



207
107
Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

**PROYECTO DE LA ZONA DE RIEGO "MEDIA LUNA" EN
EL MUNICIPIO DE CALVILLO, AGUASCALIENTES.**

T E S I S

Que para obtener el título de:

I N G E N I E R O C I V I L

P r e s e n t a :

RENE GERARDO MACIAS ROMO

México, D. F.

1982



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Al Pasante señor RENE GERARDO MACIAS ROMO,
P a s a n t e .

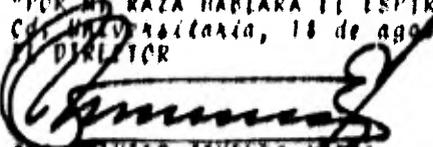
En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Héctor García Gutiérrez, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero CIVIL.

PROYECTO DE LA ZONA DE RIEGO "MEDIA LUNA" EN EL MUNICIPIO DE CALVILLO, AGUASCALIENTES

- I. Introducción.
- II. Descripción del proyecto.
- III. Información básica.
- IV. Planeación de la zona de riego.
- V. Diseño hidráulico.
- VI. Conclusiones.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
C. M. V. Rosalva, 18 de agosto de 1980
EL DIRECTOR


ING. JAVIER JIMENEZ CORTES

SECRETARIA

I N D I C E

INTRODUCCION:	1
1. Descripción del Proyecto	4
1.1. Localización de la Zona de Proyecto	4
1.2. Cuenca Aprovechable y Obra de Captación	5
1.3. Zona de Riego	8
2. Información Básica	10
2.1. Estudio Socio-Económico	10
2.1.1. Aspectos Sociales	
2.1.2. Aspectos Económicos	
2.1.3. Justificación de la Obra	
2.2. Estudio Topográfico	14
2.3. Estudio Agrológico	15
2.3.1. Serie Media luna	
2.3.2. Serie Calvillo	
2.3.3. Serie Aguascalientes	
2.3.4. Recomendaciones	
2.4. Climatología de la Zona	27
2.5. Levantamiento Catastral	29
3. Planeación de la Zona de Riego	30
3.1. Demanda de Riego	
3.1.1. Método de H.F. Blaney y W.D. Criddle	
3.1.2. Precipitación Efectiva	
3.1.3. Eficiencia del Sistema de Riego	
3.1.4. Plan de Cultivos	
3.1.5. Método de Riego	
3.1.6. Determinación de la Demanda de Riego	
3.2. Selección de Areas	55
3.3. Localización de la Red de Canales y Estructuras	58

3.3.1.	Red de Canales	
3.3.2.	Estructuras	
4.	Diseño Hidráulico	63
4.1.	Gasto Unitario de Riego	63
4.2.	Gráfica de Areas y Capacidades	64
4.3.	Diseño de la Red de Canales	67
4.3.1.	Formulas Utilizadas	
4.3.2.	Normas de Diseño	
4.3.2.1.	Relación Plantilla-Tirante	
4.3.2.2.	Taludes	
4.3.2.3.	Bordo Libre y Ancho de Corona	
4.3.2.4.	Velocidades	
4.3.3.	Caracterfsticas Hidráulicas	
5.	Conclusiones	92
	Bibliografía	95
	Anexo	96

INTRODUCCION

Considerando a la agricultura desde el punto de vista empresarial, sin duda puede decirse que ésta es uno de los negocios más aleatorios que puedan existir, puesto que aún la agricultura más tecnificada está expuesta a los fenómenos climatológicos y a las plagas y enfermedades propias de los cultivos, no siempre susceptibles al control humano. No obstante, la necesidad de producir alimentos para satisfacer las demandas de una población con un alto índice de crecimiento, como es el caso de nuestro país, requiere la inaplazable superación de las prácticas agrícolas. En virtud de esta situación, es necesario basar los proyectos de riego bajo una integración de las obras de ingeniería y las labores agrícolas, a fin de resolver los problemas inherentes a la agricultura de riego, y hacer de una zona agrícola bajo riego un auténtico distrito de producción.

En la planeación de un sistema de riego, la Ingeniería Civil y la Ingeniería Agronómica mantienen actividades interdisciplinarias. Por lo tanto, el ingeniero civil dedicado a obras de irrigación deberá contar con conocimientos del campo de la Ingeniería Agronómica, no con el fin de prescindir del especialista en esta disciplina, sino con el objeto de lograr una mayor identificación, coordinación y colaboración con él,

así como de dotar al proyecto de la flexibilidad y facilidades que requieren las prácticas agrícolas.

El objeto de la presente tesis es desarrollar el proyecto de un sistema de riego por gravedad para un pequeño distrito de riego, a base de canales abiertos, para incorporar a la producción agrícola suelos de mala calidad ubicados en una zona con clima semiseco y topografía accidentada. Favoreciendo la explotación de cultivos propicios para esta zona.

La superficie habilitada con riego es 2,000 ha., y las obras principales del proyecto son una presa de almacenamiento con capacidad total de 15,000,000 m³, tres plantas de bombeo y una red de canales de distribución.

La importancia del riego agrícola en México, se refleja no solo en cifras de producción o valor de cosechas, sino en la introducción de técnicas y maquinaria modernas, de fertilizantes, etc., todo lo cual ha significado una verdadera revolución en nuestra agricultura, desgraciadamente limitada a los grandes distritos de riego del Noroeste, Norte, Noreste e incluso ciertas partes del centro del país; dejando al margen los pequeños distritos de riego, que dentro de las cifras de producción agrícola nacional no figuran y se consideran de poca "productividad".

Es cierto que los pequeños distritos de riego por lo general tienen un alto costo de inversión inicial por hectárea. Pero también es cierto que el Gobierno Federal, orienta su partida de Gastos de Mantenimiento y Asistencia Técnica exageradamente prioritario a los grandes distritos de riego, haciendo menos rentable los pequeños proyectos.

La importancia que los pequeños distritos de riego tienen en el desarrollo a nivel regional y local, es determinante, --- pues no olvidemos que somos un país predominantemente agrícola. Además, la enorme diversidad de suelos y la complicada estructura orográfica del país, obliga a plantear este tipo de proyectos, principalmente en el centro y sur del país, -- donde se presentan condiciones climatológicas y agrológicas tan variadas como pequeñas regiones orográficas existan. Es el caso del presente trabajo, donde la zona estudiada para el proyecto tiene un microclima y suelo tan especiales, que en ninguna otra región del país se da el fruto del guayabo -- con la productividad y calidad de esta región.

CAPITULO I

DESCRIPCION DEL PROYECTO

1.1. Localización de la Zona de Proyecto

En el Estado de Aguascalientes, a 52 Kms. al Oeste de su capital por la carretera federal No. 70 (Tampico-Barra de Navidad) se llega a la población de Calvillo, cabecera del municipio del mismo nombre; y continuando por esta misma carretera aproximadamente a 11 kms. al S.W., se localiza el proyecto "Media Luna". Sus coordenadas geográficas son: 21°48' de Lat. N. y 102°47' de Long. W.^{1/}

La zona de riego del proyecto esta localizada en los municipios de Calvillo Ags., Huanusco y Jalpa Zac., limitada por los poblados de "El Salitre" y "El Rodeo". La altura promedio sobre el nivel del mar de la zona de riego es de 1,600 m.

Hidrológicamente la zona de estudio está localizada en la parte alta de la cuenca del Rfo Grande Santiago de la vertiente del Pacífico, a la cual le corresponde el No. 12 dentro de la clasificación hidrológica del país. Los escurrimientos del rfo Calvillo serán aprovechados para el proyecto. Este rfo confluye con el rfo Juchipila, el cual es afluente del rfo Santiago.

^{1/} Ver anexo, plano 1.

La región está rodeada de montañas y de estribaciones onduladas (al Norte por la sierra del Pinal, al Sur y Este por la Sierra del Laurel), formadas por materiales del terciario, con abundantes materiales ígneos en los que intervienen principalmente tobas o riolitas. Sus principales formas son lomas y cerros, depósitos de talud en las laderas y pequeñas vegas en ambas márgenes del Rfo Calvillo. En general la topografía de la zona de riego es irregular, ondulada y pocas veces plana.

1.2. Cuenca Aprovechable y Obra de Captación.

La cuenca del Rfo Calvillo, hasta el sitio del proyecto "Media Luna" es de un total de 1,059 km². En virtud de que aguas arriba del proyecto sobre varios afluentes del Rfo Calvillo existen aprovechamientos entre los que se pueden mencionar: "La Codorniz", sobre el arroyo La Labor; "Ordeña Vieja", sobre el arroyo Mezquitillos; "Malpaso", sobre el arroyo Gil o Texas; "Peña Blanca", sobre el arroyo Santos; y otros pequeños aprovechamientos, queda para el proyecto motivo de este estudio, una cuenca libre de 493 km².^{1/}

Para el cálculo de las precipitaciones en la cuenca, se eligió como estación base Calvillo con precipitación media anual de 596.1 mm., el escurrimiento medio anual resultó de 1/Ver anexo, Plano 2.

47,324,861 m³, del cual se podrá aprovechar el 49.06%, o sea 23,216,000 m³ aplicables al riego.

Area de la Cuenca	493	km ²
Prec. Media Anual en la Cuenca	596.1	mm
Coefficiente de Escurrimiento Medio	11.2	%
Escurrimiento Medio Anual	47,324,861	m ³
Aprovechamiento Medio Anual (49.06%)	23,216,000	m ³
Capacidad Total	15,000,000	m ³
Capacidad de Azolves	2,400,000	m ³
Capacidad Util	12,600,000	m ³
Demanda Anual Bruta por Ha.	11,608	m ³ /ha
Superficie de Riego	2,000	ha.

La cortina será del tipo de materiales graduados, con una altura máxima sobre el cauce de 32.00 m, 720.00 m. de longitud en la corona y una trinchera de 10.00 de profundidad para atravesar el material de acarreo y llegar a la toba riolítica.

El vertedor será del tipo de canal lateral localizado en la margen derecha, para dar paso a una avenida máxima de 18203 m³/s con una cresta de 180.00 m. de longitud y una carga de 3.00 m. Al final del canal de descarga hasta llegar al lecho del Río, se contruirá un deflector del tipo "Salto de Esquí Ahogado".

La obra de toma estará localizada en la margen izquierda,

será del tipo de torre de maniobra y galería trabajando como canal, con rejilla de entrada, compuerta de emergencia - con sus mecanismos elevadores, teniendo a la salida una --- transición disipadora de energía para conectar con el canal. Se diseñó para dar paso a un gasto normal de $4.00 \text{ m}^3/\text{s}$.

CORTINA DE MATERIALES GRADUADOS

Elevación de la Cortina	1 634.4 m
Longitud de la Corona	720.0 m
Ancho de la Corona	8.0 m
Altura Máxima de la Cortina (a partir del cauce)	32.0 m
Volúmen de la Cortina	615 279.0 m^3
Superficie Correspondiente al N.A.M.E.	263.0 ha
Avenida Máxima Probable	1 892.0 m^3/s
Gasto Regularizado	1 820.3 m^3/s
Longitud de Cresta Vertedora	180.0 m
Carga sobre el Vertedor	3.0 m
Gasto de la Obra de Toma	4.0 m^3/s

1.3. Zona de Riego

La zona de riego del proyecto se encuentra ubicada en la --
margen izquierda del Rfo Calvillo, parte se regará por gra-
vedad a partir del canal principal, y el resto alimentado -
por bombeo.^{1/} La zona de riego por gravedad contará con una
red de distribución, que comprende de un canal principal de
34.3 km de longitud y 22.7 km. de canales secundarios para
el riego de 1,283 ha. El canal principal partirá de la Obra
de Toma, será diseñado con una sección trapezoidal, taludes -
1:1 y revestimiento de concreto; la red secundaria se dise-
ñará con dos tipos de sección: trapezoidal y plantilla circu-
lar, con taludes 1:1, revestidos de concreto.^{2/} Los cana-
les contarán con las estructuras necesarias para riego. La
zona de riego por bombeo contará con una red de canales de
sección trapezoidal y plantilla circular, con taludes 1:1, re-
vestidos de concreto y una longitud total de 43.4 km.^{3/}, los
cuales serán alimentados por tres plantas de bombeo locali-
zadas sobre el canal principal de la zona de riego por gra-
vedad.^{4/}

1/ IBIDEM, P.P. 55

2/ IBIDEM, P.P. 67

3/ IBIDEM

4/ IBIDEM, P.P. 61

P.B. No. 1

Ubicación	k-1+000
Gasto de Bombeo	0.340 m ³ /s
Superficie de Riego	278 ha.

P.B. No. 2

Ubicación	k-5+300
Gasto de Bombeo	0.300 m ³ /s
Superficie de Riego	244 ha.

P.B. No. 3

Ubicación	k-11+880
Gasto de Bombeo	0.240 m ³ /s
Superficie de Riego	195 ha.

Se construirá también, una subestación eléctrica de 1,000 kva. para alimentar adecuadamente los motores de las bombas. Para el control del equipo se construirá una caseta de operación.

CAPITULO 2

INFORMACION BASICA

2.1. Estudio Socio-económico

El propósito de este estudio es brindar una panorámica general de las condiciones socioeconómicas prevalecientes, a fin de detectar problemas sociales que pudieran obstaculizar o favorecer el desarrollo de la obra, analizar los aspectos económicos de mayor relevancia para considerarlos en los planes de desarrollo agrícola local y asegurar en lo posible la amortización de la obra.

2.1.1. Aspectos Sociales

La población que se beneficiará es de 2,865 habitantes correspondientes a los poblados de "Ojo de Agua", "Las Tinajas", "El Salitre", "Media Luna", "La Rinconada", "Jaltiche de Abajo", "La Palma", "La Higuera" y "El Rodeo", y en forma secundaria a 18,479 habitantes de las cabeceras municipales de Calvillo Aguascalientes, Huanusco y Jalapa, Zacatecas.

Por lo que respecta a la composición de la población y atendiendo a criterios censales, se observa que la zona de riego se cataloga como rural, por concentrarse cerca de 2,500

habitantes en cada poblado y dedicarse principalmente a las actividades agropecuarias.

La composición por sexos de la población manifiesta las siguientes características: 50.29% de la población son hombres y el 49.65% mujeres.

El número de familias que integra la zona de riego es de 390 correspondiendo a los municipios de Calvillo, Aguascalientes, Huanusco y Jalpa, Zacatecas, sin embargo sólo se beneficiarán 239 familias.

La densidad de población promedio en la zona es de 35.26 habitantes por km².

Los movimientos migratorios son palpables en las diversas localidades que forman el proyecto "Media Luna". Gran número de campesinos se desplazan hacia la capital de los estados así como a las ciudades fronterizas en busca de empleos y algunos con el propósito de continuar sus estudios.

El factor fundamental del éxodo de campesinos se debe a la escasez de agua y el mal aprovechamiento de las tierras de cultivo.

La mayoría de las personas que forman la población económicamente activa de la zona, se dedican a las actividades primarias, y las personas que viven en la zona de riego de éste proyecto se dedican a una agricultura de temporal, habiendo una superficie de 185 hectáreas que se explotan mediante cultivos que se riegan con aguas del subsuelo cuyo bombeo es insuficiente y costoso.

Ahora bien, consideramos el total de la población económicamente activa de los municipios de Calvillo, Aguascalientes, Huanusco y Jalpa, Zacatecas, el 96.61% de sus integrantes están ocupados y el 3.39% están desocupados.

Los poblados antes mencionados cuentan con escuelas de tipo rural en las que se imparte educación primaria hasta 3o. y 4o. Grado. Además en las poblaciones de Calvillo, Huanusco y Jalpa, cuentan con escuela primaria y secundaria completa, y servicios de agua potable, alcantarillado y centros hospitalarios. De los pequeños poblados mencionados, cuentan con agua potable "Ojo de Agua", "El Salitre" y "Jaltiche de Abajo". Los demás poblados por su poca población carecen de este servicio. En toda la zona se cuenta con servicio de energía eléctrica.

Las características de alimentación que prevalecen en esta zona, son típicas del medio rural a ese nivel, reduciéndose

al consumo de parte de los productos que se obtienen de sus tierras como maíz, frijol, calabaza y chile.

El tipo de vivienda está acondicionada, fundamentalmente al ingreso per cápita del lugar, por esta razón el tipo de habitación que predomina es el de adobe con techo de tablilla.

2.1.2. Aspectos Económicos

La agricultura representa la actividad económica principal y se realiza sobre bases tradicionales, utilizando la fuerza biótica en las labores de preparación de los terrenos; semilla criolla y abonos naturales y químico en forma esporádica.

Actualmente existen cultivos de temporal en 890 hectáreas que se siembran con maíz y 483 hectáreas integradas por huertas de guayaba que se riegan con aguas de pozos profundos.

La ganadería es una actividad poco desarrollada, sin embargo los accidentes del terreno que limita la agricultura y la cantidad que se dispone en cada localidad, hace suponer la posibilidad de incrementar este renglón.

El margen de comercialización es mínimo debido a la casi permanente ausencia de excedentes y la realizan en las cabeceras municipales de Calvillo, Ags., Jalpa, Zac., la Cd. de Aguascalientes y en los mercados del norte y centro del país.

2.1.3. Justificación de la Obra

El ingreso que se obtiene de la actual superficie cultivada de temporal, es muy reducido por lo que al establecer el sistema de riego, se podrán garantizar las cosechas y además aprovechar las superficies que hasta ahora no se dedican a las actividades agrícolas.

Al mejorarse el ingreso anual per cápita, se podrán incrementar los servicios colectivos, elevando las condiciones sanitarias y culturales de los moradores arraigándolos a sus propiedades.

Al estudiarse la factibilidad económica del proyecto, se obtuvo una relación beneficio-costo igual a 2,207 lo que indica que el proyecto es factible y recuperable.

2.2. Estudio Topográfico

Los terrenos de la zona de estudio se caracterizan por lo

irregular y las pocas extensiones planas que presentan, --
con pendientes entre 4% y 20%.^{1/}

El estudio topográfico comprendió el levantamiento del vaso, boquilla y zona de riego. La superficie de la cuenca se delimitó y calculó directamente de las cartas de la Dirección General de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL).

El levantamiento del vaso se hizo a escala 1:5000, con equidistancia entre curvas de nivel de 1.00 m. y una superficie de 2.40 km².

El levantamiento de la boquilla se hizo a escala 1: 2000, -- con equidistancia entre curvas de nivel de 1.00 m.

El área del levantamiento de la zona de riego fue de 31.4 km², y se realizó en dos escalas 1: 5,000 y 1: 10,000, con equidistancia entre curvas de nivel de 1.00 m. y 5.00 m. respectivamente.

2.3. Estudio Agrológico

El estudio agrológico forma parte muy importante de los estudios técnicos básicos indispensables para la correcta planea

1/ Ver anexo, planos 3, 4 y 5.

ción de los proyectos de riego. Nos determina aspectos importantes como:

- Clasificación de suelos en series y tipos.^{1/}
- Clasificación de suelos para su uso agrícola bajo riego.^{2/}
- Programas de cultivos en base a la relación --- planta-suelo-agua-clima.
- Necesidades de nivelación de tierra.
- Calidad del agua de riego.
- Métodos de riego para los diferentes tipos de suelo.
- Láminas de riego para cada tipo de suelo.
- Necesidades globales de agua para cada cultivo.
- Bases para el trazo de la red de distribución de agua.
- Medidas para evitar la salinización de los suelos.
- Necesidades de drenaje agrícola.
- Capacidad de uso de los suelos.
- Medidas para controlar la erosión.
- Manejo que debe darse a los suelos.
- Determinación del Valor de la Tierra.

La superficie estudiada en la zona del proyecto comprende alrededor de 2,600 ha., el método de levantamiento que se

^{1/} Clasificación adoptada por la Dirección de Agrología de la SARH, según acuerdo en la VI Reunión Técnica de Residentes de Agrología, noviembre 1972.

^{2/} IBIDEM

siguió fue el directo, utilizando planos topográficos, además del empleo de fotografías aéreas en las que se interpretaron estereoscópicamente los aspectos físicos y genéticos del suelo que se consideran evidentes en el proceso de fotointerpretación, el resto de los detalles se precisaron y de limitaron directamente en el terreno.

Las lluvias torrenciales, la topografía un tanto escarpada y la agricultura sin precaución en las áreas cerriles, han dado lugar a suelos fuertemente erosionados, ocasionando la formación de cárcavas hasta llegar a observarse en grandes áreas el material de origen a flor de tierra, teniéndose únicamente acumulaciones de suelo en las laderas de las lomas y algunos pequeños valles.

En general, el riego en esta región es un tanto difícil por lo irregular del terreno, sobre todo en las laderas y partes escarpadas, donde se tienen que llevar a cabo prácticas contra la erosión y otras para la retención del agua. Con un buen manejo del agua, conviene efectuar el riego para frutales ya que resulta remunerativa, aún tratándose de suelos delgados y erosiones de las partes altas.

La fertilidad estimada en el campo es pobre, pues los suelos contienen poca materia orgánica; además, los árboles que formaban la cubierta natural fueron talados y los resi-

duos de cosechas no se quedan en el suelo; se utilizan como alimento para el ganado.

Los factores que influyeron en la clasificación agrícola -- son topografía, suelos (profundidad), erosión, pedregosidad e inundación.

SUPERFICIE ESTUDIADA DEL PROYECTO "MEDIA LUNA"
DISTRIBUIDA EN SERIES, TIPOS Y CLASES
DE SUELOS

Tipos de Suelos

Tipos	ha.	%
10	7.8	0.26
11	7.4	0.25
14	19.4	0.65
17	46.5	1.57
19	108.3	3.65
<hr/>		
Serie Media Luna	189.4	6.38
<hr/>		
21	93.6	3.15
24	109.5	3.69
26	363.4	12.25
27	104.9	3.53
29	293.4	9.89
<hr/>		

Serie Calvillo	964.8	32.51
34	267.2	9.00
36	342.0	11.53
37	238.3	8.03
39	635.7	21.42
Serie Aguascalientes	1 483.2	49.98
Total suelos	2 637.4	88.88
Vaso proyectado	330.0	11.12
Total estudiado	2 967.4	100.0

Clases de Suelos

Clase	ha.	%
1a.	178.0	6.0
2a.	769.8	25.94
3a.	545.7	18.9
4a.	1 143.9	38.55
Total suelos	2 637.4	88.88
Vaso proyectado	330.0	11.12
Total estudiado	2 967.4	100.00

2.3.1. Serie Media Luna

Son suelos profundos, de textura media y ligera, formados - por materiales desbordados del río; son de color gris claro y café y ocupan pequeñas extensiones.

Los tipos encontrados en esta Serie son los siguientes:

	Núm.
Arena migajosa Media Luna	10
Arcilla Media Luna	11
Migajón arcilloso Media Luna	14
Franco Media Luna	17
Migajón arenoso Media Luna	19

Están afectados por pedregosidad e inundación, ya que están colindando con el río, por lo cual se clasifican de primera y segunda clase.

ORIGEN.- Mixto; se encuentran diversos materiales derivados de tobas y riolitas.

MODO DE FORMACION.- Aluvial; materiales arrastrados y depositados en las márgenes del Río Calvillo.

EDAD.- Recientes ya que se trata de simples masas de suelo sin desarrollo.

TOPOGRAFIA.- Plana, con pendientes muy ligera.

DRENAJE.- Externo bueno e interno bueno, a excepción de al-

gunas áreas muy cercanas a la corriente del río, en las que las aguas sub-alveas los invaden elevando el nivel freático cerca de la superficie, cosa que no se considera como factor demeritante, ya que no es frecuente y quedará controlado al retenerse las aguas, cuando se construya la presa.

VEGETACION NATURAL.- Sauz (*Salix* sp), Alamo (*Populus alba* L.), Carrizo (*Chusquea* sp).

USOS ACTUALES.- Se cultivan todas las especies que permite el clima, entre las que se pueden citar alfalfa, papa, frijol, camote, cacahuete, naranjo, fresa, calabaza y hortalizas.

CULTIVOS RECOMENDADOS.- Papa, alfalfa, cacahuete, camote y hortalizas en los tipos 1a. clase; en los de 2a. se recomienda maíz y frijol.

2.3.2. Serie Calvillo

Estos suelos son propios de los valles altos, cañadas, laderas y crestas de lomas de poca pendiente, en las que los materiales que forman el suelo consisten de masas transportadas en forma aluvial y coluvial, por el efecto de las corrientes precipitadas de los arroyos y por la denudación de rocas provenientes de partes más altas y escarpadas, formando suelos misceláneos con perfiles de morfología muy varia-

da, en los que se advierte la intervención de diferentes -- procesos de acarreo.

Estos suelos son de profundidad media, en donde el tepetate, sobre el cual descansan, se localiza desde 50 cm. hasta más de 2 m., en los casos en que dichas masas transportadas son profundas. Generalmente en estos perfiles, debajo de la masa aluvial y coluvial superficial, se aprecia un horizonte de color rojizo, derivado de la intemperización de las riolitas. Este horizonte se caracteriza también por su textura generalmente pesada y su estructura granular terronosa - media, además de contener en mayor o menor grado gravas y cantos rodados, constituidos de material riolítico, tanto en el perfil como en la superficie.

En la presente Serie existen una gran diversidad de tipos - que varían desde los de textura superficial ligera hasta los de textura pesada como son los que a continuación se enumeran:

TIPOS	NUM
Migajón arenoso Calvillo	29
Franco Calvillo	27
Migajón arcillo-arenoso Calvillo	26
Migajón arcilloso Calvillo	24
Arcilla Calvillo	21

Son suelos de 2a. y 3a. clase, afectados por los factores

topografía, suelo y erosión.

ORIGEN.- Mixto; estos suelos se han derivado en parte de la intemperización de la toba subyacente y de riolitas.

MODO DE FORMACION.- Mixto (in situ y coluvial). En su formación ha intervenido tanto la intemperización de la toba subyacente como los arrastres aluviales aportados por los arroyos hacia los pequeños vallecillos, además de los depósitos de talud, procedentes de la denudación de las partes altas y escarpadas de los cerros.

EDAD.- Son de edad variable, siendo recientes en los casos en que los materiales de acarreo que sepultan a la toba corresponde a todo el perfil; están ligeramente intemperizados en los casos en que los materiales de acarreo son de espesor mediano y en que aparece una capa de material procedente de la intemperización de la toba. En esta Serie la toba se localiza abajo de 60 cm. de profundidad que es el caso más general.

TOPOGRAFIA.- Variable, propia de cañadas, laderas de cerros y pequeños valles altos, con pendiente que oscila generalmente entre el 5 y el 20%.

DRENAJE.- El externo puede ser eficiente, medio y excesivo. El interno eficiente y regular, considerándose en términos generales como regular.

VEGETACION NATURAL.- En estos suelos, es donde se concen-

tra la gama más amplia de especies silvestres constituidas por diferentes pastos como son los del género *Bouteloua*, *Andropogón*, *Cloris* y *Panicum*; arbustos como el nopal (*Opuntia* sp), sangre de drago y árboles como mezquite (*Prosopis juliflora*) huizache (*Acacia farneciana*), Palo boho, palo hediondo y colorín.

USO ACTUAL.- Estos suelos sustentan una gran diversidad de cultivos anuales como son maíz, frijol, camote, cacahuete, calabaza y frutales, principalmente el guayabo y aguacate. Debido a que el temporal de lluvias no justifica muchos cultivos, se han dedicado en muchos casos a porteros con buenos resultados, pues se ha visto que el ganado muestra buena apariencia.

USO RECOMENDABLE.- Los suelos de 2a. clase, cuya topografía no es pronunciada, se recomienda para todos los cultivos -- anuales de la región, cuando se cuente con riego. Los suelos de 3a. clase, ya sea que estén afectados por topografía o suelos, se recomienda para fruticultura, principalmente -- guayabo y aguacate. Se recomienda la experimentación de -- otros frutales como manzana, durazno y vid.

2,3,3. Serie Aguascalientes

Esta Serie ocupa grandes extensiones en el Estado de Aguascalientes ya que se localiza en las áreas escarpadas, donde

el suelo ha sido erosionado y el tepetate se encuentra regularmente a flor de tierra.

Estos suelos se caracterizan por representar áreas de topografía accidentada, con frecuentes afloraciones de la toba, que en este caso es el material madre sobre el cual descansan; son suelos delgados y en ocasiones de profundidad media; son muy solicitados en la región para plantaciones de guayabos donde tienen buen desarrollo y la fruta que se obtiene es de buena calidad, es característica también, la abundancia de árboles conocidos en la región como Palos bobos.

La textura superficial de los tipos de esta Serie es generalmente media y pesada,

TIPOS	NUM.
Migajón arenoso	39
Migajón arcilloso	34
Migajón arcillo-arenoso	36
Franco	37

Los factores principales que afectan la calidad de estos suelos son su topografía accidentada, su poco espesor y el efecto de la erosión,

Los suelos que se consideran de la clase o desechables en

los estudios agrológicos convencionales, en el presente caso tendrán una consideración especial, debido a que son suelos de buena productividad cuando se cultivan con guayabo - que es un cultivo remunerativo en la región; por otro lado, hay que tomar en cuenta que estos suelos son de valor agrícola bajo, debido a que quedan únicamente restringidos a las plantaciones de guayabo y otros frutales, pero sin ninguna otra alternativa.

ORIGEN.- Estos suelos se originaron del intemperismo de la toba sobre la cual descansan.

MODO DE FORMACION.- In situ,

EDAD.- Joven con grado de desarrollo que puede variar desde suelos poco intemperizados hasta suelos intemperizados,

TOPOGRAFIA.- Accidentada, con pendientes mayores del 15%.

DRENAJE.- Externo deficiente, por ser excesivo y favorecer la erosión. Interno deficiente, por localizarse la toba de poca permeabilidad a poca profundidad.

VEGETACION NATURAL.- Palo bobo, nopal (*Opuntia* sp) huizache (*Acacia-farneckiana*), mezquite (*Prosopis juliflora*), Zacate del género *Bouteloua*, *Rinchelitrium*, *Hilaria*, *Arctida* y *Andropogón*,

USO ACTUAL.- Guayabo y aguacate: éste último se ha introducido recientemente; se observa hasta la fecha buen desarrollo; también se usan estos suelos para pastoreo extensivo.

Siendo éste, el uso más general y que puede apreciarse en áreas extensas fuera del proyecto.

USOS RECOMENDABLES.- Plantaciones de guayabo para los suelos delgados y aguacate para los suelos de 3a. clase.

2.3.4. Recomendaciones

La construcción de un sistema de riego es necesaria y queda justificada no en función de los suelos que en general son de mala calidad, pero si en función del clima y de la productividad de los frutales que se desarrollan en la zona.

La explotación de frutales se ve favorecida por el interés que se tiene en la zona para desarrollarla bajo riego y por que la mayor parte de los suelos son propios para ello; el rendimiento del agua se verá aumentado, por razón de que se aplica exclusivamente a las copas de los árboles frutales y esta es la mejor forma de utilizar el agua sin destruir el suelo.

2.4. Climatología de la Zona

Los datos de temperatura y precipitación de los últimos 10 años se obtuvieron de la Estación Climatológica de Calvillo, Ags.^{1/}
1/ IBIDEM, P.P. 45

con los que se procedió a calcular el clima de esta región según el sistema del Dr. C. W. Thornthwaite, obteniéndose el resultado siguiente: Semi-seco, con invierno benigno, su fórmula es: $D(i,P) B_2(b)^{1/}$

Precipitación media anual	579 mm
Temperatura media anual	19.7°C
Temperatura máxima absoluta	40.4°C
Temperatura mínima extrema	5.5°C
Evaporación media anual	2.225 mm

El clima favorece la vegetación formada por encinos la cual se localiza en las partes de mayor altitud encontrándose alterada en las partes donde ha intervenido el hombre. La vegetación en las partes de menor altitud, cuya topografía es accidentada corresponde a pastizal, matorral espinoso, palo bobo, hutzache, mezquite, nopal, órgano y en las vegas del río se encuentra sauz, álamo y carrizo.

Actualmente la agricultura que se practica en esta región es de temporal, con un sólo ciclo agrícola en el año, debido a que la época de lluvias comprende únicamente los meses de junio, julio, agosto y septiembre, que tienen el 79.8% del total de la precipitación media anual y el resto de los meses el 20.2% faltante.

^{1/} E. Espinosa Vicente, Los Distritos de Prego, C.F.C.S.A. México, 1962, P.P. 25.

Los usuarios que se dedican a la explotación de frutales y que no cuentan con agua de riego, la suministran transportándola en recipientes a cada una de las cepas.

2.5. Levantamiento Catastral

La tenencia de la tierra de las 2,000 ha. de la futura zona de riego, está distribuida entre ejidatarios y pequeños propietarios teniendo la siguiente composición.^{1/}

TENENCIA	SUPERFICIE		FAMILIAS
EJIDO ARROYO DE SOTO	490 ha.	24.5%	72
PEQUEÑA PROPIEDAD	1510 ha.	75.5%	167
ZONA DE RIEGO	<u>2000 ha.</u>		<u>239</u>

La distribución de la propiedad de la tierra por familia en el ejido Arroyo de Soto, es alrededor de 7 ha., mientras que en la Pequeña Propiedad tiene una variación de 5 a 12 ha. por familia.

^{1/} IBIDEM, P.P. 56

CAPITULO 3

PLANEACION DE LA ZONA DE RIEGO

3.1. Demanda de Riego

Durante muchos años se ha venido regando en forma empírica en la mayoría de nuestras zonas de riego; el agricultor proporciona las laminas de agua según su costumbre y criterio, con la tendencia a dar un máximo de riegos, basada en la creencia de que en esa forma obtendrá mayores rendimientos.

Las consecuencias de este modo de regar, son desperdicios de agua debidos a sobreriego, cuyos efectos perjudiciales son varios; sin embargo debido a su importancia en la economía nacional, debemos señalar dos:

- Disminución de la superficie total bajo riego, ya que el agua desperdiciada generalmente va a los drenes sin posibilidad de volver a aprovecharla.
- La salinización progresiva de los suelos,

De lo anterior podemos deducir que el sobreriego que produce a dar láminas mayores que las necesarias a intervalos inadecuados, tiene consecuencias funestas para los suelos, por tanto hay que evitarlo por medio del uso racional del

agua de riego.

Con base en estudios realizados sobre la relación planta-suelo-agua-clima por diferentes investigadores, se han podido obtener formulas racionales para el cálculo de las láminas por aplicarse en cada riego y se han desarrollado métodos para determinar sus intervalos.

Por medio de aparatos medidores de humedad se podría determinar el momento de regar, sin embargo, para superficies grandes con variedad de cultivos no sería práctico, pues se necesitaría instalar gran número de medidores de acuerdo con las variaciones del suelo y de cultivos, por lo tanto se hace necesario el aplicar métodos para la obtención del uso consuntivo de los cultivos.

Se define como uso de agua por las plantas o uso consuntivo del agua, a la cantidad de agua usada por aquellas en la construcción de sus tejidos, la transpiración y la evaporación en la superficie del suelo sobre la que se desarrolla.

Uso de agua por la planta = Agua usada en la construcción de tejidos + transpiración + evaporación.

También se utiliza el término evapotranspiración para deter

minar los conceptos anteriores, considerando que son los más importantes, ya que el 99% del consumo del agua por la planta se debe a ellos.

3.1.1. Método de H. F. Blaney y W. D. Criddle^{1/}

Para el cálculo del uso consuntivo se utilizará el método de Harry F. Blaney y W. D. Criddle. Este método relaciona la temperatura media del lugar, con la luminosidad y la evapotranspiración, además introduce un factor de corrección que depende de la época de desarrollo de la planta y del cultivo considerado.

La fórmula de Blaney - Criddle es la siguiente:

$$U.C. = KF$$

Donde:

U.C. = Uso consuntivo o evapotranspiración total en cm.

K = Coeficiente global de uso consuntivo por cultivo.

F = Factor de temperatura y luminosidad.

^{1/} Se adoptó este método por la accesibilidad a los datos que se requieren, además de que es el más apropiado para nuestras condiciones de clima y suelo. Ingeniería Hidráulica en México, Vol. XX, 1966 No. 1, P.P. 109.

Calculándose (F) como:

$$F = \sum f$$

Donde:

f = Factor de temperatura - luminosidad correspondiente a cada mes del ciclo de desarrollo de la planta, calculándose se como:

$$f = p \left(\frac{t + 17.8}{21.8} \right)$$

Donde:

t = Temperatura media para el período considerado en °C.

p = Porcentaje de horas - luz para el período, respecto al total anual^{1/}

Investigaciones más recientes, han encontrado que para zonas áridas y semi-áridas con lluvias en verano, es necesario corregir el factor temperatura para ajustar convenientemente la relación temperatura-evapotranspiración. Esta corrección se logra introduciendo un nuevo coeficiente (K_2) cuyo valor está dado por la siguiente expresión:

$$K_2 = 0.0311t + 0.2390$$

La expresión del uso consuntivo para cada intervalo queda:

$$U.C. = p \left(\frac{t + 17.8}{21.8} \right) K_1 K_2$$

^{1/} IBIDEM, P.P. 35

Donde:

K_c = Coeficiente de desarrollo de cada intervalo considerado dentro del ciclo vegetativo del cultivo.

Sumando los usos consuntivos de cada intervalo se obtiene el uso consuntivo total en el ciclo de desarrollo de la planta.

Por último, es necesario hacer un ajuste al U.C., este se logra con un coeficiente de corrección:

$$U.C.A. = (U.C.)C \quad C = \frac{(\sum I)K}{\sum U.C.}$$

Donde:

U.C.A = Uso consuntivo ajustado

C = Coeficiente de corrección

TABLA 3.1

PORCENTAJE DE HORAS-LUZ EN EL DIA POR CADA MES DEL AÑO EN
RELACION AL NUMERO TOTAL EN UN AÑO

Latitud Norte	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	8.50	7.66	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50
5	8.32	7.57	8.47	8.29	8.65	8.41	8.67	8.60	8.23	8.42	8.07	8.30
10	8.13	7.47	8.45	8.37	8.81	8.60	8.86	8.71	8.25	8.34	7.91	8.10
15	7.94	7.36	8.43	8.44	8.98	8.80	9.05	8.83	8.28	8.20	7.75	7.88
16	7.93	7.35	8.44	8.46	9.01	8.83	9.07	8.85	8.27	8.24	7.72	7.83
17	7.86	7.32	8.43	8.48	9.04	8.87	9.11	8.87	8.27	8.22	7.69	7.80
18	7.83	7.30	8.42	8.50	9.09	8.92	9.16	8.90	8.27	8.21	7.66	7.74
19	7.79	7.28	8.41	8.51	9.11	8.97	9.20	8.92	8.28	8.19	7.63	7.71
20	7.74	7.26	8.41	8.53	9.14	9.00	9.23	8.95	8.29	8.17	7.59	7.66
21	7.71	7.24	8.40	8.54	9.13	9.05	9.29	8.98	8.29	8.15	7.54	7.62
22	7.66	7.21	8.40	8.56	9.22	9.09	9.33	9.00	8.30	8.13	7.50	7.55
23	7.62	7.19	8.40	8.57	9.24	9.12	9.35	9.02	8.30	8.11	7.47	7.50
24	7.58	7.17	8.40	8.60	9.30	9.20	9.41	9.05	8.31	8.09	7.43	7.46
25	7.53	7.13	8.39	8.61	9.32	9.22	9.43	9.08	8.30	8.08	7.40	7.41
26	7.49	7.12	8.40	8.64	9.38	9.30	9.49	9.10	8.31	8.06	7.36	7.35
27	7.43	7.09	8.38	8.65	9.40	9.32	9.52	9.13	8.32	8.03	7.36	7.31
28	7.40	7.07	8.39	8.68	9.46	9.38	9.58	9.16	8.32	8.02	7.22	7.27
29	7.35	7.04	8.37	8.70	9.49	9.43	9.61	9.19	8.32	8.00	7.24	7.20
30	7.30	7.03	8.38	8.72	9.53	9.49	9.67	9.22	8.34	7.99	7.19	7.14
31	7.25	7.00	8.36	8.73	9.57	9.54	9.72	9.24	8.33	7.95	7.15	7.09
32	7.20	6.97	8.37	8.75	9.63	9.60	9.77	9.28	8.34	7.95	7.11	7.05

3.1.2. Precipitación Efectiva

Al hablar del consumo de agua de las plantas, se tiene que mencionar la que aporta la lluvia. A la parte del agua aprovechada por las plantas de la precipitación pluvial se le denomina precipitación efectiva. La estimación del volumen aportado por esta es difícil de determinar, pues depende de muchos factores como: cubierta vegetal, textura, compactación y pendiente del terreno, duración e intensidad de la precipitación.

El criterio que se usará para la determinación de la precipitación efectiva, es el que proponen Prescott y Anderson, quienes de acuerdo a su experiencia estimaron que puede considerarse como el 80% de los valores mensuales de la precipitación probable y afectada por un coeficiente de infiltración y escurrimiento con valor de 0,75 (factor de efectividad), resultando el valor de la precipitación efectiva, siempre y cuando sea superior al valor obtenido por la expresión:

$$p = 0,80 P^{0,75}$$

P = Precipitación

E = Evaporación

Si estos valores son menores a los dados por la expresión

anterior se considera que la lluvia no es significativa en el proceso de evapotranspiración.

Se ha comprobado que el valor de esta expresión fructua alrededor de 2 cm^{1/}, debido a la dependencia entre las variables que intervienen en la expresión.

3.1.3. Eficiencia del Sistema de Riego

La eficiencia del sistema de riego se conoce como la relación que existe entre la cantidad de agua utilizada y la cantidad de agua aplicada:

$$E = \frac{U}{A}$$

A su vez, la cantidad de agua aplicada es igual al agua utilizada más un exceso o desperdicio:

$$E = \frac{U}{U + D}$$

De aquí deducimos, que para que la eficiencia sea de un 100% "D" tiene que valer cero, lo cual sería un absurdo. El grado de eficiencia del sistema de riego dependerá de las condiciones de conducción y aplicación del agua.

Es bien importante seleccionar el método de riego que más

1/ Valor adoptado por la SARH.

se adapte a las condiciones locales. Un método puede dar - excelentes resultados en una zona, y en otra zona con condi ciones topográficas, agrológicas y climatológicas diferen- - tes se den resultados negativos.

Para poder cuantificar la eficiencia del sistema, se han de sarrollado dos parámetros:

C_c = Coeficiente de conducción

C_a = Coeficiente de aplicación

Transformando la expresión como:

$$E = C_c \times C_a$$

3.1.4. Plan de Cultivos

Tomando en cuenta el estudio agrológico y la climatología - de la 1/ zona, los cultivos a desarrollar en la zona de riego son los siguientes, de acuerdo a las series de suelos:

Serie Media Luna. - Son suelos profundos con muy ligeras pen - dientes. Los cultivos a implantar en estos suelos son papa, alfalfa, cacahuete y chile.

Serie Calvillo. - Estos suelos son de profundidad media con

1/ IBIDEM, P.P. 15

topografía variable, propia de cañadas, laderas de cerros y pequeños valles altos, con pendientes entre 5 y 20% y generalmente erosionados. Los cultivos a implantar en estos -- suelos son guayabo y aguacate.

Serie Aguascalientes.- Estos suelos son los más afectados -- por la erosión, con frecuentes afloraciones de la toba, son suelos delgados y en ocasiones de profundidad media, con -- pendientes mayores de 15%. Los cultivos a implantar en es- tos suelos son guayabo y aguacate.

El análisis de mercado de los cultivos antes indicados re-- sultó favorable, no teniendo ninguna dificultad tanto en su comercialización como en hacerlos llegar a los centros de -- consumo.

Refiriéndonos al guayabo, que por condiciones muy especia-- les del suelo y clima ha tenido un gran desarrollo en esta zona de calvillo, resultando una fruta de muy buen calidad; llegando a ser el municipio de Calvillo Ags., el primer pro-- ductor nacional de guayaba,

Tomando en cuenta los criterios antes mencionados, se defi-- nió el siguiente plan de cultivos:

PLAN DE CULTIVOS		CICLO VEGETATIVO											
CULTIVO	% DE SUP. SEMBRADA	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
		GUAYABO	40	[Barra horizontal que cubre todos los meses]									
AGUACATE	30	[Barra horizontal que cubre todos los meses]											
CHILE	10	[Barra vertical]	[Barra vertical]	[Barra vertical]	[Barra vertical]	[Barra vertical]	[Barra horizontal]	[Barra vertical]					
PAPA	8	[Barra vertical]	[Barra vertical]	[Barra vertical]	[Barra vertical]	[Barra vertical]	[Barra vertical]	[Barra horizontal]	[Barra vertical]				
CACAHUATE	7	[Barra horizontal]	[Barra horizontal]	[Barra horizontal]	[Barra horizontal]	[Barra horizontal]	[Barra horizontal]	[Barra horizontal]	[Barra horizontal]	[Barra horizontal]	[Barra horizontal]	[Barra horizontal]	[Barra horizontal]
ALFALFA	6	[Barra horizontal que cubre todos los meses]											
		100 %											

3.1.5. Método de Riego

Después de tener definido el plan de cultivos, el siguiente paso es seleccionar el método de riego más eficiente dentro de las características topográficas, agrológicas y climatológicas de la zona.

Teniendo en cuenta que la topografía dentro de la zona de riego es muy accidentada, de lomeríos con pendientes muy altas y con condiciones favorables del suelo para poder aceptar canales; se seleccionó para la conducción y distribución del agua, un sistema de canales abiertos por gravedad, revestidos de concreto,

Los frutales (guayabo y aguacate) estarán localizados en -- los terrenos accidentados en cepas con forma de terrazas. - La mejor forma de aplicar el riego en estas condiciones es directamente a la cepa, teniendo un sistema de pequeñas regaderas revestidas de concreto o ladrillo, las cuales comunicarán a las cepas en forma longitudinal.

Los cultivos de chile, papa, cacahuete y alfalfa, estarán - ubicados en las partes planas. La forma de aplicación del riego más conveniente es mediante el sifoneo en regaderas - alojadas en tierra.

Por lo tanto el sistema de riego estará integrado por una - red de conducción y distribución a base de canales abiertos por gravedad revestidos de concreto, con todas las estructuras necesarias para su perfecto funcionamiento (sifones, -- puentes canal, alcantarillas, pasos superiores, etc.), con - un sistema de aplicación del agua por medio de tomas de lote ubicadas en puntos donde pueda dominar por gravedad una extensión óptima de terreno. Las ramificaciones después de las tomas de lote son las regaderas, las cuales se alojarán en tierra en caso de terrenos planos, y revestidas en el caso de terrenos con pendiente alta. Todo lo anterior regido por normas de diseño.

Para cuantificar la eficiencia del sistema de riego obten--

dremos los coeficientes de conducción y aplicación con las consideraciones anteriores, el estudio agrológico y las costumbres en cuestión de faenas agrícolas y de aplicación del agua dentro de la región.

Las normas de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos nos da los siguientes valores para nuestros coeficientes:

$$C_c = 80 \%$$

$$C_a = 75 \%$$

3.1.6. Determinación de la Demanda de Riego

Se entiende por demanda de riego a la cantidad de agua que requiere el cultivo para satisfacer sus necesidades hídricas en los períodos de su ciclo vegetativo. Las demandas se expresan en láminas brutas o en volumen y dependen del uso consuntivo, de la lluvia efectiva y de la eficiencia del riego.

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL

(°C)

LAT. 21°51' N.

LON. 102° 45' W.G.

ALT. 1760 m.s.n.m.

ESTACION: CALVILLO
ESTADO: AGUASCALIENTES

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1971	14.1	13.6	16.6	18.0	22.6	21.8	21.0	20.0	19.4	19.8	18.3	17.3
1972	15.8	16.1	18.7	21.8	25.2	23.5	24.0	21.5	21.1	19.7	19.0	16.1
1973	14.0	17.4	18.9	27.9	24.3	23.4	22.5	21.7	22.6	21.1	17.5	13.6
1974	13.9	16.5	20.1	22.8	23.8	23.6	21.9	22.5	21.0	19.9	17.6	14.0
1975	14.9	15.7	19.2	22.9	22.3	23.9	22.3	22.0	20.8	20.1	17.2	15.2
1976	14.8	16.7	19.0	20.8	22.5	23.4	20.7	20.4	20.6	19.3	15.8	15.6
1977	14.7	15.5	19.1	19.4	23.7	22.8	21.0	21.1	21.0	19.9	17.1	15.5
1978	15.0	14.2	18.8	21.4	23.4	23.6	23.1	21.1	20.1	18.7	18.0	16.8
1979	15.2	16.2	19.3	21.4	23.1	24.0	22.8	21.1	20.9	21.1	17.1	15.8
1980	14.7	16.0	19.6	20.9	23.9	24.6	23.1	21.6	21.5	19.8	16.9	14.2
Suma	147.1	157.9	189.3	217.3	234.8	234.6	222.4	213.0	209.0	199.4	174.5	154.1
Prom.	14.7	15.8	18.9	21.7	23.5	23.5	22.2	21.3	20.9	19.9	17.4	15.4

PRECIPITACION PLOVIAL MEDIA MENSUAL
(m.m.)

LAT. 21°51' N.

LON. 102°45' W.G.

ALT. 1760 m.s.n.m.

ESTACION: CALVILLO
ESTADO : AGUASCALIENTES

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1971	3.5	0.0	0.0	INAP	84.3	191.0	140.5	196.9	147.7	52.5	0.0	INAP
1972	3.5	0.0	3.0	1.0	65.5	75.5	84.5	107.5	134.8	51.3	12.1	8.5
1973	19.0	8.5	0.0	0.0	INAP	74.3	167.0	178.8	104.0	77.7	0.0	0.0
1974	INAP	0.0	INAP	1.0	19.5	16.5	187.6	86.8	144.5	3.0	INAP	17.5
1975	20.3	0.0	0.0	0.0	12.0	119.0	175.1	204.1	44.5	INAP	0.0	37.5
1976	0.0	0.0	0.0	INAP	8.2	20.6	248.2	128.3	236.8	40.2	94.8	11.8
1977	5.9	0.0	0.0	18.7	6.5	112.2	210.3	176.7	98.2	53.6	6.5	6.0
1978	0.0	2.0	0.0	0.0	5.6	77.4	138.2	123.0	149.9	52.1	15.0	4.5
1979	INAP	20.2	0.0	0.0	0.0	71.2	181.9	160.4	77.3	6.5	0.0	92.4
1980	54.7	15.0	0.0	14.2	1.6	55.3	92.2	279.8	96.5	51.1	45.0	10.3
80% Prec.	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	55.3	138.2	123.0	96.5	6.5	0.0	4.5
75% Efec.	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	41.5	103.6	92.2	72.4	4.9	0.0	3.4

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION

MES	t (°C)	$\frac{t+17.8}{21.8}$	p	f	K _t	f K _t
ENE	14.7	1.49	7.66	11.41	0.70	7.99
FEB	15.8	1.54	7.21	11.10	0.73	8.10
MAR	18.9	1.68	8.40	14.11	0.83	11.71
ABR	21.7	1.81	8.56	15.49	0.92	14.25
MAY	23.5	1.89	9.22	17.43	0.97	16.91
JUN	23.5	1.89	9.09	17.18	0.97	16.66
JUL	22.2	1.84	9.33	17.17	0.93	15.97
AGO	21.3	1.79	9.00	16.11	0.90	14.50
SEP	20.9	1.78	8.30	14.77	0.89	13.15
OCT	19.9	1.73	8.13	14.06	0.86	12.09
NOV	17.4	1.62	7.50	12.15	0.78	9.48
DIC	15.4	1.52	7.55	11.48	0.72	8.27

CALCULO DEL USO CONSUNTIVO AJUSTADO

CULTIVO: GUAYABO

MES	f	f K _t	K _c	U.C.	C	U.C.A.
ENE	11.41	7.99	0.62	4.95	1.10	5.45
FEB	11.10	8.10	0.65	5.27	1.10	5.80
MAR	14.11	11.71	0.67	7.85	1.10	8.64
ABR	15.49	14.25	0.69	9.83	1.10	10.81
MAY	17.43	16.91	0.71	12.01	1.10	13.21
JUN	17.18	16.66	0.71	11.83	1.10	13.01
JUL	17.17	15.97	0.71	11.34	1.10	12.47
AGO	16.11	14.50	0.70	10.15	1.10	11.17
SEP	14.77	13.15	0.69	9.07	1.10	9.98
OCT	14.06	12.09	0.67	8.10	1.10	8.91
NOV	12.15	9.48	0.65	6.16	1.10	6.78
DIC	11.48	8.27	0.64	5.29	1.10	5.82
Suma	172.46			101.85		

$$K = 0.65$$

$$C = \frac{(\sum f)K}{\sum U.C.}$$

CALCULO DEL USO CONSUNTIVO AJUSTADO

CULTIVO: AGUACATE

MES	f	f K _e	K _c	U.C.	C	U.C.A.
ENE	11.41	7.99	0.25	2.00	1.01	2.02
FEB	11.10	8.10	0.43	3.48	1.01	3.51
MAR	14.11	11.71	0.58	6.79	1.01	6.86
ABR	15.49	14.25	0.70	9.98	1.01	10.08
MAY	17.43	16.91	0.78	13.19	1.01	13.32
JUN	17.18	16.66	0.80	13.33	1.01	13.46
JUL	17.17	15.97	0.80	12.78	1.01	12.91
AGO	16.11	14.50	0.70	10.15	1.01	10.25
SEP	14.77	13.15	0.64	8.42	1.01	8.50
OCT	14.06	12.09	0.55	6.65	1.01	6.72
NOV	12.15	9.48	0.43	4.08	1.01	4.12
DIC	11.48	8.27	0.35	2.89	1.01	2.92
Suma	172.46			93.74		

$$K = 0.55$$

CALCULO DEL USO CONSUNTIVO AJUSTADO

CULTIVO: CHILE

MES	f	fK_t	K_c	U.C.	C	U.C.A.
ENE						
FEB						
MAR						
ABR						
MAY	17,43	16,91	0,63	10,65	0,84	8,95
JUN	17,18	16,66	1,01	16,83	0,84	14,14
JUL	17,17	15,97	1,10	17,57	0,84	14,76
AGO	16,11	14,50	0,79	11,46	0,84	9,63
SEP						
OCT						
NOV						
DIC						
Suma	67,89			56,51		

$$K = 0,76$$

CALCULO DEL USO CONSUNTIVO AJUSTADO

CULTIVO: PAPA

MES	f	f K _t	K _c	U.C.	C	U.C.A.
ENE						
FEB						
MAR						
ABR						
MAY						
JUN						
JUL						
AGO	16,11	14,50	0,43	6,24	0,90	5,62
SEP	14,77	13,15	0,94	12,36	0,90	11,12
OCT	14,06	12,09	1,34	16,20	0,90	14,58
NOV	12,15	9,48	1,34	12,70	0,90	11,43
DIC						
Suma	57,09			47,50		

$$K = 0,75$$

CALCULO DEL USO CONSUNTIVO AJUSTADO

CULTIVO: CACAHUATE

MES	f	fK _e	K _c	U.C.	C	U.C.A.
ENE						
FEB	11.10	8.10	0.56	4.54	0.87	3.95
MAR	14.11	11.71	0.85	9.95	0.87	8.66
ABR	15.49	14.25	0.97	13.82	0.87	12.02
MAY	17.43	16.91	0.92	15.56	0.87	13.54
JUN	17.18	16.66	0.73	12.16	0.87	10.58
JUL						
AGO						
SEP						
OCT						
NOV						
DIC						
Suma	75.31			55.99		

$$K = 0,65$$

CALCULO DEL USO CONSUNTIVO AJUSTADO

CULTIVO: ALFALFA

MES	f	f K _f	K _c	U.C.	C	U.C.A.
ENE	11.41	7.99	0.64	5.11	1.02	5.21
FEB	11.10	8.10	0.74	5.99	1.02	6.11
MAR	14.11	11.71	0.88	10.30	1.02	10.51
ABR	15.49	14.25	1.00	14.25	1.02	14.54
MAY	17.43	16.91	1.10	18.60	1.02	18.97
JUN	17.18	16.66	1.14	18.99	1.02	19.37
JUL	17.17	15.97	1.12	17.89	1.02	18.25
AGO	16.11	14.50	1.08	15.66	1.02	15.97
SEP	14.77	13.15	1.00	13.15	1.02	13.41
OCT	14.06	12.09	0.90	10.88	1.02	11.10
NOV	12.15	9.48	0.78	7.39	1.02	7.54
DIC	11.48	8.27	0.66	5.46	1.02	5.57
Suma	172.46			143.67		

$$K = 0,85$$

RELACION DEL USO CONSUNTIVO MENSUAL AJUSTADO
Y LA PRECIPITACION EFECTIVA

CULTIVO	MES	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	
		PE (cm)											
GUAYABO	UCA	5.45	5.80	8.64	10.81	13.21	13.01	12.47	11.17	9.98	8.91	6.78	5.82
	UCA-PE	5.45	5.80	8.64	10.81	13.09	8.86	2.11	1.95	2.74	8.42	6.78	5.48
AGUACATE	UCA	2.02	3.51	6.86	10.08	13.32	13.46	12.91	10.25	8.50	6.72	4.12	2.92
	UCA-PE	2.02	3.51	6.86	10.08	13.20	9.31	2.55	1.03	1.26	6.23	4.12	2.58
CHILE	UCA				8.95	14.14	14.76	9.63					
	UCA-PE				8.83	9.99	4.40	0.41					
PAPA	UCA							5.62	11.12	14.58	11.43		
	UCA-PE							----	0.28	14.09	11.43		
CACAHUATE	UCA	3.95	8.66	12.02	13.54	10.58							
	UCA-PE	3.95	8.66	12.02	13.42	6.13							
ALFALFA	UCA	5.21	6.11	10.51	14.54	18.97	19.37	18.25	15.97	13.41	11.10	7.54	5.57
	UCA-PE	5.21	6.11	10.51	14.54	18.85	15.22	7.89	6.75	6.17	10.61	7.54	5.23

UCA = Uso consuntivo mensual ajustado
PE = Precipitación efectiva

LAMINAS DE RIEGO MENSUAL. *

(cm)

CULTIVO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
GUAYABO	10	10	--	15	10	10	--	10	--	10	--	10
AGUACATE	10	--	10	10	10	10	--	--	--	10	10	--
CHILE					10	10	10	--				
PAPA												
CACAHUATE		10	10	10	10	10		--	10	10	10	--
ALFALFA	10	10	10	10	20	15	10	10	--	10	10	--

* Las láminas fueron ajustadas a valores de 10, 15 ó 20 cm. de la tabla anterior (UCA - PE), con el fin de tomar en cuenta la aplicación práctica del riego.

Las láminas de riego mensual son netas, y para aplicarlas es necesario considerar la eficiencia en la conducción y aplicación del riego.

VOLUMENES MENSUALES
(Miles de m³)

CULTIVO	% de sup sembrada	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
GUAYABO	40	66.67	66.67	---	100.00	66.67	66.67	---	66.67	---	66.67	---	66.67	566.69
AGUACATE	30	50.00	---	50.00	50.00	50.00	50.00	---	---	---	50.00	50.00	---	350.00
CHILE	10	---	---	---	16.67	16.67	16.67	---	---	---	---	---	---	50.01
PAPA	8	---	---	---	---	---	---	---	---	13.33	13.33	13.33	---	39.99
CACAHUATE	7	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67	---	---	---	---	---	---	58.35
ALFALFA	5	8.33	8.33	8.33	8.33	16.67	12.50	8.33	8.33	---	8.33	8.33	---	95.81
Volúmen Mensual		125.00	86.47	70.00	170.00	161.68	157.51	25.00	75.00	13.33	138.33	71.66	66.67	1 160.85
Superficie Mensual		75	82	82	82	92	92	85	93	83	83	83	83	100
Volúmen/ha Mensual		1.67	1.05	0.85	2.07	1.76	1.71	0.29	0.81	0.16	1.67	0.86	0.80	11.608

Demanda Anual Bruta por ha. = 11,608,50 m³/ha.

$$\text{Vol.} = \frac{\text{Lámina} \times \text{Área}}{C_c \times C_e}$$

$$C_c = 0.80$$

$$C_e = 0.75$$

Nota: El área del proyecto se considera como una superficie de 100 ha, para efectos de cálculo.

3.2. Selección de Areas

La selección de áreas para la zona de riego, se hace en función de las condiciones agrológicas, topográficas y uso actual del suelo.

De las tres series de suelos encontradas en la zona (Serie Media Luna, Serie Calvillo y Serie Aguascalientes), la de mayor extensión es la Serie Aguascalientes, siendo estos suelos los de menor valor agrícola, pero con la ventaja de desarrollar optimamente frutales como el guayabo y el aguacate^{1/}. Para este proyecto, todas las series y tipos de suelos encontrados son aptos a ciertos cultivos^{2/}.

De acuerdo al escurrimiento que se podrá aprovechar del Rfo Calvillo y la demanda anual bruta por ha^{3/}, la superficie para riego es 2,000 ha.

Esta superficie se localizó en la margen izquierda del Rfo Calvillo. La margen izquierda tiene menos problemas topográficos a los de la margen derecha, ganando más área dominada por el nivel de aguas del vaso de la presa, con menor longitud de canales de distribución.

En el proyecto está contemplado que una parte de la zona de

1/ IBIDEM P.P. 24

2/ IBIDEM, P. 38

3/ IBIDEM, P. 6

riego sea por bombeo. La razón es de carácter político y no porque no exista más área aguas abajo que se pueda dominar por gravedad. La zona de riego está ubicada en los Estados de Aguascalientes y Zacatecas. Si su totalidad fuera por gravedad, tendríamos 1717 ha. en el Estado de Zacatecas y 283 ha. en Aguascalientes, lo cual no beneficia a este último, pues el vaso de la presa inunda 330 ha. de este Estado.

El acuerdo efectuado entre el Gobierno Federal y estos dos Estados, fue el de ubicar equitativamente la zona de riego -- (1000 ha. en cada Estado), dando como resultado un área por bombeo en el Estado de Aguascalientes de 717 ha.

El uso actual de la zona de riego por gravedad (1283 ha) está enfocado a labores agrícolas de temporal en las vegas del Rfo Calvillo, frutales con riegos deficientes y pastoreo en las zonas altas. Se seleccionó toda la superficie dominada por gravedad, hasta completar 1283 ha.

Dentro de la zona de riego por bombeo existen pozos profundos de sociedades particulares, con zonas de riego de 40 ha. por pozo en promedio, Obviamente esta superficie no está contemplada por el proyecto, aunque se maneje dentro de un sistema de producción agrícola integral. La superficie de 717 ha. por bombeo tiene las mismas actividades agropecuarias -

que la zona de riego por gravedad.

POZOS EXISTENTES DENTRO DE LA
ZONA DE RIEGO POR BOMBEO

<u>POZO</u>	<u>SUP. DE RIEGO</u>
1.- La Esperanza	51 ha.
2.- Hnos. Loera	45
3.- Hnos. Loera	44
4.- Hnos. Serna	75
5.- Hnos. Serna	85
6.- Soc. Ojo de Agua	42
7.- Soc. Media Luna	45
8.- Soc. Las Vboras	6
9.- Soc. El Frentón	42
10.- A. Ruyalcaba	14
11.- Soc. Maravillas	34
	<hr/> 483 ha.

La distribución de áreas para la zona de riego, queda de la siguiente manera:

DISTRIBUCION DE AREAS DE RIEGO

EJO.	MPIO.	TENENCIA	CONCEPTO	SUPERFICIE
Ags.	Calvillo	Pequeña Prop.	Riego por bombeo	717 ha.
Ags.	Calvillo	Pequeña Prop.	Riego por gravedad	283
Zac.	Huanusco	Pequeña Prop.	Riego por gravedad	340
Zac.	Huanusco	Prop. Ejidal	Riego por gravedad	490
Zac.	Jalpa	Pequeña Prop.	Riego por gravedad	170
				<hr/> 2,000 ha.

3.3. Localización de la Red de Canales y Estructuras^{1/}

Para facilitar y así hacer una buena localización de canales y estructuras, es necesario localizar antes el drenaje natural, ya que es el que divide los núcleos del terreno -- que domina cada canal.

3.3.1. Red de Canales

El canal principal es el límite superior de la zona de riego por gravedad, debe dominar toda la superficie de 1283 ha, además de abastecer directamente todo el sistema de canales laterales.

El punto de partida del canal principal (K 0+000), es la elevación a la salida de la toma - 1610 m. - siguiendo esa curva de nivel se localizan los cruces obligados del canal principal. El canal se proyecta con una pendiente mínima - de 0,0005, con el fin de no perder altura en el desarrollo del mismo. Las condiciones topográficas, agrológicas y geológicas no son limitantes en este caso para adoptar esta pendiente.

Por las características topográficas propias del terreno, - la localización de los canales laterales y sub-laterales --
1/ Ver anexo, planos 3, 4 y 5

del canal principal, se hicieron según la topografía. Este sistema es el más económico, los canales se localizan en el porteaguas, con lo cual se logra dominar hacia ambos lados del canal.

En la zona de riego por bombeo se delimitaron tres núcleos -278, 244 y 195 ha.- correspondientes a las tres plantas de bombeo que los alimentaran.

Se localizan los puntos de descarga de cada línea de bombeo con la idea de dominar por gravedad cada núcleo.

La localización de los canales principales, laterales y sub-laterales de cada línea de bombeo, se realizó con el mismo criterio de la zona de riego por gravedad - localización según la topografía del terreno-.

3.3.2. Estructuras

Las estructuras dentro de una zona de riego pueden agruparse de la siguiente manera:

- 1) Estructuras de operación y distribución
- 2) Estructuras de cruce
- 3) Estructuras de protección

Las estructuras de operación y distribución se utilizan pa-

ra manejar, controlar y distribuir correctamente el agua de riego y son:

- . Represas
- . Tomas para canales
- . Tomas de lote

La localización de las represas se determina al diseñar los canales. Con las características hidráulicas del canal, determinamos el espaciamiento entre represas, de manera que se pueda proporcionar la carga necesaria para que funcionen las tomas a su capacidad máxima.

Las tomas para canales se ubican en cada derivación de canal a canal.

Las tomas de lote se ubicaron en partes altas, con el fin de dominar un pequeño núcleo, con un radio de influencia determinado por las longitudes máximas recomendables, tanto de regaderas como de surcos, 600 m. y 200 m. respectivamente.

Las estructuras de cruce se utilizan para vencer obstáculos que se presentan al paso del canal, como ríos, arroyos, barrancas, caminos, vías de ferrocarril, etc., y son:

1/ Longitudes recomendadas por la SARD, para los suelos que se analizaron en el estudio agrológico del proyecto.

- . Sifones
- . Puentes canal
- . Diques
- . Alcantarillas
- . Puentes

Su ubicación es en los cruces con los obstáculos antes citados, y la elección de entre estas estructuras depende necesariamente de las condiciones topográficas, hidráulicas y económicas.

Las estructuras de protección se utilizan para proteger a los canales contra la erosión por altas velocidades del agua, desalojo parcial o total del gasto, etc.

- . Rápidas y caídas
- . Desagues parciales, totales o finales
- . Entradas de agua, pasos superiores e inferiores
- . Cunetas y contracunetas

Su localización se hace en los puntos obligados por las condiciones topográficas e hidráulicas.

Las estructuras más relevantes por su importancia y magnitud dentro de la zona de riego, son las tres plantas de bombeo y las estructuras de cruce del canal principal.

Las plantas de bombeo se localizaron en las estaciones

K 1+000, K 5+300 y K-11+880 del canal principal, con el criterio de reducir al mínimo la longitud de la línea de conducción al punto de descarga del bombeo.

Las estructuras de cruce del canal principal se localizaron en los siguientes puntos, con la selección del tipo de estructura a proyectar de acuerdo a las condiciones antes descritas:

Km	Km	Estructura
2 + 700	2 + 820	Sifón
6 + 350	6 + 500	Sifón
9 + 400	9 + 460	Puente canal
10 + 850	10 + 900	Puente canal
11 + 600	11 + 620	Puente canal
13 + 330	13 + 400	Sifón
13 + 730	13 + 750	Puente canal
17 + 400	17 + 465	Sifón
21 + 120	21 + 280	Sifón
22 + 400	22 + 480	Sifón
23 + 200	23 + 275	Sifón
23 + 640	23 + 660	Puente canal
26 + 925	27 + 000	Sifón
30 + 525	30 + 680	Sifón
32 + 745	32 + 850	Sifón
33 + 090	33 + 150	Sifón

CAPITULO 4

DISEÑO HIDRAULICO

Para el diseño hidráulico del sistema de riego, necesitamos determinar el gasto que transitará en cada canal y estructura.

El gasto de diseño en un punto determinado del sistema, esta en función del área de riego dominada a partir de este punto y un gasto de riego por hectárea - gasto unitario de riego -

4.1. Gasto Unitario de Riego.

Para la determinación del gasto unitario de riego, necesitamos saber el volumen mensual para riego de una hectárea y el número de horas por día en que se aplicará el riego. Este gasto unitario normalmente se expresa en las siguientes unidades : lt/seg/Ha.

En el inciso "3.1.6. Determinación de la Demanda de Riego", se obtuvieron los volúmenes mensuales por hectárea para todos los meses del año. El mes de máxima demanda resultó ser abril, con un volumen por hectarea de de $2\ 073\ m^3$ 1/.

Se toma el mes de máxima demanda, porque es en este cuando el sistema tiene que trabajar al 100%. Por lo tanto con el

gasto unitario de riego que se obtenga, se garantiza que se cubrirán las demandas de riego para el caso mas desfavorable.

Las horas de riego por día se establecen en base a dos criterios. Al horario de trabajo en labores agrícolas que se acostumbra en el lugar del proyecto y a la disponibilidad - contra la demanda del agua. Para nuestro caso el tiempo de riego por día es de 16 hrs.

A continuación determinamos el gasto unitario de riego:

Mes de máxima demanda : abril

Vol. mensual / Ha = 2,073 M³/Ha

Horas de riego/día = 16 hr.

$$q_u = \frac{2073 \times 1000}{3600 \times 16 \times 30} = 1.20 \text{ lt/ seg / Ha}$$

4.2. Gráfica de áreas y capacidades

Las variaciones en la capacidad - gasto de diseño - del canal principal pueden ser muy pequeñas de tal forma que no - se ameriten cambios en las dimensiones del mismo, o a muy - corta distancia una de otra lo cual encarece la economía del proyecto. Por estas razones se adoptan capacidades por tramos convenientes, ajustándolas al múltiplo superior de - 100 lt/seg. Esto último con el fin de facilitar los aforos en la operación misma y tener una capacidad sobrada previen

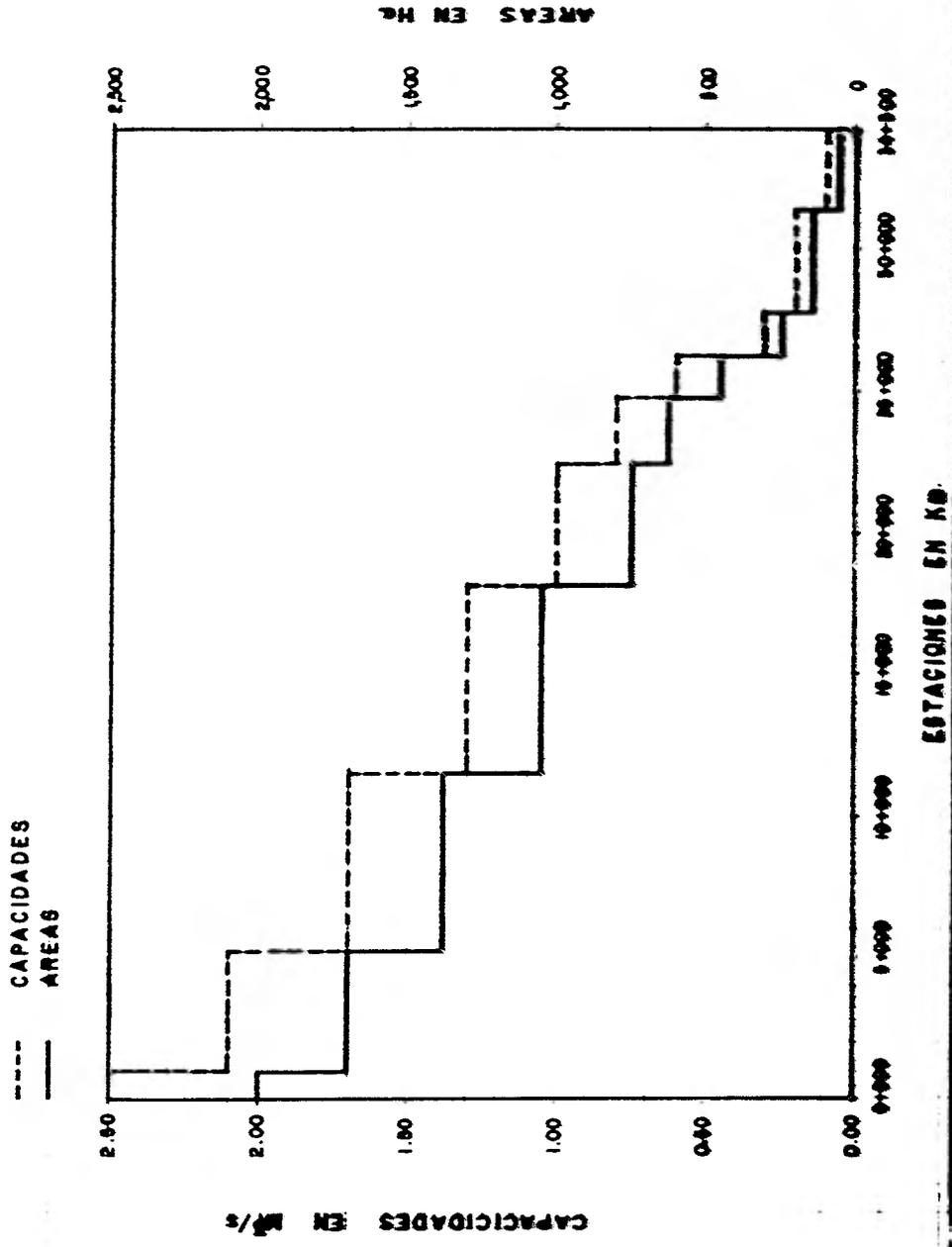
do los azolves y cambios de rugosidad en el canal.

Km - Km	Area Dominada (Ha)	Gasto uni.R. (Lt/seg x Ha)	Capacidad en(m ³ /seg)	
			Necesaria	Adoptada
0+000 - 1 + 000	2000	1.20	2.40	2.50
1+000 - 5 + 300	1702	1.20	2.04	2.10
5+300 - 11 + 410	1388	1.20	1.66	1.70
11+410 - 18 + 020	1063	1.20	1.27	1.30
18+020 - 22 + 380	767	1.20	0.92	1.00
22+380 - 24 + 800	625	1.20	0.75	0.80
24+800 - 26 + 260	450	1.20	0.54	0.60
26+260 - 27 + 810	258	1.20	0.31	0.30
27+810 - 31 + 570	150	1.20	0.18	0.20
31+570 - 34 + 300	58	1.20	0.07	0.10

la representación gráfica de estos conceptos es la llamada Gráfica de -
Areas y Capacidades del Canal principal. 1/

1/ IBIDEM, p. 66

GRAFICA 4.1 : GRAFICA DE AREAS Y CAPACIDADES DEL CANAL PRINCIPAL



4.3. Diseño de la red de canales.

4.3.1. Fórmulas utilizadas.

El Ingeniero frances Antoine Chézy, desarrollo en 1769 la formula de fricción para flujo uniforme en canales a superficie libre.

$$V = C \sqrt{R S}$$

Donde:

V = Velocidad media del flujo en m/seg.

R = Radio hidráulico de la sección en m.

S = Pendiente del canal 1/

C = Coeficiente de fricción de Chézy.

Es función de la longitud, tiempo y la rugosidad relativa del canal.

Se han dedicado muchos años de esfuerzos tratando de obtener una expresión simple y completa del coeficiente de fricción de Chézy. A partir de diversos resultados, el Irlandés Robert Manning en 1889 presento una fórmula para obtener dicho coeficiente; la cual es aplicable para flujo permanente turbulento en canales rugosos:

$$C = \frac{R^{1/6}}{n}$$

Donde:

n = Coeficiente de rugosidad de Manning.

1/ Como el flujo es uniforme, se considera la pendiente del canal paralela a la línea de energía.

La fórmula de Manning es una de las más utilizadas por su sencillez. Sustituyéndola en la de Chézy resulta la expresión más conocida:

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

La selección de un valor de "n" significa realmente estimar la resistencia al flujo en un canal. Su conocimiento básico es de gran utilidad para las diferentes condiciones de diseño. Los factores que ejercen mayor influencia sobre el coeficiente de rugosidad son:

- . Rugosidad superficial
- . Vegetación
- . Irregularidad del canal
- . Alineación del canal
- . Sedimentación y erosión
- . Obstrucciones.
- . Tirante y gasto

Nuestros problemas de diseño de canales con flujo uniforme, consisten en calcular la geometría de la sección dada la pendiente y el gasto que circula, o bien, dada la geometría

y el gasto, calcular la pendiente necesaria. Las formulas de diseño son:

La fórmula de Manning.

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

Y la ecuación de continuidad

$$Q = A V$$

Donde:

$$Q = \text{Gasto en m}^3/\text{seg.}$$

$$A = \text{Area de la sección en m}^2$$

$$V = \text{Velocidad media del flujo en m/seg.}$$

La sección de los canales que se adoptó fue la trapezoidal -- con revestimiento de concreto y taludes 1:1. Es la más accesible por su facilidad de construcción, operación, limpieza y conservación.

Por las condiciones topográficas de la zona de riego, en algunos tramos de canal se presentan pendientes mayores a la crítica que nos obligan a canalizar gastos con régimen supercrítico. Estos gastos son pequeños (100 a 200 l/seg), lo cual no justifica la construcción de rápidas y cuestas para hacer decrecer la pendiente, sin embargo, si podemos utilizar una sección con mayor eficiencia hidráulica, para proteger al revestimiento contra la erosión ocasionada por

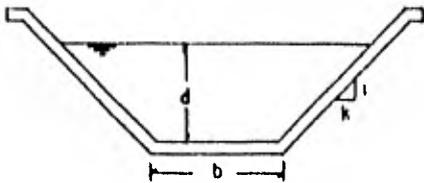
las altas velocidades.

La sección de canales sujetos a régimen supercrítico, es --
trapezoidal con plantilla circular de 3" de radio, taludes --
1:1 y revestimiento de concreto simple.

Sección para régimen subcrítico:

Talud 1:1

Formulas



$$A = (b + kd)d$$

$$P = b + 2d\sqrt{1+k^2}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

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

$$Q = AV$$

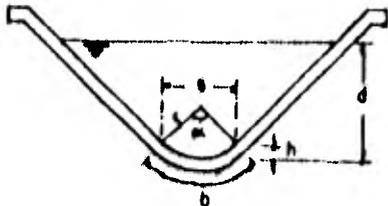
Sección para régimen supercrítico:

Talud 1:1

Formulas

$$r = 3''$$

$$\alpha = 90^\circ$$



$$S = 2r \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$b = \frac{1}{180^\circ} \pi r \alpha$$

$$h = \frac{r}{2} \tan \frac{\alpha}{4}$$

$$A = \frac{r^2}{2} (\alpha - \sin \alpha) + (b + (d-h)) (d-h)$$

$$P = b + 2(d-h)\sqrt{2}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

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

$$Q = AV$$

El coeficiente de rugosidad de Manning que se adoptó para las dos secciones es $n = 0.017$, tomando en cuenta los valores para distintas clases de canales que propone Chow 1/

4.3.2. Normas de diseño. 2/

4.3.2.1. Relación plantilla - tirante.

Las condiciones a estudiar para fijar la relación plantilla - tirante son:

- . Sección de máxima eficiencia hidráulica
- . Sección de mínima filtración
- . Problemas constructivos.

Desde el punto de vista hidráulico, la sección transversal que para un área dada, da la máxima capacidad, es aquella con radio hidráulico máximo y perímetro mojado mínimo. La sección de máxima eficiencia esta dada por la relación:

$$\frac{b}{d} = 2 \tan \frac{\Theta}{2}$$

Donde:

b = Plantilla del canal

d = Tirante normal

Θ = Angulo de inclinación del talud con respecto a la horizontal en grados.

1/ Ven Te Chow. - Open - Channel Hydraulics, McGraw - Hill, Tokio, Japan, 1959, p. 111.

2/ Normas Adoptadas por la Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica, S. A. R. H.

La sección transversal de un canal debería diseñarse para la máxima eficiencia hidráulica; sin embargo, aún cuando esta sección transversal da el área mínima para un gasto determinado, no necesariamente dará la mínima excavación. La sección de mínima excavación para la máxima eficiencia hidráulica se tendrá, solamente cuando la superficie del agua en el canal, coincida con el terreno.

Cuando la superficie del agua queda a una elevación más baja que la del terreno, los canales más angostos y profundos dan la mínima excavación.

Si la superficie del agua queda a una elevación mayor que la del terreno, las secciones transversales anchas y poco profundas son las que dan la mínima excavación.

Sin embargo en los canales de riego, los requisitos de seguridad contra roturas del revestimiento y la posición que debe mantener la superficie del agua en el canal con relación a los terrenos que sirve, son otras limitantes para la selección de la sección transversal del canal.

Para el caso de canales sin revestir, es muy importante considerar en el diseño las pérdidas ocasionadas por la filtración. La sección de mínima filtración está dada por la relación:

$$\frac{b}{d} = 4 \tan \frac{\theta}{2}$$

En canales con gastos muy grandes, generalmente la relación plantilla - tirante que nos da la sección de máxima eficiencia, da como consecuencia plantillas muy chicas, lo cual origina que sea difícil su construcción. En estos casos se fija una dimensión de plantilla de acuerdo al equipo de construcción.

En canales pequeños las limitantes constructivas son mínimas, lo que nos da la opción de diseñar con la relación de máxima eficiencia hidráulica.

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos usa los valores entre 1 y 2 para canales revestidos y de 2 a 7 para canales sin revestir para la relación plantilla - tirante.

4.3.2.2. Taludes.

La inclinación de las paredes laterales, depende en cada caso particular de varios factores, pero principalmente de la clase de terreno donde esta alojado el canal.

De acuerdo con el material, se presentan los siguientes valores para los taludes:

Tipo de material	Talud
Material poco estable, arena, tierra arenosa	2:1
Tierra algo arcillosa, tepetate blando	1.5:1
Rocas alteradas, tepetate duro	1:1
Roca fija, ligeramente alterada	0.5:1

Tipo de material	Talud
Roca sana	0.25:1

En canales pequeños el problema de inestabilidad es de menores consecuencias. Por esta razón y por métodos constructivos, todos los canales se diseñan con taludes 1:1.

Los taludes exteriores de los bordos de canales se diseñan con 1.5:1.

4.3.2.3. Bordo libre y ancho de corona de bordos.

Con el objeto de tener un margen de seguridad en la operación de los canales, se deja un desnivel entre la superficie libre del agua para el tirante normal y la corona de los bordos. Esto nos da una capacidad extra en el canal.

Tanto los valores del bordo libre como el ancho de la corona de los bordos están en función de la capacidad del canal.

$m^3 Q$ /seg.	Bordo libre para canal revestido. cm.	Ancho de Bordo m.
0 - 0.05	7.5	0.40
0.05 - 0.25	10.0	0.60
0.25 - 0.50	20.0	0.80
0.50 - 1.00	25.0	1.00
1.00 - 2.00	30.0	1.50
2.00 - 3.00	30.0	2.00
3.00 - 4.00	30.0	2.50
4.00 - 10.00	35.0	2.50
10.00 - 20.00	40.0	3.00
20.00 - 40.00	50.0	3.00

4.3.2.4. Velocidades

La velocidad media deberá comprenderse entre un límite superior y uno inferior. El primero o superior está definido por su efecto erosivo y de operación, mientras que el segundo o inferior, debe garantizar que no se depositen azolves y el no crecimiento de plantas acuáticas.

Para canales revestidos de concreto, los límites de acuerdo al tipo de régimen son:

Regimen	Vmax	Vmin.
SUBCRITICO	0.8 Verftica	0.40 m/seg.
SUPERCRITICO <u>1</u> /	3.5 m/seg.	1.2 Verftica

Para canales en tierra:

Q m ³ /seg.	Vmáx	Vmfn.
0.05 - 2.00	0.75 m/s	0.45 m/s
2.00 - 40.00	1.35 m/s	0.45 m/s

4.3.3. Características Hidráulicas

- Q = Gasto en m³/s
- b = Plantilla del canal en m
- d = Tirante normal en m.
- h = Altura total del canal
- v = Velocidad media en m/s
- s = Pendiente longitudinal

1 / Para gastos no mayores a 300 lt/seg.

CANAL PRINCIPAL

Kilometraje	Q	b	d	h	v	s
0 + 000 - 1 + 000	2.50	1.10	1.17	1.50	0.94	0.0005
1 + 000 - 5 + 300	2.10	1.00	1.10	1.40	0.90	0.0005
5 + 300 - 11 + 410	1.70	1.00	1.00	1.40	0.85	0.0005
11 + 410 - 18 + 020	1.30	0.90	0.90	1.20	0.80	0.0005
18 + 020 - 22 + 380	1.00	0.80	0.82	1.00	0.75	0.0005
22 + 380 - 24 + 800	0.80	0.80	0.72	0.80	0.70	0.0005
24 + 800 - 26 + 260	0.60	0.70	0.65	0.80	0.64	0.0005
26 + 260 - 27 + 810	0.30	0.50	0.52	0.70	0.55	0.0005
27 + 810 - 31 + 570	0.20	0.50	0.42	0.60	0.50	0.0005
31 + 570 - 34 + 300	0.10	0.40	0.31	0.40	0.41	0.0005

CANALES LATERALES DEL CANAL PRINCIPAL

L A T E R A L 3 + 440

0 + 000	0 + 080	0.100	r=3"	0.16	0.25	2.17	0.08
0 + 080	0 + 310	0.100	r=3"	0.21	0.30	1.22	0.025
0 + 365	0 + 400	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005

L A T E R A L 6 + 915

0 + 000	0 + 080	0.100	r=3"	0.22	0.35	1.09	0.020
0 + 080	0 + 110	0.100	r=3"	0.18	0.30	1.70	0.048
0 + 110	0 + 185	0.100	r=3"	0.20	0.30	1.34	0.030
0 + 185	0 + 255	0.100	r=3"	0.16	0.25	2.44	0.095
0 + 255	0 + 400	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005
0 + 400	0 + 485	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005
0 + 485	0 + 540	0.100	r=3"	0.25	0.35	0.77	0.01
0 + 540	0 + 640	0.100	r=3"	0.21	0.30	1.15	0.022
0 + 640	0 + 700	0.100	r=3"	0.18	0.30	1.80	0.048
0 + 700	0 + 740	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005

L A T E R A L 8 + 450

Kilometraje		Q	b	d	h	v	s
0 + 000	0 + 160	0.100	r=3"	0.20	0.30	1.08	0.03
0 + 160	0 + 215	0.100	r=3"	0.14	0.25	3.20	0.13
0 + 215	0 + 255	0.100	r=3"	0.16	0.25	2.17	0.085

L A T E R A L 11 + 260

0 + 000	0 + 180	0.100	r=3"	0.21	0.35	1.22	0.024
0 + 180	0 + 250	0.100	r=3"	0.21	0.35	1.14	0.022
0 + 250	0 + 360	0.100	r=3"	0.25	0.35	0.75	0.010
0 + 360	0 + 410	0.100	r=3"	0.18	0.30	1.64	0.045
0 + 410	0 + 435	0.100	r=3"	0.14	0.25	3.45	0.14
0 + 435	0 + 540	0.100	r=3"	0.17	0.30	1.80	0.060
0 + 540	0 + 600	0.100	r=3"	0.25	0.35	0.75	0.010
0 + 600	0 + 720	0.100	r=3"	0.22	0.30	0.90	0.018

L A T E R A L 12 + 040

0 + 000 0 + 190 0.100 — SIFON

L A T E R A L 12 + 740

0 + 000	0 + 120	0.100	r=3"	0.21	0.30	1.30	0.027
0 + 120	0 + 140	0.100	r=3"	0.18	0.30	1.80	0.055
0 + 140	0 + 185	0.100	R a p í d a				
0 + 185	0 + 200	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005
0 + 200	0 + 255	0.100	r=3"	0.17	0.30	2.03	0.068
0 + 255	0 + 410	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005

Kilometraje		Q	b	d	h	v	s
L A T E R A L 13+ 455							
0 + 000	0 + 022	0.100	r=3"	0.14	0.30	3.45	0.14
0 + 022	0 + 055	0.100	r=3"	0.16	0.25	2.30	0.085
0 + 055	0 + 240	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005
0 + 240	0 + 290	0.100	r=3"	0.16	0.25	2.38	0.095
0 + 290	0 + 325	0.100	r=3"	0.19	0.30	1.55	0.040
0 + 325	0 + 390	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005
0 + 390	0 + 612	0.100	0.30	0.25	0.35	0.41	0.0025
0 + 612	0 + 660	0.100	r=3"	0.15	0.25	2.50	0.105
0 + 660	0 + 700	0.100	r=3"	0.17	0.30	1.95	0.065
0 + 700	0 + 750	0.100	r=3"	0.21	0.30	1.20	0.025
0 + 750	0 + 785	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005
SUBLATERAL 0 + 290							
0 + 000	0 + 040	0.100	r=3"	0.22	0.35	1.09	0.020
0 + 040	0 + 110	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005
L A T E R A L 14 + 590							
0 + 000	0 + 040	0.100	r=3"	0.16	0.25	2.20	0.082
0 + 040	0 + 110	0.100	r=3"	0.17	0.30	2.95	0.057
L A T E R A L 16 + 030							
0 + 000	0 + 080	0.100	r=3"	0.22	0.35	1.10	0.021
0 + 080	0 + 150	0.100	r=3"	0.14	0.25	3.45	0.14
0 + 150	0 + 170	0.100	r=3"	0.14	0.25	3.45	0.14
0 + 170	0 + 268	0.100	r=3"	0.15	0.25	2.50	0.105
0 + 268	0 + 350	0.100	r=3"	0.16	0.25	2.25	0.085
0 + 350	0 + 400	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005

Kilometraje	Q	b	d	h	v	s
L A T E R A L 16 + 505						
0 + 000	0 + 340	0,100	—	SIFON		
0 + 340	0 + 960	0,100	0,30	0,36	0,45	0,41 0,0005
0 + 960	0 + 980	0,100	r=3"	0,14	0,25	3,45 0,14
0 + 980	1 + 090	0,100	r=3"	0,16	0,25	3,15 0,095
1 + 090	1 + 165	0,100	r=3"	0,16	0,25	2,85 0,080
1 + 165	1 + 215	0,100	r=3"	0,15	0,25	3,40 0,105
1 + 215	1 + 310	0,100	r=3"	0,17	0,30	2,62 0,065
SUBLATERAL 0 + 630						
0 + 000	0 + 080	0,100	r=3"	0,22	0,35	1,60 0,018
0 + 080	0 + 165	0,100	r=3"	0,19	0,30	2,05 0,035
0 + 165	0 + 210	0,100	r=3"	0,15	0,25	3,20 0,114
0 + 210	0 + 270	0,100	r=3"	0,21	0,30	2,15 0,024
0 + 270	0 + 440	0,100	r=3"	0,14	0,25	3,45 0,14
SUBLATERAL 0 + 920						
0 + 000	0 + 060	0,100	0,30	0,36	0,45	0,41 0,0005
SUBLATERAL 18 + 020						
0 + 000	0 + 100	0,100	r=3"	0,22	0,35	1,70 0,020
0 + 100	0 + 315	0,100	r=3"	0,25	0,35	2,40 0,010
L A T E R A L 20 + 390						
0 + 000	0 + 050	0,100	r=3"	0,17	0,30	1,80 0,070
0 + 050	0 + 100	0,100	r=3"	0,15	0,25	3,17 0,110
0 + 100	0 + 200	0,100	r=3"	0,17	0,30	1,80 0,070
0 + 200	0 + 275	0,100	r=3"	0,22	0,30	1,70 0,020
0 + 275	0 + 775	0,100	0,30	0,36	0,45	0,41 0,0005
0 + 775	0 + 800	0,100	—	PUENTE CANAL		
0 + 800	1 + 900	0,100	0,30	0,36	0,45	0,41 0,0005

Kilometraje	Q	b	d	h	v	s	
SUBLATERAL 0 + 260							
0 + 000	0 + 075	0.100	r=3"	0.23	0.35	1.50	0.015
0 + 075	0 + 190	0.100	r=3"	0.21	0.30	1.68	0.022
0 + 190	0 + 300	0.100	r=3"	0.21	0.30	1.63	0.018
0 + 300	0 + 580	0.100	r=3"	0.19	0.30	2.05	0.035
SUBLATERAL 0 + 350							
0 + 000	0 + 060	0.100	r=3"	0.17	0.30	2.50	0.060
SUBLATERAL 0 + 780							
0 + 000	0 + 100	0.100	r=3"	0.21	0.30	1.65	0.020
0 + 100	0 + 300	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005
SUBLATERAL 1 + 000							
0 + 000	0 + 050	0.100	r=3"	0.15	0.25	3.25	0.115
0 + 050	0 + 075	0.100	r=3"	0.14	0.25	3.45	0.14
0 + 075	0 + 130	0.100	4=3"	0.16	0.25	2.85	0.085
SUBLATERAL 1 + 480							
0 + 000	0 + 050	0.100	r=3"	0.17	0.30	2.53	0.06
0 + 050	0 + 350	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005
LATERAL 21 + 480							
0 + 000	0 + 020	0.100	r=3"	0.14	0.25	3.45	0.14
0 + 020	0 + 100	0.100	r=3"	0.15	0.25	3.18	0.11
0 + 110	0 + 345	0.100	r=3"	0.18	0.30	2.26	0.045
0 + 345	0 + 460	0.100	r=3"	0.22	0.35	1.68	0.020

Kilometraje		Q	b	d	h	v	s
LATERAL 22 + 380							
0 + 000	0 + 040	0.100	r=3"	0.15	0.25	3.33	0.12
0 + 040	0 + 140	0.100	r=3"	0.18	0.30	2.38	0.050
0 + 140	0 + 300	0.100	r=3"	0.20	0.30	1.95	0.030
0 + 300	0 + 335	0.100	r=3"	0.15	0.25	3.40	0.100
0 + 335	0 + 585	0.100	r=3"	0.18	0.30	2.25	0.045
0 + 585	0 + 740	0.100	r=3"	0.20	0.30	1.95	0.030
LATERAL 22 + 875							
0 + 000	0 + 075	0.100	r=3"	0.17	0.30	2.64	0.065
0 + 075	0 + 200	0.100	r=3"	0.19	0.30	2.20	0.040
0 + 200	0 + 255	0.100	r=3"	0.15	0.25	3.40	0.10
0 + 255	0 + 330	0.100	r=3"	0.17	0.30	2.40	0.054
LATERAL 24 + 110							
0 + 000	0 + 015	0.100	r=3"	0.11	0.25	3.45	0.14
0 + 015	0 + 025	0.100	r=3"	0.14	0.25	3.45	0.14
0 + 025	0 + 145	0.100	r=3"	0.18	0.30	2.25	0.045
0 + 145	0 + 350	0.100	r=3"	0.22	0.35	1.68	0.020
LATERAL 24 + 800 (2)							
0 + 000	0 + 130	0.100	r=3"	0.17	0.30	2.83	0.075
0 + 130	0 + 230	0.100	r=3"	0.18	0.30	2.25	0.045
0 + 230	0 + 350	0.100	r=3"	0.16	0.25	3.05	0.093
0 + 350	0 + 605	0.100	r=3"	0.19	0.30	2.05	0.035

Kilometraje		Q	b	d	h	v	s
LATERAL 24 + 800 (1)							
0 + 000	0 + 545	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005
0 + 545	0 + 525	0.100	r=3"	0.18	0.30	2.50	0.055
0 + 625	0 + 650	0.100	r=3"	0.14	0.25	3.26	0.125
0 + 650	0 + 800	0.100	r=3"	0.17	0.30	2.52	0.06
0 + 800	0 + 870	0.100	r=3"	0.17	0.30	2.72	0.07
0 + 870	0 + 920	0.100	r=3"	0.19	0.30	2.05	0.035
0 + 920	1 + 000	0.100	r=3"	0.18	0.30	2.38	0.05
1 + 000	1 + 030	0.100	r=3"	0.14	0.25	3.47	0.14
1 + 030	1 + 100	0.100	r=3"	0.16	0.25	2.90	0.085
SUBLATERAL 0 + 540							
0 + 000	0 + 200	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.005
SUBLATERAL 0 + 680 DER.							
0 + 000	0 + 225	0.100	r=3"	0.19	0.30	2.05	0.035
0 + 225	0 + 275	0.100	r=3"	0.16	0.25	2.98	0.09
0 + 275	0 + 310	0.100	r=3"	0.14	0.25	3.26	0.125
0 + 310	0 + 450	0.100	r=3"	0.22	0.35	1.68	0.02
0 + 450	0 + 600	0.100	r=3"	0.24	0.35	1.35	0.012
SUBLATERAL 0 + 680 12Q.							
0 + 000	0 + 125	0.100	r=3"	0.22	0.35	1.86	0.025
0 + 125	0 + 240	0.100	r=3"	0.15	0.25	3.18	0.11
0 + 240	0 + 500	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005
RAMAL 0 + 260							
0 + 000	0 + 200	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005

Kilometraje		Q	b	d	h	v	s
0 + 000	0 + 020	0,200	r=3"	0,21	0,30	3,45	0,09
0 + 020	0 + 150	0,200	r=3"	0,25	0,35	2,56	0,04
0 + 150	0 + 190	0,200	r=3"	0,21	0,30	3,45	0,09
0 + 190	0 + 505	0,200	0,40	0,46	0,55	0,49	0,0005
0 + 505	0 + 560	0,200	r=3"	0,25	0,35	2,56	0,04
0 + 560	0 + 780	0,200	0,40	0,30	0,40	1,00	0,003
0 + 780	0 + 850	0,200	0,40	0,26	0,35	1,20	0,005
0 + 850	0 + 920	0,200	0,30	0,22	0,35	2,07	0,020
0 + 920	1 + 000	0,200	r=3"	0,25	0,35	2,56	0,04
1 + 000	1 + 110	0,200	0,30	0,22	0,35	2,07	0,020
1 + 110	1 + 160	0,200	--	SIFON			
1 + 160	1 + 350	0,200	0,40	0,46	0,55	0,49	0,0005
1 + 350	1 + 460	0,200	r=3"	0,25	0,35	2,56	0,04
1 + 460	2 + 190	0,100	0,30	0,36	0,46	0,41	0,0005
2 + 190	2 + 250	0,100	r=3"	0,19	0,37	2,65	0,052
2 + 250	2 + 580	0,100	r=3"	0,25	0,43	1,27	0,01
2 + 580	2 + 675	0,100	r=3"	0,22	0,40	2,40	0,02
2 + 675	2 + 775	0,100	r=3"	0,16	0,34	3,0	0,09
2 + 775	2 + 835	0,100	r=3"	0,20	0,38	1,92	0,03
SUBLATERAL 0 + 260							
0 + 000	0 + 140	0,100	0,30	0,36	0,45	0,41	0,0005
SUBLATERAL 1 + 110							
0 + 000	0 + 025	0,100	r=3"	0,14	0,25	3,45	0,14
0 + 025	0 + 200	0,100	r=3"	0,19	0,30	2,20	0,040
SUBLATERAL 1 + 160							
0 + 000	0 + 400	0,100	0,30	0,36	0,45	0,41	0,0005
0 + 400	0 + 560	0,100	r=3"	0,17	0,30	2,52	0,060
0 + 560	0 + 600	0,100	r=3"	0,14	0,25	3,45	0,14
0 + 600	0 + 675	0,100	r=3"	0,17	0,30	2,52	0,060
0 + 675	0 + 715	0,100	r=3"	0,15	0,25	3,03	0,10

Kilometraje		Q	b	d	h	v	s
SUBLATERAL 1 + 160							
0 + 715	0 + 870	0.100	r=3"	0.18	0.30	2.50	0.055
0 + 870	0 + 925	0.100	r=3"	0.15	0.25	2.95	0.095
0 + 925	0 + 980	0.100	r=3"	0.16	0.25	2.80	0.080
SUBLATERAL 1 + 300							
0 + 000	0 + 080	0.100	r=3"	0.18	0.30	2.50	0.055
0 + 070	0 + 080	0.100	--- ALCANTARILLA				
SUBLATERAL 1 + 870							
0 + 000	0 + 065	0.100	r=3"	0.16	0.25	2.80	0.08
0 + 065	0 + 100	0.100	r=3"	0.14	0.25	3.45	0.14
0 + 700	0 + 215	0.100	r=3"	0.19	0.30	2.20	0.04
SUBLATERAL 1 + 650							
0 + 000	0 + 130	0.100	r=3"	0.19	0.30	1.90	0.035
0 + 120	0 + 130	0.100	--- ALCANTARILLA				
SUBLATERAL 2 + 350							
0 + 000	0 + 010	0.100	--- ALCANTARILLA				
0 + 000	0 + 105	0.100	r=3"	0.20	0.30	1.15	0.006
0 + 105	0 + 125	0.100	r=3"	0.19	0.30	2.20	0.04
0 + 125	0 + 300	0.100	r=3"	0.18	0.30	2.25	0.045
0 + 300	0 + 390	0.100	r=3"	0.17	0.30	0.22	0.07
0 + 390	0 + 415	0.100	r=3"	0.14	0.25	3.45	0.14
LATERAL 27 + 810							
0 + 000	0 + 015	0.100	r=3"	0.14	0.25	3.45	0.14
0 + 015	0 + 055	0.100	r=3"	0.15	0.25	3.33	0.12
0 + 055	0 + 190	0.100	r=3"	0.17	0.30	2.72	0.07
0 + 190	0 + 465	0.100	r=3"	0.22	0.35	1.78	0.020
0 + 465	0 + 490	0.100	r=3"	0.15	0.25	3.30	0.13
0 + 490	0 + 580	0.100	r=3"	0.17	0.30	2.12	0.065

Kilometraje		Q	b	d	h	v	s
LATERAL 29 + 040							
0 + 000	0 + 020	0.100	r=3"	0.14	0.25	3.45	0.14
0 + 020	0 + 065	0.100	r=3"	0.15	0.25	3.10	0.105
0 + 065	0 + 085	0.100	r=3"	0.14	0.25	3.45	0.11
0 + 085	0 + 150	0.100	r=3"	0.15	0.25	3.45	0.14
0 + 150	0 + 350	0.100	r=3"	0.22	0.35	2.05	0.025
0 + 210	0 + 220	0.100	—	ALCANTARILLA			
0 + 350	0 + 415	0.100	r=3"	0.17	0.30	2.72	0.07
0 + 415	0 + 520	0.100	r=3"	0.18	0.30	2.37	0.05
0 + 520	0 + 670	0.100	r=3"	0.19	0.30	2.05	0.035
0 + 670	0 + 745	0.100	r=3"	0.18	0.30	2.35	0.05
0 + 745	0 + 800	0.100	r=3"	0.16	0.25	2.80	0.08
LATERAL 31 + 570							
0 + 000	0 + 050	0.100	r=3"	0.11	0.25	3.45	0.14
0 + 050	0 + 100	0.100	r=3"	0.14	0.25	3.45	0.14
0 + 100	0 + 120	0.100	r=3"	0.17	0.30	2.72	0.07
0 + 120	0 + 330	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005
LATERAL 34 + 300							
0 + 000	0 + 085	0.100	r=3"	0.15	0.25	3.45	0.13
0 + 085	0 + 240	0.100	r=3"	0.16	0.25	3.15	0.10
0 + 240	0 + 320	0.100	r=3"	0.20	0.30	1.95	0.03
0 + 320	0 + 450	0.100	r=3"	0.23	0.35	1.50	0.015
0 + 450	1 + 600	0.100	0.30	0.30	0.45	0.41	0.0005

Kilometraje		Q	b	d	h	v	s
CANAL PRINCIPAL IZQUIERDO							
LINEA DE BOMBEO No. 1							
0 + 000	3 + 775	0.200	0.40	0.46	0.55	0.49	0.0005
3 + 775	4 + 550	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005
4 + 550	4 + 710	0.100	r=3"	0.21	0.35	1.85	0.025
4 + 710	4 + 915	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005
4 + 915	5 + 970	0.100	0.30	0.36	0.43	0.41	0.0005
5 + 970	6 + 150	0.100	r=3"	0.20	0.30	1.95	0.030
6 + 150	6 + 530	0.100	r=3"	0.25	0.35	1.22	0.010
6 + 530	6 + 930	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005
L A T E R A L 0 + 550							
0 + 000	0 + 110	0.100	r=3"	0.20	0.30	1.95	0.03
0 + 110	0 + 390	0.100	0.30	0.20	0.30	1.15	0.0006
0 + 390	0 + 410	0.100	r=3"	0.16	0.25	3.10	0.094
0 + 410	0 + 535	0.100	r=3"	0.23	0.35	1.50	0.015
0 + 535	1 + 060	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005
1 + 060	1 + 150	0.100	r=3"	0.16	0.25	3.15	0.10
1 + 150	1 + 230	0.100	r=3"	0.21	0.30	1.82	0.025
SUBLATERAL 0 + 570							
0 + 000	0 + 140	0.100	r=3"	0.19	0.30	3.00	0.08
LATERAL 1 + 950							
0 + 000	0 + 180	0.100	r=3"	0.19	0.30	2.03	0.034
0 + 180	0 + 260	0.100	r=3"	0.20	0.30	1.77	0.030
LATERAL 5 + 620							
0 + 000	0 + 145	0.100	r=3"	0.17	0.25	2.63	0.06
0 + 145	0 + 390	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005

Kilometraje		Q	b	d	h	v	s
LATERAL 6 + 150							
0 + 000	0 + 280	0,100		S I F O N			
0 + 280	0 + 470	0,100	0,30	0,36	0,45	0,41	0,0005
LATERAL 6 + 465							
0 + 000	0 + 270	0,100	0,30	0,36	0,45	0,41	0,0005
CANAL PRINCIPAL DERECHO							
LINEA DE BOMBEO No. 1							
0 + 000	1 + 250	0,200	0,40	0,46	0,55	0,49	0,0005
1 + 250	4 + 380	0,100	0,30	0,36	0,45	0,41	0,0005
4 + 380	4 + 435	0,100	r=3"	0,14	0,25	3,45	0,14
4 + 435	4 + 680	0,100	0,30	0,36	0,45	0,41	0,0005
4 + 680	5 + 000	0,100	r=3"	0,19	0,30	2,15	0,04
5 + 000	5 + 970	0,100	0,30	0,36	0,45	0,41	0,0005
5 + 970	6 + 110	0,100	0,30	0,28	0,40	0,62	0,0014
LATERAL 0 + 130							
0 + 000	0 + 150	0,100	r=3"	0,19	0,30	2,15	0,034
0 + 150	0 + 240	0,100	r=3"	0,22	0,35	1,54	0,017
0 + 240	0 + 350	0,100	r=3"	0,15	0,25	3,05	0,097
0 + 350	0 + 700	0,100	r=3"	0,19	0,30	2,06	0,035
0 + 700	1 + 330	0,100	0,30	0,36	0,45	0,41	0,0005
SUBLATERAL 0 + 200							
0 + 000	0 + 075	0,100	r=3"	0,25	0,35	1,55	0,016
LATERAL 4 + 380							
0 + 000	0 + 240	0,100	0,30	0,36	0,45	0,41	0,0005

Kilometraje	Q	b	d	h	v	s
CANAL PRINCIPAL IZQUIERDO						
LINEA DE BOMBEO No. 2						
0 + 000	0 + 410	0.200	0.40	0.46	0.55	0.49 0.0005
0 + 410	4 + 100	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41 0.0005
4 + 100	4 + 210	0.100	r=3"	0.20	0.30	1.90 0.028
4 + 210	4 + 600	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41 0.0005
LATERAL 0 + 410						
0 + 000	0 + 210	0.100	r=3"	0.16	0.25	2.90 0.085
0 + 210	0 + 290	0.100	r=3"	0.24	0.35	1.45 0.013
0 + 290	0 + 350	0.100	r=3"	0.16	0.25	2.95 0.09
0 + 350	0 + 540	0.100	r=3"	0.25	0.35	1.55 0.016
0 + 540	0 + 640	0.100	r=3"	0.16	0.25	2.95 0.09
LATERAL 4 + 100						
0 + 000	0 + 060	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41 0.0005
CANAL PRINCIPAL DERECHO						
LINEA DE BOMBEO No. 2						
0 + 000	1 + 730	0.200	0.40	0.46	0.55	0.49 0.0005
1 + 730	2 + 700	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41 0.0005
2 + 700	2 + 885	0.100	r=3"	0.16	0.25	2.25 0.078
2 + 885	3 + 220	0.100	r=3"	0.18	0.30	2.25 0.045
LATERAL 0 + 000						
0 + 000	0 + 100	0.100	r=3"	0.18	0.25	2.36 0.05
0 + 100	0 + 400	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41 0.0005
0 + 400	0 + 440	0.100	r=3"	0.14	0.25	3.01 0.095

Kilometraje		Q	b	d	h	v	s
SUBLATERAL 0 + 310							
0 + 000	0 + 150	0.100	r=3"	0.15	0.25	3.33	0.125
LATERAL 0 + 940							
0 + 000	1 + 200	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005
SUBLATERAL 0 + 340							
0 + 000	0 + 175	0.100	r=3"	0.14	0.25	3.45	0.14
0 + 175	0 + 310	0.100	r=3"	0.18	0.25	2.33	0.043
0 + 310	0 + 700	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005
SUBLATERAL 0 + 840							
0 + 000	0 + 050	0.100	r=3"	0.14	0.25	3.45	0.14
0 + 050	0 + 070	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005
LATERAL 1 + 380							
0 + 000	0 + 040	0.100	r=3"	0.20	0.30	1.89	0.28
0 + 040	0 + 100	0.100	r=3"	0.14	0.25	3.45	0.14
LATERAL 1 + 720							
0 + 000	0 + 170	0.100	r=3"	0.18	0.30	2.38	0.05
LATERAL 2 + 250							
0 + 000	0 + 160	0.100	r=3"	0.14	0.25	3.45	0.14
LATERAL 2 + 700							
0 + 000	0 + 740	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005
0 + 740	0 + 750	0.100	r=3"	0.14	0.25	3.45	0.14
0 + 750	0 + 940	0.100	r=3"	0.22	0.35	1.70	0.020
SUBLATERAL 0 + 420							
0 + 000	0 + 160	0.100	r=3"	0.15	0.25	2.95	0.094
LATERAL IZQUIERDO 2 + 880							
0 + 000	0 + 190	0.100	r=3"	0.18	0.30	2.30	0.047

Kilometraje		Q	b	d	h	v	s
LATERAL DERECHO 2 + 880							
0 + 000	0 + 100	0,100	0,30	0,36	0,45	0,41	0,0005
0 + 100	0 + 215	0,100	r=3"	0,16	0,25	2,81	0,08
0 + 215	0 + 400	0,100	r=3"	0,26	0,35	1,55	0,016
CANAL PRINCIPAL IZQUIERDO LINEA DE BOMBEO No. 3.							
0 + 000	1 + 220	0,200	0,40	0,36	0,45	0,49	0,0005
1 + 220	5 + 960	0,100	0,30	0,36	0,45	0,41	0,0005
LATERAL 0 + 000							
0 + 000	0 + 180	0,100	r=3"	0,15	0,25	3,00	0,095
0 + 180	0 + 400	0,100	r=3"	0,17	0,25	2,53	0,060
LATERAL 0 + 790							
0 + 000	0 + 160	0,100	r=3"	0,14	0,25	3,45	0,14
0 + 160	0 + 370	0,100	r=3"	0,18	0,30	2,30	0,047
LATERAL 1 + 820							
0 + 000	0 + 015	0,100	r=3"	0,25	0,35	1,12	0,010
0 + 015	0 + 590	0,100	0,30	0,36	0,45	0,41	0,0005
0 + 590	0 + 685	0,100	r=3"	0,14	0,25	3,45	0,14
0 + 685	0 + 960	0,100	r=3"	0,18	0,30	2,30	0,047
SUBLATERAL 0 + 050							
0 + 000	0 + 060	0,100	r=3"	0,14	0,25	3,45	0,14
SUBLATERAL 0 + 110							
0 + 000	0 + 240	0,100	0,30	0,36	0,45	0,41	0,0005
0 + 240	0 + 350	0,100	r=3"	0,15	0,25	3,00	0,095

Kilometraje		Q	b	d	h	v	s
LATERAL 2 + 110							
0 + 000	0 + 070	0.100	r=3"	0.17	0.25	2.72	0.070
0 + 070	0 + 440	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005
CANAL PRINCIPAL DERECHO LINEA DE BOMBEO No. 3							
0 + 000	1 + 700	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005
1 + 700	1 + 920	0.100	r=3"	0.18	0.30	2.37	0.05
1 + 920	2 + 190	0.100	r=3"	0.20	0.30	1.95	0.030
2 + 190	2 + 380	0.100	r=3"	0.21	0.30	1.64	0.025
LATERAL 0 + 110							
0 + 000	0 + 090	0.100	r=3"	0.16	0.30	2.82	0.082
0 + 090	0 + 375	0.100	r=3"	0.20	0.30	2.66	0.026
0 + 375	0 + 430	0.100	r=3"	0.15	0.25	3.05	0.10
0 + 430	0 + 470	0.100	r=3"	0.22	0.30	2.66	0.02
0 + 470	0 + 610	0.100	r=3"	0.15	0.25	3.11	0.10
0 + 610	0 + 730	0.100	r=3"	0.20	0.30	1.94	0.03
0 + 730	1 + 100	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005
SUBLATERAL 0 + 730							
0 + 000	0 + 270	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005
LATERAL 1 + 700							
0 + 000	0 + 470	0.100	0.30	0.36	0.45	0.41	0.0005

CAPITULO 5

CONCLUSIONES

Los resultados del estudio socio-económico, reflejan que no existe ningún problema social el cual obstaculizará los fines del proyecto. Por el contrario, se resolverían problemas de la región como: aprovechar las superficies que hasta ahora no se dedican a las actividades agrícolas y aumentar el índice de productividad en las temporaleras. Asentar varias familias en donde antes solo había capacidad para el sustento de una. Además del desarrollo social en la región, económicamente es rentable y recuperable la inversión.

La justificación económica de la obra es función de la gran productividad de frutales como el guayabo y el aguacate. Aunque los suelos son de mala calidad, con la implantación del riego y combinado con el clima semiseco de la región, resultan las condiciones idóneas para estos frutales.

Debido a la gran productividad de estos cultivos en la región, peligra que la balanza de la Ley de la Oferta y la Demanda se incline desfavorablemente, saturando el mercado nacional para la fruta.

Previendo esta situación, se deben de estudiar las alternati

vas de comercializar la fruta ya industrializada y buscar -- mercados de exportación. De hecho, estas alternativas se -- han estado estudiando en los últimos años.

De acuerdo a lo expresado al inicio de este trabajo, el Ingeniero Civil debe de dotar a un proyecto de riego la flexibi- lidad y facilidades que requieren las prácticas agrícol¹as, - además de proyectar de tal manera que el costo de la obra -- sea económico.

El sistema de riego por gravedad, a base de canales abiertos y el método de riego consistente en la aplicación directa a las cepas (en caso de frutales) y sifoneo a los surcos (otros cultivos) seleccionados para este proyecto, cumplen con lo - dicho en el párrafo anterior.

Al proyectar una obra de este tipo, es fácil llegar a caer - en la "tecnocracia", o sea, recetar con despotismo intelec- - tual técnicas supuestamente enraizadas en planteamientos --- científicos, y por consigna la obra y los campesinos deben - de asimilar.

El no seleccionar adecuadamente un plan de cultivos, un sis- tema y método de riego, una lámina de agua necesaria para ca da cultivo; en fin, el no estudiar integralmente e interdis- ciplinariamente un proyecto, originan además de encarecer la

obra, el que se realice un uso irracional del agua en los --
distritos de riego. En consecuencia se deja de cultivar un
porcentaje de superficie bajo riego, cultivando en la super-
ficie restante cultivos menos remunerativos a los que se pro-
pusieron en el plan de cultivos.

B I B L I O G R A F I A

BASSOLS BATALLA ANGEL

Recursos Naturales de México, Ed. Nuestro Tiempo
México, D. F., 1978.

KING, WISLER, WOEBURRN

Hidráulica, Trillas
México, D. F., 1980.

ESPINOSA VICENTE ENRIQUE

Los Distritos de Riego, C.E.C.S.A.
México, D. F., 1962.

PALACIOS VELEZ ENRIQUE

Cuánto, Cuándo y Cómo Regar, Ingeniería
Hidráulica en México, Vol. XX No. 1
México, D. F., 1966.

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS

Instructivo para Riego por Superficie
México, D. F., 1970.

SOTELO AVILA GILBERTO

Hidráulica II, Fac. Ingeniería U.N.A.M.
México, D. F.

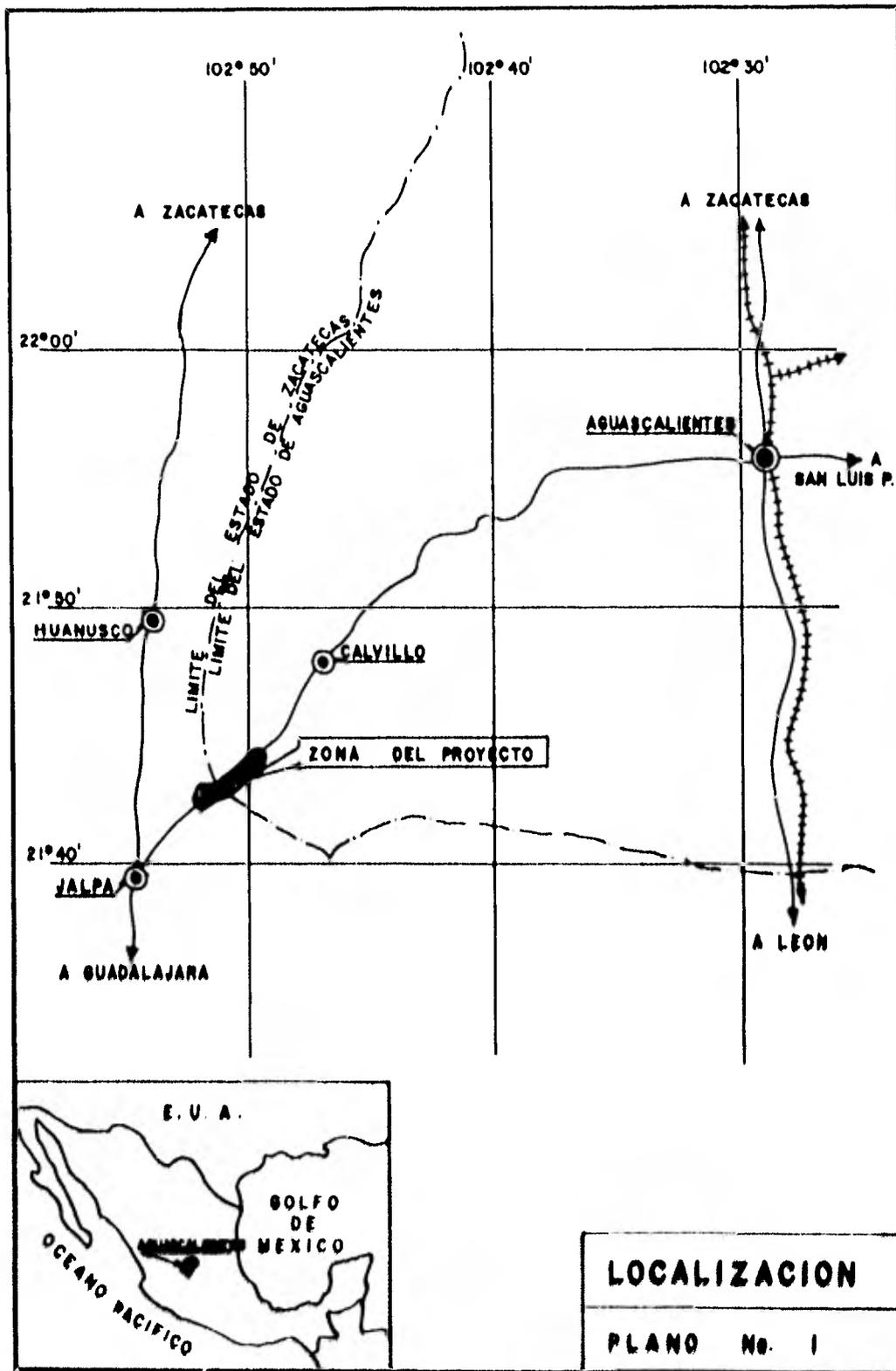
VEN-TE-CHOW

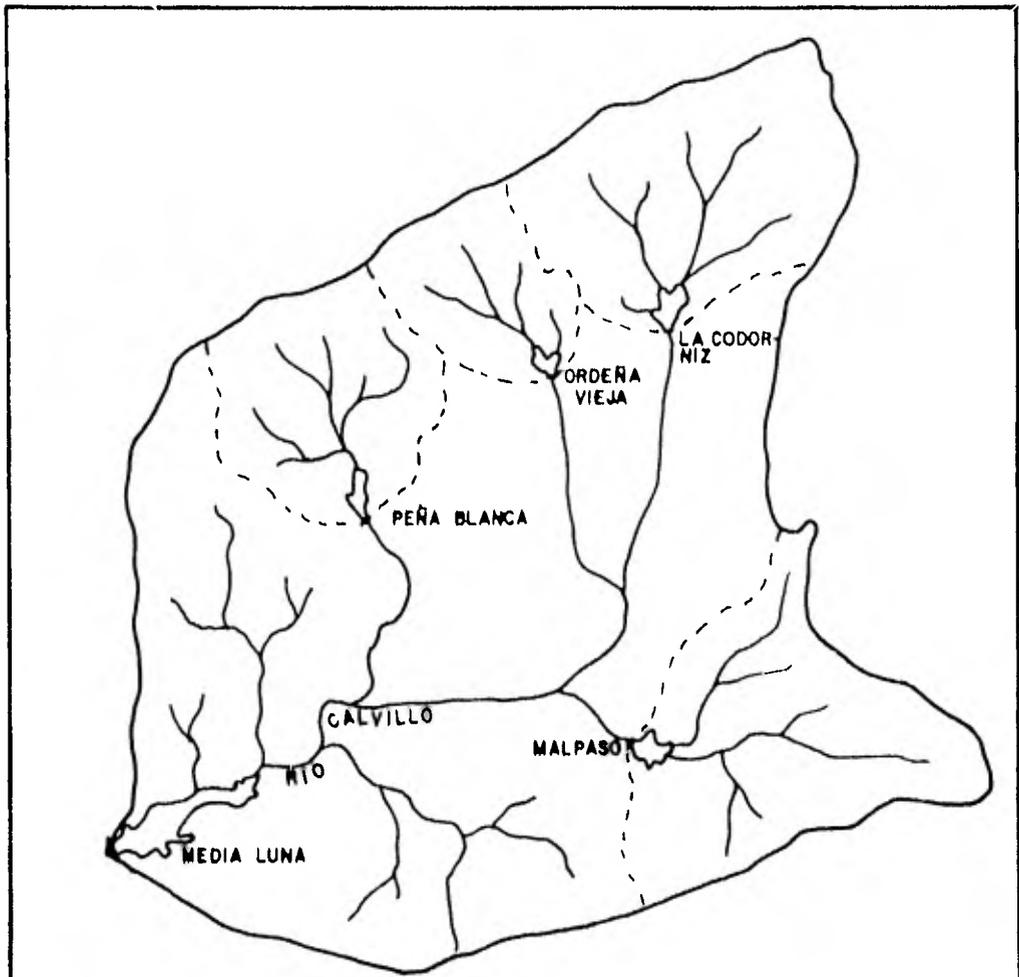
Open-Channel Hydraulics, Mc Graw-Hill
Tokio, Japan, 1959.

ZIMMERMAN JOSEF

El Riego, C.E.C.S.A.
México, D. F., 1970.

A N E X O





ALMACENAMIENTO

CUENCA

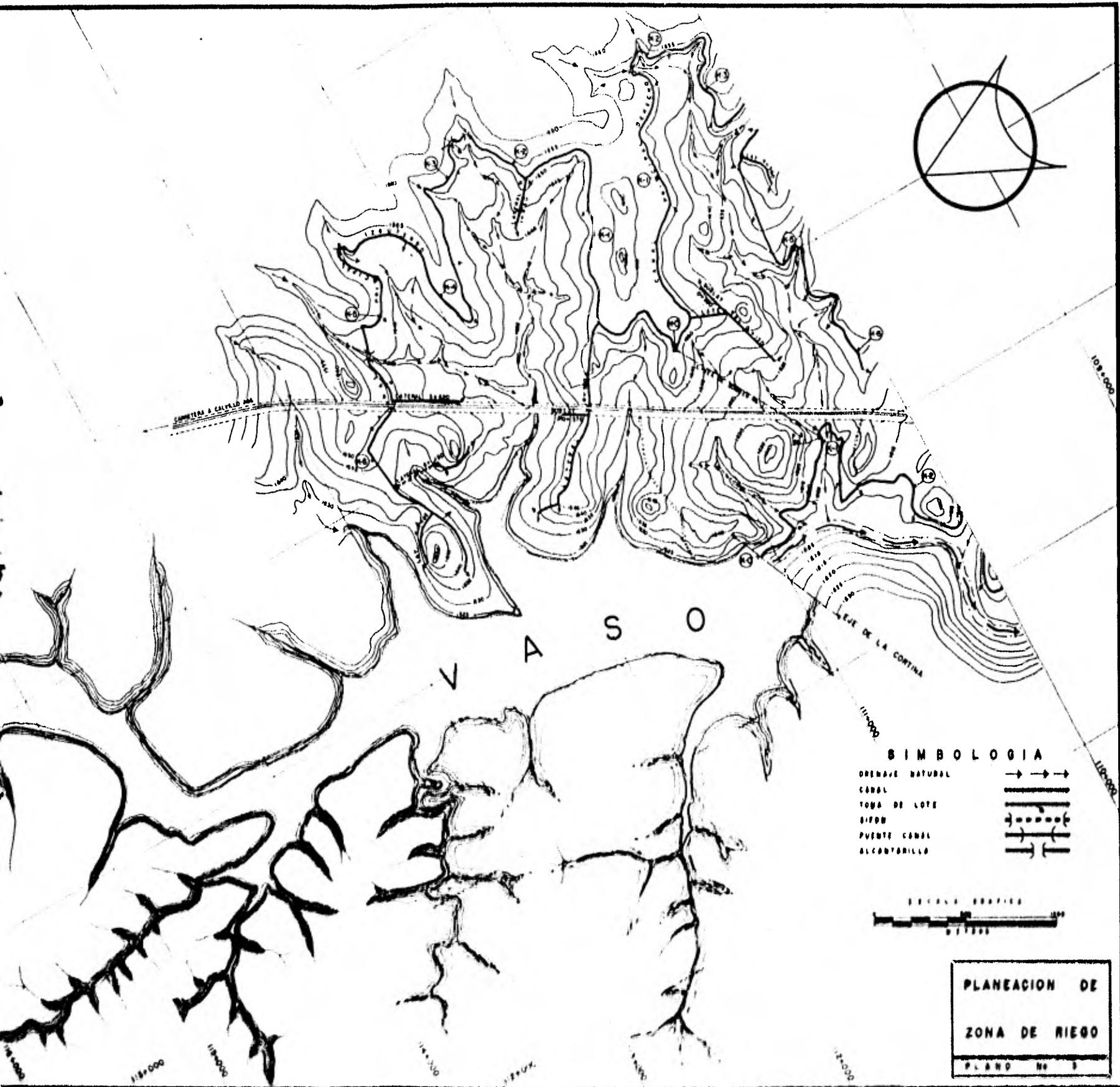
LA CODORNIZ	166 Km ²
ORDERA VIEJA	80 "
PEÑA BLANCA	108 "
MALPASO	205 "
OTROS	10 "
MEDIA LUNA	493 "

CUENCA TOTAL	1,069 Km²
---------------------	-----------------------------

CUENCA DEL PROYECTO

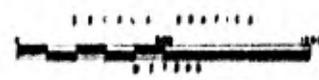
PLANO No. 2





SIMBOLOGIA

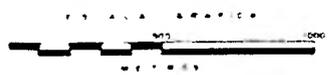
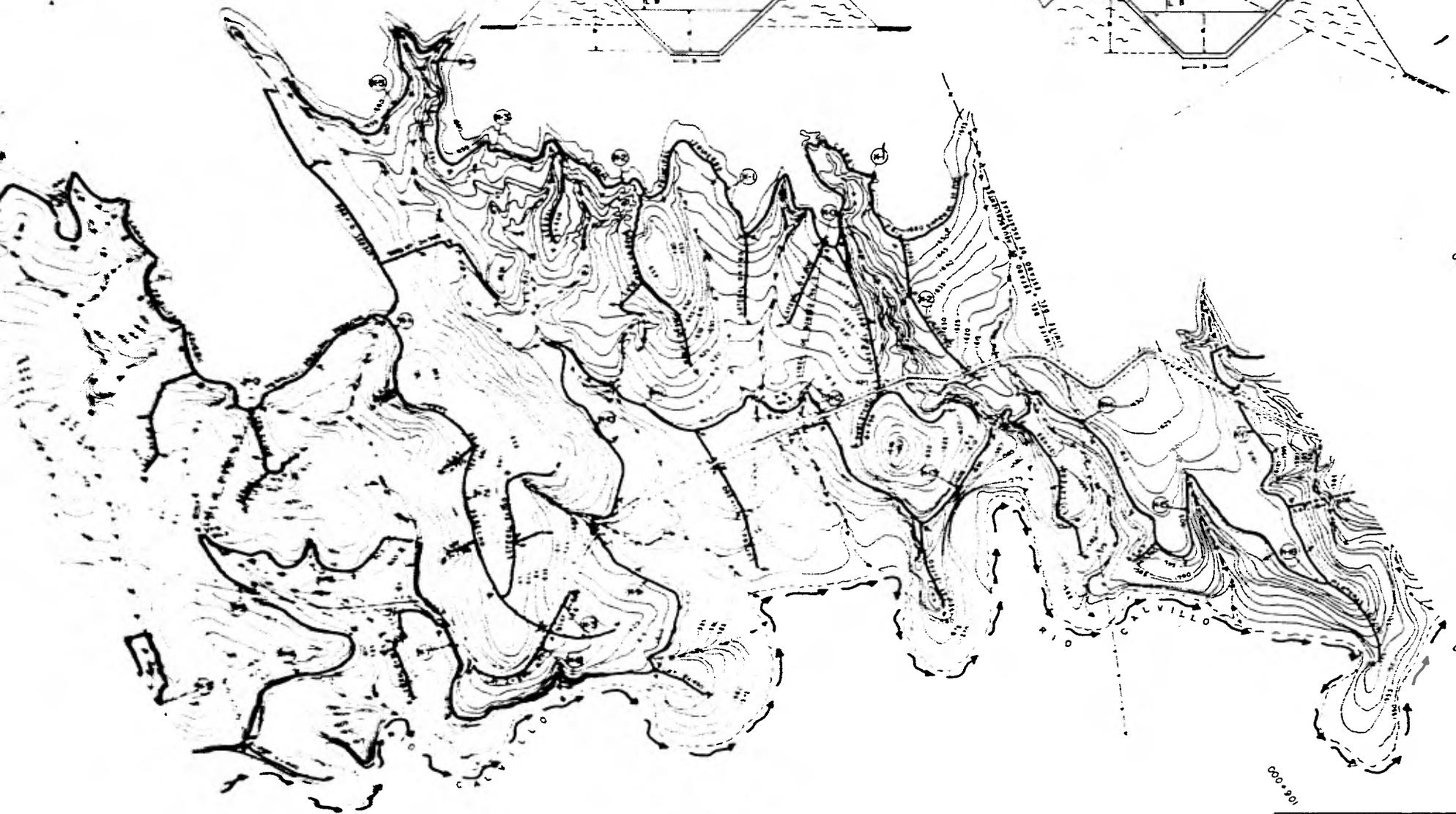
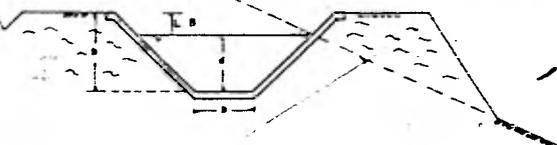
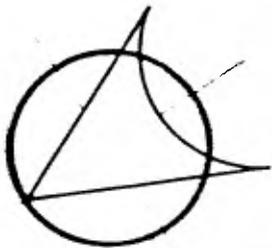
DRENADO NATURAL	→ → →
CANAL	=====
TOMA DE LOTE	=====
SIFON	⊕ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕
PUENTE CANAL	⊕ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕
ALCANTARILLA	⊕ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕



PLANEACION DE
ZONA DE RIEGO
PLANO No 1

TIPO PARA
SUPERCRITICO

SECCIONES TIPO PARA REGIMEN SUBCRITICO, PARA SECCIONES
EN TERRAPLEN O BALCON.



PLANEACION DE
ZONA DE RIEGO
PLANO No 4

000+00

1000+00

000+00

111+00

000+00

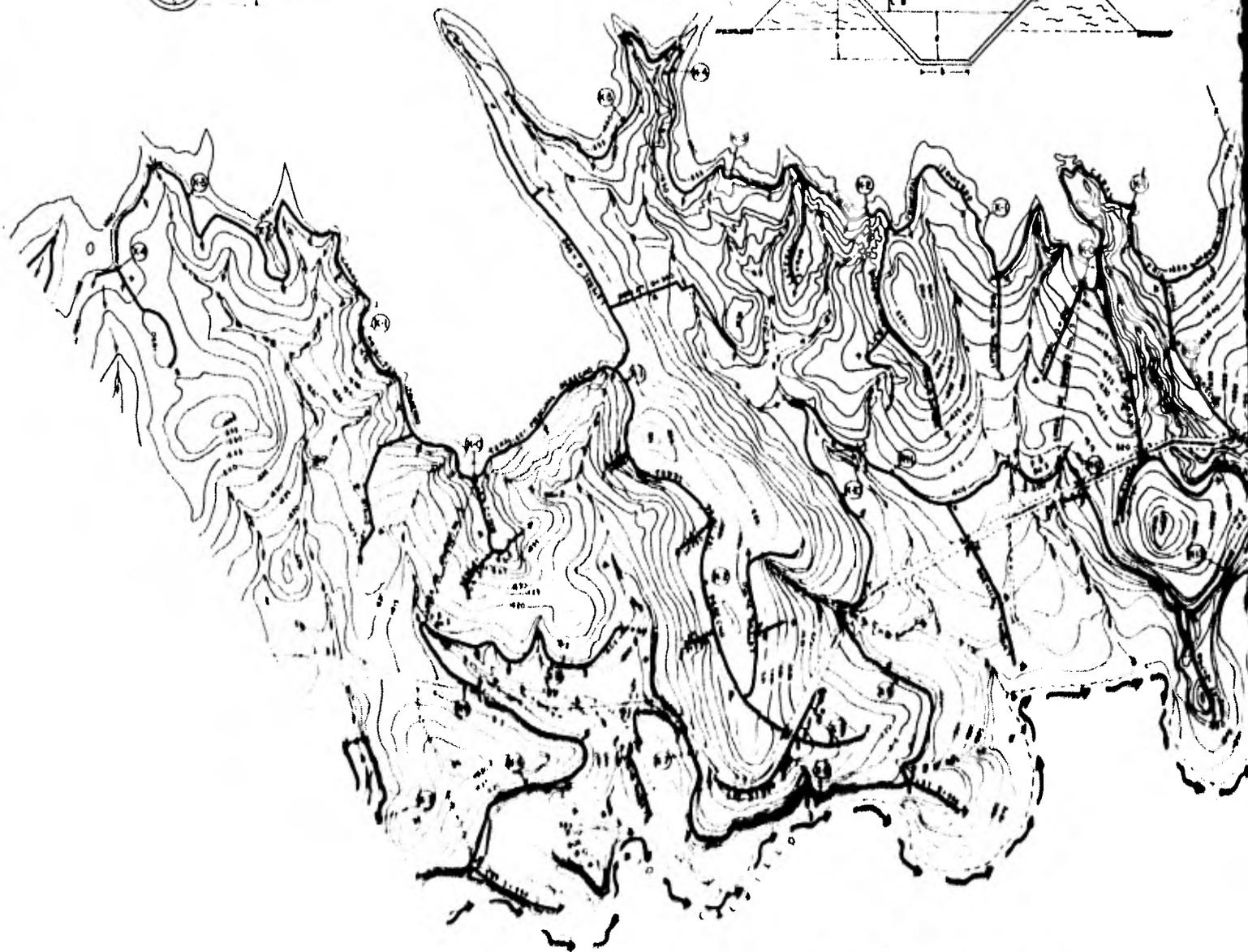
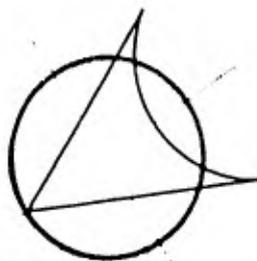
110+000+00

000+00

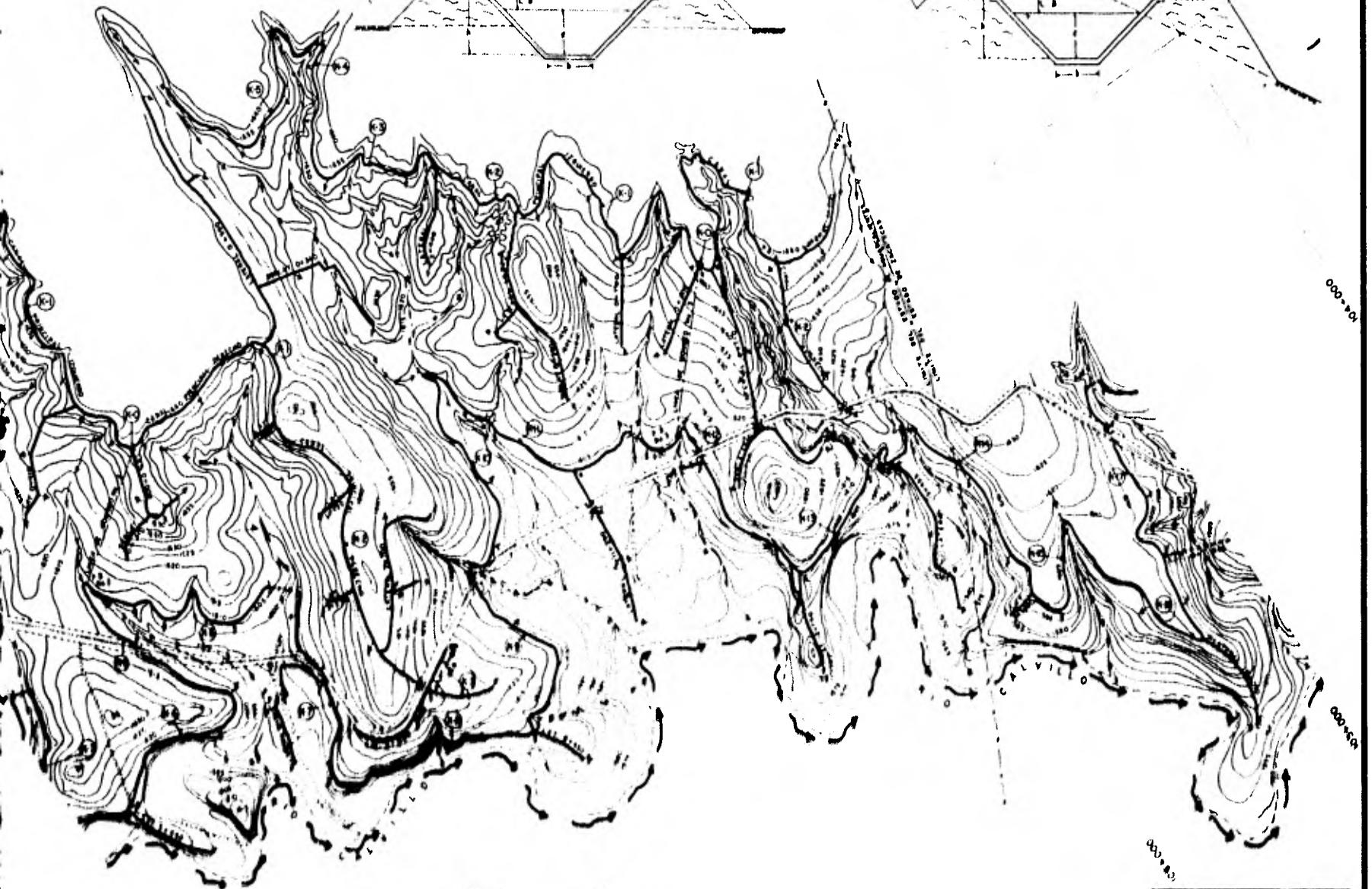
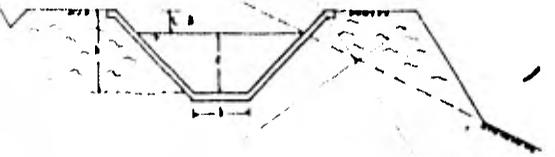
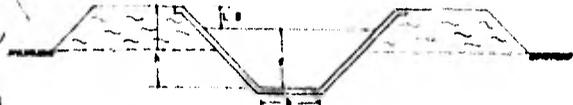
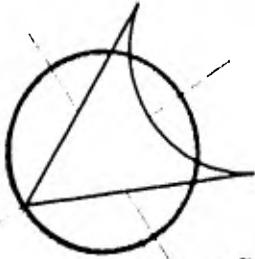
SECCION TIPO PARA
REGIMEN SUPERCRITICO



SECCIONES TIPO PARA REGIMEN SUBC
EN TERRAPLEN O



SECCIONES TIPO PARA REGIMEN SUBCRITICO, PARA SECCIONES
EN TERRAPLEN O BALCON.



PLANEACION DE
ZONA DE RIEGO
PLANO No. 4



PLANEACION DE
ZONA DE RIEGO
PLANO No 5

000+000

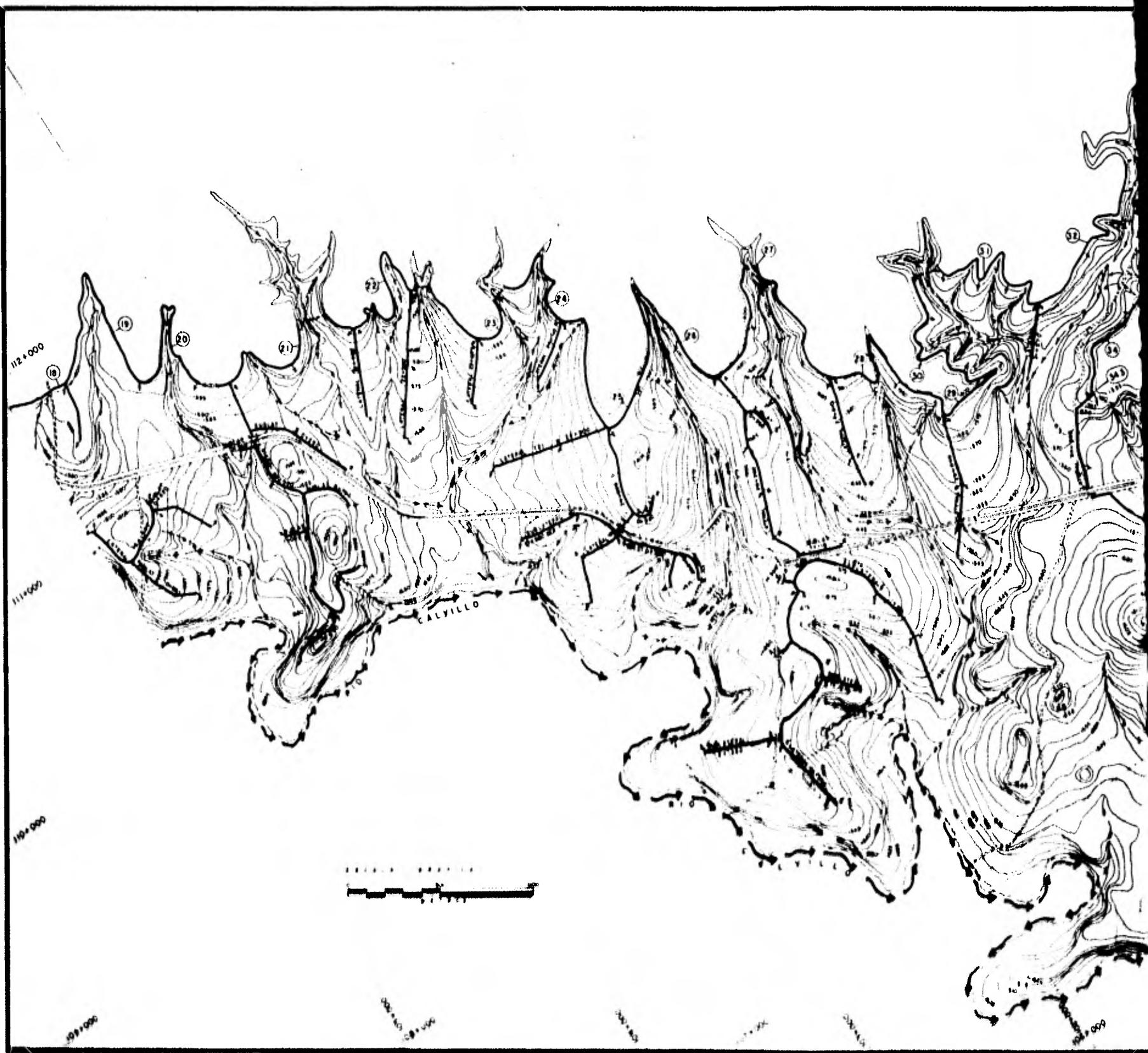
000+000

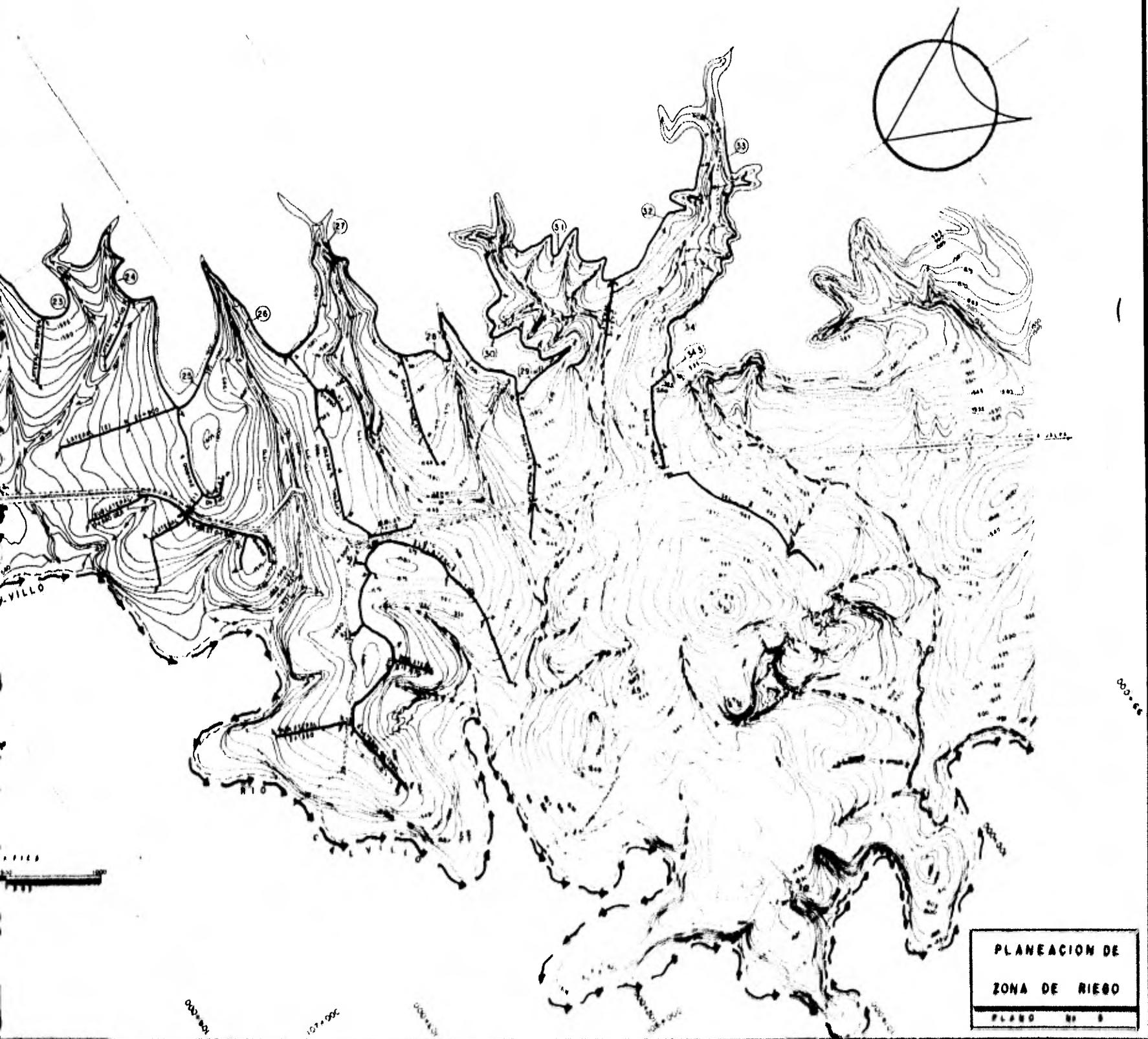
000+000

000+000

000+000

000+000





PLANEACION DE
ZONA DE RIESGO

PLANO No. 8