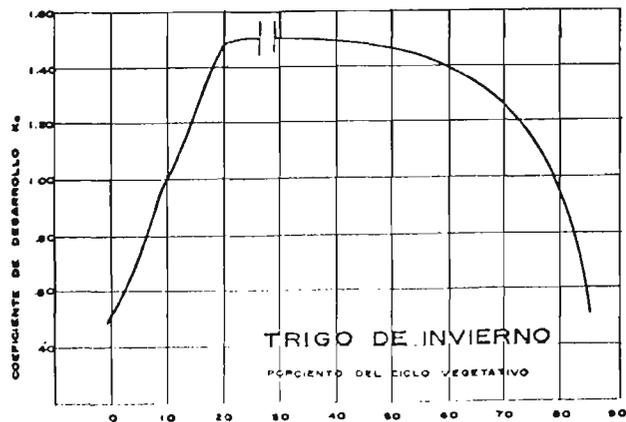
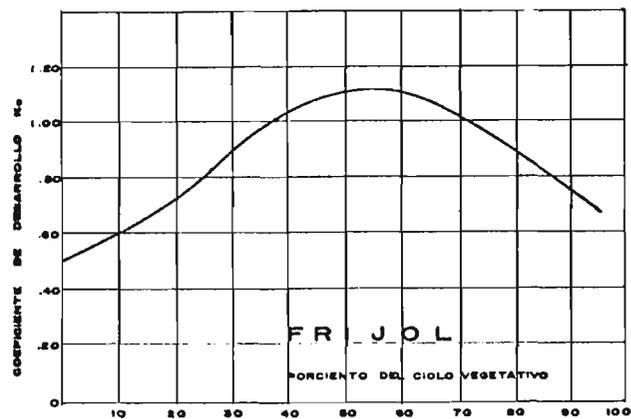
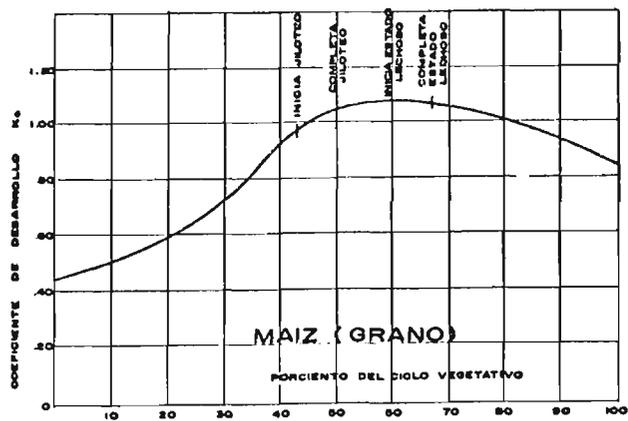
$U.C.C. = Cc. \times U.C.T.$  (Tabla de Usos Consuntivos).



USO CONSUNTIVO  
EN FUNCION DE LOS COEFICIENTES TERMICO-LUMINICOS

| MES | °C   | C     | P    | F     | Xt    | Fkt   |
|-----|------|-------|------|-------|-------|-------|
| E   | 13.6 | 1.440 | 7.53 | 10.84 | 0.663 | 7.18  |
| F   | 15.1 | 1.509 | 7.13 | 10.76 | 0.710 | 7.64  |
| M   | 18.0 | 1.642 | 8.39 | 10.78 | 0.800 | 11.02 |
| A   | 22.1 | 1.830 | 8.61 | 15.76 | 0.927 | 14.61 |
| M   | 25.2 | 1.972 | 9.32 | 18.38 | 1.024 | 18.82 |
| J   | 25.9 | 2.004 | 9.22 | 18.48 | 1.046 | 19.33 |
| J   | 23.7 | 1.904 | 9.43 | 17.95 | 0.977 | 17.54 |
| A   | 23.5 | 1.894 | 9.08 | 17.20 | 0.971 | 16.70 |
| S   | 22.7 | 1.858 | 8.50 | 15.42 | 0.946 | 14.59 |
| O   | 20.0 | 1.734 | 8.08 | 13.99 | 0.862 | 12.06 |
| N   | 16.8 | 1.587 | 7.40 | 11.74 | 0.763 | 8.96  |
| D   | 14.1 | 1.463 | 7.41 | 10.84 | 0.679 | 7.36  |

## COEFICIENTES DE DESARROLLO



**USOS CONSUNTIVOS**  
**EN FUNCION DE LOS COEFICIENTES DE DESARROLLO Y TERMICOS**

| CULTIVO MAIZ              |        |      |       |       |      |        |        |
|---------------------------|--------|------|-------|-------|------|--------|--------|
| MES                       | F      | K    | U.C.  | FKT   | KC   | U.C.T. | U.C.C. |
| ABRIL                     | 15.76  | 0.80 | 12.61 | 14.61 | 0.50 | 7.31   | 6.87   |
| MAYO                      | 18.38  | 0.80 | 14.70 | 18.82 | 0.72 | 13.55  | 12.74  |
| JUNIO                     | 18.48  | 0.80 | 14.78 | 19.33 | 1.04 | 20.10  | 18.89  |
| JULIO                     | 17.95  | 0.80 | 14.36 | 17.54 | 1.04 | 18.24  | 17.15  |
| AGOSTO                    | 17.20  | 0.80 | 13.76 | 16.70 | 0.93 | 15.53  | 14.60  |
| SUMA                      | 87.77  |      |       |       |      | 74.73  |        |
| CULTIVO FRIJOL            |        |      |       |       |      |        |        |
| MES                       | F      | K    | U.C.  | FKT   | KC   | U.C.T. | U.C.C. |
| ABRIL                     | 15.76  | 0.70 | 11.03 | 14.61 | 0.68 | 9.93   | 7.80   |
| MAYO                      | 18.38  | 0.70 | 12.87 | 18.82 | 1.10 | 20.70  | 16.27  |
| JUNIO                     | 18.48  | 0.70 | 12.94 | 19.33 | 0.84 | 16.24  | 12.76  |
| SUMA                      | 52.62  |      |       |       |      | 46.87  |        |
| CULTIVO TRIGO DE INVIERNO |        |      |       |       |      |        |        |
| MES                       | F      | K    | U.C.  | FKT   | KC   | U.C.T. | U.C.C. |
| ENERO                     | 10.84  | 0.85 | 9.21  | 7.18  | 0.92 | 6.61   | 5.20   |
| FEBRERO                   | 10.76  | 0.85 | 9.14  | 7.64  | 1.50 | 11.46  | 9.01   |
| MARZO                     | 13.78  | 0.85 | 11.71 | 11.02 | 1.48 | 16.31  | 12.82  |
| ABRIL                     | 15.76  | 0.85 | 13.40 | 14.61 | 1.40 | 20.45  | 16.07  |
| MAYO                      | 18.38  | 0.85 | 15.62 | 18.82 | 1.08 | 20.33  | 15.98  |
| SUMA                      | 69.52  |      |       |       |      | 75.16  |        |
| CULTIVO MANZANO           |        |      |       |       |      |        |        |
| MES                       | F      | K    | U.C.  | FKT   | KC   | U.C.T. | U.C.C. |
| ENERO                     | 10.84  | 0.60 | 6.50  | 7.18  | 0.63 | 4.52   | 4.34   |
| FEBRERO                   | 10.76  | 0.60 | 6.46  | 7.64  | 0.66 | 5.04   | 4.84   |
| MARZO                     | 10.78  | 0.60 | 6.47  | 11.02 | 0.68 | 7.49   | 7.19   |
| ABRIL                     | 15.76  | 0.60 | 9.46  | 14.61 | 0.70 | 10.23  | 9.82   |
| MAYO                      | 18.38  | 0.60 | 11.03 | 18.82 | 0.71 | 13.36  | 12.83  |
| JUNIO                     | 18.48  | 0.60 | 11.09 | 19.33 | 0.72 | 13.92  | 13.36  |
| JULIO                     | 17.95  | 0.60 | 10.77 | 17.54 | 0.72 | 12.63  | 12.12  |
| AGOSTO                    | 17.20  | 0.60 | 10.32 | 16.70 | 0.71 | 11.86  | 11.39  |
| SEPTIEMBRE                | 15.42  | 0.60 | 9.25  | 14.59 | 0.70 | 10.21  | 9.80   |
| OCTUBRE                   | 13.99  | 0.60 | 8.39  | 12.06 | 0.68 | 8.20   | 7.87   |
| NOVIEMBRE                 | 11.74  | 0.60 | 7.04  | 8.96  | 0.66 | 5.91   | 5.67   |
| DICIEMBRE                 | 10.84  | 0.60 | 6.50  | 7.36  | 0.64 | 4.71   | 4.52   |
| SUMA                      | 172.14 |      |       |       |      | 108.08 |        |

### III.1.3. LAMINAS DE USO CONSUMTIVO

Una vez determinado el consumo de agua por la planta se debe tomar en cuenta la parte aprovechada por ésta, de la -- precipitación pluvial.

III.1.3.1.- LLUVIA EFECTIVA.- De la lluvia registrada - en la zona por regar, una parte es aprovechada por el cultivo, lo cual reduce la cantidad de agua que habría que sumi-- nistrarle.

Es necesario determinar los períodos húmedos y los perí-- odos secos, estableciendo así el regimen de lluvias durante-- las diferentes épocas del año y determinar así los probables requerimientos de riego durante los períodos considerados.

Las precipitaciones mensuales varían mucho para un mis-- mo mes en años diferentes, por lo que habrá una gran diferen-- cia entre el promedio calculado con los años registrados y - alguno ó algunos de ellos mismos; en vista de ésto se ha --- adoptado un procedimiento para estimar la lluvia mensual pro-- bable, dado por la siguiente relación:

$$F = \frac{n}{N} \times 100$$

F= Frecuencia probable de las lluvias para el período-- de duración considerado y que en la practica se sigue el cri-- terio de suponerla en un 80%.

N = Número total de datos de lluvia registrados, los -- cuales no deben ser de menos de 10 años.

n = Número de orden correspondiente al dato en forma -- progresiva, ordenándolo de mayor a menor y que despejando de la relación anterior nos da la lluvia mensual probable.

Se hace la suposición de que el cultivo aprovecha de la lluvia mensual probable, un 60% en el período húmedo y un 80% en el período seco, que es lo que interpretaremos como Lluvia Efectiva.

Para los efectos de cálculo se anexan las tablas de precipitación total en el mes y la de lluvia efectiva mensual.

#### III.1.4.- EFICIENCIA EN EL RIEGO

La eficiencia en el riego es la relación entre el agua consumida por un cultivo y el agua derivada de una fuente de abastecimiento al canal o canales de riego.

La máxima eficiencia en el riego será aquella que nos permita la más alta producción agrícola y la menor pérdida de agua, más una conservación e inalteración tanto física como química del suelo, así como la mayor economía en cada uno de sus conceptos.

Para la mejor evaluación de la eficiencia se ha dividido ésta en cuatro conceptos.

III.1.4.1.- EFICIENCIA EN LA CONDUCCION Y ENTREGA DEL AGUA.- Es la relación entre el agua entregada y el volumen derivado de la fuente de abastecimiento durante un mismo período de tiempo. Las pérdidas en la conducción y entrega del agua son las debidas a la evaporación de agua en los canales, las de filtración y las de desperdicio. Tomando en cuenta que las mayores pérdidas son las de filtración y que en nuestro estudio los canales se harán revestidos de concreto, se adoptará por especificación un coeficiente de eficiencia para la conducción y entrega del agua igual al 90%.

III.1.4.2.- EFICIENCIA EN LA APLICACION DEL AGUA.- Es la relación entre la cantidad de agua almacenada en la zona ocupada por las raíces después de un riego y consumida finalmente y el agua entregada.

Las pérdidas en la aplicación del agua son las debidas a la filtración, la evaporación y la transpiración. El coeficiente se adoptará por especificación igual al 70%.

III.1.4.3.- EFICIENCIA EN LA DISTRIBUCION.- Es el grado de uniformidad en la aplicación del agua durante el riego.

El coeficiente en la distribución dependerá de el número de riegos por lo que será igual al 90%.

III.1.4.4.- EFICIENCIA EN EL ALMACENAMIENTO.- Es la relación que existe entre el agua disponible dentro de la zona radicular y el agua aplicada durante el riego a dicha zona.

La evaluación del agua disponible se determina con la capacidad de campo para lo cual se efectúan las pruebas necesarias y dependiendo de la calidad de éstas se podrá estimar con mayor exactitud la cantidad de agua que se debe aplicar.

El coeficiente de almacenamiento lo tomamos igual al 97%.

III.1.4.5.- COEFICIENTE DE EFICIENCIA.- Es el que se obtiene de multiplicar las cuatro eficiencias anteriores y es igual al 55%.

III.1.5.- LAMINA BRUTA.- Esta lámina será la que se debe aplicar en el riego y está dada por la siguiente fórmula:

$$L.B. = \frac{L.N. - P}{Ce.}$$

L.B. = Lámina bruta.

L.N. = Lámina neta.

P = Lluvia efectiva.

Ce. = Coeficiente de eficiencia.

Los valores de las láminas brutas se encuentran tabulados en la tabla de láminas de uso consuntivo.

III.1.6.- VOLUMENES REQUERIDOS.- Los volúmenes requeridos serán igual a la lámina bruta mensual, multiplicada por el porcentaje de área que se estime regar con cada cultivo.-

Los volúmenes mensuales y totales se encuentran tabulados en la tabla a que nos referimos anteriormente; obteniéndose un volumen de 1'124,000 M<sup>3</sup> anuales para 100 hectáreas regadas con los cultivos propuestos.



## LLUVIA EFECTIVA MENSUAL

EST. CLIMATOLÓGICA EN SAN JUAN DEL RÍO

LAT. 24° 48' 25" N LONG. 104° 28' 00" W. ALT. 1700

| N               | ENE. | FEB. | MAR. | ABR. | MAY. | JUN.  | JUL.  | AGO.  | SEP.  | OCT.  | NOV. | DIC. | ANUAL |
|-----------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|
| 1               | 22.5 | 13.0 | 54.5 | 74.0 | 39.4 | 167.0 | 175.7 | 237.8 | 158.8 | 243.5 | 31.0 | 46.6 |       |
| 2               | 21.0 | 10.1 | 16.0 | 22.0 | 34.9 | 149.2 | 160.3 | 215.8 | 152.7 | 82.4  | 21.4 | 24.7 |       |
| 3               | 19.0 | 8.4  | 12.0 | 7.8  | 26.5 | 101.4 | 149.4 | 181.9 | 148.9 | 59.9  | 17.8 | 13.7 |       |
| 4               | 12.5 | 6.1  | 8.4  | 7.5  | 21.4 | 88.1  | 121.1 | 160.0 | 97.7  | 45.3  | 15.3 | 8.2  |       |
| 5               | 12.0 | 3.0  | 2.5  | 7.2  | 19.0 | 77.0  | 117.7 | 139.1 | 86.3  | 39.8  | 8.2  | 6.5  |       |
| 6               | 6.8  | 0.5  | 1.5  | 6.0  | 13.5 | 74.3  | 112.4 | 131.2 | 83.6  | 37.0  | 5.5  | 6.0  |       |
| 7               | 5.8  | 0.3  | 1.3  | 5.5  | 9.3  | 55.6  | 93.7  | 127.0 | 71.1  | 35.3  | 4.6  | 6.0  |       |
| 8               | 4.4  | INAP | 0.8  | 5.0  | 9.3  | 54.5  | 85.5  | 126.2 | 61.3  | 30.0  | 1.0  | 5.7  |       |
| 9               | 3.6  | 0.0  | INAP | 0.4  | 8.4  | 47.4  | 65.5  | 87.6  | 56.8  | 24.8  | 0.7  | 4.0  |       |
| 10              | 2.1  | 0.0  | INAP | 0.2  | 5.2  | 45.3  | 64.7  | 71.8  | 47.7  | 18.2  | 0.3  | 3.8  |       |
| 11              | 0.5  | 0.0  | INAP | INAP | 1.5  | 33.5  | 59.4  | 59.8  | 45.1  | 13.9  | INAP | 3.1  |       |
| 12              | 0.5  | 0.0  | INAP | INAP | 1.2  | 33.1  | 54.0  | 55.5  | 43.0  | 11.0  | INAP | 2.8  |       |
| 13              | INAP | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 1.0  | 24.3  | 53.3  | 54.1  | 32.7  | 9.5   | 0.0  | 1.5  |       |
| 14              | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | INAP | 8.5   | 42.9  | 51.7  | 32.5  | 8.2   | 0.0  | INAP |       |
| 15              | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | INAP | 4.0   | 35.7  | 22.5  | 11.0  | 4.3   | 0.0  | 0.0  |       |
| LLUVIA PROBABLE |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |      |      |       |
| m.m.            | 0.5  | 0.0  | INAP | INAP | 1.2  | 33.1  | 54.0  | 55.5  | 43.0  | 11.0  | INAP | 2.8  |       |
| LLUVIA EFECTIVA |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |      |      |       |
| m.m.            | 0.4  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.72 | 19.86 | 32.4  | 33.3  | 25.8  | 6.6   | 0.0  | 2.24 |       |
|                 |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |      |      |       |



III.1.7.- LAMINAS DE RIEGO, EN FUNCION DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS DEL TERRENO.- Una vez cuantificada la lámina de agua que requiere la planta para sus funciones de evotranspiración; se debe considerar que no toda la humedad que se le suministre a un suelo, puede ser consumida por la planta, existiendo siempre una cantidad que esta retenida por -- una energía de absorción ejercida por las particulas del suelo que la planta lo es capaz de desplegar. Esta energía corresponde a un contenido de humedad, característico para cada suelo y al cual se le denomina Punto de Marchitamiento -- permanente (P.M.P.).

Cuando el suelo tiene una cantidad de humedad mayor que la del P.M.P., la planta puede consumirla para su desarrollo. Esta cantidad a su vez tiene un límite de humedad después de el cual los poros del suelo se tapan, eliminando el oxígeno de su atmosfera, produciendo asfixia en la planta. Este límite característico de cada suelo se conoce como Capacidad de Campo (C.C.).

Consecuentemente la cantidad de agua retenida en un suelo y que puede ser aprovechada por la planta, es conocida como humedad aprovechable (H.A.) y estará determinada por los límites característicos de cada suelo. Y está dada por la -- fórmula:  $H.A. = C.C. - P.M.P.$

En función de ésta característica (H.A.) podemos calcular las láminas haciendo las consideraciones siguientes:

La cantidad de agua por aplicar (Va.) será la parte que corresponda a un porcentaje (H.A.) del peso del suelo seco.

$$Va. = H.A. \times Pss.$$

El peso del suelo seco (Pss) será igual al volumen de suelo (Vs) por su densidad (Da.), por lo que la anterior -- queda:

$$Va. = H.A. \times Vs. \times Da.$$

Pero el volumen del suelo es igual al área considerada (As.) por la profundidad radicular (Pr.), así que sustituyendo nos queda:

$$Va. = H.A. \times As. \times Pr. \times Da.$$

Si Lámina =  $Va./As.$  tendremos:

$$Lam = H.A. \times Da. \times Pr.$$

$$L = (C.C. - P.M.P.) \times Da. \times Pr.$$

El coeficiente de seguridad que se acostumbra aplicar a la fórmula anterior para que la humedad aprovechable no se acerque al P.M.P. se ha considerado en la lámina de uso consuntivo como la eficiencia en la aplicación del agua y adoptado por especificación en 70%, valor que podrá disminuirse o distribuirse en mejor forma posible con las recomendaciones que se den para operar los riegos.

III.1.7.1.- TEXTURA.- La textura es la relación entre los diferentes tamaños de partículas que componen un suelo determinado. Se expresa ésta de acuerdo a la clasificación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos según el triángulo de textura anexo, que toman en consideración los porcentajes de arcilla, limo y arena.

Para la determinación de éstos porcentajes se analizaron las muestras obtenidas en el campo. El análisis mecáni-

co obtenido nos determinó la existencia de un suelo uniforme con características según el Triángulo de Textura de "Migajón arcilloso", el cual se considera de textura media, los porcentajes en que intervienen sus componentes son:

|         |        |
|---------|--------|
| Arena   | 39.5 % |
| Arcilla | 38.0 % |
| Limo    | 25.5 % |

III.1.7.2.- CAPACIDAD DE CAMPO.- Capacidad de campo es el contenido de humedad de un suelo expresado en por ciento - después de un riego pesado, una vez eliminado el exceso de agua por la acción de la fuerza de gravedad. Esta condición se obtiene entre los dos y cinco días después de haber dado el riego.

La determinación de ésta capacidad de campo la podemos obtener directamente en base a los porcentajes de arenas, limos, y arcillas los cuales fueron obtenidos en el laboratorio.

Para el caso nos valemos del nomograma anexo que resuelve la siguiente ecuación:

$$C.C. = 0.233 (0.53\% R + 0.25\% L + 0.23\% A)^{1.45}$$

La capacidad de campo obtenida por éste método fué de 30%.

III.1.7.3.- PORCENTAJE DE MARCHITAMIENTO PERMANENTE.- Porcentaje de marchitamiento permanente es el contenido de humedad de un suelo en el que se marchitan permanentemente plantas indicadoras de girasol con cuatro hojas a menos que se les agregue agua. Visto de otra forma es el contenido de humedad de un suelo en el cual se marchitan las plantas -

que en el crecen.

Para la determinación de dicho porcentaje se puede tomar como valor promedio el 50% de la capacidad de campo, o estimarlo en función de la textura de acuerdo con la tabla de la clase "Relaciones, agua, suelo, planta, Dr. Fernández".

| TEXTURA                     | P. M. P. |
|-----------------------------|----------|
| Arenas                      | 3 a 8    |
| Migajones arenosos          | 6 a 12   |
| Suelos francos              | 8 a 17   |
| <u>Migajones arcillosos</u> | 13 a 20  |
| Arcillas                    | 17 a 40  |

III.1.7.4.- HUMEDAD APROVECHABLE.- La humedad aprovechable de un cultivo es la diferencia de la Capacidad de Campo y el porcentaje de Marchitamiento Permanente. Es decir que a capacidad de campo la humedad aprovechable es de 100% y a punto de Marchitamiento permanente es de 0%.

III.1.7.5.- DENSIDAD APARENTE.- Se llama densidad aparente de un suelo a la relación que existe entre el peso de un suelo seco y el volumen total incluyendo sus poros

$$\text{Fórmula: } D_a = \frac{P_{ss}}{V_t}$$

Para la determinación en el campo de la Densidad Aparente, el método consiste en hacer un hoyo en el terreno de --- aproximadamente 20x20x15 cms., guardando la tierra extraída en un recipiente. Se cubre el hoyo con una hoja de plástico (generalmente polietileno), procurando que esta adquiera las irregularidades de la cavidad. Se agrega agua con una probeta graduada hasta llenar el hoyo, con lo cual determinamos -

el volumen de la tierra desalojada.

La tierra extraída anteriormente se seca y se pesa.

Se sustituyen los valores obtenidos en la fórmula, con lo cual obtenemos la densidad aparente, que para nuestro estudio nos da el siguiente valor:

Peso del suelo seco,  $P_{ss} = 9.00$  Kgs.

Volumen total  $V_t = 6.00$   $Dm^3$

Densidad aparente  $D_a = \frac{9.0}{6.0} = 1.5$

III.1.7.6.- PROFUNDIDAD RADICULAR.- Consideraremos como profundidad radicular aquella en que se desarrolla el 90% de las raíces, por considerar que estas pueden consumir el agua que necesitan para el desarrollo de la planta.

La profundidad radicular para los cultivos: maíz, frijol, y trigo es de 60 cms. y la del manzano de 90 cms.

Para los riegos de siembra, se tendrá en cuenta solamente el 50% de la profundidad radicular, por no contar aún con raíces.

III.1.8.- LAMINAS DE RIEGO PARA LOS CULTIVOS.

CULTIVOS ANUALES: Maíz, Frijol y Trigo

Para el riego de siembra.

$L = (30 - 00) 1.5 \times 0.30 = 13.5$  cms.

Para los riegos de auxilio.

$L = (30 - 14) 1.5 \times 0.60 = 14.4$  cms.

CULTIVO PERENNE: Manzano

Para el riego de siembra.

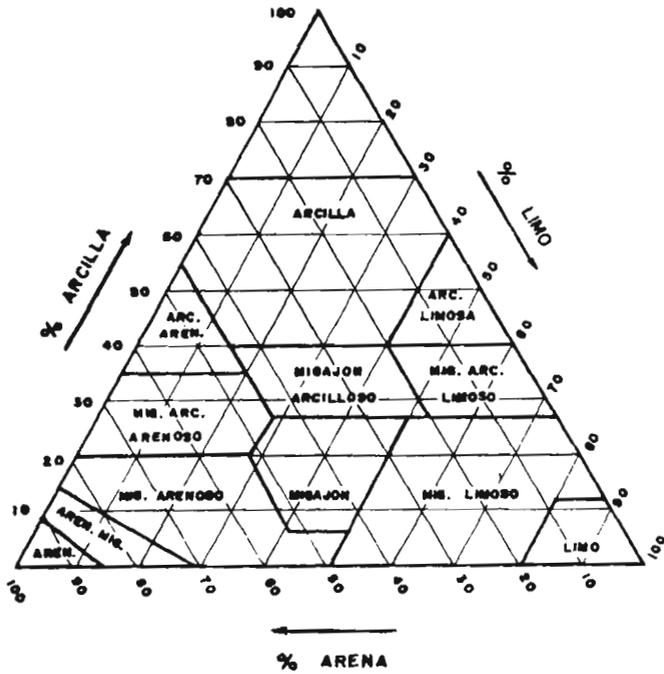
$L = (30 - 00) 1.5 \times 0.45 = 20.0$  cms.



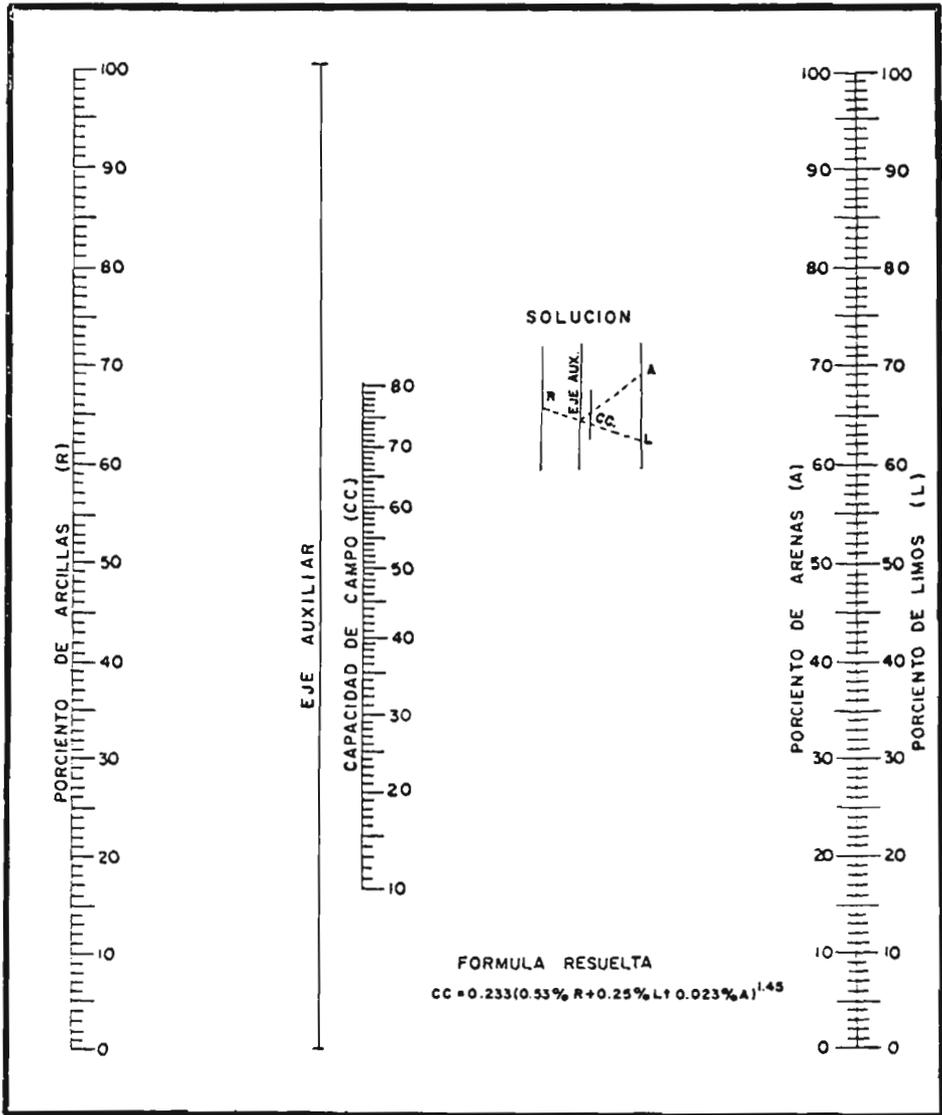
# TRIANGULO DE TEXTURAS

PARA CLASIFICACION MECANICA DE LOS SUELOS

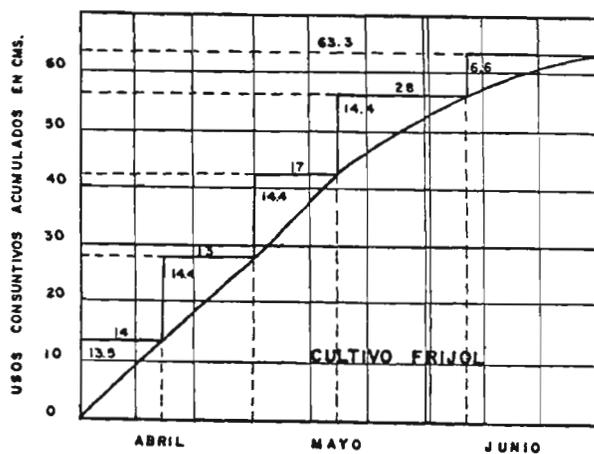
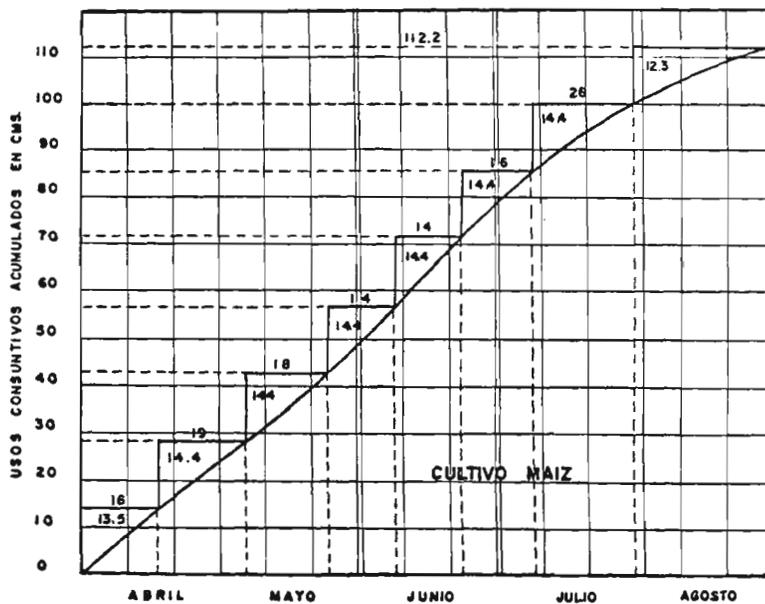
(DE 0.002 A 2.00 Mm.)



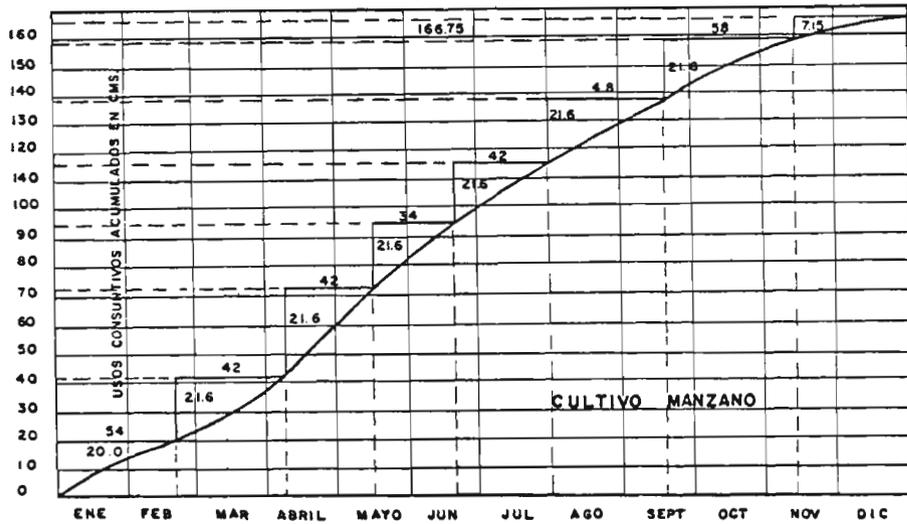
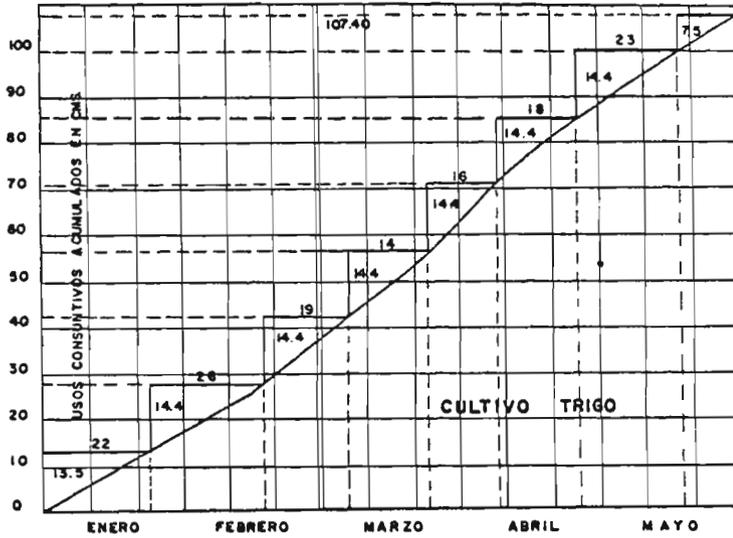
NOMOGRAMA PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE CAMPO  
 EN FUNCION DE LOS PORCENTAJES DE  
 ARCILLA, LIMO Y ARENA



## INTERVALOS DE RIEGO



## INTERVALOS DE RIEGO



C A P I T U L O - I V  
DISEÑO DE LA ZONA DE RIEGO

Este capítulo tiene como finalidad, el diseño de canales y estructuras necesarias para derivar el agua a la parcela, el diseño de surcos y la forma de distribuir el agua o como regar.

IV.1.- COMO REGAR.

La forma de distribuir el agua es independiente del método de riego en sí, ya sea: surco, melga, aspersión, etc.- y debe estar determinada por la propia capacidad de infiltración del suelo.

IV.1.1.- VELOCIDAD DE INFILTRACION.- Velocidad de infiltración es la relación entre una lámina de agua que se infiltra y el tiempo que tarda en hacerlo. Dicha velocidad no es un valor constante sino que depende de varios factores; principalmente de la carga y el tiempo, por lo que si consideramos una carga más o menos constante, ésta velocidad de infiltración varía respecto al tiempo siguiendo una ley hiperbólica. Cuando la variación respecto al tiempo es muy pequeña - podemos decir que la velocidad de infiltración permanece más o menos constante y la llamaremos "Infiltración básica".

DETERMINACION EN EL CAMPO.-

a) Infiltrómetro para melgas.- Consiste en un anillo de lámina galvanizada al cual se coloca una hoja plástica impermeable, se llena éste de agua, y una vez que se tiene listo el aparato de medición se procede a quitar la hoja de plásti

co. La lámina infiltrada se mide con un tornillo micrométrico y se toman los intervalos de tiempo que se requieran.

En terrenos pesados puede haber una difusión de agua infiltrada hacia los lados, lo cual se evita con un segundo -- anillo concéntrico exterior para formar una zona de amortiguación. La prueba debe hacerse por lo menos 15 cms. abajo de la superficie del terreno.

b) Infiltrómetro para surcos.- Consiste en dos láminas galvanizadas que se entierran perpendicularmente al surco -- quedando un depósito entre ellas al cual después de llenarlo de agua se le aplica el procedimiento antes descrito.

La infiltración obtenida como promedio de los dos métodos es:  $I = 1.8 \text{ cm/hora}$ .

IV.1.2.- TIEMPO DE APLICACION DEL AGUA.- Será el tiempo que tarda una lámina aplicada, en infiltrarse a la profundidad radicular en estudio y su fórmula es:  $T = L/I$ .

IV.1.3.- TIEMPO DE MOJADO.- Es el tiempo que se necesita para cubrir de agua una superficie, antes de que la infiltración se verifique en toda el área regada. En estas condiciones, cuando el extremo de un surco ha alcanzado la profundidad radicular en un tiempo (T), al cual debe ser proporcional;; la cabecera del surco habra alcanzado una profundidad proporcional al tiempo  $(T + t/2)$ , siendo (t) el tiempo de mojado, que podra valuarse como fracción del tiempo total (T), dependiendo del tipo de suelo en estudio.

El valor que se recomienda para un suelo arcilloso para el tiempo de mojado es:  $t = T/8$ .

IV.1.4.- TIEMPO DE REGADO.- Es el tiempo que tarda el agua en infiltrarse con un valor constante en toda la superficie regada y se puede definir como la diferencia entre el tiempo total de aplicación menos el tiempo de mojado.

IV.1.5.- EFICIENCIA EN EL TIEMPO DE DISTRIBUCION.- Es igual al tiempo de regado dividido entre el tiempo total. Si valuamos el tiempo (t) en función de (T), tendremos:

$$E = \frac{T - T/16}{T} = \frac{15}{16} = 94\%$$

Esta eficiencia es mayor que la eficiencia en la distribución, debido a que no incluye las pérdidas por coleos que se suscitan por descuido en el tiempo de aplicación ó por la deficiente operación en los sifones.

IV.1.6.- TIEMPOS DE REGADO PARA LOS CULTIVOS

| CULTIVO | RIEGO   | LAMINA | T = L/I | Tm = I/8 | Tr = T - Tm |
|---------|---------|--------|---------|----------|-------------|
| MAIZ    | Siembra | 13.50  | 7h-30'  | 0h-56'   | 6h-34'      |
|         | Auxilio | 14.40  | 8h-00'  | 1h-00'   | 7h-00'      |
|         | Ultimo  | 12.30  | 6h-50'  | 0h-50'   | 6h-00'      |
| FRIJOL  | Siembra | 13.50  | 7h-30'  | 0h-56'   | 6h-34'      |
|         | Auxilio | 14.40  | 8h-00'  | 1h-00'   | 7h-00'      |
|         | Ultimo  | 6.60   | 3h-22'  | 0h-25'   | 2h-57'      |
| TRIGO   | Siembra | 13.50  | 7h-30'  | 0h-56'   | 6h-34'      |
|         | Auxilio | 14.40  | 8h-00'  | 1h-00'   | 7h-00'      |
|         | Ultimo  | 7.50   | 4h-09'  | 0h-31'   | 3h-38'      |
| MANZANO | Siembra | 20.00  | 11h-06' | 1h-23'   | 9h-43'      |
|         | Auxilio | 21.60  | 12h-00' | 1h-30'   | 10h-30'     |
|         | Ultimo  | 7.15   | 4h-00'  | 0h-30'   | 3h-30'      |

#### IV.2.- DISEÑO DE SURCOS

El riego de surcos con pendiente, se adapta al riego de cosechas de escarda sembradas en línea y para nuestro estudio se adapta al cultivo del Maiz y Frijol.

No se debe usar este método en suelos arenosos de infiltración rápida, por ser deficiente la distribución lateral en el surco. No se debe de usar donde hay sales por acumularse se pueden dar riegos ligeros.

Se debe regular el gasto para cada surco y se debe drenar el escurrimiento superficial.

IV.2.1.- GASTO MAXIMO NO EROSIONABLE.- Se debe de tomar en cuenta éste gasto como límite, para evitar el deslave de los suelos. La fórmula recomendada por los investigadores Enrique Blair y Palacios es:  $Q = 38/S$  L.P.M.

La pendiente recomendable (S) , para suelos de textura media es de 0.4%, por lo que el gasto máximo no erosionable será de 1.583 litros por segundo.

IV.2.2.- SEPARACION DE SURCOS.- Según la tabla de MacCulloch, para suelos de textura media la separación de surco recomendable es de 100 cms. de corona a corona.

IV.2.3.- LONGITUD DE SURCO.- Se adoptara el criterio de que a mayor pendiente se debe disminuir la longitud del surco. Se propone como primer tanteo la longitud que se recomienda en las especificaciones que es de 200 Mts.

IV.2.4.- GASTO APLICADO EN EL SURCO.- Se darán dos gastos diferentes, los cuales deberán estar comprendidos entre el máximo no erosivo y el mínimo que se desee.

El gasto de regado deberá satisfacer la infiltración -- promedio del surco en toda su longitud y evitar las pérdidas por coleos. El gasto de mojado será igual a 1.5 veces el -- gasto de regado con el objeto de evitar las pérdidas excesivas por percolación profunda.

#### IV.2.5.- CALCULO DE LOS GASTOS DE REGADO

Lámina máx. = 14.4. cms. (para el riego de siembra)

Ancho de surco = 70 cms.

Long. de surco = 200 Mts.

Volumen = 0.144 x 0.70 x 200 = 20.0

Tiempo de regado = 7 Hs. = 25,200. seg.

Tiempo de mojado = 1 Hs = 3,600. seg.

VOL. =  $Q_r \times T + Q_m \times t$

pero:  $Q_m = 1.5 Q_r$

VOL. =  $Q_r (T + 1.5t)$  despejando:

$$Q_r = \frac{V}{(T + 1.5t)} = \frac{28,800.}{(25,200. + 1.5 \times 3,600.)}$$

$Q_r = 1$  ( L.P.S. )

$Q_m = 1.5$  ( L.P.S. ) Menor que  $Q_{max}$ . no erosionable.

#### IV.2.6.- PENDIENTE MAXIMA PERMISIBLE

Velocidad max. no erosiva = 0.6 m./seg.

$Q = v \times A$

$$\text{Despejando: } d = \frac{Q}{v \cdot b} = \frac{0.001}{0.6 \times 0.7} = 0.0024 \text{ Mts.}$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

$$s = \left( \frac{v \cdot n \cdot P^{2/3}}{A^{2/3}} \right)^2 = \left( \frac{0.6 \times 0.03 \times (0.7 + 2 \times 0.0024)^{2/3}}{(0.7 \times 0.0024)^{2/3}} \right)^2$$

$S = 1\%$  Mayor que 0.4 %

#### IV.3.- DISEÑO DE MELGAS.-

El riego por melgas se adapta a cultivos que cubren un área de suelo totalmente, para siembras cuyos granos estén - muy cerca unos de otros y para cultivos que requieran un riego por inundación controlada. Para nuestro estudio se adaptará al cultivo del trigo y manzano.

Se propone el criterio más uniforme para el diseño de melgas en el sentido de que a mayor pendiente de riego se -- permitan mayores longitudes de melga, siempre y cuando el -- suelo no sea muy permeable.

Se sugiere que el ancho de melga sea un múltiplo de las dimensiones del equipo mecánico que se pretende usar.

La rapidez de infiltración deberá ser de baja a moderada. La pendiente de riego estará comprendida entre el 1 y - 2%, y como pendiente transversal del terreno de 4. a 8%. El desnivel entre bordos no debe de exceder de 6 cms.

IV.3.1.- ANCHO DE MELGA Y LONGITUD.- De acuerdo con las recomendaciones del servicio de conservación de suelos de -- E.U.A. para suelos de textura pesada (Migajón Arcilloso), se puede aceptar 10 mts. como ancho de melga y 200 mts. en su -- longitud. Estas dimensiones deberán de corresponder para -- una velocidad no erosionable y la pendiente de riego deseada.

#### IV.3.2.- CALCULO DE LOS GASTOS DE REGADO.-

Lámina máx. = 216 cms. (Para el riego de auxilio).

Ancho de melga = 10 mts.

Longitud de melga = 200 mts.

Volumen =  $0.216 \times 10 \times 200 = 432$  mts.<sup>2</sup>

Tiempo de regado = 10.5 hs. = 37,800 segundos.

Tiempo de mojado = 1.5 hs. = 5,400 segundos.

Volumen =  $Q_r \times T = Q_m \times t$

pero :  $Q_m = 1.5 Q_r$

VOL. =  $Q_r (T + 1.5t)$

despejando:  $Q_r = \frac{V}{(T + 1.5t)} = \frac{432,000}{(37,800 + 1.5 \times 5,400)}$

$Q_r = 9.4 \text{ L.P.S.}$

$Q_m = 15.1 \text{ L.P.S.}$

#### IV.4.- DISEÑO DEL CANAL DE CONDUCCION

IV.4.1.- CAPACIDAD DE CONDUCCION.- De los volúmenes requeridos por el uso consuntivo se toma el mes de máxima demanda que corresponde a Mayo con un volumen de 211,400.00 M<sup>3</sup> para 100 Has.

Debido a que los volúmenes requeridos por la planta son del orden del anterior, solo en un lapso de dos meses o sea los correspondientes a Abril y Mayo y considerando que el canal deberá dar servicio durante todo el año conduciendo gastos menores, diseñamos el canal para que derive el volumen de 211,400.00 M<sup>3</sup> durante 12 días de riego dando 2 turnos de 8 horas por día lo cual nos da un tiempo de 691,200 segundos, sustituyendo éstos datos en la fórmula del gasto nos da:

$$Q = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}} = \frac{211,400}{691,200} = 0.3 \text{ M}^3/\text{seg. (Aprox.)}$$

IV.4.2.- DISEÑO.- Para el diseño de canales usaremos dos métodos que relacionaremos entre sí, por su funcionamiento, la sencillez de su operación y la construcción de los mismos.

#### IV.4.3.- METODO DE LA VELOCIDAD MAXIMA PERMISIBLE

Gasto máximo del canal.-  $Q = 0.3 \text{ M}^3/\text{seg.}$

Talud adoptado para secciones de canal que conducen gastos de  $0.100 \text{ M}^3/\text{seg.}$  a  $1.00 \text{ M}^3/\text{seg.}$  desplantados sobre material impermeable y con una altura total máxima de un metro.

$$t = 1 : 1$$

Velocidad máxima permisible que nos garantiza el funcionamiento de los sifones.-  $v = 1.00 \text{ M}^3/\text{seg.}$

#### IV.4.3.1.- SECCION DE MAXIMA EFICIENCIA

$$\text{Area.- } A = Q/v = 0.3/1.0$$

$$A = 0.3 \text{ M}^2$$

$$\text{Tirante.- } Y = \sqrt{\frac{A}{2\text{Csc.}\phi - \text{Cot.}\phi}}$$

$$Y = 0.405$$

$$\text{Ancho de base.- } b = A/Y - Y\text{Cot.}\phi$$

$$b = 0.30 \text{ Mts.}$$

#### IV.4.3.2.- PENDIENTE MAXIMA PERMISIBLE

Coefficiente de rugosidad para el concreto.-  $n = 0.17$

$$\text{Fórmula de Maning.- } v = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

Despejando la pendiente (S) tenemos:

$$S = \left(\frac{nv}{R^{2/3}}\right)^2$$

$$S = 0.0024$$

IV.4.3.3.- SECCION DEL CANAL.- La altura total (Ht) del canal es igual al tirante "Y" que se obtiene con la pendiente mínima del terreno por donde pasa el canal ( $S = 0.001$ ) -- más un bordo libre. (B.L.). El tirante "Y" lo obtenemos con la fórmula del gasto en la cual sustituimos la fórmula de -- Maning, resolviendo esta ecuación por tanteos.

$$Q = v \cdot A$$

$$v = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} \quad \text{pero } R = \frac{A}{p}$$

$$Q = \frac{A^{3/2} S^{1/2}}{P^{5/3} n}$$
 resolviendo por tanteos para "Y" tenemos:

$$Y = 0.51 \text{ M/seg.}$$

$$B.L. = 0.09 \text{ Mts.}$$

$$Ht. = Y + B.L.$$

$$Ht. = 0.60 \text{ Mts.}$$

Sustituyendo "Y" en la fórmula de Manning nos da:

$$v = 0.75 \text{ M/seg. Velocidad menor que la máxima permisible.}$$

#### IV.4.4.- METODO DE CANALES CON PANTALLAS

Con el objeto de economizar los volúmenes de terracerías y excavaciones necesarias para conducir el agua a través de canales en terrenos con pendientes mayores a la máxima permisible. Así mismo tratando de evitar la construcción y operación de estructuras tales como rápidas, caídas y tomas granja, se propone el citado método, el cual consiste en aprovechar la pendiente del terreno natural dejándola como rasante del canal y colocar a intervalos convenientes en la sección-revestida, unas pantallas de concreto que dividan el conducto en una serie de cajones entre pantallas que funcionan como caídas cuya energía del agua se amortiguará una vez que se llene el cajón correspondiente a cada pantalla.

Lo anterior evitará que a pesar de las fuertes pendientes, las velocidades sean altas y produzcan el arrastre de los sifones, además de disminuir los efectos erosivos en las paredes del conducto.

IV.4.4.1.- CARACTERISTICAS GEOMETRICAS.- Las pantallas-deberán tener un espesor de 5 cms. para que su funcionamiento sea el de un vertedor de cresta delgada.

La altura de pantallas en canales trapeziales revestidos de concreto y que conducen gastos de  $0.1 \text{ M}^3/\text{seg.}$  a  $1.0 \text{ M}^3/\text{seg.}$  se recomienda sea de 30 cms.

En todos los casos se dejará en el fondo de la pantalla un orificio de 5.08 cms. (2") de diámetro, con el objeto de ventilar el manto de descarga para evitar cavitaciones y para efectos de limpieza de los canales cuando estén en desuso.

IV.4.4.2.- SEPARACION ENTRE PANTALLAS.- La separación (1) entre pantallas es igual a la diferencia entre la altura de la pantalla (0.30 Mts.) y el mínimo que garantiza una operación eficiente de los sifones (0.10 Mts.) dividida entre la pendiente en estudio.

$$1 = \frac{d_1 - d_2}{S} = \frac{0.30 - 0.10}{S} = \frac{0.20}{S}$$

En la práctica se ha observado que para pendientes comprendidas entre 0.5% y 2.0% se produce un salto hidráulico después de cada pantalla, inutilizando distancias hasta de 5 metros en los cuales no se pueden colocar los sifones por las turbulencias, el escaso tirante y las velocidades fuertes que se generan; en el resto del tramo la velocidad disminuye y el tirante es mayor de 10 centímetros, por lo que los sifones se pueden colocar perfectamente.

Disminuyendo la separación de pantallas a la mitad, el remanso producido llega hasta la pantalla anterior formando un colchón amortiguador que disminuye el efecto del salto hidráulico de tal modo que se pueden colocar los sifones inmediatamente al pie de las pantallas.

Por lo que la separación correcta será:

$$1 = \frac{0.10}{S}$$

Para la pendiente de 0.01 ;  $1 = \frac{0.10}{0.01} = 10.0$  Mts.

Para la pendiente de 0.012;  $1 = \frac{0.10}{0.012} = 8.3$  Mts.

Para la pendiente de 0.013;  $1 = \frac{0.10}{0.013} = 7.7$  Mts.

Para la pendiente de 0.014;  $1 = \frac{0.10}{0.014} = 7.1$  Mts.

Para la pendiente de 0.015;  $1 = \frac{0.10}{0.015} = 6.7$  Mts.

IV.4.4.3.- FUNIONAMIENTO DE LAS PANTALLAS.- El funcionamiento de las pantallas es el de un vertedor de cresta delgada, cuyo gasto se calcula con la fórmula de los vertedores:

$$Q = C.L.H.^{3/2}$$

El coeficiente de gasto  $C = 2.795$  que se emplea en la fórmula, se obtuvo por mediciones de aforo en una sección de canal revestida con concreto, su ancho de plantilla igual a 30 cms. y taludes 1 : 1

La longitud (L) de la cresta vertedora es igual al ancho de la pantalla.

La carga (H) sobre la pantalla debe ser medida a una distancia mínima de 2.5 H aguas arriba de la pantalla.

#### IV.4.4.4.- CARGA SOBRE LA PANTALLA

$$Q = 0.3 \text{ M}^3/\text{seg.}$$

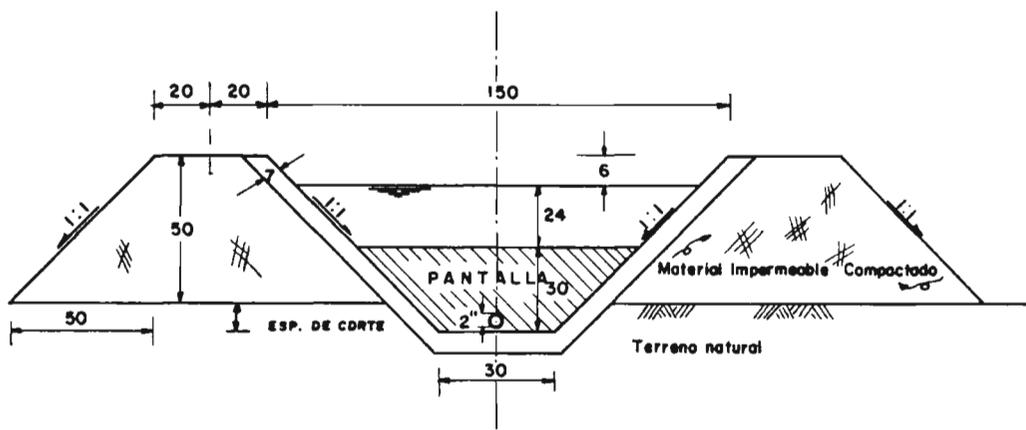
$$L = 0.9 \text{ Mts.}$$

$$C = 2.795$$

Despejando (H) de la fórmula de los vertedores tendremos:

$$H = \left[ \frac{Q}{C.L.} \right]^{2/3} = 0.24 \text{ Mts.}$$

IV.4.4.5.- SECCION DEL CANAL



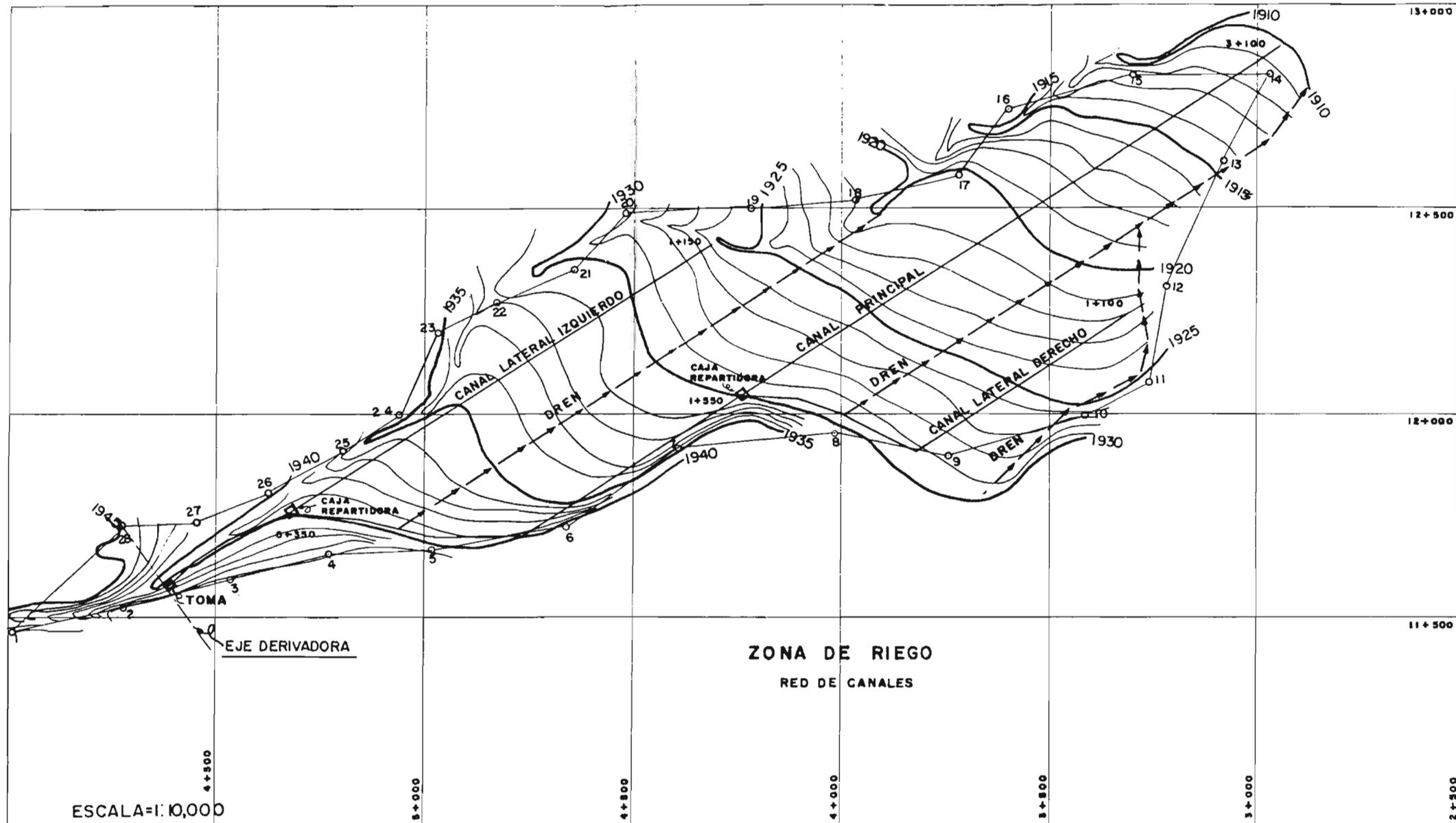
La altura total (Ht.) del canal, es igual a la altura de la pantalla más la carga sobre ésta, más un bordo libre.

$$Ht. = 0.30 + 0.24 + 0.06 = 0.60 \text{ Mts.}$$

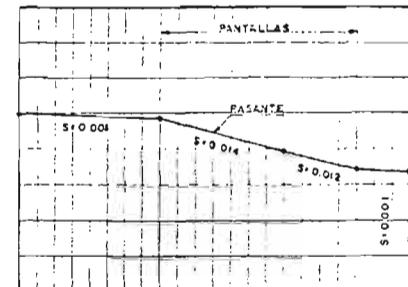
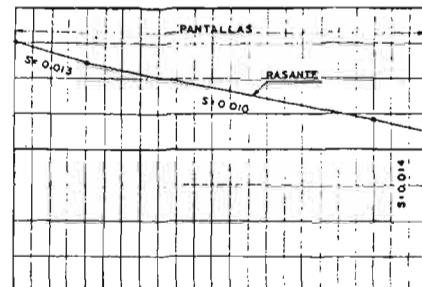
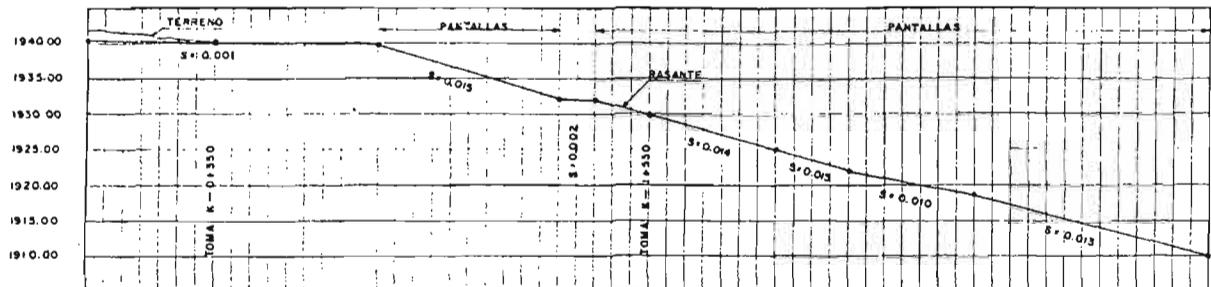
IV.5.- ESTRUCTURAS.- Con el objeto de distribuir el agua en la red de canales se proponen cajas repartidoras simples, las cuales constan de un cajón de 1.50 x 1.50 Mts. con el requerimiento de agua en los canales.

Se escogió éste tipo de estructura, estimando que la red de canales trabajará parcialmente, además de la sencillez con que pueden ser operadas éstas.

IV.6.- RED DE CANALES.- Se adjunta plano de la zona de riego, con la localización de canales, estructuras y drenes parcelarios que deberá hacer el propio agricultor. Así mismo se adjunta plano con los perfiles de los canales



PERFILES DE CANALES



| ESTACION | TERRENO | RASANTE | ESP. COM. | ESP. TUB. |
|----------|---------|---------|-----------|-----------|
| 0+000    | 1941.90 | 1940.30 | 1.60      |           |
| 50       | 41.45   | 40.95   | 0.50      |           |
| 100      | 41.90   | 40.40   | 1.50      |           |
| 150      | 41.02   | 40.35   | 0.67      |           |
| 200      | 40.70   | 40.30   | 0.40      |           |
| 250      | 40.35   | 40.25   | 0.10      |           |
| 300      | 40.16   | 40.20   | 0.16      |           |
| 350      | 40.20   | 40.15   | 0.05      |           |
| 400      | 40.15   | 40.10   | 0.05      |           |
| 450      | 40.08   | 40.05   | 0.03      |           |
| 500      | 40.03   | 40.00   | 0.03      |           |
| 550      | 39.99   | 39.95   | 0.04      |           |
| 600      | 39.94   | 39.90   | 0.04      |           |
| 650      | 39.84   | 39.82   | 0.02      |           |
| 700      | 39.82   | 39.80   | 0.02      |           |
| 750      | 39.76   | 39.75   | 0.01      |           |
| 800      | 39.71   | 39.70   | 0.01      |           |
| 850      | 39.69   | 39.65   | 0.04      |           |
| 900      | 39.63   | 39.60   | 0.03      |           |
| 950      | 37.51   | 37.45   | 0.06      |           |
| 1+000    | 1936.80 | 1938.70 | 0.10      |           |
| 050      | 35.90   | 35.94   | 0.04      |           |
| 100      | 35.13   | 35.20   | 0.07      |           |
| 150      | 34.53   | 34.45   | 0.08      |           |
| 200      | 33.66   | 33.70   | 0.04      |           |
| 250      | 32.94   | 32.95   | 0.01      |           |
| 300      | 32.30   | 32.20   | 0.10      |           |
| 350      | 32.09   | 32.10   | 0.01      |           |
| 400      | 31.99   | 32.00   | 0.01      |           |
| 450      | 31.50   | 31.30   | 0.20      |           |
| 500      | 30.70   | 30.80   | 0.10      |           |
| 550      | 29.88   | 29.90   | 0.02      |           |
| 600      | 29.18   | 29.20   | 0.02      |           |
| 650      | 27.86   | 27.90   | 0.04      |           |
| 700      | 27.17   | 27.10   | 0.07      |           |
| 750      | 26.55   | 26.40   | 0.15      |           |
| 800      | 25.90   | 25.70   | 0.20      |           |
| 850      | 25.00   | 25.00   | 0.00      |           |
| 900      | 24.24   | 24.23   | 0.01      |           |
| 950      | 23.50   | 23.50   | 0.00      |           |
| 0+000    | 22.72   | 22.72   | 0.00      |           |
| 100      | 22.00   | 22.00   | 0.00      |           |
| 150      | 21.50   | 21.50   | 0.00      |           |
| 200      | 21.10   | 21.00   | 0.10      |           |
| 250      | 20.70   | 20.50   | 0.20      |           |
| 300      | 20.10   | 20.00   | 0.10      |           |
| 350      | 19.65   | 19.50   | 0.15      |           |
| 400      | 18.96   | 19.00   | 0.04      |           |
| 450      | 18.46   | 18.50   | 0.04      |           |
| 500      | 17.80   | 17.85   | 0.05      |           |
| 550      | 17.28   | 17.20   | 0.08      |           |
| 600      | 16.86   | 16.55   | 0.31      |           |
| 650      | 15.99   | 15.80   | 0.19      |           |
| 700      | 15.10   | 15.23   | 0.13      |           |
| 750      | 14.84   | 14.60   | 0.24      |           |
| 800      | 13.98   | 13.93   | 0.05      |           |
| 850      | 13.11   | 13.30   | 0.19      |           |
| 900      | 12.79   | 12.85   | 0.06      |           |
| 950      | 12.00   | 12.00   | 0.00      |           |
| 0+000    | 11.43   | 11.35   | 0.08      |           |
| 050      | 10.80   | 10.70   | 0.10      |           |
| 100      | 10.15   | 10.05   | 0.10      |           |

CANAL PRINCIPAL

|       |         |         |      |  |
|-------|---------|---------|------|--|
| 0+000 | 1940.20 | 1940.15 | 0.05 |  |
| 050   | 39.90   | 39.90   | 0.00 |  |
| 100   | 38.80   | 38.85   | 0.05 |  |
| 150   | 38.20   | 38.20   | 0.00 |  |
| 200   | 37.56   | 37.55   | 0.01 |  |
| 250   | 36.98   | 37.05   | 0.07 |  |
| 300   | 36.56   | 36.55   | 0.01 |  |
| 350   | 35.97   | 36.05   | 0.08 |  |
| 400   | 35.80   | 35.95   | 0.15 |  |
| 450   | 34.00   | 35.05   | 1.05 |  |
| 500   | 34.70   | 34.95   | 0.25 |  |
| 550   | 34.15   | 34.05   | 0.10 |  |
| 600   | 33.65   | 33.55   | 0.10 |  |
| 650   | 33.15   | 33.05   | 0.10 |  |
| 700   | 32.65   | 32.55   | 0.10 |  |
| 750   | 32.00   | 32.05   | 0.05 |  |
| 800   | 31.59   | 31.55   | 0.04 |  |
| 850   | 31.18   | 31.05   | 0.13 |  |
| 900   | 30.64   | 30.55   | 0.09 |  |
| 950   | 30.15   | 30.05   | 0.10 |  |
| 1+000 | 29.61   | 29.55   | 0.06 |  |
| 050   | 28.85   | 28.85   | 0.00 |  |
| 100   | 28.26   | 28.15   | 0.11 |  |
| 150   | 27.50   | 27.42   | 0.08 |  |

CANAL LATERAL IZQUIERDO

|       |         |         |      |  |
|-------|---------|---------|------|--|
| 0+000 | 1928.88 | 1929.90 | 0.02 |  |
| 050   | 29.94   | 29.85   | 0.09 |  |
| 100   | 29.91   | 29.80   | 0.11 |  |
| 150   | 29.86   | 29.75   | 0.11 |  |
| 200   | 29.80   | 29.70   | 0.10 |  |
| 250   | 29.75   | 29.65   | 0.10 |  |
| 300   | 29.71   | 29.60   | 0.11 |  |
| 350   | 29.66   | 29.55   | 0.11 |  |
| 400   | 29.60   | 29.50   | 0.10 |  |
| 450   | 29.54   | 29.40   | 0.14 |  |
| 500   | 29.50   | 29.10   | 0.40 |  |
| 550   | 29.45   | 29.70   | 0.25 |  |
| 600   | 29.40   | 29.60   | 0.20 |  |
| 650   | 29.35   | 29.50   | 0.15 |  |
| 700   | 29.30   | 29.40   | 0.10 |  |
| 750   | 29.25   | 29.30   | 0.05 |  |
| 800   | 29.20   | 29.20   | 0.00 |  |
| 850   | 29.15   | 29.15   | 0.00 |  |
| 900   | 29.10   | 29.10   | 0.00 |  |
| 950   | 29.05   | 29.05   | 0.00 |  |
| 1+000 | 28.95   | 28.95   | 0.00 |  |

CANAL LATERAL DERECHO

C A P I T U L O - V  
FACTIBILIDAD ECONOMICA

Con el fin de determinar la factibilidad económica de - construir una obra de riego, se ha considerado la necesidad de evaluar anticipadamente la bondad del proyecto, relacionando las inversiones presupuestadas para su ejecución, con los resultados que mediante su operación se espera obtener.

Se ha seleccionado como método de cálculo para determinar la factibilidad económica del proyecto, el procedimiento de la relación beneficios-costos, en cuya elaboración se emplean los datos recabados en la investigación de campo.

V.1.- DETERMINACION DEL BENEFICIO

El beneficio anual de un sub-proyecto, se determina con siderando el aumento neto anual que se obtendrá con la construcción del mismo, el cual se calcula de la siguiente manera:

V.1.1.- VALOR DE LA PRODUCCION AGRICOLA SIN EL PROYECTO

Para establecer el importe total anual de las cosechas actuales se consideran los siguientes conceptos:

Los cultivos que se desarrollan actualmente en la zona son maíz y frijol, ambos de temporal.

La superficie cultivada en los últimos cinco años a la fecha fué de 50 Has. como promedio por año, correspondiendo 30 Has. de maíz y 20 Has. de frijol.

Los rendimientos por hectárea se tomaron como el valor medio de la producción en los cinco años citados.

El precio rural neto de la producción que se considero-  
es el que prevalece actualmente en la región.

PRODUCCION ACTUAL ANUAL ( CULTIVOS DE TEMPORAL)

| CULTIVO             | SUPERFICIE<br>HAS. | RENDIMIENTO<br>TONS./HA. | TONS. | PRECIO RURAL<br>\$/TON. | IMPORTE<br>\$ |
|---------------------|--------------------|--------------------------|-------|-------------------------|---------------|
| Maíz                | 30 - 00            | 1.1                      | 33.0  | 900.00                  | 29,700.00     |
| Frijol              | 20 - 00            | 1.0                      | 20.0  | 1,750.00                | 35,000.00     |
| Importe Total Anual |                    |                          |       |                         | 64,700.00     |

V.1.2.- VALOR DE LA PRODUCCION AGRICOLA CON EL PROYECTO

Deducimos el importe total anual considerando los siguientes  
conceptos:

De los cultivos recomendados por el estudio agrológicoe  
se proponen como primarios: Maíz, frijol, trigo y manzano.

La superficie de riego, determinada por el estudio ni-  
droológico y la demanda de los cultivos propuestos es de 100-  
Has., perteneciendo 25 has. a cada uno de los cultivos.

Los rendimientos por hectárea aplicados son los prome--  
dios logrados en el distrito de riego más cercano.

El precio rural neto de la producción que se considera-  
es el que prevalece actualmente en la región.

PRODUCCION FUTURA ANUAL (DE RIEGO)

CULTIVOS ANUALES

| CULTIVO             | SUPERFICIE<br>HAS. | RENDIMIENTO<br>TONS./HA. | TONS. | PRECIO RURAL<br>\$/TON | IMPORTE<br>\$ |
|---------------------|--------------------|--------------------------|-------|------------------------|---------------|
| Maíz                | 25 - 00            | 3.5                      | 87.5  | 900.00                 | 78,750.00     |
| Frijol              | 25 - 00            | 2.2                      | 55.0  | 1750.00                | 96,250.00     |
| Trigo               | 25 - 00            | 3.5                      | 87.5  | 900.00                 | 78,750.00     |
| Importe Total Anual |                    |                          |       |                        | 253,750.00    |

CULTIVO PERENNE ( PLENA PRODUCCION ).

| CULTIVO | SUPERFICIE<br>HAS. | RENDIMIENTO<br>TONS./HA. | TONS.  | PRECIO RURAL<br>\$/TON. | IMPORTE<br>\$ |
|---------|--------------------|--------------------------|--------|-------------------------|---------------|
| Manzano | 25-00              | 6.75                     | 168.75 | 2,000.00                | 337,500.00    |

CULTIVO PERENNE Y ANUAL INTERCALADO.

Suponiendo que el área libre entre frutales mientras --  
crecen, se siembra de frijol; evaluamos el importe anual del  
ciclo de amortización de 25 años, establecido por la ley de  
riegos.

| AÑO           | PRODUCCION<br>% | CULTIVOS<br>PERENNES | CULTIVOS<br>INTERCALADOS | IMPORTE<br>\$   |
|---------------|-----------------|----------------------|--------------------------|-----------------|
| 1             | 00-100          | 0.00                 | 96,250.00                | 96,250.00       |
| 2             | 00-85           | 0.00                 | 81,812.50                | 81,812.50       |
| 3             | 00-70           | 0.00                 | 67,375.00                | 67,375.00       |
| 4             | 00-55           | 0.00                 | 52,937.50                | 92,937.50       |
| 5             | 10-10           | 33,750.00            | 9,625.00                 | 43,375.00       |
| 6             | 20-00           | 67,500.00            | 0.00                     | 67,500.00       |
| 7             | 30-00           | 101,250.00           | 0.00                     | 101,250.00      |
| 8             | 50-00           | 168,750.00           | 0.00                     | 168,750.00      |
| 9             | 60-00           | 202,500.00           | 0.00                     | 202,500.00      |
| 10            | 75-00           | 253,125.00           | 0.00                     | 253,125.00      |
| 11            | 80-00           | 270,000.00           | 0.00                     | 270,000.00      |
| 12            | 85-00           | 286,875.00           | 0.00                     | 286,875.00      |
| 13            | 90-00           | 303,750.00           | 0.00                     | 303,750.00      |
| 14            | 95-00           | 320,625.00           | 0.00                     | 320,625.00      |
| 15            | 100-00          | 337,500.00           | 0.00                     | 337,500.00      |
| 16-25         | 100-00          | 3'375,000.00         | 0.00                     | 3'375,000.00    |
| Ingreso Total |                 |                      |                          | \$ 6'028,625.00 |

El promedio anual de ingresos será igual al ingreso total entre el número de años considerado.

Promedio anual de ingresos = \$241,145.00

V.1.3.- BENEFICIO ANUAL NETO.- El beneficio anual neto es igual a la diferencia entre el importe total neto de la producción futura anual y el importe total neto de la producción actual anual.

Ban. = ( Pf. - Pa. )

Ban. = ( 494,895.00 - 64,700.00 )

Ban. = \$ 430,195.00

V.2.- DETERMINACION DEL COSTO

V.2.1.- COSTO DE LAS OBRAS HIDRAULICAS.- El costo total de las obras incluye: Los materiales de construcción, equipos, acarreos, mano de obra, imprevistos, dirección y administración, en la cual se comprenden los estudios topográficos necesarios durante la construcción.

| CONCEPTO                              | IMPORTE EN PESOS |
|---------------------------------------|------------------|
| 1) PRESA DE ALMACENAMIENTO            |                  |
| a) Cortina y Vertedor                 | 823,650.00       |
| b) Obra de Toma                       | 32,000.00        |
| c) Administración e Imprevistos (15%) | 128,347.50       |
| Costo total                           | 983,997.50       |
| 2) PRESA DERIVADORA                   |                  |
| a) Vertedor y Desarenador             | 160,960.00       |
| b) Obra de Toma                       | 10,000.00        |
| c) Administración e Imprevistos (15%) | 25,644.00        |
| Costo total                           | 196,604.00       |

3 ZONA DE RIEGO

|                                       |              |
|---------------------------------------|--------------|
| a) Canales y sus Estructuras          | 336,800.00   |
| b) Caminos, Puentes y Drenes          | 41,500.00    |
| c) Administración e Imprevistos (15%) | 56,745.00    |
| Costo total                           | 435,045.00   |
| COSTO TOTAL DE LAS OBRAS              | 1'615,646.50 |

V.2.2.- INVERSION PRIVADA.- Es la inversión que tiene - que hacer el agricultor en su propiedad o parcela, con el -- fin de preparar oportunamente los terrenos que se dedicarán-- al cultivo.

La inversión por desmonte, desenraice, quema y nivela-- ción, se considera nula por encontrarse las tierras abiertas al cultivo.

La inversión por aperos, herramientas, enseres y costos que origina la siembra de cada uno de los cultivos queda incluida en el precio rural bruto de la cosecha y descontada - posteriormente para obtener el precio rural neto con el cual se determinó el beneficio.

V.2.3.- OPERACION Y CONSERVACION DE LAS OBRAS HIDRAULI-- CAS.- Por tratarse de una presa de almacenamiento, presa de-- rivadora y canales de riego; la operación se reduce a calcu-- lar los salarios necesarios para la distribución del agua -- por medio de las compuertas ajustándose a un calendario pre-- viamente establecido, sin incluir los salarios a nivel parca-- lario que devenga el agricultor poniendo sifones y controlan-- do sus regaderas. La conservación comprende los salarios -- necesarios para la limpia y deshierbe de los canales, así --

como la reparación de las estructuras y compuertas.

En términos generales en el caso de cultivos con riego por gravedad; el costo de operación y conservación es de - - \$ 120.00 anuales por hectárea.

Importe total anual (para 100 Has.) = \$12,000.00

V.2.4.- OPERACION Y CONSERVACION DE LA INVERSION PRIVADA.- Por convenir a sus intereses el agricultor deberá fijar una cuota para mantener en buen estado sus terrenos de riego, arreglando los bordos y cercas, así como los aperos y herramientas de que se sirva, reparándoles en caso necesario.

Tomando en cuenta que los cultivos son de riego por gravedad se ha fijado el costo de operación y conservación de la Inversión Privada en \$ 30.00 anuales por hectárea.

Importe total anual (para 100 Has.) = \$ 3,000.00.

V.2.5.- COSTO TOTAL ANUAL.- El costo total anual que suman los conceptos indicados: Obras Hidráulicas, Inversión -- privada, Operación y Conservación; deberá considerarse para cada uno de los años desde la iniciación de la construcción de las obras, hasta la terminación del ciclo de amortización.

### V.3.- CALCULO DE LA RELACION BENEFICIOS-COSTOS

Según la carta de entendimiento, firmada por autoridades del Gobierno Mexicano y el Banco Interamericano de Desarrollo, la relación beneficios-costos de cada sub-proyecto - para Obras de Pequeña Irrigación, deberá calcularse a una tasa de descuento del 9% anual compuesto.

Tanto los costos anuales como los beneficios anuales de berán actualizarse con la tasa de descuento del 9% que se ha

convenido con el BID para los efectos del cálculo.

El ciclo de amortización establecido por la Ley de Riesgos es de 25 años adicionales al período de construcción de la obra en años completos.

El período de construcción que se considera en nuestro estudio es de un año.

V.3.1.- PROCEDIMIENTO DE CALCULO.- Se determinan los -- costos y beneficios para cada año, tanto del período de construcción como el de amortización.

Tabulamos el factor de amortización (Tabla anexa) considerado como el monto o capitalización del interés de la unidad de moneda cuya fórmula es:

$$\text{Monto compuesto (S)} = (1+i)^n$$

i = interés anual por unidad

n = número de años

Dado que la actualización del capital es la operación - inversa a la amortización, tenemos que el inverso del factor de amortización es igual al factor de actualización.

Multiplicando los costos y beneficios por el Factor de Actualización obtenemos respectivamente los costos y beneficios actualizados.

La suma de los beneficios anuales actualizados dividida entre la suma de los costos anuales actualizados nos da la - relación Beneficios-Costos que deberá ser mayor que la uni--dad para que el proyecto sea factible y recuperable.

TABLA DE INTERES COMPUESTO PARA LA UNIDAD MONETARIA

| AÑOS | FACTOR DE AMORTIZACION | FACTOR DE ACTUALIZACION | ACUMULADO |
|------|------------------------|-------------------------|-----------|
| 1    | 1.090000               | 0.917431                | 0.917431  |
| 2    | 1.188100               | 0.841680                | 1.759111  |
| 3    | 1.295029               | 0.772175                | 2.531266  |
| 4    | 1.411582               | 0.708446                | 3.239732  |
| 5    | 1.538624               | 0.649924                | 3.889856  |
| 6    | 1.677100               | 0.596262                | 4.485918  |
| 7    | 1.828039               | 0.547050                | 5.032908  |
| 8    | 1.992562               | 0.501836                | 5.534004  |
| 9    | 2.171893               | 0.460453                | 5.995257  |
| 10   | 2.367363               | 0.422309                | 6.417646  |
| 11   | 2.580426               | 0.387554                | 6.805200  |
| 12   | 2.812664               | 0.355517                | 7.160717  |
| 13   | 3.065804               | 0.326196                | 7.486913  |
| 14   | 3.341726               | 0.299245                | 7.788158  |
| 15   | 3.642482               | 0.274539                | 8.060697  |
| 16   | 3.970305               | 0.251571                | 8.312160  |
| 17   | 4.327632               | 0.231360                | 8.543620  |
| 18   | 4.717119               | 0.211990                | 8.755618  |
| 19   | 5.141660               | 0.194504                | 8.950122  |
| 20   | 5.604409               | 0.178420                | 9.128542  |
| 21   | 6.108806               | 0.163693                | 9.292235  |
| 22   | 6.658599               | 0.150189                | 9.442424  |
| 23   | 7.257872               | 0.137789                | 9.580213  |
| 24   | 7.911080               | 0.126402                | 9.706615  |
| 25   | 8.623078               | 0.115964                | 9.822579  |
| 26   | 9.399155               | 0.106392                | 9.928971  |

COSTOS Y BENEFICIOS ACTUALIZADOS

| AÑOS | COSTOS DE INVERSION | COSTO ACTUALIZADO   | BENEFICIO  |
|------|---------------------|---------------------|------------|
| 1    | 1'615,646.50        | 1'482,244.18        | 0.00       |
| 2    | 15,000.00           | 12,625.20           | 430,195.00 |
| 3    | "                   | 11,532.63           | "          |
| 4    | "                   | 10,626.69           | "          |
| 5    | "                   | 9,748.86            | "          |
| 6    | "                   | 8,943.30            | "          |
| 7    | "                   | 8,201.75            | "          |
| 8    | "                   | 7,527.54            | "          |
| 9    | "                   | 6,906.50            | "          |
| 10   | "                   | 6,335.84            | "          |
| 11   | "                   | 5,812.31            | "          |
| 12   | "                   | 5,332.76            | "          |
| 13   | "                   | 4,892.94            | "          |
| 14   | "                   | 4,487.68            | "          |
| 15   | "                   | 4,118.09            | "          |
| 16   | "                   | 3,773.57            | "          |
| 17   | "                   | 3,470.40            | "          |
| 18   | "                   | 3,179.85            | "          |
| 19   | "                   | 2,917.71            | "          |
| 20   | "                   | 2,676.80            | "          |
| 21   | "                   | 2,455.40            | "          |
| 22   | "                   | 2,252.84            | "          |
| 23   | "                   | 2,066.84            | "          |
| 24   | "                   | 1,896.03            | "          |
| 25   | "                   | 1,739.46            | "          |
| 26   | "                   | 1,595.88            | "          |
| SUMA |                     | <u>1,617,411.35</u> |            |

El beneficio total actualizado es igual al beneficio -- anual multiplicado por el factor de actualización acumulado para 25 años.

$$B.T.A. = 430,195.00 (9.928971 - 0.917431)$$

$$\text{Beneficio Total Actualizado} = 3,876,719.45$$

V.3.3.- RELACION BENEFICIO-COSTO

$$\frac{B}{C} = \frac{3,876,719.45}{1,617,411.35} = 2.397$$

$$B/C > 1$$

## C A P I T U L O - VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

VI.1.- CONCLUSIONES.- El objetivo de éste trabajo es - dar a conocer, los criterios y métodos empleados en la planeación de una zona de riego, que se vienen aplicando en los - diferentes Distritos de Riego de nuestro país.

Con el deseo de contribuir en una forma modesta a des- - pertar el interés por la intensificación de ésta metodología, que en una forma general se puede aplicar a las obras de --- Pequeña Irrigación independientemente de su magnitud física- o económica.

El criterio que me permito exponer tiene como base la - recopilación de conocimientos a los cuales debe avocarse el Ingeniero Proyectista o Residente en las obras de riego para que de éste modo pueda contribuir en el desarrollo del cum- - plimiento de los principales cometidos del Proyecto, entre - los cuales, por su importancia, contamos: El aumento de la- producción agrícola en favor de la economía nacional, el ate- soramiento de nuestros recursos naturales y el aumento en el nivel de vida de la zona beneficiada por dicho proyecto.

El presente estudio no cumpliría con su cometido por sí solo, si no que requiere de una labor de extensionismo, que- traduzca los conceptos técnicos al lenguaje del agricultor - indicándole la importancia que tienen éstos, para el éxito - de sus pretensiones.

Considerando que las obras que nos ocupan, una vez con-

cluida la construcción de las obras hidráulicas, son entregadas al agricultor para su operación; sin dejar de contar -- con la ayuda y supervisión técnica, que sea posible orindar-- a sus peticiones por parte de la Secretaria de Recursos Hi-- dráulicos, la Secretaria de Agricultura y Ganadería y las di-- ferentes instituciones agrícolas que las competen. Se ha -- tratado de dar en éste estudio, normas que pueden ser aplica-- bles en el campo, por el propio agricultor, teniendo como -- fin dar a éste el mayor grado de autonomía en la operación - de su parcela, una vez comprendidos los conceptos básicos -- que requiere para obtener la más alta producción de sus cose-- chas, así como la conservación de los recursos con que cuen-- ta.

VI.2.- RECOMENDACIONES DE OPERACION Y MANTENIMIENTO.-

VI.2.1.- COMITE DIRECTIVO.- Se precisa éste con el propósito de que la operación y conservación de la obra así como la distribución y aprovechamiento de las aguas de la misma, satisfagan con mayor amplitud y eficiencia las funciones sociales y económicas para las cuales se proyectó dicha obra.

El comité directivo deberá estar representado por los mismos usuarios, quienes lo elegirán determinando al número de personas requeridas, así como las funciones que deberá de desempeñar cada uno de sus miembros.

Con el objeto de sentar bases sobre las funciones que deberá desempeñar el Comité Directivo; daremos como primarios los conceptos que preceden.

VI.2.1.1.- ACTA DE ACEPTACION.- Dicha acta deberá ser firmada por todos los usuarios sin excepción, con lo cual adquieren el compromiso de aceptar la obra, estando conscientes de su beneficio.

VI.2.1.2.- DISTRIBUCION PARCELARIA.- Debido a que la distribución existente no es uniforme ni se ajusta al trazado de canales de riego que prometen la mayor eficiencia en el riego; se hará una nueva distribución parcelaria de acuerdo con los aspectos siguientes:

Las tierras regadas por la obra son de tenencia ejidal-legalmente dotadas por acuerdo presidencial.

La unidad individual de dotación, al aceptar la obra y posteriormente, no deberá exceder de 10 Has. de riego, de acuerdo con lo que estipula el Código Agrario.

Se tendrá la obligación de mantener actualizado el padrón de usuarios de los ejidatarios, avisando cada año a la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

VI.2.1.3.- CUOTAS DE OPERACION Y CONSERVACION.- La cuota anual de operación y conservación para los primeros años será de \$100.00 a \$150.00 por Ha. y se distribuirá entre dirección y administración, operación, conservación y amortización del equipo destinado a conservación de las obras.

Esta cuota que actualmente se considera suficiente se revisará año con año y se le harán los ajustes necesarios de acuerdo con la productividad de la obra.

VI.2.3.- CUOTAS DE COMPENSACION PARA RECUPERACION DE LAS INVERSIONES.- La ley de riegos en vigor, que norma las actividades de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, establece lo siguiente:

Para determinar la compensación correspondiente al costo de las obras, se fijará el importe de la cuota respectiva por hectarea, tomando en cuenta los siguientes factores:

La cantidad que resulte de prorratear el costo de las obras de riego entre la superficie beneficiada.

El aumento de la producción de las tierras por efecto del riego.

El valor comercial de los terrenos en la región y en otras cercanías similares, al iniciarse la construcción de las obras y al quedar regados dichos terrenos.

La capacidad de pago de los campesinos.

La cuota de compensación no podrá exceder de la que re-

sulte de prorratar el costo de las obras entre la superficie beneficiada.

Aprobada por el C. Presidente de la República la cuota de compensación, los propietarios de las tierras beneficiadas estarán obligados a pagarla en un plazo no mayor de 25 años.

Dentro de la zona de riego nadie podrá conservar ni adquirir en propiedad, posesión, usufructo, arrendamiento ni cualquiera otra forma de aprovechamiento, superficies que excedan en total del límite máximo fijado por el Código Agrario para la pequeña propiedad en tierras de riego.

Los propietarios de superficies mayores tendrán igual derecho hasta el límite indicado por la parcela familiar del proyecto, pudiendo abonárseles a su compensación lo que les corresponde como indemnización por el excedente.

VI.1.3.- RECOMENDACIONES PARA FORMULAR EXPERIMENTOS SOBRE EL MANEJO DEL AGUA DE RIEGO A NIVEL PARCELARIO.-

La experimentación agrícola para el manejo del agua, -- tiene como meta final darle al agricultor los conocimientos suficientés para que obtenga los máximos rendimientos económicos que pueda obtener, de acuerdo con el uso de los recursos con que cuenta para integrar el proceso de la producción.

Como objetivo fundamental de la experimentación sobre riego, tendremos el de contestar las preguntas que el agricultor frecuentemente se formula: Cuando?, cuanto?, y como regar?, lo cual se obtiene a través de las siguientes recomendaciones para experimentación:

VI.1.3.1.- PROGRAMACION DE RIEGOS Y RESPUESTA DE LOS CULTIVOS A LOS REGIMENES DE HUMEDAD DE SUELO.- Esto se logra determinando por algún método, las fluctuaciones de la humedad del suelo, o bien programando riegos a intervalos predeterminados y analizando posteriormente los resultados obtenidos. Este segundo procedimiento es menos exacto que el primero, pero se considera más apropiado para ser ejecutado por el propio agricultor, además de evitarle el gasto de los aparatos de medición y la operación de los mismos.

De éste experimento el agricultor podrá obtener datos que le permitan llevar un programa de riegos con el máximo rendimiento, así mismo puede determinar si las láminas de riego aplicadas parcialmente corresponden al mayor ahorro de agua, también obtendrá los regímenes de humedad para los diferentes intervalos.

VI.3.2.- PERIODOS DE SENSIBILIDAD DE LOS CULTIVOS AL DÉFICIT DE HUMEDAD DEL SUELO.- Durante el desarrollo de muchos cultivos existen períodos en que la planta es particularmente sensible al déficit de humedad en el suelo. Para poder emitir recomendaciones generales, es necesario estudiar la localización de esos períodos, así como los niveles críticos de humedad. Esto se logra planeando los experimentos de tal manera que la planta crezca en condiciones óptimas de humedad, excepto en aquéllos períodos que se están estudiando.

VI.3.3.- INTERACCION DEL RIEGO CON OTROS FACTORES AGRICOLAS.- Estos experimentos están encaminados a determinar el grado en que son afectados cada uno de los factores de la producción en relación al esfuerzo de humedad del suelo.

Las interacciones más comunmente estudiadas han sido: Fertilización, fecha de siembra, densidad del cultivo y variedades. Los resultados obtenidos por éste tipo de experimentos nos definirán los efectos combinados de los factores en relación con el rendimiento del cultivo.

#### VI.3.4.- METODOLOGIA

Esta metodología pretende ser la más sencilla posible para aplicarse directamente en el campo por el mismo agricultor y el grado de exactitud que se logre en la misma, será función del juicio agronómico que se tenga en el momento de su divulgación entre los agricultores.

## BIBLIOGRAFIA

- .- INSTRUCTIVO PARA SUBPROYECTOS DE OBRAS MINIMAS DE PEQUEÑA IRRIGACION Y DE REHABILITACION CON CARGO AL PLAN NACIONAL Editado por la Dirección de Pequeña Irrigación en Mayo de 1968.
- .- METODOLOGIA PARA FORMULAR EXPERIMENTOS Y RECOMENDACIONES-SOBRE EL MANEJO DEL AGUA DE RIEGO A NIVEL PARCELARIO. Editado por el Ing. Jesús Romero Ch. Del "Fondo de Garantía y Fomento para la Agricultura, Ganadería y Avicultura" del Banco de México, S.A. en 1964.
- .- SISTEMA PARA EL RIEGO MEDIANTE CANALES CON PANTALLAS Editado por el Ing. Carlos Cham A. y el Ing. Mauro Sánchez L. de la Brigada de Estudios y superintendencia de Construcción, Region Noroeste, Secretaria de Recursos Hidráulicos en Noviembre de 1968.
- .- PLANIFICACION DE LOS SISTEMAS PARCELARIOS DE RIEGO. Memorandum técnico num. 256 traducido del capítulo 3 de la sección 15 del Manual Nacional de Ingeniería del Servicio de Conservación de suelos, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Dirección general de Distritos de Riego.
- .- INSTRUCTIVO PARA EL PROYECTO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION EN UN LOTE POR REGARSE. Editado por la Gerencia General en el estado de Veracruz en Mayo de 1969.
- .- CUANTO, CUANDO Y COMO REGAR Editado por el Ing. Enrique Palacios Vélez.
- .- EL MANEJO DEL AGUA DE RIEGO Editado por la Dirección General de Distritos de Riego.
- .- RECONOCIMIENTOS PRELIMINARES. Editado por la Dirección General de Distritos de Riego Memorandum Técnico No. 139
- .- INFLUENCIA DE LA EFICIENCIA DEL RIEGO SOBRE LAS NECESIDADES DE AGUA EN LOS CULTIVOS Editado por la Dirección General de Distritos de Riego Memorandum Técnico No. 260.
- .- DETERMINACION PRACTICA DEL USO CONSUNTIVO Editado por el Ing. Oscar Castilla Pérez.
- .- CRITERIOS GENERALES PARA LA PLANEACION DE REDES DE CANALES En proyectos de Pequeña Irrigación.