



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

28
58

**ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL PROYECTO
LOS HULES
CALABOZO HGO., VER.**

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 :
JOSE LUIS CHAVEZ ROJAS

MEXICO, D. F.

1983



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.

I N D I C E

"ESTUDIO HIDROLOGICO DEL PROYECTO LOS HULES CALABOZO, HGO. VER."

	Pág.
I.- INTRODUCCION	1
I.1.- Objetivo del estudio	3
I.2.- Información disponible	5
II.- DEDUCCION DE LOS VOLUMENES APROVECHABLES EN LOS RIOS CALABOZO, LOS HULES.	12
II.1.- Aportaciones	12
II.2.- Determinación de capacidades de azolve	16
II.3.- Determinación de la evaporación neta	20
II.4.- Demandas de riego.	25
III.- ESTUDIO DE AVENIDAS	51
III.1.- Deducción de la avenida de diseño.	51
III.1.1.- Métodos empíricos.	51
III.1.2.- Métodos estadísticos	56
III.1.3.- Método regional probabilístico de Gregory-Arnold	64

	Pág.
IV.- ANALISIS DE ALTERNATIVAS	71
IV.1.- Estudio Hidrológico	72
IV.2.- Tránsito de avenidas.	83
V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
BIBLIOGRAFIA	96

I.- INTRODUCCION

Para el desarrollo intensivo de la agricultura, tanto de temporal como de riego, es de vital importancia llevar a cabo una planeación eficiente de las acciones a desarrollar, solamente de esta manera se estará en condiciones de cuantificar y catalogar la magnitud de los recursos agua-suelo-clima y el factor humano para con base en ellos plantear su óptimo aprovechamiento.

Para una planeación efectiva del aprovechamiento de los recursos antes mencionados, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos por conducto de la Dirección General de Estudios, elabora proyectos para la ejecución de obras de infraestructura agrícola. La planeación se realiza con base en los estudios básicos, mismos que cuantifican y catalogan la calidad de los recursos existentes.

Los estudios de Ingeniería, se pueden dividir en dos grandes grupos que denominamos de preinversión y de inversión. Los primeros se realizan previo a la construcción de las obras y permiten definir las áreas por beneficiar, el tipo de obras a ejecutar y la factibilidad técnica, económica y financiera de los mismos. Los de inversión se efectúan a nivel ejecutivo para la construcción de las obras.

El éxito o efectividad de un proyecto está ligado directamente con la calidad y magnitud de los estudios de preinversión que comprenden los de gran visión, prefactibilidad y factibilidad, los cuales deberán programarse en forma coherente y en etapas sucesivas, incrementando su precisión en forma ascendente, de manera de poder definir en un momento dado, si se prosigue con él hasta llegar a la factibilidad técnica, económica y posteriormente a la construcción. En el proceso es conveniente que la estructura y características generales se conserven desde su concepción, en el estudio de gran visión, hasta la fase de inversión permitiéndose los ajustes obvios y necesarios a lo largo del estudio. Resumiendo lo anterior, las conclusiones del estudio de gran visión nos indicarán si es conveniente o no proseguir hasta su fase de prefactibilidad y ésta, a su vez, nos orientará sobre la realización del estudio de factibilidad.

El estudio de factibilidad requiere, necesariamente, que se hayan realizado con antelación los estudios básicos topográficos, climatológicos, hidrológicos, etc. Tomando en cuenta, desde un principio los impactos ambientales y sociales que provocaría su realización, ya que en un momento dado estos factores pueden ser definitivos para anular los beneficios previstos. El presente trabajo corresponde a la fase de factibilidad técnica.

I.1.- OBJETIVO DEL ESTUDIO.

La carencia de obras de infraestructura hidráulica adecuadas es el factor que restringe más seriamente la utilización de los volúmenes de los ríos Calabozo y Los Hules. En las condiciones actuales, el aprovechamiento para usos agropecuarios representa un porcentaje ínfimo del volumen medio anual disponible de ambos ríos.

Como consecuencia de lo anterior, además de que es difícil intensificar la utilización del suelo dentro del área ya abierta al cultivo, apenas un 60% de las 45 000 Has. que constituyen la superficie apta para su empleo agrícola se halla cultivado en la actualidad. De dicho porcentaje, únicamente una escasa parte está siendo beneficiada con riego, no obstante que se trata de suelos de buena calidad.

De acuerdo con la información hidrológica existente, los escurrimientos anuales de los ríos Calabozo y Los Hules ascienden a 1 025 y 951 millones de m³ respectivamente, en tanto que el área beneficiable es de 45 000 Has. Es evidente que a nivel anual el recurso abundante es el agua.

Es comprensible, que mientras no se disponga de las obras de infraestructura necesarias, seguirán inactivos los recursos agua-suelo existentes. Con la ejecución de las acciones que contempla este estudio, se pretende obtener una mejor utilización de los recursos hidrológicos.

En conclusión, el proyecto contempla el riego de -----
45 000 Has. Ubicadas en ambos márgenes del río Calabozo o Tempoal,
aprovechándose para tal fin los escurrimientos de los ríos Calaboz
zo, Los Hules y Camaitlán.

En estas corrientes se han localizado los vasos de alman
cenamiento Acatepec, Los Hules y Camaitlán respectivamente, ha---
biéndose considerado en el estudio una serie de alternativas con-
el propósito de definir aquella combinación de obras que resulta-
más conveniente, desde el punto de vista hidrológico.

I.2.- INFORMACION DISPONIBLE.

I.2.1.- Situación Geográfica y Política.

El área de estudio se ubica en las coordenadas geográficas siguientes:

21° 00' y 21° 30' Latitud norte

98° 00' y 98° 37.5' Longitud W.G.

la altitud sobre el nivel del mar varía de 60 a 80 m.

Situación Política. Se localiza al norte del estado de Veracruz y noroeste de Hidalgo, comprende parte de los municipios de Tantoyuca, Platón Sánchez, Chiconamel y Chalma en el estado de Veracruz y Huejutla y Orizatlán en el estado de Hidalgo.

Superficie estudiada y límites. El área tiene una forma irregular con una superficie de 45 000 Has. y limita al norte con el poblado de Santa Fe, el cauce del río Tempoal, hasta llegar a la carretera federal Huejutla-Pánuco; al sur con diversas propiedades, ejidos y el poblado de Platón Sánchez y el municipio de Chiconamel; al suroeste con el poblado de Chapopote; al occidente limita con el poblado de Las Piedras, Hidalgo; diversas propiedades colindantes al río San Pedro y el poblado El Cardón.

I.2.2.- Hidrografía.

El colector de la zona es el río Tempoal; esta corriente drena una parte de la falda sureste de la Sierra Madre Oriental comprendida en la cuenca del Pánuco. Es uno de los más impor-

tantes afluentes de aquel en cuanto a los volúmenes de agua con -- que contribuye. Drena parte de los estados de San Luis Potosí, Veracruz e Hidalgo, correspondiendo a éstos últimos la mayor extensión.

Tiene sus orígenes en el parteaguas con las cuencas de -- los ríos Tuxpan, Cazones y Tecolutla, de la región Hidrológica 27, a una elevación de 2 100 m.s.n.m., a 4 km. al sureste de Huayacocotla, Ver., conociéndosele en esta zona como río Hormiguero, para tomar a continuación los nombres de Chahuatlán, y Encinal, al -- recibir por la margen derecha la aportación del río Garcés, su nombre cambia al de río Calabozo; el rumbo general del río calabozo, -- en su parte alta es noreste. Después se interna en una zona francamente plana, enfila al noroeste y recibe por la margen derecha -- al arroyo Camaitlán, pequeña corriente cuya dirección inicial es -- norte y su trayecto final lo discurre hacia el noroeste.

Aguas abajo de la afluencia anterior del río Calabozo -- capta por la margen izquierda al río Los Hules. Cuyo nacimiento se encuentra a 5 km. al oeste de Zacualtipán, Hgo., a 2 300 m.s.n.m. -- con el nombre de arroyo La Malita tomando posteriormente los de -- ríos Chinameca y Atlapexco, sigue un rumbo general noreste y al -- recibir por la margen izquierda al río Acuapa, tomando el nombre -- de río Los Hules; que con una trayectoria casi norte confluye con -- la margen izquierda al río Calabozo a una elevación de 40 m.

Drena las estribaciones de la Sierra Madre Oriental, su -- cuenca es de topografía sumamente accidentada en sus orígenes su --

vizándose esta a partir de Huejutla de los Reyes, Ver., esta corriente es el principal afluente del río Tempoal.

Después de recibir al río Los Hules el río Calabozo cambia su denominación a río Tempoal y se desarrolla dentro del estado de Veracruz hasta aportar por la margen derecha el río Moctezuma.

A continuación se presenta el plano hidrográfico de los ríos Calabozo, Los Hules y arroyo Camaitlán los sitios en estudio, mostrándose en el mismo la información Hidrométrica y Climatológica disponible.

I.2.3.- Topográficos.

Se cuenta con cartas de la zona a escala 1:100 000 proporcionadas por la Secretaría de la Defensa Nacional de las que se obtuvieron las siguientes áreas drenadas:

Río Calabozo, Proyecto Acatepec	1 345 Km ²
Río Calabozo, Estación Terrerillos	1 493 Km ²
Arroyo Camaitlán, Proyecto Camaitlán	139 Km ²
Río Los Hules, Proyecto Los Hules	1 263 Km ²
Río Los Hules, Estación Los Hules	1 269 Km ²
Río Tempoal, Estación Tempoal	5 275 Km ²

Vasos. Se cuenta con los levantamientos fotogramétricos de los vasos Acatepec, Los Hules y con el topográfico del vaso -- Camaitlán de los que se consignan los datos en el capítulo 2, correspondiente a las aportaciones a los vasos.

I.2.4.- Hidrométricos.

De interés para el estudio son las observaciones Hidrométricas practicadas en las siguientes estaciones:

Estación Terrerillos. Mide el régimen de escurrimientos del río Calabozo y se localiza a 26 km. aguas abajo del Proyecto-Acatepec, y a 5 km. aguas arriba de la afluencia del arroyo Camaitlán, tiene como coordenadas las siguientes:

Lat. N.: 21° 02.5'

Long. W.G.: 98° 08.5'

El objeto de su instalación, es determinar el régimen-

de la corriente para su empleo en los estudios del proyecto de la presa Acatepec. Dispone de registros apartir de junio 1960.

Estación los Hules. Se encuentra sobre el río Los Hules, a 1.5 km. aguas abajo del proyecto del mismo nombre y a 18 km. --- aguas arriba de su afluencia al río Calabozo y sus coordenadas son:

Lat. N.: 21° 10.0'
Long. W.G.: 98° 16.5'

El objeto de su instalación es determinar el régimen de la corriente en este sitio, para emplearse en los estudios del -- proyecto de almacenamiento Los Hules. Sus observaciones se iniciaron en noviembre de 1959.

Estación Tempoal. Se localiza al suroeste del poblado - Tempoal, Edo. de Ver.; mide los escurrimientos totales de los ríos Calabozo, Los Hules, arroyo Camaitlán y las aportaciones aproximadas de la cuenca del río Tempoal al Moctezuma. Sus coordenadas son las siguientes:

Lat. N.: 21° 32.0'
Long. W.G.: 98° 23.0'

opera desde 1954.

En el siguiente cuadro se incluye un resumen de los escurrimientos anuales observados en las estaciones antes mencionadas, en la inteligencia que no existen mediciones del régimen del arroyo Camaitlán.

Encurrimientos anuales observados en las estaciones
Tempoal, Los Hules y Terrerillos

Año	Volúmenes en millones de M ³		
	Tempoal	Los Hules	Terrerillos
1955	7034		
56	3741		
57	1019		
58	5664		
59	2420		
60	1861	687	
61	3150	1021	1211
62	1797	678	628
63	1655	661	669
64	1077	378	324
65	2294	749	865
66	2787	1011	1020
67	3264	1080	1067
68	2838	945	986
69	3323	1128	1336
70	2863	941	944
71	2441	809	1072
72	2567	951	915
73	3600	1160	1243
74	4297	1312	1429
75	4292	1657	1447
76	4269	1565	1868
77	1334	466	523
78	3691	1382	1419
79	2093	796	825
80	1586	586	703
Promedio	2960	951	1025
Máximo	7034	1657	1868
Mínimo	1019	378	324

I.2.5.- Sólidos en Suspensión.

Las estaciones Terrerillos y Los Hules cuentan con esta clase de registros apartir de marzo de 1962 y abril de 1961 respectivamente, habiendo cuantificado en el período de 1963-1980 -- contenidos medios por volumen de 0.22 y 0.36 partes por millar.

I.2.6.- Climatológicos.

La información climatológica existente en la zona puede apreciarse en el plano hidrográfico mencionado anteriormente. Las estaciones de mayor interés para el estudio, por su cercanía a -- los sitios de las obras en proyecto, son Terrerillos y los Hules, las que han observado en el período 1961-1980 láminas medias anuales de lluvia de 1 448 y 1 417 mm. y de evaporación potencial de 1 218 y 1 338 mm. respectivamente.

I.2.7.- Agrológicos.

La zona de riego abarca una superficie de 45 000 Has., - cuya distribución se aprecia en la gráfica que se muestra a continuación. El patrón preliminar de cultivos, se encuentra incluido en el inciso correspondiente a demandas de riego.

CROQUIS
PROYECTO HULES-CALABOZO, HGO. Y VER.
— AREA BENEFICIALE —

SUP. NETA TOTAL 48 000 HA

Superficie abastecida desde
el río Hules.

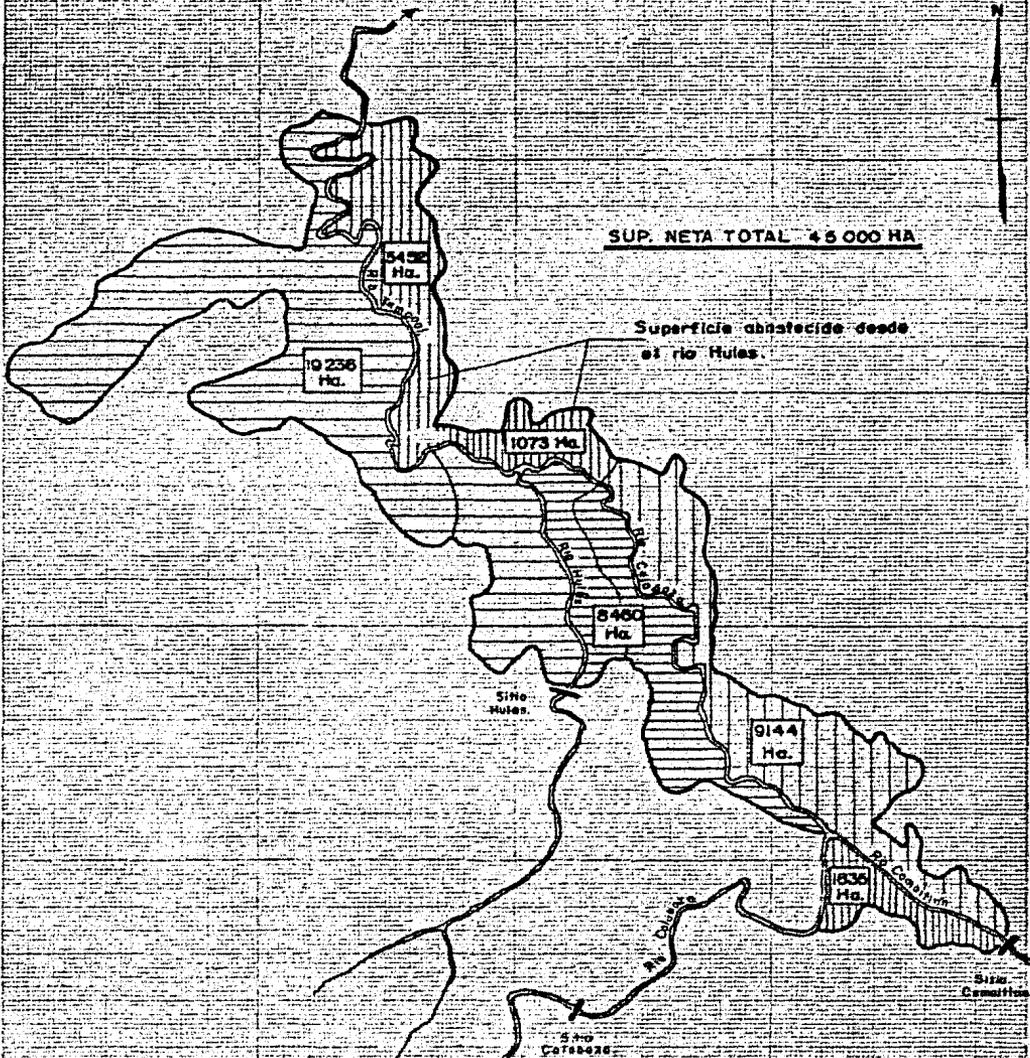


FIG. J

II.- DEDUCCION DE LOS VOLUMENES APROVECHABLES EN LOS RIOS CALABOZO Y LOS HULES.

Para determinar los volúmenes de agua aprovechable para el riego, se consideraron las aportaciones en el sitio del proyecto y además las deducciones por concepto de sólidos en suspensión y evaporación neta.

II.1.- Aportaciones.

Vaso Acatepec. La estación Terrerillos dispone de observaciones a partir de junio de 1960. Mediante correlaciones de escurrimientos mensuales simultáneos en esta estación y en Tempoal, se logró ampliar el período de datos en aquéllas hasta marzo de 1954.

Las entradas al vaso Acatepec se obtuvieron afectando los escurrimientos de la estación Terrerillos por la relación de áreas de ambos sitios.

Vaso Los Hules. Dada la cercanía y similitud de áreas de cuenca entre el sitio del proyecto Los Hules y la estación del mismo nombre los escurrimientos de ésta se consideraron iguales a las entradas al vaso.

El período de datos de dicha estación, que abarca de no Viembre de 1959 en adelante, se amplió hasta marzo de 1954 con ba se a correlaciones de escurrimientos mensuales simultáneos en las estaciones Los Hules y Tempoal.

Vaso Camaitlán. Dado que no se cuenta con observaciones hidrométricas en el arroyo Camaitlán las entradas al vaso del mismo nombre se determinaron afectando los escurrimientos registrados en la estación Terrerillos por un factor que involucra las áreas de cuenca, las pendientes de los colectores y la lluvia media anual hasta ambos sitios.

Resumen de los aportes a los vasos Acatepec, Los Hules y Camaitlán, ¹⁴
se presenta en el siguiente cuadro.

Entradas anuales a los vasos Acatepec, Los Hules y Camaitlán.

Año	Volúmenes en millones de M ³		
	Acatepec	Los Hules	Camaitlán
1954	1525	1217	196
55	2292	2413	294
56	1222	1309	157
57	365	401	47
58	1886	1832	242
59	808	854	104
60	624	687	80
61	1102	1021	142
62	572	678	73
63	609	662	78
64	295	378	38
65	787	749	101
66	928	1011	119
67	971	1080	125
68	897	946	115
69	1216	1128	156
70	859	941	110
71	976	809	125
72	833	951	107
73	1132	1160	145
74	1300	1312	167
75	1317	1657	169
76	1700	1565	218
77	476	466	61
78	1291	1382	166
79	750	796	96
80	639	586	82
Promedio	1014	1037	130
Máximo	2292	2413	294
Mínimo	295	378	38

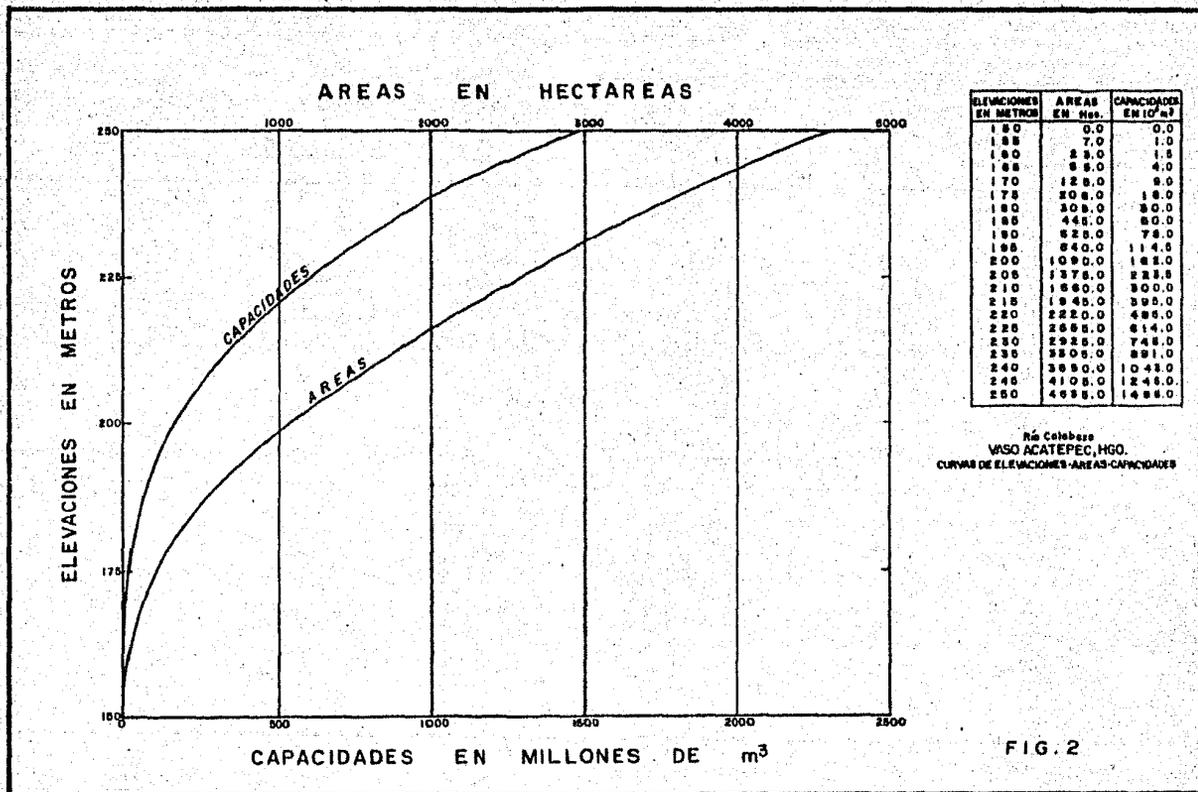
Se tomó en consideración la capacidad de almacenamiento del vaso-
ya que este es un factor que determina la magnitud del aprovecha-
miento.

Para este efecto se llevaron a cabo levantamientos topográficos de los cuales se tomaron los siguientes datos:

Características topográficas de los vasos Acatepec, Los Hules y Camaitlán.

Concepto	Unidad	Vaso		
		Acatepec	Los Hules	Camaitlán
Elevación del lecho del cauce de la boquilla.	m	150	70	105
Elevación máxima levantada.	m	250	160	150
Almacenamiento a la elevación máxima levantada.	Mills.M ³	1500	2380	266
Area de embalse a la elevación máxima levantada.	Ha.	4640	7050	1713

A continuación se muestran las curvas elevaciones-areas-capacidades en los vasos en estudio. Como puede verse el vaso Acatepec es el que está ubicado a mayor elevación y por lo tanto con mayor posibilidad de dominar la zona de riego.



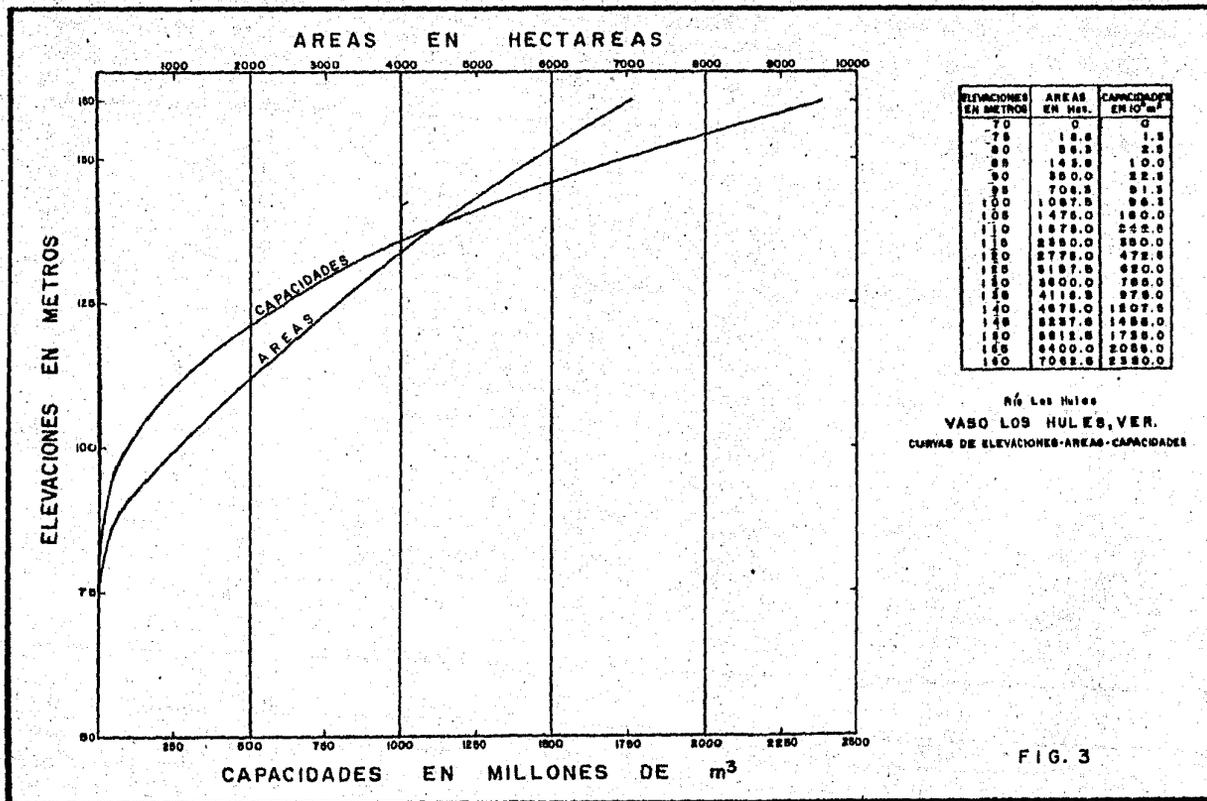


FIG. 3

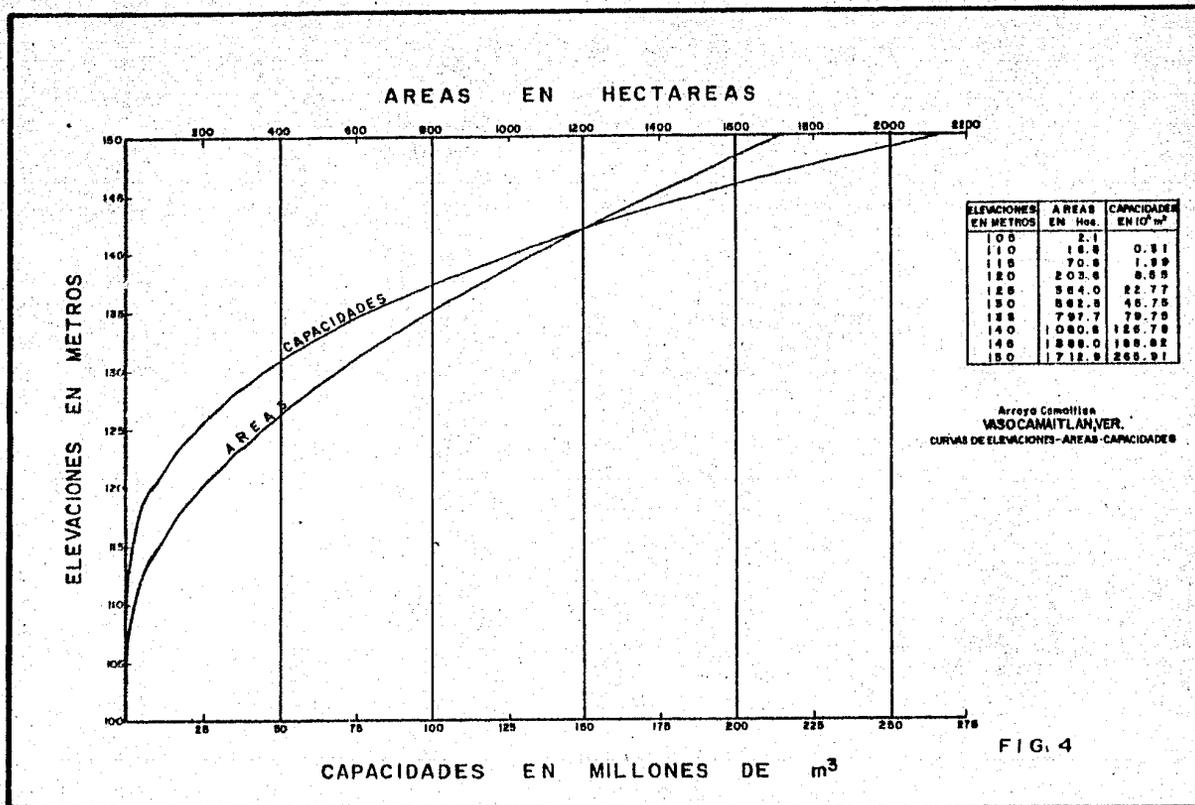


FIG. 4

II.2.- Determinación de las capacidades de azolve.

La determinación de los volúmenes de sólidos en suspensión se realiza con el objeto de saber la capacidad de almacenamiento efectiva del vaso, ya que el volumen ocupado por el azolve se considera como capacidad muerta.

Vaso Acatepec. Se calculó con base en las observaciones de sólidos en suspensión de la estación Terrerillos, la cual ha registrado un contenido medio por volumen de 0.22 partes por millar en el período de 1963-1980.

Para un período de 50 años se tiene:

$$\text{Azolve en suspensión} = 1\ 014 \times 0.00022 \times 50 = 11.15 \text{ mll. M}^3$$

Incrementando un 50% la capacidad anterior para tomar en cuenta el arrastre de fondo:

$$\text{Capacidad de azolves} = 11.15 \times 1.5 = 16.80 \text{ millones de M}^3.$$

Se recomienda una capacidad de azolves de 20 mll. de M³.

Vaso Los Hules. La capacidad de azolves de este vaso se determinó en función de los datos de la estación Los Hules, la cual ha cuantificado un contenido medio por volumen de 0.36 partes por millar en el período 1963-1980.

Para un período de 50 años se tiene:

$$\text{Azolve en suspensión} = 1\ 037 \times 0.00036 \times 50 = 18.7 \text{ mll. M}^3.$$

Incrementando un 50% la capacidad anterior para tomar en cuenta el arrastre de fondo se tiene:

Capacidad de azolves = $18.7 \times 1.5 = 28$ millones de M^3 .

Se recomienda una capacidad de azolves de 30 ml. M^3 .

Vaso Camaitlán. No existen registros de sólidos en suspensión en el arroyo Camaitlán, considerándose representativa del mismo las observaciones de la estación Los Hules, que ha cuantificado el contenido más desfavorable entre las estaciones cercanas a la corriente en estudio.

Para un período de 50 años se tiene:

Azolve en suspensión = $130 \times 0.00036 \times 50 = 2.3$ ml. M^3 .

Incrementando un 50% la capacidad anterior para tomar en cuenta el arrastre de fondo, se tiene:

Capacidad de azolves = $2.3 \times 1.5 = 3.5$ millones de M^3 .

Se recomienda una capacidad de azolves de 5 millones M^3 .

Cálculo de la capacidad de azolves: Sitio Acatepec

Estación Terrerillos

AÑO	Volúmenes escurridos	Volúmenes de Azolve
	Miles de M ³	Miles de M ³
1962	628202.8	
63	668833.0	122.547
64	324150.3	9.099
65	865133.4	90.667
66	1020039.3	172.210
67	1067163.4	11.619
68	985655.4	
69	1336178.1	48.412
70	944250.1	19.022
71	1072323.5	16.976
72	915385.1	47.224
73	1243497.0	177.013
74	1428909.2	819.116
75	1446844.0	1018.730
76	1868170.0	452.550
77	523193.0	41.920
78	1418843.0	739.690
79	702608.0	208.870
80	824759.0	200.800
Suma	19284768.0	4196.485

Contenido medio por volumen: $\frac{\text{Volumen de azolve}}{\text{Volumen Tot. Esc.}} = \frac{4196.485}{19284768.0} = 0.22$

0.22 partes por millar

Cálculo de la capacidad de azolves: Sitio los Hules

Estación Los Hules

Año	Volúmenes escurridos Miles de M ³	Volúmenes de azolve Miles de M ³
1963	661474.9	84.430
64	378162.6	12.091
65	749129.8	32.438
66	1011194.2	91.469
67	1080268.7	148.149
68	945499.3	88.485
69	1127561.9	190.380
70	941203.4	106.076
71	808877.8	113.254
72	950724.5	138.466
73	1160392.0	270.237
74	1312057.6	1386.383
75	1656842.0	1976.960
76	1564612.0	430.920
77	466287.0	59.500
78	1381895.0	827.240
79	796142.0	179.400
80	586205.0	139.310
Suma	17578529.0	6275.188

Contenido medio por volumen: $\frac{\text{Volumen de azolve}}{\text{Volumen Tot. esc.}} = \frac{6275.188}{17578529} = 0.36$

0.36 partes por millar

II.3.- Determinación de la Evaporación neta.

Se calculó básicamente con datos de lluvia y evaporación de la estación Los Hules para el vaso del mismo nombre y observaciones de la estación Terrerillos para los vasos Acatepec y Camaitlán. Para el período 1954-1980 se determinó una evaporación neta-media anual de 236 mm. para el vaso Los Hules y de 143 mm. para los vasos Acatepec y Camaitlán.

En primer lugar se calculó el coeficiente de escurrimiento para la obtención de la evaporación neta, para ello se utilizaron las isoyetas que aparecen en el plano anexo.

Y procedemos a formar las tablas siguientes:

Zona	Planimetro Cm ²	Vaso Los Hules		Compensadas parciales Km ² X 10 ⁶	Lluvias mm.	Volumen 10 ³ M ³
		X Escala Km ²	Total de ajustes Km ²			
1	0.5	50.0	0.9818	49.1	1400	68740
2	3.0	300.0	"	294.5	1510	444695
3	2.8	280.0	"	274.9	1710	470079
4	3.2	320.0	"	314.2	1900	596980
5	1.0	100.0	"	98.2	2100	206220
6	0.6	60.0	"	58.9	2300	135470
7	0.3	30.0	"	29.5	2500	73750
8	0.07	7.0	"	6.9	2600	17940
9	1.1	110.0	"	108.0	1700	183600
10	0.2	20.0	"	19.6	1500	29400
11	0.09	<u>9.0</u>	"	<u>8.8</u>	1320	<u>11616</u>
		1286.0		1262.6		2238490

$$\text{Factor de ajuste} = \frac{1262.6}{1286.0} = 0.9818$$

$$\text{Coeficiente de escurrimiento} = \frac{\text{Volumen escurrido}}{\text{Volumen llovido}} = \frac{1052.663}{2238.490} = 0.4703$$

$$\text{Coef. esc} = 0.4703$$

Vaso Acatepec

Zona	Planimetro Cm ²	X Escala Km ²	Total de ajustes Km ²	Compensadas parciales Km ² X 10 ⁶	mm.	Lluvias volumen 10 M ³
1	1.0	100	0.8547	85.5	1840	157320
2	4.5	450	"	384.6	1700	653820
3	7.0	700	"	598.3	1520	909416
4	1.3	130	"	111.1	1400	155540
5	1.04	104	"	88.9	1450	128905
6	0.64	64	"	54.7	1550	84785
7	0.06	6.0	"	5.2	1600	8320
8	0.11	11.0	"	9.4	1390	13066
9	0.08	<u>8.0</u>	"	<u>6.8</u>	1610	<u>10948</u>
		1573.0		1344.5		2122120

$$\text{Factor de ajuste} = \frac{1344.5}{1573.0} = 0.8547$$

$$\text{Coeficiente de escurrimiento} = \frac{\text{Volumen escurrido}}{\text{Volumen llovido}} = \frac{1007.579}{2122.120} = 0.4748$$

$$\text{Coef. esc.} = 0.4748$$

Estos coeficientes indican los porcentajes de agua que escurre del total que ha llovido o sea 47.03% y 47.48%, para el vaso Los-Hules y Acatepec respectivamente.

Cálculo de la Evaporación Neta
Vasos Acatepec y Camaitlán

Año	Precipitación observada	X(1-C. esc)	Evaporación observada	77% Observada	Evaporación neta
1954	2001.3	1051.1	1418.0	1091.9	40.8
55	2432.8	1277.7	1116.0	859.3	-418.4
56	1737.4	912.5	1036.0	797.7	-114.8
57	948.1	497.9	1274.0	981.0	483.1
58	1969.7	1034.5	1072.0	825.4	-209.1
59	1130.3	593.6	1121.0	863.2	269.6
60	1378.2	728.6	1281.0	986.4	257.8
61	1365.1	717.0	1336.3	1029.0	312.0
62	1266.6	665.2	1407.6	1083.9	418.7
63	1098.4	576.9	1423.0	1095.7	518.8
64	1153.3	605.7	1466.0	1128.8	523.1
65	1303.5	684.6	1309.9	1008.6	324.0
66	1234.7	648.5	1282.2	987.3	338.8
67	1515.8	796.1	1298.9	1000.2	204.1
68	1507.0	791.5	1166.1	897.9	106.4
69	1469.4	771.7	1195.6	920.6	148.9
70	1403.5	737.1	1186.1	913.3	176.2
71	1239.6	651.0	1291.9	994.8	343.8
72	1520.6	798.6	1125.9	866.9	68.3
73	1465.2	769.5	1149.8	885.3	115.8
74	1912.4	1004.4	1068.0	822.4	-182.0
75	1894.6	995.0	1173.8	903.8	-91.2
76	1933.5	1015.5	1036.0	797.7	-217.8
77	1255.8	659.5	1174.3	904.2	244.7
78	1552.1	815.2	1069.0	823.1	7.9
79	1625.8	853.9	1019.3	784.9	-69.0
80	1241.8	652.2	1170.8	901.5	<u>249.3</u>
					3850.0

Evaporación neta media anual = $\frac{3850}{27} = 142.58$ mm.

Evaporación neta media anual = 143 mm.

Cálculo de la evaporación neta

Vaso Los Hules

Año	Precipitación observada	X(1-C. es)	Evaporación observada	77% Observada	Evaporación neta
1954	1968.2	1042.6	1386.0	1067.2	24.6
55	2398.3	1270.4	1229.0	946.3	-324.1
56	1705.1	903.2	1186.0	913.2	10.0
57	918.2	486.4	1311.0	1009.5	523.1
58	1936.7	1025.9	1205.0	927.9	-98.0
59	1099.8	582.6	1231.0	947.9	365.3
60	1266.8	671.0	1218.1	937.9	266.9
61	1355.9	718.2	1315.0	1012.6	294.4
62	1121.3	594.0	1330.1	1024.2	430.2
63	1076.6	570.3	1422.4	1095.2	524.9
64	1245.7	659.8	1297.9	999.4	339.6
65	1245.8	659.9	1233.1	949.5	289.6
66	1338.0	708.7	1246.2	959.6	250.9
67	1495.3	792.1	1429.3	1149.1	357.0
68	1473.5	780.5	1149.4	885.0	104.5
69	1651.4	874.7	1255.0	966.4	91.7
70	1361.5	721.2	1245.5	959.0	237.8
71	902.1	477.8	1377.3	1060.5	528.7
72	1462.4	774.6	1228.5	945.9	171.3
73	1809.3	958.4	1303.6	1003.8	45.4
74	2093.3	1108.8	1276.0	982.5	-126.3
75	1550.7	821.4	1298.1	999.5	178.3
76	1725.5	914.0	1307.5	1006.8	92.8
77	1442.9	764.3	1723.2	1326.9	526.6
78	1636.2	866.7	1340.3	1032.0	165.3
79	1335.2	739.0	1339.7	1031.6	292.6
80	1109.6	587.7	1739.8	1339.6	<u>751.9</u>
					6368.8

Evaporación neta media anual = $\frac{6368.8}{27}$ = 235.88

Evaporación neta media anual = 236 mm.

En la columna (5) de las tablas anteriores se tomó el 77% de la -- evaporación observada debido a que la evaporación que se presenta en el tanque evaporómetro es mayor que la que se presenta en el -- embalse de la presa.

II.4.- Demandas de riego.

Existen dos tipos de métodos para determinar el uso consuntivo: Métodos directos y Métodos indirectos.

Los métodos directos son: Por hidrometría en la zona de riego, por agotamiento de la humedad del suelo, por medio de lisímetros. En este caso no son aplicables estos métodos, ya que requiere de una zona de riego ya establecida.

Los métodos indirectos son: por modelos matemáticos entre los usos consuntivos reales y las condiciones climatológicas y de situación geográfica, por comparación con las observaciones en evaporímetros y por la fórmula de Blaney y Criddle. De los métodos indirectos; el más utilizado es el de Blaney y Criddle.

Una vez determinado el uso consuntivo se podrán establecer las demandas de riego, considerando la eficiencia en el riego-lluvia aprovechable, etc.

Fórmula de Blaney y Criddle

Blaney y Criddle establecieron coeficientes (K) para cada cultivo que se emplean para calcular el uso consuntivo en una área dada donde solo se dispone de datos climatológicos.

El crecimiento de las plantas se ve afectado de sobre manera por la precipitación, la temperatura, y las horas de asoleamiento efectivo, los dos primeros son registrados en las estaciones

climatológicas Terrerillos, Los Hules, El Cardón y Platón Sánchez de los cuales se hizo un promedio de los datos climatológicos de las estaciones antes mencionadas. Y como no se dispone de registros de asoleamiento, generalmente se recurre a los datos de horas teóricas de luz que varían de acuerdo a la latitud del lugar y época del año.

Considerando estos factores fueron establecidas las siguientes fórmulas:

$$F = pt/100 \quad (1)$$

$$u = kf \quad (2)$$

$$U = KF = kf \quad (3)$$

En las que:

f = factor mensual de consumo en pulgadas.

u = uso consuntivo mensual en pulgadas.

k = coeficiente mensual para cada cultivo.

t = temperatura medio mensual en °F.

p = porcentaje mensual de horas de luz diurna con respecto a las del año.

U = uso consuntivo para todo el período de desarrollo de cultivo en pulgadas.

F = suma de "f" para el período de desarrollo.

K = Coeficiente empírico para cada cultivo durante el período de desarrollo, el cual se ha encontrado que es sensiblemente constante para todas partes, variando ligeramente en relación a las condiciones de humedad de la zona.

Una vez hecha la conversión al Sistema Métrico Decimal,-

las expresiones quedan de la siguiente manera:

$$f = pt/100 \quad (4) *$$

$$\text{siendo } t = 4.572 t' + 81.28 \quad (5) *$$

en donde t' es la temperatura media mensual en °C

$$u = kf = \frac{kp (4.572 t' + 81.28)}{100} \quad (6) *$$

en donde, u = uso consuntivo en centímetros.

$$U = KF = kf$$

U es el uso consuntivo en todo el ciclo de desarrollo del cultivo en centímetros.

Con el objeto de facilitar el cálculo del uso consuntivo por las fórmulas (4), (5) y (6) se presentan las tablas auxiliares siguientes:

Tabla No. 1.- Con los valores mensuales de "p" a diferentes latitudes norte.

Tabla No. 2.- Con los valores mensuales de "t" en función de la temperatura media mensual t' en °C.

Tabla No. 3.- Con los valores de los coeficientes K para todo el ciclo de desarrollo del cultivo.

Tabla No. 4.- Con los coeficientes (w) en porcentaje de K, para el cálculo de los coeficientes "k". Estos valores "w" se obtuvieron de varias localidades de los Estados Unidos.

* Instructivo para la determinación de las demandas de riego D.G.E., S.A.R.H.

Para determinar la cantidad de agua de riego que debe su ministrarse deberemos sustraer a la cantidad obtenida para uso con sultivo, la lluvia aprovechable, la humedad residual en el suelo y la contribución natural del terreno por agua del suelo.

La lluvia aprovechable puede ser una parte muy importante en zonas húmedas y ser insignificantes o una parte muy pequeña en las zonas áridas.

Los factores principales que afectan la efectividad de la lluvia total son los siguientes:

- a).- Precipitación total mensual.
- b).- Intensidad de la precipitación (tormentas).
- c).- Infiltración en el suelo.
- d).- Permeabilidad en el suelo.
- e).- Evapotranspiración del cultivo.
- f).- Intervalo entre la precipitación y el riego.

El servicio de conservación de suelos de E.U., ha elaborado curvas y tablas que muestran la relación entre la precipitación promedio mensual registrada (h) y el uso consultivo medio mensual (u).

La tabla 6 contiene los valores de lluvia aprovechable. Las lluvias menores de 13 mm. se consideran aprovechables en su to talidad.

La precipitación total promedio en el año es una cantidad tal que es excedida más del 50% de las veces. Es conveniente que al cálculo de los requerimientos de riego en un Distrito de Riego este basado en una probabilidad de la lluvia aprovechable y no solo en la lluvia promedio, para tal ajuste la tabla No. 7 proporciona los valores de ajuste de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia y a la precipitación promedio anual.

TABLA NUM. 1

Asoleamiento.- Porcentajes de horas-luz diurna para cada mes en relación al número total en el año y a la latitud del lugar

Latitud Norte	E	F	M	A	M'	J	J'	A'	S	O	N	D
15°	7.89	7.41	8.38	8.46	9.03	8.79	9.11	8.79	8.30	8.22	7.73	7.89
16°	7.86	7.39	8.38	8.47	9.06	8.84	9.14	8.83	8.30	8.20	7.69	7.84
17°	7.82	7.37	8.38	8.49	9.09	8.88	9.17	8.88	8.29	8.18	7.66	7.79
18°	7.79	7.35	8.37	8.50	9.12	8.93	9.20	8.93	8.29	8.16	7.62	7.74
19°	7.75	7.33	8.37	8.52	9.15	8.98	9.23	8.97	8.28	8.14	7.59	7.69
20°	7.72	7.31	8.37	8.53	9.18	9.02	9.26	9.02	8.28	8.12	7.55	7.64
21°	7.69	7.29	8.37	8.54	9.21	9.07	9.31	9.03	8.28	8.10	7.52	7.59
22°	7.66	7.27	8.37	8.55	9.24	9.11	9.36	9.04	8.28	8.09	7.49	7.54
23°	7.62	7.26	8.36	8.57	9.27	9.16	9.41	9.06	8.28	8.07	7.45	7.49
24°	7.58	7.24	8.36	8.59	9.30	9.20	9.45	9.08	8.28	8.06	7.42	7.44
25°	7.55	7.22	8.36	8.60	9.33	9.25	9.50	9.09	8.28	8.04	7.39	7.39
26°	7.47	7.16	8.36	8.61	9.34	9.34	9.51	9.10	8.29	8.04	7.39	7.39
27°	7.46	7.14	8.35	8.68	9.41	9.33	9.57	9.16	8.27	8.03	7.30	7.30
28°	7.39	7.14	8.35	8.69	9.41	9.42	9.58	9.17	8.29	7.95	7.30	7.31
29°	7.38	7.05	8.35	8.68	9.49	9.43	9.65	9.15	8.35	7.95	7.30	7.22
30°	7.29	7.04	8.34	8.74	9.55	9.47	9.72	9.23	8.34	7.94	7.21	7.13
31°	7.28	7.04	8.33	8.74	9.55	9.55	9.71	9.22	8.33	7.93	7.20	7.12
32°	7.20	6.96	8.33	8.74	9.63	9.63	9.79	9.30	8.33	7.93	7.12	7.04

Mloz.

TABLA NUM. 2
 Valores de la función $t = 4.572 t' + 81.28$, donde t' en grados centígrados
 para aplicarse en la fórmula $f = \frac{P}{100} t$ de Blaney y Criddle

t' en °C	V a l o r e s d e t									
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.0	81.3	81.7	82.2	82.7	83.1	83.6	84.0	84.5	84.9	85.4
1.0	85.9	86.3	86.8	87.2	87.7	88.1	88.6	89.1	89.5	90.0
2.0	90.4	90.9	91.3	91.8	92.3	92.7	93.2	93.6	94.1	94.5
3.0	95.0	95.5	95.9	96.4	96.8	97.3	97.7	98.2	98.7	99.1
4.0	99.6	100.0	100.5	100.9	101.4	101.9	102.3	102.8	103.2	103.7
5.0	104.1	104.6	105.1	105.5	106.0	106.4	106.9	107.3	107.8	108.3
6.0	108.7	109.2	109.6	110.1	110.5	111.0	111.5	111.9	112.4	112.8
7.0	113.3	113.7	114.2	114.7	115.1	115.6	116.0	116.5	116.9	117.4
8.0	117.9	118.3	118.8	119.2	119.7	120.1	120.6	121.1	121.5	122.0
9.0	122.4	122.9	123.3	123.8	124.3	124.7	125.2	125.6	126.1	126.5
10.0	127.0	127.5	127.9	128.4	128.8	129.3	129.7	130.2	130.7	131.1
11.0	131.6	132.0	132.5	132.9	133.4	133.9	134.3	134.8	135.2	135.7
12.0	136.1	136.6	137.1	137.5	138.0	138.4	138.9	139.3	139.8	140.3
13.0	140.7	141.2	141.6	142.1	142.5	143.0	143.5	143.9	144.4	144.8
14.0	145.3	145.7	146.2	146.7	147.1	147.6	148.0	148.5	148.9	149.4
15.0	149.9	150.3	150.8	151.2	151.7	152.1	152.6	153.1	153.5	154.0
16.0	154.4	154.9	155.3	155.8	156.3	156.7	157.2	157.6	158.1	158.5
17.0	159.0	159.5	159.9	160.4	160.8	161.3	161.7	162.2	162.7	163.1
18.0	163.6	164.0	164.5	164.9	165.4	165.9	166.3	166.8	167.2	167.7
19.0	168.1	168.6	169.1	169.5	170.0	170.4	170.9	171.3	171.8	172.3
20.0	172.7	173.2	173.6	174.1	174.5	175.0	175.5	175.9	176.4	176.8
21.0	177.3	177.7	178.2	178.7	179.1	179.6	180.0	180.5	180.9	181.4
22.0	181.9	182.3	182.8	183.2	183.7	184.2	184.6	185.1	185.5	186.0
23.0	186.4	186.9	187.4	187.8	188.3	188.7	189.2	189.6	190.1	190.6
24.0	191.0	191.5	191.9	192.4	192.8	193.3	193.8	194.2	194.7	195.1
25.0	195.6	196.0	196.5	197.0	197.4	197.9	198.3	198.8	199.2	199.7
26.0	200.2	200.6	201.1	201.5	202.0	202.4	202.9	203.4	203.8	204.3
27.0	204.7	205.2	205.6	206.1	206.6	207.0	207.5	207.9	208.4	208.8
28.0	209.3	209.8	210.2	210.7	211.1	211.6	212.0	212.5	213.0	213.4
29.0	213.9	214.3	214.8	215.2	215.7	216.2	216.6	217.1	217.5	218.0
30.0	218.4	218.9	219.3	219.8	220.3	220.7	221.2	221.6	222.1	222.6

T A B L A N U M . 3

Valores del Coeficiente (K) estacional para diversos Cultivos

C U L T I V O .	DURACION NORMAL DEL PERIODO DE DESARROLLO DE LOS CULTIVOS	≤ 500	COEFICIENTE (K) DE USO CONSUNTIVO				
			LLUVIA MEDIA	750-1000	1000-1500	1500-2000	M. M. >2000
Algodón, Flores, Zempasúchil	7 meses	0.70	0.68	0.65	0.63	0.60	0.57
Arroz	3 a 5 meses	1.10	1.08	1.05	1.03	1.00	0.97
Cacao, Café	Año completo	0.80	0.78	0.75	0.73	0.70	0.67
Caña de Azúcar	Año completo	0.90	0.88	0.85	0.83	0.80	0.77
Cereales Pequeños (Alpiste, Avena, Trigo, Cebada).	3 a 4 meses	0.85	0.83	0.80	0.78	0.75	0.72
Dátiles (Palma)	Año completo	0.80	0.77	0.73	0.69	0.65	0.61
Garbanzo, Haba, Frijol, etc.	3 a 4 meses	0.70	0.68	0.65	0.63	0.60	0.57
Henequén, Piña	Año completo	0.70	0.69	0.68	0.67	0.65	0.63
Hortalizas (Chile, Ejote, Melón, Sandía, Estropajo)	2 a 4 meses	0.70	0.68	0.65	0.63	0.60	0.57
Tomate	2 a 4 meses	0.70	0.69	0.68	0.67	0.65	0.63
Linaza	7 a 8 meses	0.80	0.78	0.75	0.73	0.70	0.67
Maíz	4 meses	0.85	0.83	0.80	0.78	0.75	0.72
Camote, Jícama, Papa, Yuca	3 a 5 meses	0.75	0.73	0.70	0.68	0.65	0.62
Remolacha de Azúcar	6 meses	0.75	0.73	0.70	0.68	0.65	0.62
Semillas oleaginosas (Ajonjolí, Cacahuata, Cártamo)	3 a 5 meses	0.75	0.73	0.70	0.68	0.65	0.62
Sorgo, Veza	4 a 5 meses	0.80	0.78	0.75	0.73	0.70	0.67
Tabaco	4 meses	0.80	0.78	0.75	0.73	0.70	0.67
Vid	5 a 7 meses	0.60	0.58	0.55	0.58	0.50	0.47

F R U T A L E S

Aguacate, guayabo, Higuera, Hule, Mamey, Mango, Papayo, Tamarindo, Guanábana, Chirimoya, Marañón, Chicozapote, Anono.	Año completo	0.55	0.54	0.53	0.52	0.50	0.48
	Año completo	0.55	0.54	0.53	0.52	0.50	0.48

T A B L A N U M . 3

Valores del Coeficiente (K) estacional para diversos Cultivos.

C U L T I V O .	DURACION NORMAL DEL PERIODO DE DESARROLLO DE LOS CULTIVOS	≤ 500	LLUVIA 500-750	MEDIA 750-1000	ANUAL 1000-1500	EN 1500-2000	M. M. >2000
De hojas Caedizas (Chabacano, Ciruelo, Durazno, Granada, Manzano, Membrillo, Nuez de Nogal, Peral.							
	Entre Heladas	0.70	0.68	0.65	0.63	0.60	0.57
	Año completo	0.65	0.63	0.60	0.58	0.55	0.52
	Naranja, Pomelo	0.55	0.53	0.50	0.48	0.45	0.42
	Naranja, Limón	0.55	0.53	0.50	0.48	0.45	0.42
	Plátano	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75
P A S T U R A S .							
	Pastos, Jamaica	0.85	0.83	0.80	0.78	0.75	0.72
	Trébol blanco	0.85	0.84	0.83	0.82	0.80	0.78
	Alfalfa, Fresa	0.90	0.88	0.85	0.83	0.80	0.77

TABLA NUM. 4

Factores (w) por los cuales hay que multiplicar
(K) estacional para obtener la (k) mensual
Valores expresados en porcentaje con relación a (K)

$$k = \frac{w \cdot K}{100}$$

Periodo vegetativo en meses	Valores de w												Cultivos
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
12	34	58	87	110	133	147	152	143	122	99	74	41	Aguacate
6	51	76	109	129	137	104							Ajonjolí
5	52	87	121	132	108								
4	55	101	131	113									
12	61	76	96	110	120	129	132	127	117	100	76	56	Alfalfa
11	62	79	99	113	125	131	130	120	104	80	57		
10	62	82	103	118	128	132	124	109	84	58			
9	63	86	108	123	130	128	115	89	58				
8	64	91	113	128	131	120	94	59					
8	29	52	78	117	136	139	133	116					Algodón
7	30	56	95	127	139	135	118						
6	32	62	113	136	137	120							
6	36	33	59	106	165	201							Apio
5	35	38	79	149	199								
4	33	50	122	195									
7	23	116	131	132	131	129	38						Arroz
6	29	124	132	129	132	54							
5	37	129	133	134	67								
4	50	130	128	92									
7	36	86	119	137	135	108	79						Avena
6	39	95	128	139	118	81							
5	46	108	135	129	82								
4	55	122	136	87									

###.....

Periodo vegetativo 1 en meses	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Cultivos	
12	111	99	71	75	76	80	85	105	122	121	131	124	Caña de azúcar
7	13	63	107	149	165	156	45						Cebada
6	16	74	124	160	164	62							
5	21	87	145	163	84								
4	29	108	153	110									
6	64	103	128	127	102	76							Cebolla
5	67	114	132	109	78								
4	73	124	122	81									
12	64	78	90	100	110	116	121	121	118	110	96	76	Cítricos
5	55	76	122	135	112								Chicharo
4	57	92	136	115									
3	59	121	120										
9	34	24	26	39	99	174	181	213	110				Espárragos
8	33	24	28	57	160	178	191	125					
7	30	22	31	100	174	203	140						
6	88	103	109	109	103	88							Frijol pe- queño blan- co
5	90	105	109	106	90								
4	92	108	108	92									
6	26	106	145	142	116	65							Frijol
5	36	122	144	127	71								
4	49	136	136	79									
6	44	79	122	154	136	65							Frijol Soy-
5	47	91	142	147	73								
4	49	116	152	83									
6	88	142	153	132	66	19							Grano y her.
5	94	149	146	90	21								
4	102	154	119	25									

###.....

Periodo vegetativo 1 en meses	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Cultivos	
12	30	58	86	113	134	148	150	144	130	96	63	48	Frutales
11	35	62	90	122	140	150	147	135	106	65	48		
10	36	66	98	129	146	149	140	117	70	49			
9	34	70	107	139	150	146	128	76	50				
7	88	93	108	126	131	108	46						Habas
6	88	96	116	131	119	50							
5	89	101	126	126	58								
7	40	86	118	137	137	112	70						Hortalizas y verduras (chile y ejote)
6	44	96	129	138	122	71							
5	48	105	137	132	77								
4	56	122	137	85									
7	46	78	103	118	124	122	109						Jitomate
6	48	85	111	123	123	110							
5	52	94	113	124	112								
4	58	105	123	114									
10	79	79	94	106	116	119	119	114	96	78			Limón
9	49	62	82	104	123	131	132	123	94				Linaza
8	49	65	90	113	129	133	125	96					
7	50	69	99	122	132	128	100						
8	20	25	50	102	171	176	160	96					Lúpulo
7	20	29	66	138	176	169	102						
6	20	34	89	174	174	109							
5	20	47	138	176	119								
7	37	100	134	143	127	94	65						Maíz
6	43	110	140	137	103	67							
5	51	121	143	115	70								
5	60	89	109	134	108								Melón
4	63	96	129	112									
10	79	79	94	106	116	119	119	114	96	78			Naranja

###.....

Periodo vegetativo en meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Cultivos
11	57	77	101	128	153	156	144	91	82	67	44		Nuez de nogal
10	57	80	108	135	155	180	119	82	79	45			
9	59	84	116	147	155	136	85	72	46				
6	61	89	110	121	119	100							Papa Garbanzo
5	64	96	117	121	102								
4	68	106	121	105									
12	31	64	95	116	128	136	139	136	125	106	67	46	Pasto de riego
11	32	68	100	120	132	139	138	132	111	81	47		
10	33	75	106	125	135	139	135	117	88	48			
9	35	82	112	130	138	137	124	92	50				
12	104	103	88	106	103	104	103	94	106	104	91	94	Plátano
12	36	57	83	106	133	138	141	138	121	109	85	53	Prado cesped
11	37	60	87	118	136	141	142	127	112	86	54		
10	38	65	92	129	139	142	134	116	91	54			
9	39	72	100	134	141	141	119	97	57				
7	42	85	106	125	131	121	87						Remolacha
6	45	85	118	132	126	94							
5	49	97	127	130	97								
7	30	88	137	152	134	93	66						Sorgo
6	34	102	148	145	103	68							
5	39	120	152	118	71								
7	77	105	119	122	108	89	80						Sorgo Sudanensis
6	81	109	121	111	94	84							
5	84	114	122	100	80								
7	30	56	95	127	139	135	118						Tabaco
6	32	62	113	136	137	120							
5	35	74	129	139	123								

###.....

Tabla Núm. 4.- Hoja # 5

Periodo operativo en meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Cultivos
10	79	79	94	106	116	119	119	114	96	78			Terenja
12	66	84	103	107	123	126	123	119	112	98	96	43	Trebol
11	68	87	107	121	126	125	123	115	103	79	46		
10	68	91	112	122	126	125	119	106	83	48			
8	44	57	78	107	128	140	135	111					Trigo
7	44	60	89	118	137	138	114						
6	45	65	101	131	142	116							
5	46	76	113	141	119								
4	49	92	135	124									
10	41	94	105	111	129	128	111	112	103	66			Uvas
9	46	97	105	116	132	115	112	106	71				
8	50	101	107	125	124	112	108	73					
5	50	54	95	192	109								Zanahoria
4	47	49	170	134									

mloz.

T a b l a N º m. 6
 Lluvia Aprovechable Mensual Determinada en Función de
 la Lluvia y del Uso Consuntivo - Promedios Mensuales

H	Uso Consuntivo Mensual en cms.											
	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
1.27	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9
1.5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1
2.0	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4
2.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8
3.0	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1
3.5	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.5
4.0	2.4	2.4	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8	2.8
4.5		2.6	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9	3.0	3.0	3.1	3.1	3.1
5.0		2.7	2.8	2.9	3.1	3.2	3.3	3.3	3.4	3.4	3.4	3.5
5.5		2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.6	3.6	3.7	3.7	3.8	3.8
6.0		2.8	3.0	3.3	3.5	3.8	3.9	3.9	4.0	4.0	4.1	4.1
6.5		2.8	3.1	3.4	3.8	4.1	4.2	4.2	4.3	4.3	4.4	4.4
7.0		2.9	3.2	3.6	4.0	4.3	4.4	4.5	4.6	4.6	4.7	4.7
7.5		2.9	3.3	3.7	4.2	4.6	4.7	4.8	4.8	4.9	5.0	5.0
8.0		3.0	3.5	3.9	4.4	4.9	5.0	5.1	5.1	5.2	5.3	5.3
8.5							5.2	5.3	5.3	5.4	5.5	5.6
9.0							5.2	5.4	5.5	5.6	5.8	5.9
9.5							5.3	5.5	5.7	5.9	6.1	6.2
10.0							5.3	5.6	5.8	6.1	6.3	6.5
10.5							5.3	5.7	6.0	6.3	6.6	6.7
11.0							5.4	5.8	6.1	6.5	6.8	7.0
11.5							5.4	5.8	6.3	6.7	7.1	7.3
12.0							5.5	5.9	6.4	6.9	7.3	7.5
12.5												7.7
13.0												7.7
13.5												7.8
14.0												7.8
14.5												7.9
15.0												7.9

Lluvia Promedio Mensual en cms.

II		Uso Consuntivo Mensual en cms.											
		8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0
Lluvia Promedio Mensual en cms.	1.27	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0
	1.5	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2
	2.0	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6
	2.5	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9
	3.0	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3
	3.5	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.7
	4.0	2.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.1
	4.5	3.2	3.2	3.2	3.2	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.4	3.4
	5.0	3.5	3.5	3.5	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.8	3.8
	5.5	3.8	3.9	3.9	3.9	3.9	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.1	4.1
	6.0	4.2	4.2	4.2	4.3	4.3	4.3	4.3	4.4	4.4	4.4	4.5	4.5
	6.5	4.5	4.5	4.6	4.6	4.6	4.7	4.7	4.7	4.8	4.8	4.9	4.9
	7.0	4.8	4.8	4.9	4.9	5.0	5.0	5.1	5.1	5.1	5.1	5.2	5.3
	7.5	5.1	5.1	5.2	5.3	5.3	5.4	5.4	5.4	5.5	5.5	5.6	5.6
	8.0	5.4	5.4	5.5	5.6	5.6	5.7	5.7	5.8	5.8	5.9	6.0	6.0
	8.5	5.7	5.7	5.8	5.9	5.9	6.0	6.1	6.1	6.2	6.2	6.3	6.3
	9.0	6.0	6.0	6.1	6.2	6.2	6.3	6.4	6.5	6.5	6.6	6.7	6.7
	9.5	6.2	6.3	6.4	6.5	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	6.9	7.0	7.0
10.0	6.5	6.6	6.7	6.8	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.2	7.3	7.3	
10.5	6.8	6.9	7.0	7.1	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.5	7.6	7.6	
11.0	7.1	7.2	7.3	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	8.0	
11.5	7.4	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	8.2	8.2	8.3	8.3	
12.0	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	8.5	8.5	8.6	8.6	
12.5	7.8	7.9	8.0	8.1	8.3	8.4	8.5	8.6	8.8	8.8	8.9	8.9	
13.0	7.9	8.1	8.2	8.4	8.5	8.7	8.8	8.9	9.0	9.1	9.2	9.3	
13.5	8.0	8.2	8.5	8.7	8.8	9.0	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6	
14.0	8.1	8.4	8.7	8.9	9.1	9.3	9.4	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9	
14.5	8.2	8.5	8.9	9.2	9.4	9.5	9.7	9.8	9.9	10.0	10.1	10.2	
15.0	8.3	8.7	9.1	9.4	9.6	9.8	9.9	10.1	10.2	10.3	10.4	10.5	

H	Uso Consuntivo Mensual en cms.											
	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0
1.27	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
1.5	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
2.0	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8
2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2
3.0	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6
3.5	2.7	2.7	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.9	2.9	3.0	3.0	3.1
4.0	3.1	3.1	3.1	3.2	3.2	3.2	3.2	3.3	3.3	3.4	3.4	3.5
4.5	3.5	3.5	3.5	3.6	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.8	3.9	3.9
5.0	3.8	3.9	3.9	3.9	4.0	4.0	4.0	4.1	4.2	4.2	4.3	4.4
5.5	4.2	4.3	4.3	4.3	4.4	4.4	4.4	4.5	4.6	4.6	4.7	4.8
6.0	4.6	4.6	4.7	4.7	4.8	4.8	4.8	4.9	4.9	5.0	5.1	5.1
6.5	5.0	5.0	5.1	5.1	5.1	5.2	5.2	5.3	5.3	5.4	5.5	5.5
7.0	5.3	5.4	5.4	5.5	5.5	5.6	5.6	5.7	5.7	5.8	5.9	5.9
7.5	5.7	5.7	5.8	5.8	5.9	5.9	6.0	6.1	6.1	6.2	6.3	6.3
8.0	6.0	6.1	6.1	6.2	6.3	6.3	6.4	6.4	6.5	6.6	6.7	6.7
8.5	6.4	6.4	6.5	6.5	6.6	6.7	6.8	6.8	6.9	7.0	7.1	7.1
9.0	6.7	6.8	6.8	6.9	7.0	7.1	7.1	7.2	7.3	7.4	7.4	7.5
9.5	7.1	7.1	7.2	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.7	7.8	7.8
10.0	7.4	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.8	7.9	8.0	8.1	8.2	8.3
10.5	7.7	7.7	7.8	7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.6
11.0	8.0	8.1	8.2	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	9.0
11.5	8.4	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	9.0	9.1	9.2	9.3	9.4
12.0	8.7	8.7	8.8	8.9	9.0	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.7	9.7
12.5	9.0	9.0	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.7	9.8	9.9	10.0	10.0
13.0	9.3	9.4	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9	10.0	10.1	10.3	10.4	10.5
13.5	9.6	9.7	9.8	9.9	10.0	10.1	10.2	10.3	10.5	10.6	10.7	10.8
14.0	10.0	10.0	10.1	10.2	10.3	10.4	10.6	10.7	10.8	11.0	11.1	11.2
14.5	10.2	10.3	10.4	10.5	10.6	10.8	10.9	11.0	11.2	11.3	11.4	11.5
15.0	10.5	10.6	10.7	10.8	11.0	11.1	11.2	11.3	11.5	11.6	11.8	11.9

Lluvia Promedio Mensual en cms.

H	Uso Consuntivo Mensual en cms.												
	20.5	21.0	21.5	22.0	22.5	23.0	23.5	24.0	24.5	25.0	25.5	26.0	
1.27	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.27		
1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5			
2.0	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0			
2.5	2.2	2.3	2.3	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5			
3.0	2.7	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0			
3.5	3.1	3.2	3.2	3.3	3.4	3.4	3.4	3.4	3.5	3.5			
4.0	3.5	3.6	3.7	3.7	3.8	3.9	3.9	3.9	3.9	4.0			
4.5	4.0	4.0	4.1	4.2	4.2	4.3	4.3	4.4	4.4	4.5			
5.0	4.4	4.5	4.5	4.6	4.7	4.7	4.8	4.8	4.9	5.0			
5.5	4.8	4.9	5.0	5.0	5.1	5.2	5.2	5.3	5.4	5.4			
6.0	5.2	5.3	5.4	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.8	5.9			
6.5	5.6	5.7	5.8	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4			
7.0	6.0	6.1	6.2	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8			
7.5	6.4	6.5	6.6	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.2	7.3			
8.0	6.8	6.9	7.0	7.0	7.1	7.2	7.3	7.5	7.6	7.7			
8.5	7.2	7.3	7.4	7.4	7.5	7.6	7.8	7.9	8.0	8.1			
9.0	7.6	7.7	7.8	7.9	7.9	8.0	8.2	8.3	8.4	8.6			
9.5	8.0	8.1	8.2	8.2	8.3	8.4	8.6	8.7	8.9	9.0			
10.0	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	9.0	9.1	9.3	9.4			
10.5	8.7	8.8	8.9	9.0	9.1	9.2	9.4	9.5	9.7	9.8			
11.0	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.7	9.8	10.0	10.1	10.2			
11.5	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9	10.1	10.2	10.4	10.5	10.7			
12.0	9.9	10.0	10.1	10.2	10.3	10.6	10.6	10.8	10.9	11.1			
12.5	10.3	10.4	10.5	10.6	10.7	10.9	11.0	11.2	11.3	11.5			
13.0	10.6	10.8	10.9	11.0	11.1	11.2	11.4	11.6	11.7	11.9			
13.5	11.0	11.1	11.3	11.4	11.5	11.6	11.8	12.0	12.1	12.4			
14.0	11.4	11.5	11.6	11.8	11.9	12.0	12.2	12.4	12.5	12.7			
14.5	11.7	11.9	12.0	12.1	12.3	12.4	12.6	12.7	12.9	13.1			
15.0	12.1	12.2	12.4	12.5	12.6	12.8	13.0	13.1	13.	13.5			

Lluvia Promedio Mensual en cms.

H	Uso Consuntivo Mensual en cms.											
	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0
15.5	10.8	10.9	11.0	11.1	11.3	11.4	11.5	11.7	11.8	12.0	12.1	12.3
16.0	11.1	11.2	11.3	11.4	11.5	11.7	11.8	12.0	12.1	12.3	12.4	12.6
16.5	11.3	11.4	11.5	11.7	11.8	12.0	12.1	12.3	12.4	12.6	12.7	12.9
17.0	11.6	11.7	11.8	12.0	12.1	12.3	12.4	12.6	12.7	12.9	13.0	13.2
17.5	11.9	12.0	12.1	12.3	12.4	12.6	12.7	12.9	13.0	13.2	13.3	13.5
18.0	12.2	12.3	12.4	12.5	12.7	12.8	13.0	13.1	13.3	13.4	13.6	13.7
18.5	12.4	12.5	12.6	12.8	12.9	13.1	13.2	13.4	13.6	13.7	13.9	14.0
19.0	12.7	12.8	12.9	13.1	13.2	13.4	13.5	13.7	13.8	14.0	14.1	14.3
19.5	12.9	13.0	13.2	13.3	13.5	13.6	13.8	13.9	14.1	14.2	14.4	14.6
20.0	13.2	13.3	13.4	13.6	13.7	13.8	14.0	14.1	14.3	14.5	14.6	14.8
20.5			13.7	13.8	13.9	14.1	14.2	14.4	14.5	14.7	14.9	15.1
21.0			13.9	14.0	14.1	14.3	14.4	14.5	14.8	15.0	15.2	15.4
21.5			14.1	14.3	14.4	14.5	14.7	14.8	15.0	15.2	15.4	15.6
22.0			14.3	14.5	14.6	14.8	14.9	15.1	15.3	15.5	15.7	15.9
22.5			14.6	14.7	14.9	15.0	15.1	15.3	15.5	15.7	15.9	16.1
23.0			14.8	14.9	15.1	15.2	15.4	15.6	15.8	16.0	16.2	16.4
23.5			15.0	15.1	15.3	15.5	15.6	15.8	16.0	16.2	16.4	16.6
24.0			15.2	15.4	15.5	15.7	15.8	16.0	16.2	16.4	16.6	16.8
24.5								16.3	16.5	16.7	16.9	17.1
25.0								16.5	16.7	16.9	17.1	17.3
25.5								16.7	16.9	17.1	17.3	17.5
26.0								17.0	17.2	17.4	17.5	17.7
26.5								17.2	17.4	17.6	17.8	18.0
27.0								17.4	17.6	17.8	18.0	18.2
27.5												
28.0												
28.5												
29.0												
29.5												

Lluvia Promedio Mensual en cms.

H	Uso Consuntivo Mensual en cms.										
	20.5	21.0	21.5	22.0	22.5	23.0	23.5	24.0	24.5	25.0	
Lluvia Promedio Mensual en cms.	15.5	12.4	12.6	12.7	12.8	13.0	13.1	13.3	13.5	13.7	13.9
	16.0	12.7	12.9	13.0	13.2	13.3	13.5	13.7	13.9	14.0	14.2
	16.5	13.0	13.2	13.4	13.5	13.7	13.8	14.0	14.2	14.4	14.6
	17.0	13.3	13.5	13.7	13.8	14.0	14.1	14.3	14.5	14.7	14.9
	17.5	13.6	13.8	13.9	14.1	14.3	14.4	14.6	14.8	15.1	15.3
	18.0	13.9	14.1	14.2	14.4	14.6	14.7	14.9	15.2	15.4	15.6
	18.5	14.2	14.4	14.5	14.7	14.9	15.0	15.3	15.5	15.7	15.9
	19.0	14.5	14.6	14.8	15.0	15.2	15.4	15.6	15.8	16.0	16.2
	19.5	14.7	14.9	15.1	15.3	15.5	15.6	15.9	16.1	16.3	16.5
	20.0	15.0	15.2	15.4	15.5	15.7	15.9	16.1	16.4	16.6	16.8
	20.5	15.3	15.4	15.6	16.8	15.0	16.2	16.4	16.6	16.9	17.1
	21.0	15.6	15.8	15.9	16.1	16.3	16.5	16.7	17.0	17.2	17.4
	21.5	15.8	16.0	16.2	16.4	16.6	16.8	17.0	17.2	17.4	17.7
	22.0	16.1	16.3	16.5	16.7	16.9	17.1	17.3	17.5	17.7	17.9
	22.5	16.3	16.5	16.7	16.9	17.1	17.3	17.5	17.8	18.0	18.2
	23.0	16.6	16.8	17.0	17.2	17.4	17.6	17.8	18.0	18.3	18.5
	23.5	16.8	17.0	17.2	17.4	17.6	17.8	18.0	18.3	18.5	18.7
	24.0	17.0	17.2	17.4	17.6	17.8	18.0	18.3	18.5	18.7	19.0
	24.5	17.3	17.5	17.6	17.8	18.0	18.3	18.5	18.7	19.0	19.2
	25.0	17.5	17.7	17.9	18.1	18.3	18.5	18.7	19.0	19.2	19.4
	25.5	17.7	17.9	18.1	18.3	18.5	18.7	19.0	19.2	19.5	19.7
	26.0	17.9	18.1	18.3	18.5	18.8	19.0	19.2	19.5	19.7	19.9
	26.5	18.2	18.4	18.6	18.8	19.0	19.2	19.4	19.7	19.9	20.2
	27.0	18.4	18.6	18.8	19.0	19.2	19.4	19.6	19.9	20.2	20.4
	27.5	18.6	18.8	19.0	19.2	19.4	19.6	19.9	20.1	20.4	20.6
	28.0	18.8	19.0	19.2	19.4	19.6	19.8	20.1	20.3	20.6	20.8
	28.5	19.0	19.2	19.4	19.6	19.8	20.0	20.3	20.5	20.8	21.0
	29.0	19.1	19.3	19.6	19.8	20.0	20.3	20.5	20.8	21.0	21.3
	29.5	19.4	19.6	19.8	20.0	20.2	20.5	20.7	21.0	21.2	21.5

Tabla Núm. 7

Coeficientes de ajuste a la lluvia aprovechable
de acuerdo a su probabilidad

Precipitación Anual en cms.	Frecuencia en Porcentaje				
	50	60	70	80	90
7.6	0.80	0.68	0.56	0.45	0.33
10.2	.84	.72	.61	.50	.38
12.7	.87	.76	.65	.54	.42
15.2	.88	.78	.68	.57	.45
17.8	.89	.79	.69	.60	.48
20.3	.90	.81	.71	.62	.51
22.9	.91	.82	.73	.63	.53
25.4	.92	.83	.75	.65	.55
30.5	.93	.85	.78	.69	.59
35.6	.94	.86	.79	.71	.61
40.6	.95	.88	.81	.73	.63
45.7	.95	.89	.82	.74	.65
50.8	.96	.90	.83	.75	.67
55.9	.96	.90	.84	.77	.69
61.0	.97	.91	.84	.78	.70
66.0	.97	.92	.85	.79	.71
71.1	.97	.92	.86	.80	.72
76.2	.97	.93	.87	.81	.73
88.9	.98	.93	.88	.82	.75
101.6	.98	.94	.89	.83	.77
114.3	.98	.94	.90	.84	.79
127.0	.98	.95	.91	.85	.79
139.7	.99	.95	.91	.86	.80
152.4	.99	.95	.91	.87	.81
177.8	.99	.95	.92	.88	.83
203.2	.99	.95	.92	.89	.85
228.6	.99	.96	.93	.90	.86

Distribución y Calendario de los Cultivos Programados

Cultivo	Area en Ha.	Calendario
Ajonjolif	1620	Jul. - nov.
Arroz	2700	May. - nov.
(1) Arroz	1800	Dic. - may.
Cacahuate	540	Jul. - dic.
Cebolla	270	Dic. - mar.
Cítricos	1800	Perenne
Chile	450	Oct. - mar.
Frijol	1800	Sept. - nov.
Frijol	3600	Dic. - mar.
Maíz	8550	Jun. - nov.
Maíz	7650	Nov. - may.
Mango	360	Perenne
Melón	180	Nov. - abr.
Papaya	270	Perenne
Pastos	5850	Perenne
Pepino	180	Nov. - mar.
Sandia	180	Nov. - abr.
Sorgo	4050	Jul. - dic.
Sorgo	3150	Ene. - jun.
Soya	2250	Jul. - nov.
Soya	1800	Ene. - may.
Tomate	270	Sept. - ene.

El área física es de 45 000 Has. y la superficie regada - comprende 49 320 Has., por lo que el coeficiente de intensidad de - cultivo es de 1.10, el que aumenta a 1.28 si se consideran los cul- - tivos perennes.

Utilizando la metodología de Blaney y Criddle en todos y cada uno de los cultivos arriba señalados, se ha formulado el siguiente cuadro:

Cultivo	Area (Has)	Volumen de Agua (Miles de M ³)	Lámina de agua (cm.)
Ajonjolif	1620	3431.5	21.18
Arroz (1)	2700	54603.9	202.24
Arroz	1800	35236.0	195.76
Cacahuate	540	1332.5	24.68
Cebolla	270	626.8	23.22
Cítricos	1800	8100.0	45.00
Chile	450	1450.7	32.24
Frijol	1800	1924.9	10.69
Frijol	3600	9866.9	27.41
Maíz	8550	24901.5	29.12
Maíz	7650	37273.5	48.72
Mango	360	1537.6	42.71
Melón	180	599.6	33.31
Papaya	270	1153.2	42.71
Pastos	5850	50521.8	86.36
Pepino	180	576.0	32.00
Sandía	180	599.6	33.31
Sorgo	4050	11479.6	28.34
Sorgo	3150	15423.8	48.96
Soya	2250	4856.3	21.58
Soya	1800	6888.0	38.27
Tomate	270	704.8	26.10
Total	49320	273088.6	

(1) El cultivo de arroz recibe dos láminas de agua adicionales, una es la lámina de infiltración y otra la lámina de inundación.

La lámina neta de agua la obtenemos de la siguiente manera:

$$\text{Lámina neta} = \frac{\text{Volumen total}}{\text{Área irrigada}}$$

$$\text{Lámina neta} = \frac{273\,099.6 \times 10^3}{45\,000.0 \times 10^4} \frac{\text{M}^3}{\text{M}^2} = 0.61 \text{ m.}$$

Demanda total.- El volumen necesario en la zona de riego o demanda total, considera además de la lámina neta, las condiciones de los canales, evaporación, infiltración, etc., en otras palabras la eficiencia de todo el sistema.

Esta eficiencia se señala a criterio, y guiándose por la experiencia y por casos similares al que se analiza. Por lo tanto se propone una eficiencia global del 56%.

Una vez que se ha obtenido la lámina neta y se ha escogido la eficiencia, podemos obtener la lámina bruta:

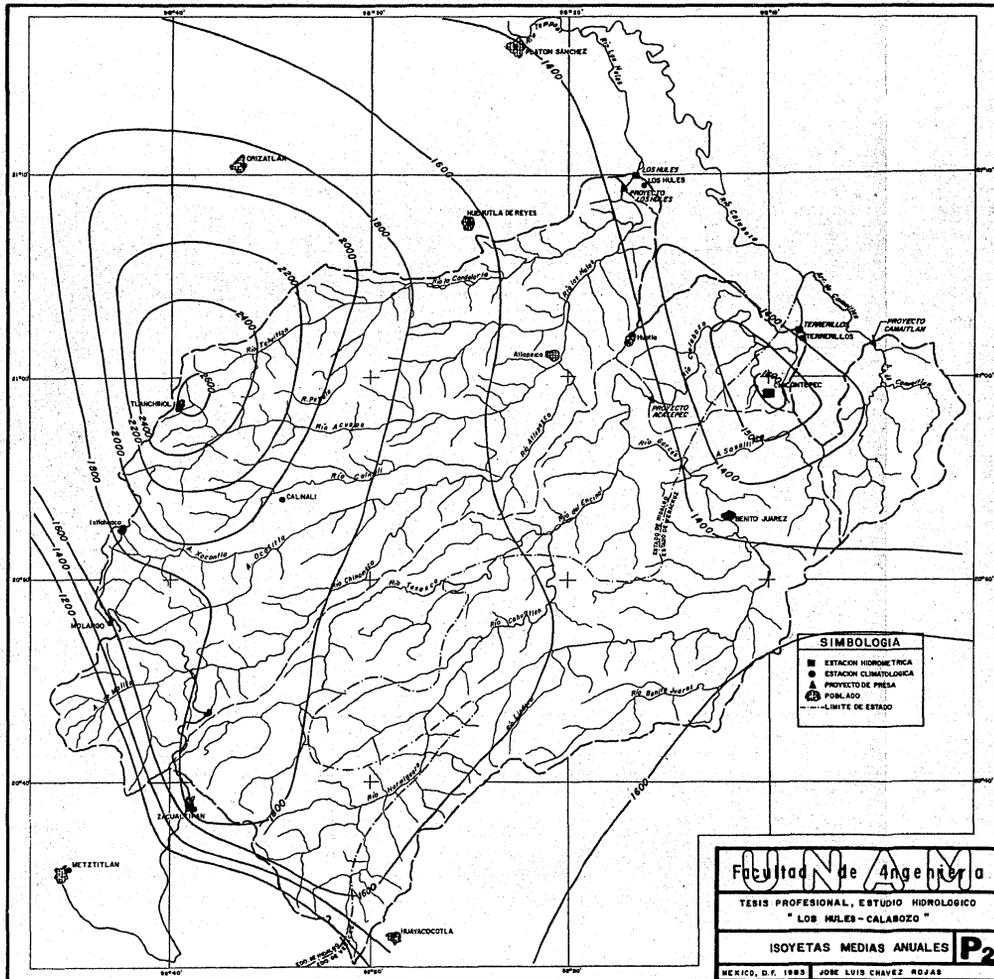
$$\text{Lámina bruta} = \frac{\text{Lámina neta}}{\text{Eficiencia}} = \frac{0.610}{0.560} = 1.09 \text{ M.}$$

En resumen:

Ley de las Demandas de Riego

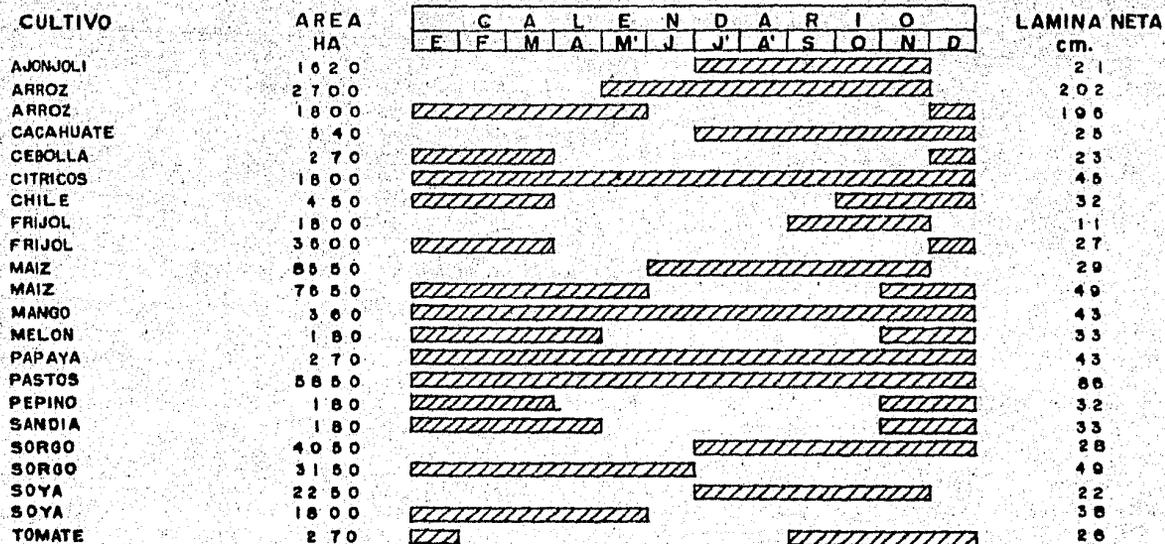
Mes	Demanda % de la anual	Mes	Demanda % de la anual
Enero	9.6	Julio	8.1
Febrero	10.3	Agosto	10.7
Marzo	12.7	Septiembre	7.8
Abril	9.2	Octubre	7.0
Mayo	7.6	Noviembre	5.2
Junio	5.1	Diciembre	6.7
			100.0

Se obtuvo una lámina neta de demanda anual de 0.61. Considerando que la red de canales será revestida, se estimó una eficiencia global del 56% en vista del largo desarrollo de los canales, resultando un coeficiente bruto de riego de 1.09 que se redondeo a 1.10 m.



PROYECTO HULES - CALABOZO - CAMAITLAN, VER.

PROGRAMA PRELIMINAR DE CULTIVOS



AREA FISICA 48000 HA; AREA REGADA 49320 HA; COEF. INT. CULTIVO 1.10

FIG. 5

III.- ESTUDIO DE AVENIDAS

III.1.- Deducción de la Avenida de Diseño.

Considerando que una avenida es el aumento transitorio -- del caudal de una corriente, la capacidad de la obra de excedencias deberá estar en función de la magnitud de la avenida de diseño.

Económicamente no es factible realizar las obras hidráulicas de una presa, para la mayor avenida posible, entonces se considera la avenida de diseño, como la máxima avenida probable para un período de retorno dado; este período depende de la magnitud de la obra y de la presencia o ausencia de poblaciones aguas abajo del sitio de proyecto.

La determinación de la magnitud de la avenida de diseño - puede efectuarse por diversos procedimientos, entre los cuales se encuentran la aplicación de métodos empíricos, estadísticos, racionales, etc. Para efectos del presente estudio se presentan los siguientes métodos.

III.1.1.- Métodos Empíricos.

Los métodos empíricos se emplean para tener una idea preliminar sobre el gasto de diseño, o bien cuando no se conocen las características de la precipitación en la zona correspondiente a la cuenca en estudio, ya que en ellos intervienen como variables - únicamente las características físicas de la cuenca. En nuestro medio se utilizan con frecuencia los métodos de Creager y Lowry que-

proporcionan el gasto de diseño en función del área de la cuenca y de la región hidrológica correspondiente.

Al aplicarse estos métodos a las diferentes regiones hidrológicas de México, se calcularon de manera específica los valores máximos de C y K con los datos de cada una de ellas por medio de las siguientes ecuaciones:

Creager:

$$C = \frac{q}{0.503 (0.386 A) \left[\frac{0.894}{0.386 A + 0.048} \right] - 1}$$

Lowry:

$$K = \frac{0.80 q}{(A + 259)}$$

Luego se procedió a calcular puntos de "q" para áreas -- fijas utilizando las expresiones siguientes:

Creager:

$$q = \frac{0.503 C (0.386 A) \left[\frac{0.894}{0.386 A + 0.048} \right] - 1}{1}$$

Lowry:

$$q = \frac{K (A + 259)}{0.80}$$

Con lo cual finalmente se trazaron las curvas envolventes.

En esa ocasión se pudo observar que en la zona sur de -- Sinaloa y Pacífico centro se presentaron gastos que igualaron y su peraron algo las envolventes de Creager y Lowry.

A la fecha se ha efectuado una revisión y actualización del mencionado estudio adaptado a la nueva regionalización del --- país integrado por 37 regiones hidrológicas en lugar de las 25 ori ginales y a luz nueva y depurada información hidrométrica y de carto grafía topográfica hasta 1975-1976. El análisis exhaustivo de 1331 datos de gastos máximos de todo el país, permitió definir la envol venté que mejor se apega a ellos, dando por resultado un modelo ma temático similar al de Roberto C. Lowry pero con algunas modifica ciones. Está representado por la ecuación general:

$$q = \frac{K}{(A + 250)^{0.85}}$$

y para la envolvente de México:

$$q = 5270 / (A + 250)^{0.85}$$

Se proporcionan los valores de K regionales, anotando en algunos casos dos zonas.

Valores regionales de K de la envolvente de gastos

Máximos Registrados

Región	K	Región	K
1	980	21 (+)	3000 y 3180
2	530	22	2170
3	2190	23	1090
4	Sin datos	24 Conchos	1020
5 (+)	990 y 5120	24 Medio Bravo	5170
6	5120	24 Bajo Bravo	2130
7	1050	25 Salado	1410
8 (+)	760 y 1050	25	2330
9	2140	26 Baja	3010
10	3290	26 Alta	1360
11 Baja	4630	26 Valle de México	760
11 Alta	470	27	2450
12 Lerma	600	28 Baja	1750
12 Santiago	1290	28 Alta (Santo Domingo)	420
13 (+)	760 y 5270	29	1840
14 Baja	5270	30 Baja	2130
14 Alta	660	30 Alta	610
15	5270	31	370
16 Baja (+)	4940 y 5270	32	Sin datos
16 Alta	660	33	Sin datos
17	2100	34	230
18 Baja y Media	4450	35	Sin datos
18 Alta	1090	36 Nazas	1510
19	2100	36 Aguanaval	380
20 Baja	3180	37 Sur	1310
20 Alta	390	37 Centro y Norte	450

(+) El primer valor de K corresponde al de la propia región y el - segundo al de una región vecina similar que debe tenerse en -- cuenta.

Determinación de la avenida de diseño aplicando el método empírico de Robert C. Lowry para el vaso Acatepec :

Datos:

Area de la cuenca 1493 Km²

Región Hidrológica 26 Baja

a).- Por medio de la gráfica que representa la envolvente regional.

Se obtiene:

$$q = 5.3 \text{ Km/seg/Km}^2$$

Por lo tanto:

$$Qd = A \times q :$$

$$Qd = 1493 \text{ Km}^2 \times 5.3 \text{ Km/seg/Km}^2$$

$$Qd = 7919 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

b).- Usando el modelo de Lowry: con el coeficiente K para la región 26 Baja:

Datos:

$$K = 3010 , \quad A = 1493 \text{ Km}^2$$

Sustituyendo en:

$$q = \frac{K}{(A + 250)^{0.85}}$$

$$q = \frac{3010}{(1493 + 250)^{0.85}}$$

$$q = 5.3 \text{ M}^3/\text{seg/Km}^2$$

Por lo tanto:

$$Q = A \times q = 1\,493 \times 5.3 = 7912 \text{ M}^3/\text{seg.}$$

La gráfica de la envolvente de la región Hidrológica 26 Baja se muestra al final del capítulo.

III.1.2.- Métodos Estadísticos.

Su aplicación permite conocer el gasto máximo asociado a un período de retorno.

Se basan en suponer que los gastos máximos anuales son una variable aleatoria que tiene una cierta distribución. Difieren entre ellos en la forma de la función de distribución de probabilidad que suponen tiene la población. Esto ha ocasionado diversos métodos dependiendo del tipo de distribución que se considere.

Gumbel y Nash consideran una distribución de valores extremos, con la diferencia que Nash ajusta la distribución por mínimos cuadrados lo cual lo hace menos rígido que el de Gumbel. En cuanto a Lebediev considera una distribución del tipo III de Pearson.

Los métodos estadísticos utilizados en este proyecto fueron los de: Fuller, Gumbel, Lebediev y Nash.

Para la aplicación de estos métodos contamos con los gastos máximos anuales de las estaciones Terrerillos y los Hules.

Gastos máximos anuales en las estaciones Terrerillos
y los Hules

Año	Gasto en m ³ /seg	
	Terrerillos	Los Hules
1960	314	453
61	525	435
62	566	458
63	896	947
64	397	258
65	659	415
66	1122	742
67	1153	1109
68	611	1096
69	2224	825
70	1420	800
71	1489	1064
72	529	1110
73	1740	749
74	3188	1950
75	2085	2470
76	1001	938
77	291	559
78	2152	2874
79	656	1032
80	994	583

VASO ACATEPECMétodo de Fuller.

Fuller propone la siguiente ecuación:

$$Q_1 = \bar{Q} (A + B \text{ Log } Tr)$$

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

$$A = \bar{Y} - B \bar{X}$$

$$B = S_{xy}/S_{xx}$$

$$\bar{X} = \sum X_i / N$$

$$\bar{Y} = \sum Y_i / N$$

$$S_{xy} = N \sum X_i Y_i - (\sum X_i) (\sum Y_i)$$

$$S_{xx} = N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2$$

Sustituyendo:

$$Q_1 = 1\,298.10 (0.182 + 1.954 \text{ Log } 10\,000)$$

Por lo tanto:

$$Q_1 = 10\,385.161 \text{ m}^3/\text{seg}$$

METODO DE GUMBEL

Para calcular el gasto máximo para un periodo de retorno determinado se usa la ecuación:

$$Q_{\text{máx}} = Q_m + \frac{\sqrt{Q}}{\sqrt{N}} (\bar{Y}_n - \text{Ln Tr})$$

donde:

Q_m = Gasto medio en m^3/seg .

\sqrt{Q} = Desviación estándar de los gastos.

\sqrt{N} = Constante función de N.

\bar{Y}_n = Constante función de N.

Tr = Período de retorno.

N = Número de años de registro.

Aplicando la ecuación anterior a los registros con los que cuenta la estación Terrerillos nos queda de la siguiente manera:

$$Q_{\text{máx}} = 1\,298.10 + \frac{906.38 (0.5332 - \text{Ln } 10\,000)}{1.1004}$$

$$Q_{\text{máx}} = 8\,445.31 \text{ m}^3/\text{seg}$$

pero:

$$Q_{\text{Diseño}} = Q_{\text{máx}} + \Delta Q$$

Y:

$$Q = \frac{+}{-} 1.14 \frac{\sqrt{Q}}{\sqrt{N}}$$

Entonces:

$$Q = 938.998 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Por lo tanto:

$$Q_{\text{Diseño}} = 8\,445.31 + 938.998 = 9\,384.312 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Método de Lebediev

El método de Lebediev aplica la siguiente ecuación:

$$Q_d = Q_{\text{máx}} + \Delta Q$$

$$Q_{\text{máx}} = Q_m (K C_v + 1)$$

$$Q = \frac{A \operatorname{Er} Q_{\text{máx}}}{\sqrt{N}}$$

Donde:

K Coeficiente que depende de la probabilidad p , expresada en porcentaje de que se repita el gasto de diseño y del coeficiente de asimetría C_s .

C_v Coeficiente de variación, que se obtiene de la ecuación:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Q_i/Q_m - 1)^2}{N}}$$

C_s Coeficiente de asimetría, el cual se calcula como:

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_i/Q_m - 1)^3}{N C_v^3}$$

Por otra parte Lebediev recomienda tomar los valores siguientes:

$C_s = 2 C_v$ Para avenidas producidas por deshielo.

$C_s = 3 C_v$ Para avenidas producidas por tormenta.

$C_s = 5 C_v$ Para avenidas producidas por tormentas en cuencas ciclónicas.

Entre estos valores y el obtenido por la ecuación anterior se escoge el mayor. En nuestro caso el valor $C_s = 5 C_v$ fue mayor a la ecuación:

$$C_s = \sum_{i=1}^N \frac{(Q_i/Q_m - 1)}{N C_v^3}$$

A Coeficiente que varía de 0.7 a 1.5 dependiendo del número de años de registro. Entre más años de registro, menor será el valor del coeficiente.

$$N = 40 = 0.7$$

$$N = 0 = 1.5$$

Er Coeficiente que depende de los valores de C_v y de la probabilidad p ($p = 1/Tr$)

N Número de años de registro.

Aplicando los parametros:

$$Q_{\text{máx}} = 1\,298.10 (10.56 \times 0.615 + 1)$$

$$Q_{\text{más}} = 9\,738.58 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Intervalo de confianza:

$$Q = \frac{+}{-} 0.96 (1.115) 9\,738.58 = 2\,006.13 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$\sqrt{27}$

$$Q_d = 9\,738.98 + 2\,006.13 = 11\,744.71 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Método de Nash

Según Nash el gasto máximo para un período retorno determinado se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{máx}} = a + c \text{ Ln Ln } Tr/Tr-1$$

En donde:

$$a = Q_m + cX_m$$

$$c = \frac{X_i Q_i - N X_m Q_m}{X^2 - N X_m^2}$$

$$X_i = \text{Ln Ln } Tr/Tr-1$$

N = Número de años de registro

Q_m = Gasto medio

X_m = Valor medio de X

Por lo tanto:

$$Q_{\text{máx}} = 872.808 + (- 797.81) \text{ Ln Ln } Tr/Tr-1$$

Pero:

$$Q_{\text{máx}} = 8\,221.71 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Q_{\text{Diseño}} = Q_{\text{máx}} + \Delta Q$$

Y :

$$Q = + 2 \sqrt{\frac{S_{qq}}{N^2 (N-1)} + (X - X_m)^2 \frac{1}{S_{xx}}} \frac{S_{qg}}{S_{xx}} \frac{S_{xg}^2}{S_{xx}} \frac{1}{N-2} =$$

$$566.67 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

Donde:

$$S_{xx} = N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2$$

$$S_{qq} = N \sum Q_i^2 - (\sum Q_i)^2$$

$$S_{xq} = N \sum Q_i X_i - (\sum Q_i) (\sum X_i)$$

$$Q_{\text{Diseño}} = 8\,221.71 + 566.67 = 8\,788.39 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Mediante correlación entre los gastos simultáneos de las estaciones Tempoal y Terrerillos, se amplió la muestra de esta última hasta 1954. La serie total que comprende el período 1954-1980, se analizó por métodos estadísticos, habiéndose obtenido para las frecuencias de 100, 1 000, y 10 000 años los siguientes resultados.

Q (m³ / seg)

Método	Recurrencia en años		
	Tr= 100	Tr = 1 000	Tr = 10 000
Fuller	5 311.02	7 848.09	10 385.16
Gumbel	5 591.11	7 487.71	9 384.31
Lebediev	5 335.04	8 410.58	11 744.71
Nash	5 109.53	6 950.24	8 788.39
Promedio	5 336.67	7 674.15	10 075.64

Trasladando el valor anterior al sitio del proyecto Acatepec mediante el modelo de la curva envolvente, se obtuvo un gasto de $9\,750 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$

Con base en los resultados que arrojaron los 4 métodos empleados, se recomienda que la avenida máxima probable hasta el proyecto Acatepec tenga un pico de $10\,000 \text{ m}^3/\text{seg}$ para un período de retorno de 10 000 años.

III.1.3.- Método Racional Probabilístico de Gregory-Arnold.

Método Básico.

El método racional se fundamenta en que los factores para el estimado de la magnitud de una avenida, son aquéllos que directamente intervienen en su generación, como son la magnitud de la lluvia y su distribución en tiempo y espacio: la reducción de esa lluvia en la cuenca por las condiciones fisiográficas de la misma y -- que se traduce en una merma del escurrimiento; el área o extensión de la cuenca aportadora; las características geométricas de la cuenca para efectos de mayor o menor rapidez concentración y las físicas del colector principal. Cuando al modelo racional se le asocia una probabilidad de ocurrencia de la lluvia, el método es "racional-probabilístico".

Los autores R.L. Gregory y C.E. Arnold analizaron detalladamente el método racional para calcular el gasto máximo de una corriente en función de la lluvia y las características geométricas y físicas de su cuenca.

Elaboraron un modelo general, cuya derivación se consideró no era adecuado incluir en este estudio. La expresión general del modelo matemático es la siguiente:

$$Q_p = \frac{(3.6 H)^{4eg} (P/L)^{4eg} (CAR_H)^{4g} P^{8eg} S^{1.5eg}}{3.6 (1000)^{2eg}} \dots\dots (1)$$

En la cual:

Q_p = Gasto máximo del pico en m^3/seg

H = Tiempo de duración de la tormenta en horas (en este modelo debe ser igual o mayor al tiempo de concentración de la cuenca hasta el sitio de estudio).

e = Exponente que caracteriza a la forma de la tormenta. Se determina de tormentas reales o se toma de los valores recomendados.

P = Factor significativo de la geometría y forma de con centrar de la cuenca.

L = Longitud en Kms. del colector principal de la co--- rriente.

C = Coeficiente de escurrimiento, que se puede fijar con datos reales o estimar.

A = Area de la cuenca aportadora en Km^2

R_H = Intensidad de la tormenta en mm/hora para un tiempo-
H = H_c tiempo de concentración de la cuenca.

F = Factor que varía con la forma del cauce principal y las condiciones físicas del mismo para el escurri--- miento.

S = Pendiente equivalente al millar del colector princi-
pal (metros de caída por cada 1 000 m de longitud).

Aplicación.

Para su aplicación es necesario determinar todos los factores anteriormente indicados, pero en especial H y R_H por aproxima--- ción sucesiva, primero calculando H con las fórmulas empíricas y-

una vez calculado Q_p , se verifica si este gasto es igual al calculado para esa H y R_H . Si descrepa es necesario hacer otro tanteo - cambiando H y R_H lo cual se puede hacer por medio de una relación-inversa de los gastos:

$$H_2 = H_1 \frac{Q_{\text{racional}}}{Q_{\text{Gregory}}}$$

VASO ACATEPEC

Racional probabilístico de Gregory-Arnold

Los principales factores considerados en su aplicación

fueron:

Area de la cuenca	1 345 Km ²
Longitud del colector	78 Km
Pendiente equivalente	11.0/1000
Lluvia máxima en 24 horas	401 mm
Frecuencia de la lluvia	10 000 años
Curva de tormenta	e = 0.5
Curva de infiltración	u = 0.4
Infiltración horaria	3.0 mm
Coefficiente de atenuación	0.8

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Gasto máximo	10 234 m ³ /seg
Tiempo de concentración	4.1 horas
Coefficiente de escurrimiento	0.85
Velocidad media	5.3 m/seg

VASO LOS HULES

De la misma manera se calculó el gasto máximo para el vaso Los Hules utilizando los métodos descritos anteriormente.

A continuación se muestra los resultados obtenidos:

Método Empírico

Utilizando el modelo de Lowry:

$$Q = 7\,535.40 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Métodos Estadísticos

Resultados de los gastos máximos probables obtenidos para el período de 1954-1980 en la estación Los Hules.

Método	Q (m ³ / seg)		
	Recurrencia en años		
	Tr = 100	Tr = 1 000	Tr = 10 000
Fuller	4 928.16	7 288.57	9 648.97
Gumbel	5 347.44	7 192.60	8 124.22
Lebediev	5 833.02	9 735.55	12 836.76
Nash	4 951.96	6 650.76	8 347.19
Promedio	5 265.14	7 716.87	9 739.29

Método Racional Probabilístico de Gregoy-Arnold.

Factores considerados:

Area de la cuenca	1 263 Km ²
Longitud del colector	91 Km
Pendiente equivalente	6.9/1000

Lluvia máxima en 24 horas	455 mm
Frecuencia de la lluvia	10 000 años
Curva de tormenta	e = 0.5
Curva de infiltración	u = 0.4
Infiltración horaria	5.0 mm

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Gasto máximo	10 263 m ³ /seg
Tiempo de concentración	5.9 horas
Coefficiente de escurrimiento	0.77
Velocidad media	4.3 m/seg

A partir de los resultados obtenidos, se recomienda un pico de 10 000 m³/seg para la avenida máxima probable del proyecto Los Hules.

VASO CAMAITLAN

No existen observaciones hidrométricas en el arroyo -- Camaitlán, por lo que la definición del gasto máximo probable se basó en la aplicación del método racional de Gregory-Arnold, para el que se consideraron, entre otros, los siguientes datos:

Area de la cuenca	139 Km ²
Longitud de colector	28 Km
Pendiente equivalente	5.0/1000
Lluvia máxima en 24 horas	429 mm
Frecuencia de la lluvia	10 000 años

Curva de tormenta	$e = 0.6$
Curva de infiltración	$u = 0.4$
Infiltración horaria	3.0 mm
Coefficiente de atenuación	0.8

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Gasto máximo	1 954 m ³ /seg
Tiempo de concentración	2.4 horas
Coefficiente de escurrimiento	0.89
Velocidad media	3.3 m/seg

Se recomienda para la avenida máxima probable un pico -- de 2 000 m³/seg.

HIDROGRAMAS.

Vaso Acatepec

Se consideró intermedio entre los correspondientes a -- las crecientes máximas observadas y el obtenido en forma teórica -- mediante la aplicación del método racional. Acumula en 36 horas -- un volumen de 450 millones de m³.

A fin de estar de lado de la seguridad, se precedió a -- la creciente máxima probable por la observada en septiembre de -- 1974 en la estación Terrerillo, que es la máxima entre las regis -- tradas. El tren de avenidas así formado tiene un volumen total de 864 millones de m³, mostrándose en las gráficas que se muestran a continuación.

Vaso Los Hules

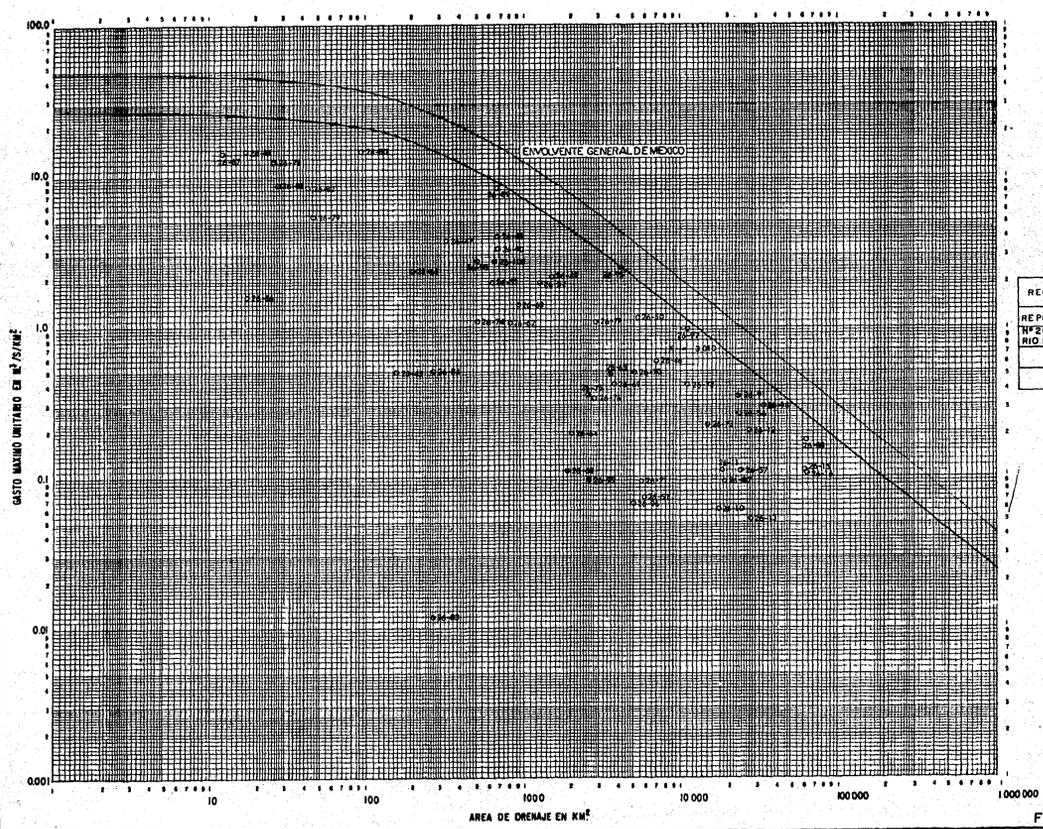
Se utilizó el hidrograma intermedio entre los correspondientes a las crecientes máximas observadas y el obtenido en forma teórica mediante el empleo del método racional. Acumula en 36 horas un volumen de 500 millones de m^3 .

Con el fin de prever la posibilidad de avenidas sucesivas, se optó por preceder a la creciente máxima probable por la ocurrida en septiembre de 1975 en la estación Los Hules. El tren de avenidas así integrado tiene un volumen total de 866 millones de m^3 , mostrándose como anteriormente se anotó.

Vaso Camaitlán

Se determinó en forma teórica, mediante la aplicación del método racional. En 36 horas acumula un volumen de 60 millones de m^3 .

La creciente anterior se consideró conveniente precederla por otra semejante con gasto máximo de $1\ 000\ m^3/seg.$ es decir, 50% del pico máximo probable. El tren de avenidas formado tiene un volumen total de 83 millones de m^3 , mostrándose en las gráficas siguientes.



REGION	ECUACION	ESTACION O SITIO	CORRIENTE	AREA Km ²	q m ³ /s/Km ²
REPUBLICA	$q = 5270(A+250)^{-0.85}$	15-B, Pineda de Maja	Río Chihuahua	1370	9.854
NZS BAJO RIO PANUJO	$q = 3010(A+250)^{-0.85}$	26-95, Loredo	Río Guayataje	4132	2.420

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS
 SUBSECRETARIA DE PLANEACION
 DIRECCION GENERAL DE ESTUDIOS
 SUBDIRECCION DE HIDROLOGIA

ESTUDIO DE ENVOLVENTES DE LOS GASTOS MAXIMOS
 EN LAS CORRIENTES DEL PAIS
 GASTOS MAXIMOS OBSERVADOS
 RHDR 26 B PARCIAL BAJO RIO PANUJO

Elaboró: _____ SUBSECRETARIO DE PLANEACION
 "DIRECTOR GENERAL" _____ Aprobó: _____ "SECRETARIO DE PLANEACION"
 MEXICO, D.F. _____ DÍE. DE 1972

LAMINA 72

FIG. 6

RIO CALABOZO
VASOACATEPEC, HGO.
HIDROGRAMA DE LA AVENIDA MAXIMA PROBABLE PRECEDIDA
POR LA OBSERVADA EN SEPTIEMBRE DE 1974.
Volumen total: $884 \times 10^6 m^3$

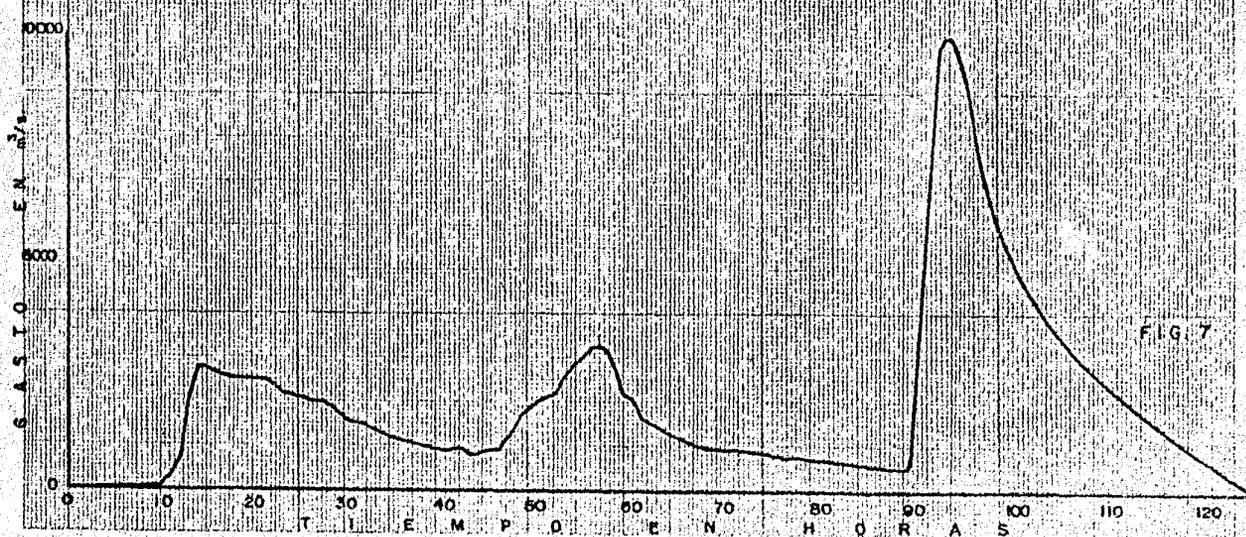


FIG. 7

RIO LOS MULES
VASO LOS MULES, VER.

HIDROGRAMA DE LA AVENIDA MAXIMA PROBABLE,
PRECEDIDA POR LA OBSERVADA EN SEPTIEMBRE
DE 1975.

Volumen total... $1.800 \times 10^6 \text{ m}^3$

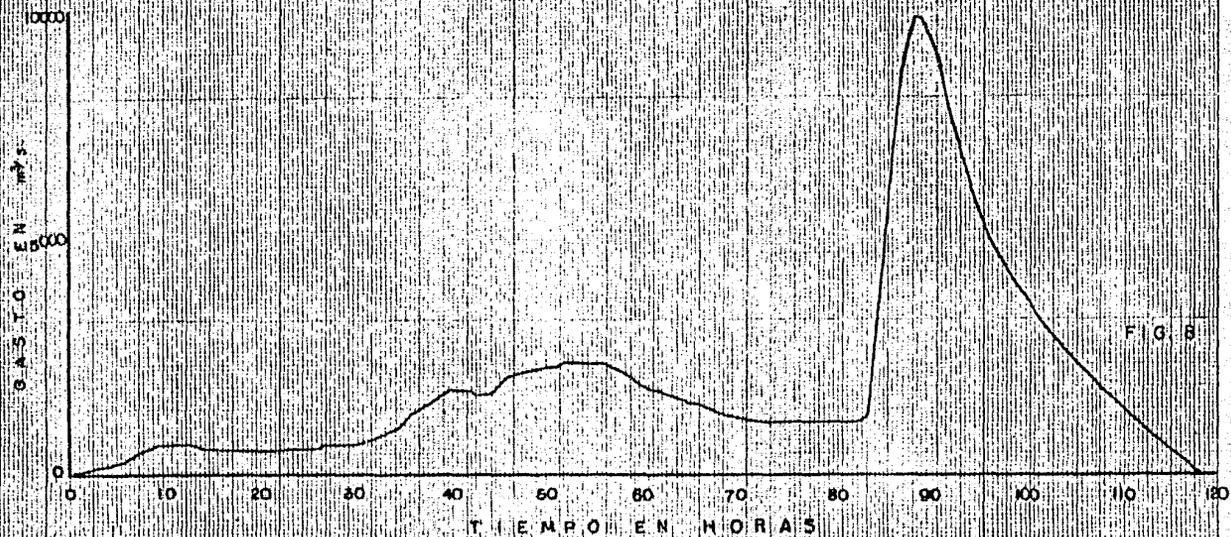
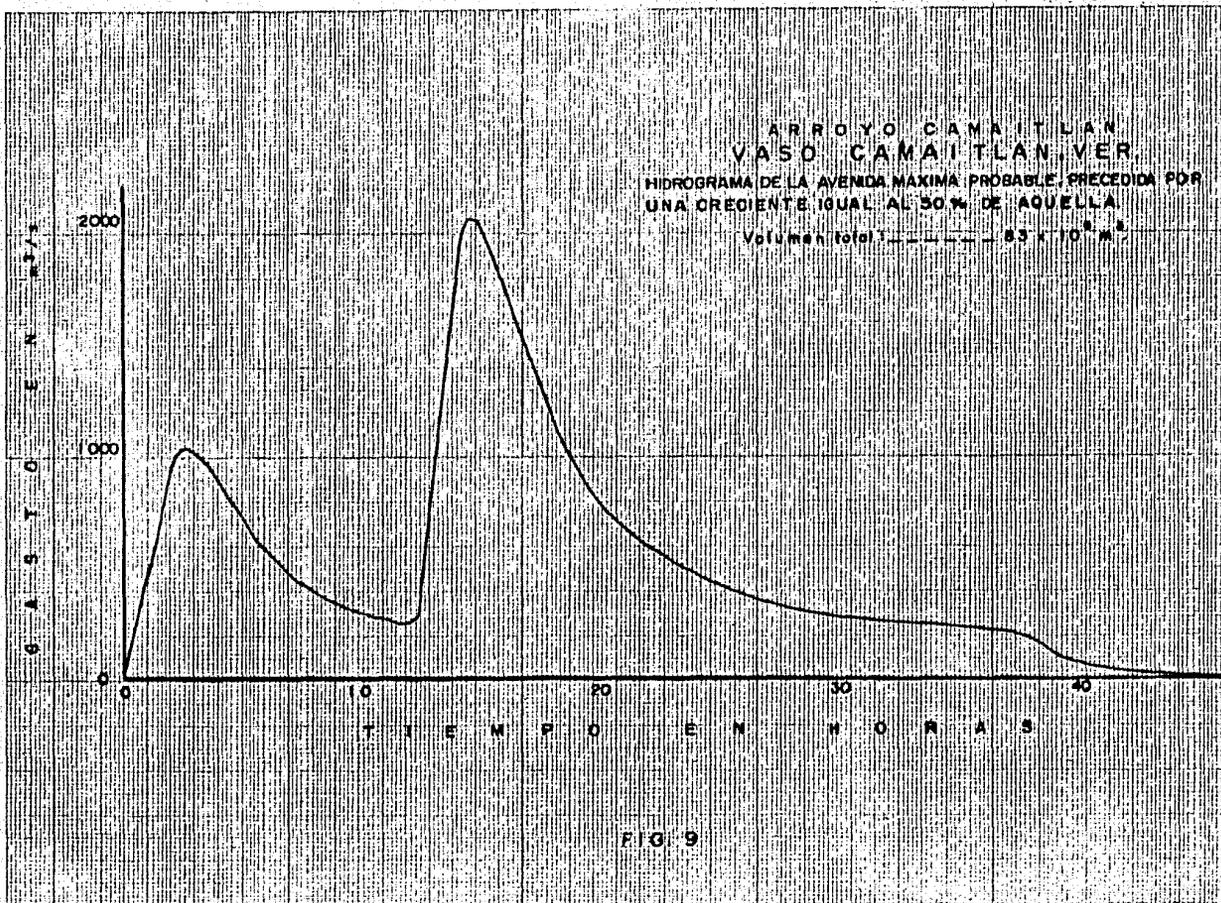


FIG. 8



IV.- ANALISIS DE ALTERNATIVAS

Considerando la diversidad de obras que intervienen en el proyecto se elaboró un planteamiento de alternativas, las que se resumen a continuación:

Alternativa 1.- Aprovechamiento aislado por derivación de los ríos Calabozo, Los Hules y del arroyo Camaitlán.

Alternativa 2.- Aprovechamiento aislado de los ríos Calabozo, Los Hules y del arroyo Camaitlán, con las presas de almacenamiento Acatepec, Los Hules y Camaitlán respectivamente.

Alternativa 3.- Combinación de obras formada por la presa Acatepec, sobre el río Calabozo, y derivadoras sobre el río Los Hules y el arroyo Camaitlán. Se incluye un túnel para interconectar los ríos Calabozo y Los Hules.

Alternativa 4.- Sistema de obras constituido por las presas Los Hules y Camaitlán, sobre las corrientes del mismo nombre, y derivadora sobre el río Calabozo.

Alternativa 5.- Las obras contempladas en esta alternativa son la presa Los Hules, sobre el río de igual denominación y derivadoras sobre el río Calabozo y el arroyo Camaitlán.

Alternativa 6.- Se proponen las presas Acatepec y Ca--

maitlán respectivamente, y una derivadora sobre el río Los Hules. Además se incluye un túnel para interconectar los ríos Calabozo y Los Hules.

IV.1.- Estudio Hidrológico de las alternativas.

Se presenta a continuación un resumen de cada una de las alternativas.

Alternativa 1.-

Para llevar a cabo esta alternativa, se requirió primeramente determinar los escurrimientos decenales de cada corriente, - considerándose como regímenes representativos de los derivados sobre los ríos Calabozo y Los Hules, los aportes en las estaciones - Terrerillos y Los Hules respectivamente. Para el arroyo Camaitlán se definió su régimen decenal afectando al de la estación Terrerillos por un modelo similar al mencionado en el inciso relativo a - las entradas a los vasos. A partir de los regímenes decenales obtenidos para cada corriente, se efectuaron los respectivos análisis de riego por derivación, habiéndose obtenido los siguientes resultados.

Resultados obtenidos al aprovechar por derivación los escurrimientos de los ríos Calabozo y Los Hules y del arroyo Camaitlán, con fines de riego.

Corriente	Demanda anual en millones de m ³	Superficie regada en Ha.
Río Calabozo	53.1	4827
Río Los Hules	68.9	6264
Río Camaitlán	6.6	600

De lo anterior se infiere que aprovechando los regímenes de las corrientes por derivación, únicamente se pueden regar --- 11 691 Ha. de las 45 000 Has. existentes.

Alternativa 2.-

En esta alternativa se efectuó la simulación de funcionamiento en forma aislada de los vasos Acatepec, Los Hules y Camaitlán, considerando para cada uno diversas capacidades de conservación, a fin de conocer el potencial de cada corriente en el aspecto de riego, independientemente de la limitante que existe en la magnitud de la superficie disponible.

Resultados de los análisis de funcionamiento de los
Vasos Acatepec, Los Hules y Camaitlán para su riego.

Concepto	Unidad	R e s u l t a d o s					
<u>Vaso Acatepec</u>							
Capacidad de azolves	Mills.m ³	20	20	20	20	20	20
Capacidad de conservación	"	100	200	400	600	800	1000
Demanda anual	"	262	434	683	766	847	847
Superficie regada	Has.	23818	39455	62091	69636	77000	77000
Años con deficiencia	No.	6	6	5	4	4	3
Deficiencia máxima anual	%	7.4	15.7	35.5	38.7	41.6	38.6
Déficit medio anual	"	0.9	1.9	5.0	4.3	4.2	2.7
Aprovechamiento	"	24.8	40.6	61.9	70.1	78.2	80.2
Derrame	"	75.1	59.3	38.0	29.8	21.6	19.6
Evaporación	"	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
<u>Vaso Los Hules</u>							
Capacidad de azolves	Mills.m ³	30	30	30	30	30	30
Capacidad de conservación	"	100	200	400	600	800	1000
Demanda anual	"	299	464	732	840	865	865
Superficie regada	Has.	27182	42182	66545	76364	78636	78636
Años con deficiencia	No.	6	6	6	4	5	3
Deficiencia máxima anual	%	8.1	14.1	37.1	40.3	40.9	40.9
Déficit medio anual	"	1.4	1.4	5.0	5.0	3.2	1.9
Aprovechamiento	"	27.5	42.6	64.8	74.5	78.8	80.5
Derrame	"	72.4	57.2	35.0	25.2	20.8	19.0
Evaporación	"	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5

Vaso Camaitlán

Capacidad de azolves	Mills.m ³	5	5	5	5	5	5
Capacidad de conservación	"	25	50	100	150	200	250
Demanda anual	"	49	85	108	108	115	123
Superficie regada	Has.	4455	7727	9818	9818	10455	11182
Años con deficiencia	No.	6	6	5	3	3	3
Deficiencia máxima anual	%	9.4	34.3	47.2	38.7	39.9	41.3
Déficit medio anual	"	1.1	5.0	4.7	2.2	2.5	3.0
Aprovechamiento	"	36.1	59.7	76.9	80.2	86.4	92.9
Derrame	"	63.7	40.1	22.7	19.1	12.9	6.3
Evaporación	"	0.2	0.2	0.4	0.7	0.7	0.8

Los resultados anteriores se muestran en las gráficas -- que se muestran al final del capítulo, definiéndose como capacidades máximas recomendables bajo el aspecto hidrológico 800, 600 y 100 millones de m³ para los vasos Acatepec, Los Hules y Camaitlán, con las que se obtienen áreas regadas de 77 000, 76 364 y 9 818 -- Has. respectivamente.

Con las capacidades de conservación antes mencionadas, - los vasos Acatepec y los Hules riegan una superficie mayor que la disponible de 45 000 Has., requiriendo para beneficiar esta última, capacidades respectivas de 240 y 220 millones de m³ aceptando déficit, las que podrían aumentar a 290 y 270 millones de m³ para garantizar el riego en condiciones más satisfactorias, por no ser en estos casos la limitante el agua sino las tierras.

Alternativa 3.-

En esta alternativa se considera la presa de almacenamiento Acatepec sobre el río Calabozo, y un túnel que comunica a dicha corriente con el río Los Hules y permite derivar hacia éste los volúmenes almacenados en el vaso Acatepec, lográndose de esta manera que este último domine la totalidad de las tierras disponibles.

En el río Los Hules se contempla una presa derivadora que domina 34 221 Has. como puede apreciarse en la gráfica que se presenta al final del capítulo; y la derivadora sobre el arroyo Camaitlán domina las restantes 10 779 Has.

De acuerdo al planteamiento de esta alternativa, primeramente se determinaron los escurrimientos del río Los Hules que pueden derivarse por un canal de $23 \text{ m}^3/\text{seg}$, que es la capacidad necesaria para abastecer los requerimientos de las 34 221 Has. dominadas en el mes de máxima demanda con un incremento de 30%, para prever posibles cambios del programa de cultivos o concentraciones en la demanda.

Dicho régimen se comparó con las demandas de riego de las 34 221 Has. y se calcularon los faltantes que se presentan, habiéndose efectuado lo propio con el régimen del arroyo Camaitlán, para el que se determinaron los faltantes correspondientes a las 10 779 Has. que domina.

La acumulación de ambos faltantes es la demanda que deberá abastecer la presa Acatepec para asegurar el riego de las 45 000 Has. existentes, requiriéndose conocer cual es la capacidad de conservación que cumpla con dicho cometido.

Para ello se efectuó la simulación de funcionamiento del vaso Acatepec habiéndose definido que dicha capacidad de conservación deberá ser de 150 millones de m³, Los resultados correspondientes a dicho análisis se muestran a continuación:

Resultados del análisis de funcionamiento del vaso Acatepec para las condiciones establecidas en la alternativa 3.

Concepto	Unidad	Resultado
Capacidad de azolves	Mills.m ³	20
Capacidad de conservación	"	150
Extracción media anual	"	99
Superficie que complementa	Has.	45 000
Años con deficiencia	No.	2
Deficiencia máxima anual	%	3.2
Déficit medio anual	"	0.2
Aprovechamiento	"	15.4
Derrame	"	84.5
Evaporación	"	0.1

Alternativa 4.-

Las obras de cabecera en esta alternativa son las presas de almacenamiento Los Hules y Camaitlán y la derivadora sobre el río Calabozo dominando esta última 17 304 Has. y requiriendo para-

abastecer las demandas de dicha superficie un canal con capacidad de $12 \text{ m}^3/\text{seg}$.

De acuerdo a lo anterior, se determinaron los escurrimientos del río Calabozo factibles de ser derivados por un canal de $12 \text{ m}^3/\text{seg}$ de capacidad, lo que se compararon con las demandas de riego de las 17 304 Has. que domina esta obra, habiéndose definido los faltantes que se presentan.

Seguidamente se efectuó el funcionamiento de la presa - Camaitlán, tendiente a definir la capacidad de conservación necesaria para abastecer los faltantes de la derivadora sobre el río Calabozo, resultandó la misma de 50 millones de m^3 .

Finalmente se simuló el funcionamiento de la presa Los Hules para riego de las 27 696 Has. restantes, requiriéndose para tal propósito una capacidad de conservación de 110 millones de m^3 .

En el siguiente cuadro se reportan los resultados correspondientes a las simulaciones de los vasos Camaitlán y Los Hules.

Resultados de los análisis de funcionamiento de los vasos Camaitlán y los Hules para las condiciones establecidas en la alternativa 4.

Concepto	Unidad	Resultado	
		Camaitlán	Los Hules
Capacidad de azolves	Mills.m ³	5	30
Capacidad de conservación	"	50	110
Extracción media anual	"	34	305
Superficie que complementa	Has.	17 304	27 696
Años con deficiencia	No.	4	6
Deficiencia máxima anual	%	3.5	5.7
Déficit medio anual	"	0.4	0.8
Aprovechamiento	"	25.4	28.2
Derrame	"	74.3	71.7
Evaporación	"	0.3	0.1

Alternativa 5.-

Esta alternativa considera como obra principal la presa Los Hules, complementada con derivadoras en el río Calabozo y en el arroyo Camaitlán. Estas últimas riegan en conjunto una superficie total de 5 427 Has. según los resultados reportados en la alternativa 1.

En tales condiciones quedan sin riego 39 573 Has., cuyas demandas deberá surtir la presa Los Hules, siendo necesario para cumplir con tal cometido una capacidad de conservación de 200 millones de m³.

Cabe aclarar que dado lo reducido de la superficie que se abastece con las dos derivadoras, se requiere que el canal de margen derecha de la presa Los Hules cruce el río Calabozo para regar las tierras de margen derecha de esta última corriente que no alcanzaron riego con dichas derivadoras, siendo probable además -- que para dominarlas se requiere algún bombeo.

Los resultados correspondientes a la simulación del vaso Los Hules se indican a continuación.

Resultados del análisis de funcionamiento del vaso Los Hules para las condiciones establecidas en la alternativa 5.

Concepto	Unidad	Resultado
Capacidad de azolves	Mills. m ³	30
Capacidad de conservación	"	200
Demanda anual	"	435
Superficie regada	Has.	39 573
Años con deficiencia	No.	1
Deficiencia máxima anual	%	8.9
Déficit medio anual	"	0.4
Aprovechamiento	"	40.4
Derrame	"	59.4
Evaporación	"	0.2

Alternativa 6.-

La combinación de obras contemplada en esta alternativa incluye las presas Acatepec y Camaitlán y la derivadora en el río Los Hules.

Para la presa Camaitlán se propone una capacidad de conservación de 100 millones de m^3 , que es la más recomendable bajo el aspecto hidrológico, con la cual es factible el riego de 9 818 Has., como ya se indicó en la alternativa 2.

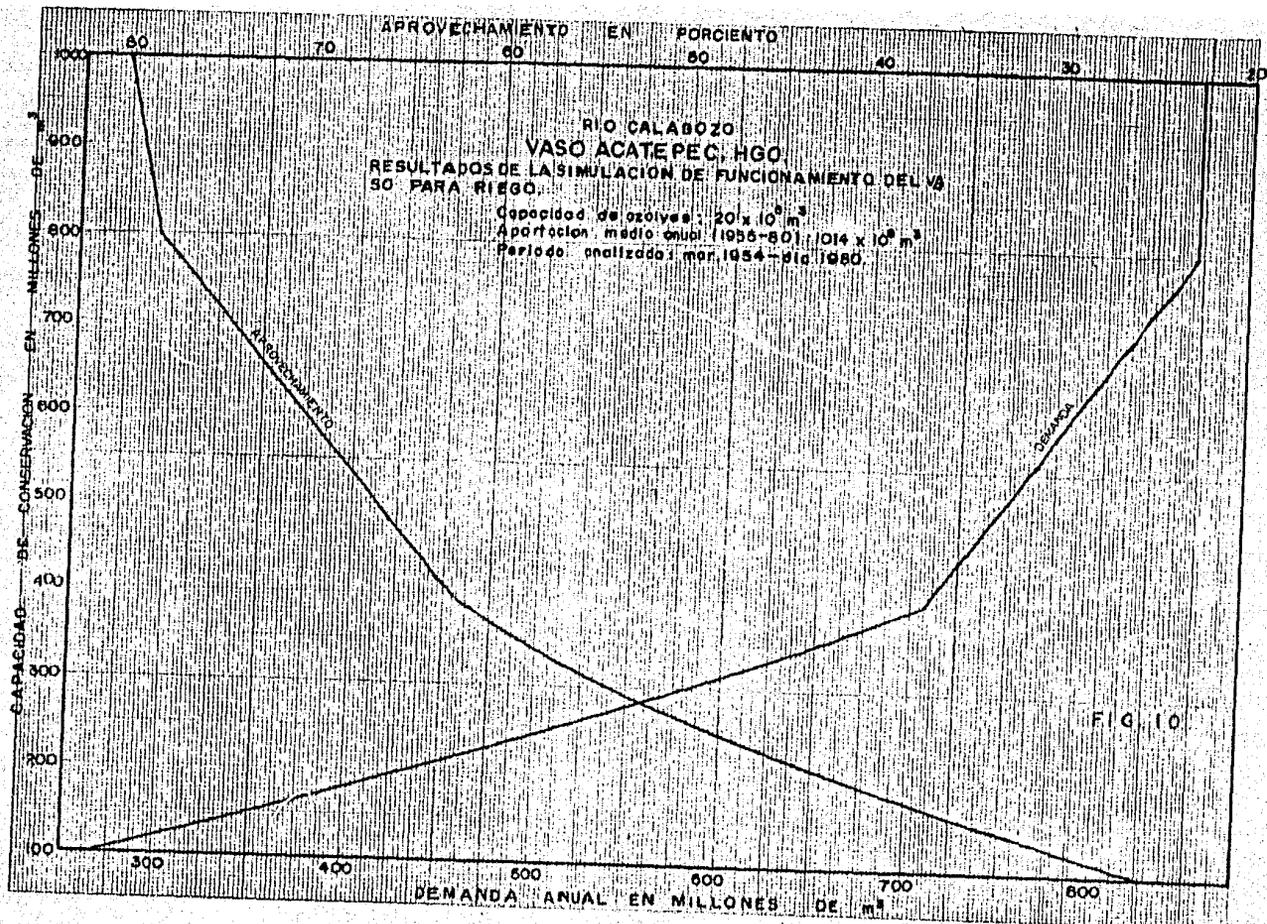
La derivadora Los Hules domina 34 221 Has., habiéndose efectuado en la alternativa 3 el correspondiente análisis de riego por derivación y determinado los faltantes que se presentan.

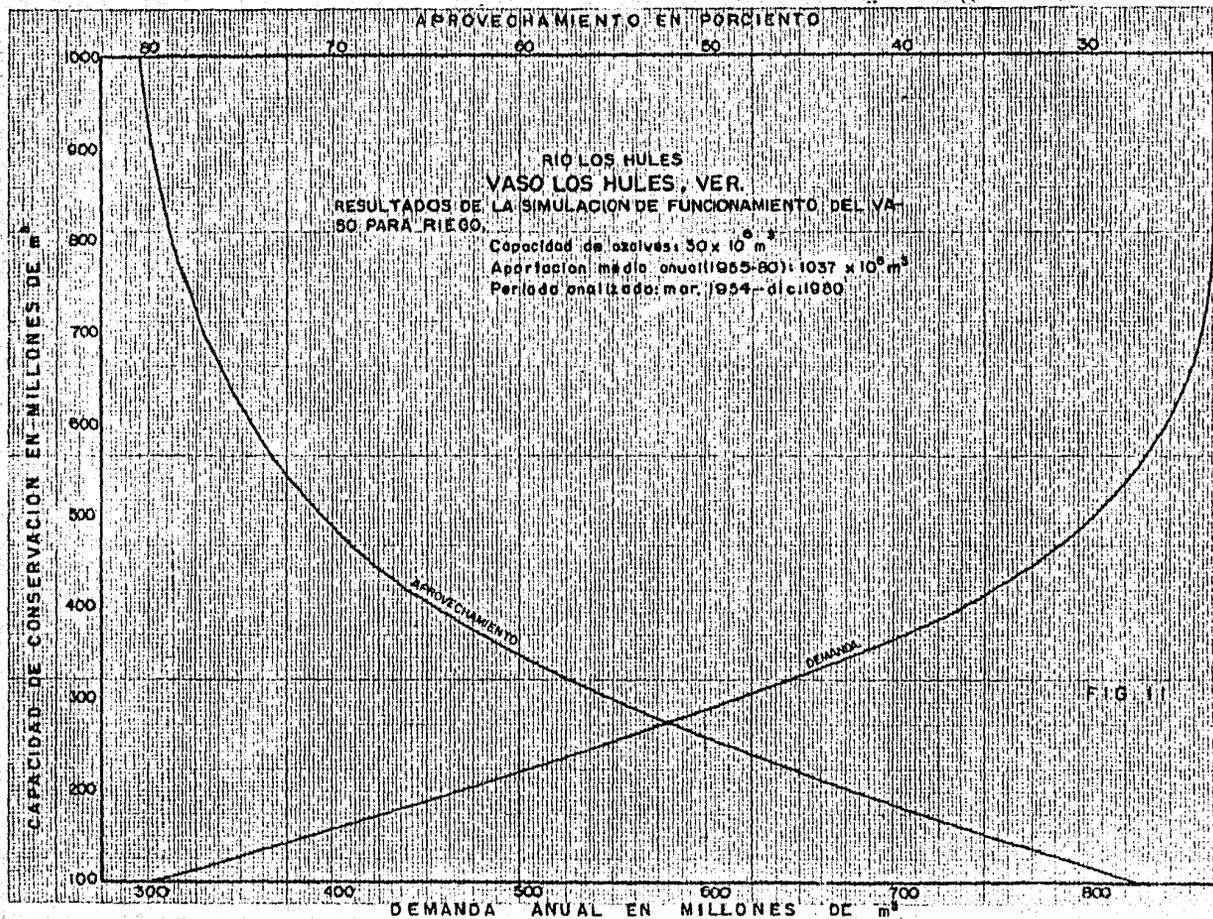
De acuerdo a lo anterior, la presa Acatepec deberá surtir los faltantes de la derivadora Los Hules y abastecer el riego de 961 Has. que corresponden a la aportación de las 10 779 Has. - que domina la presa Camaitlán y que no alcanza a regar.

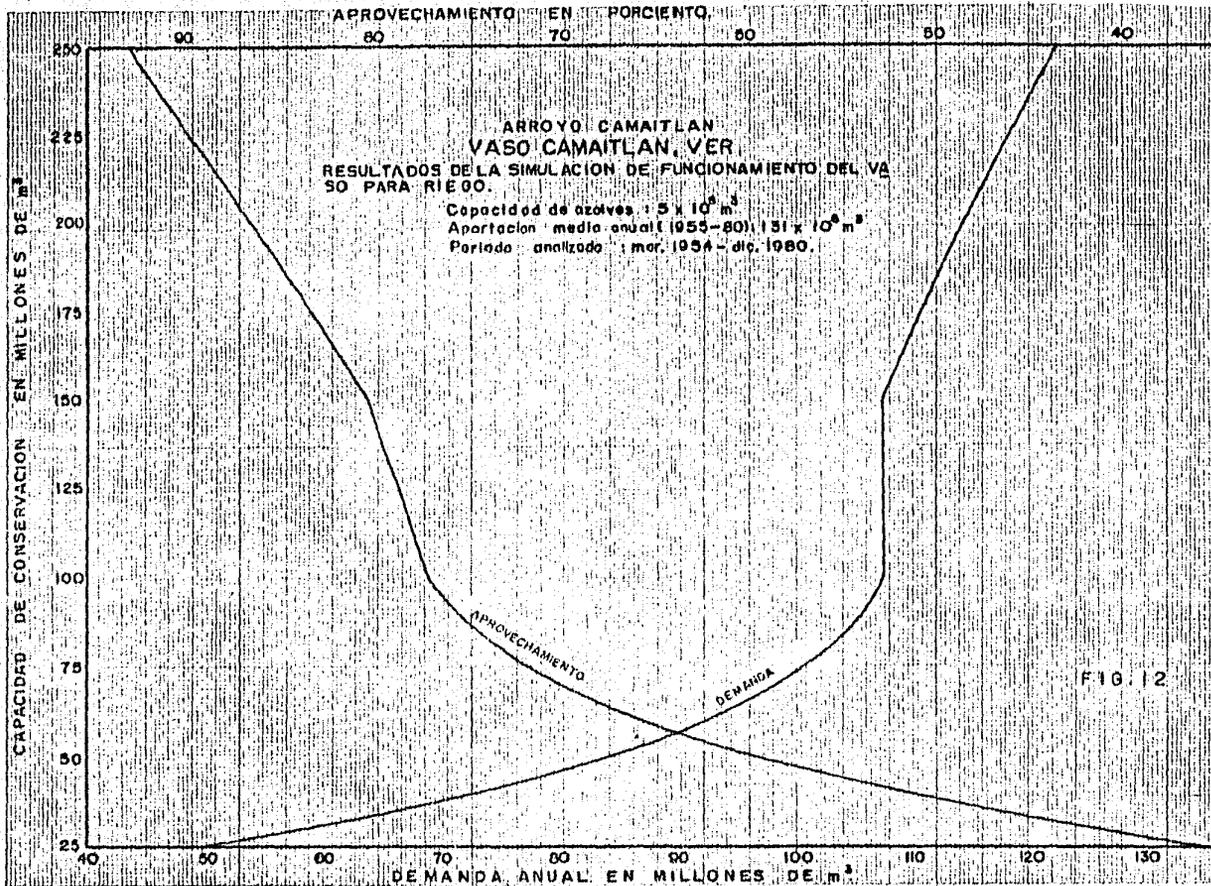
La simulación de funcionamiento del vaso Acatepec permite definir que para abastecer los requerimientos anteriores, deberá disponer de una capacidad de conservación de 100 millones de m^3 . Sus respectivos resultados se reportan a continuación.

Resultado del análisis de funcionamiento del vaso
Acatepec para las condiciones establecidas en la
alternativa 6.

Concepto	Unidad	Resultado
Capacidad de azolves	Mills. m ³	20
Capacidad de conservación	"	100
Extracción medio anual	"	112
Superficie que complementa	Has.	35 182
Años con deficiencia	No.	3
Deficiencia máxima anual	%	4.4
Déficit medio anual	"	0.4
Aprovechamiento	"	10.7
Derrame	"	89.2
Evaporación	"	0.1







IV.2.- Tránsito de avenidas para las Alternativas.

El aspecto control de avenidas no fue considerado en este proyecto ya que independientemente de la combinación de obras que se seleccione, queda sin control una porción de cuenca muy importante. Por lo tanto, se estudiaron obras de excedencias constituidas por vertedoras libres.

Vaso Acatepec

Se efectuó el tránsito del tren de avenidas recomendado como creciente de diseño para el vertedor, considerando para éste diversas longitudes e iniciando cada análisis con almacenamientos de 240, 150 y 100 millones de m³, correspondientes respectivamente a las capacidades de conservación resultantes para las alternativas 2, 3 y 6, que son aquéllas en las que se contempla el proyecto Acatepec.

Los resultados obtenidos se detallan a continuación.

Resultados del tránsito de la avenida máxima probable por el vaso Acatepec, utilizando vertedores libres.

Concepto	Unidad	R e s u l t a d o s					
		Capacidad de Conservación 240 millones de m ³					
Longitud de cresta	m	50	100	150	200	250	300
Elaboración de Cresta	"	206.20	206.20	206.20	206.20	206.20	206.20
Gasto máximo entrada	m ³ /s	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Gasto máximo salida	"	4967	5985	6806	7355	7813	8121
Regularización	%	50.3	40.2	31.9	26.5	21.9	18.8
Almacenamiento inicial	Mills.m ³	240	240	240	240	240	240
Almacenamiento máximo	"	457	400	369	350	337	327
Volumen retenido	"	217	160	129	110	97	87
Elevación inicial	m	206.20	206.20	206.20	206.20	206.20	206.20
Elevación máxima	"	218.78	215.27	213.68	212.71	212.04	211.52
Carga máxima	"	12.58	9.07	7.48	6.51	5.84	5.32

Concepto	Unidad	Resultados					
		Capacidad de conservación 150 millones de m ³					
Longitud de cresta	m	50	100	150	200	250	300
Elevación de cresta	"	198.80	198.80	198.80	198.80	198.80	198.80
Gasto máximo entrada	m ³ /s	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Gasto máximo salida	"	5245	6716	7555	8142	8437	8752
Regularización	%	47.6	32.8	24.5	18.6	15.6	12.5
Almacenamiento inicial	Mills.m ³	150	150	150	150	150	150
Almacenamiento máximo	"	333	277	250	234	223	215
Volumen retenido	"	183	127	100	84	73	65
Elevación inicial	m	198.80	198.80	198.80	198.80	198.80	198.80
Elevación máxima	"	211.84	208.52	206.81	205.76	204.95	204.38
Carga máxima	"	13.04	9.72	8.01	6.96	6.15	5.58
		Capacidad de conservación 100 millones de m ³					
Longitud de cresta	m	50	100	150	200	250	300
Elevación cresta	"	193.20	193.20	193.20	193.20	193.20	193.20
Gasto máximo entrada	m ³ /s	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Gasto máximo salida	"	5809	7388	8157	8643	9046	9235
Regularización	%	41.9	26.1	18.4	13.6	9.5	7.7
Almacenamiento inicial	Mills.m ³	100	100	100	100	100	100
Almacenamiento máximo	"	255	204	182	167	158	152
Volumen retenido	"	155	104	82	67	58	52
Elevación inicial	"	193.20	193.20	193.20	193.20	193.20	193.20
Elevación máxima	"	207.16	203.51	201.63	200.44	199.64	198.99
Carga máxima	"	13.96	10.31	8.43	7.24	6.44	5.79

Los resultados anteriores se consignan en las gráficas al final del capítulo, recomendándose un vertedor libre de unos 150 -- mts. a 200 mts. de longitud de cresta. Para el primero se alcanzan niveles de aguas máximas extraordinarias de 213.68, 206.81 y 201.63 mts., para las capacidades de conservación de 240, 150 y 100 millones de m³ respectivamente.

Vaso Los Hules

Se efectuó el tránsito del tren de avenidas recomendado como creciente de diseño para el vertedor, considerando para éste diversas longitudes e iniciando cada análisis con almacenamientos de 220, 110 y 200 millones de m³, correspondientes respectivamente a las capacidades de conservación resultantes para las alternativas 2, 4 y 5, que son aquéllas en las que contempla el proyecto los Hules.

Los resultados obtenidos se detallan a continuación.

Resultados del tránsito de la avenida máxima probable
por el vaso Los Hules, utilizando vertedores libres.

Concepto	Unidad	Resultados					
		Capacidad de Conservación 220 millones de m ³					
Longitud de cresta	m	50	100	150	200	250	300
Elevación de cresta	"	108.80	108.80	108.80	108.80	108.80	108.80
Gasto máximo entrada	m ³ /s	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Gasto máximo salida	"	5073	6331	7110	7625	8035	8296
Regularización	%	49.3	36.7	28.9	23.8	19.7	17.0
Almacenamiento Inicial	Mills.m ³	220	220	220	220	220	220
Almacenamiento máximo	"	516	427	386	361	344	332
Volumen retenido	"	296	207	166	141	124	112
Elevación inicial	m	108.80	108.80	108.80	108.80	108.80	108.80
Elevación máxima	"	121.56	118.18	116.50	115.47	114.75	114.19
Carga máxima	"	12.76	9.38	7.70	6.67	5.95	5.39
		Capacidad de conservación 110 millones de m ³					
Longitud de cresta	m	50	100	150	200	250	300
Elevación de cresta	"	101.25	101.25	101.25	101.25	101.25	101.25
Gasto máximo entrada	m ³ /s	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Gasto máximo salida	"	4871	6604	7610	8224	8699	8940
Regularización	%	51.3	34.0	23.9	17.8	13.0	10.6
Almacenamiento inicial	Mills.m ³	110	110	110	110	110	110
Almacenamiento máximo	"	320	260	229	210	197	187
Volumen retenido	"	210	150	119	100	87	77
Elevación inicial	m	101.25	101.25	101.25	101.25	101.25	101.25
Elevación máxima	"	113.67	110.88	109.30	108.26	107.52	106.92
Carga máxima	"	12.42	9.63	8.05	7.01	6.27	5.67

Concepto	Unidad	Capacidad de conservación 200 millones de m ³					
Longitud de cresta	m	50	100	150	200	250	300
Elevación de cresta	"	107.70	107.70	107.70	107.70	107.70	107.70
Gasto máximo entrada	m ³ /s	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Gasto máximo salida	"	5137	6415	7200	7719	8133	8383
Regularización	s	48.6	35.9	28.0	22.8	18.7	16.2
Almacenamiento inicial	Mills.m ³	200	200	200	200	200	200
Almacenamiento máximo	"	488	402	361	337	320	307
Volumen retenido	"	288	202	161	137	120	107
Elevación inicial	m	107.70	107.70	107.70	107.70	107.70	107.70
Elevación máxima	"	120.56	117.16	115.46	114.42	113.69	113.13
Carga máxima	"	12.86	9.46	7.76	6.72	5.99	5.43

Los resultados anteriores se consignan en la gráfica al final del capítulo, recomendándose un vertedor libre de unos 150 -- mts. a 200 mts. de longitud de cresta. Para el primero se alcanzan niveles de aguas máximas extraordinarias de 116.50, 109.30 y 115.46 mts., para las capacidades de conservación de 220, 110 y 200 millones de m³ respectivamente.

Vaso Camaitlán

Se realizó el tránsito del tren de avenidas recomendado como creciente de diseño para el vertedor, considerando para éste diversas longitudes e iniciando cada análisis con almacenamiento de 110 y 50 millones de m³, correspondiendo el primero a la capacidad de conservación propuesta en las alternativas 2 y 6 y el segundo a la recomendada en la alternativa 4.

Los resultados se muestran a continuación.

Resultados del tránsito de la avenida máxima probable por el vaso Camaitián, utilizando vertedores libres.

Concepto	Unidad	Resultados					
		Capacidad de conservación 100 millones de m ³					
Longitud de cresta	m	20	40	60	80	100	120
Elevación de cresta	"	137.30	137.30	137.30	137.30	137.30	137.30
Gasto máximo entrada	m ³ /s	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Gasto máximo salida	"	474	714	875	991	1090	1154
Regularización	%	76.3	64.3	56.3	50.5	45.5	42.3
Almacenamiento inicial	Mills.m ³	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Almacenamiento máximo	"	150.7	141.0	135.4	131.6	128.9	126.5
Volumen retenido	"	50.7	41.0	35.4	31.6	28.9	26.5
Elevación inicial	m	137.30	137.30	137.30	137.30	137.30	137.30
Elevación máxima	"	142.15	141.33	140.82	140.46	140.20	139.97
Carga máxima	"	4.85	4.03	3.52	3.16	2.90	2.67
		Capacidad de conservación 50 millones de m ³					
Longitud de cresta	m	20	40	60	80	100	120
Elevación de cresta	"	130.78	130.78	130.78	130.78	130.78	130.78
Gasto máximo entrada	m ³ /s	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Gasto máximo salida	"	619	896	1074	1182	1265	1329
Regularización	%	69.1	55.2	46.3	40.9	36.8	33.6
Almacenamiento inicial	Mills.m ³	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
Almacenamiento máximo	"	93.5	83.7	78.4	74.6	71.9	70.0
Volumen retenido	"	43.5	33.7	28.4	24.6	21.9	20.0
Elevación inicial	m	130.78	130.78	130.78	130.78	130.78	130.78
Elevación máxima	"	136.58	135.46	134.82	134.34	134.00	133.72
Carga máxima	"	5.80	4.68	4.04	3.56	3.22	2.94

Los resultados anteriores se consignan en las gráficas - al final del capítulo, recomendándose un vertedro libre de unos 60 mts. de longitud de cresta. Se alcanzan niveles de aguas máximas - extraordinarias de 140.82 y 134.82 mts., para las capacidades de - conservación de 100 y 50 millones de m³ respectivamente.

RIO CALABOZO
VASO ACATEPEC, HGO.
RESULTADOS DEL TRANSITO DE LA AVENIDA MAXIMA PROBABLE
POR VERTEDORES LIBRES.

Gasto maximo: 10000 m³/s
Capacidad de conservacion: 240 x 10⁶ m³
Elevacion de la cresta: 206.20 m

NOTA: Los resultados corresponden a la alternativa 2

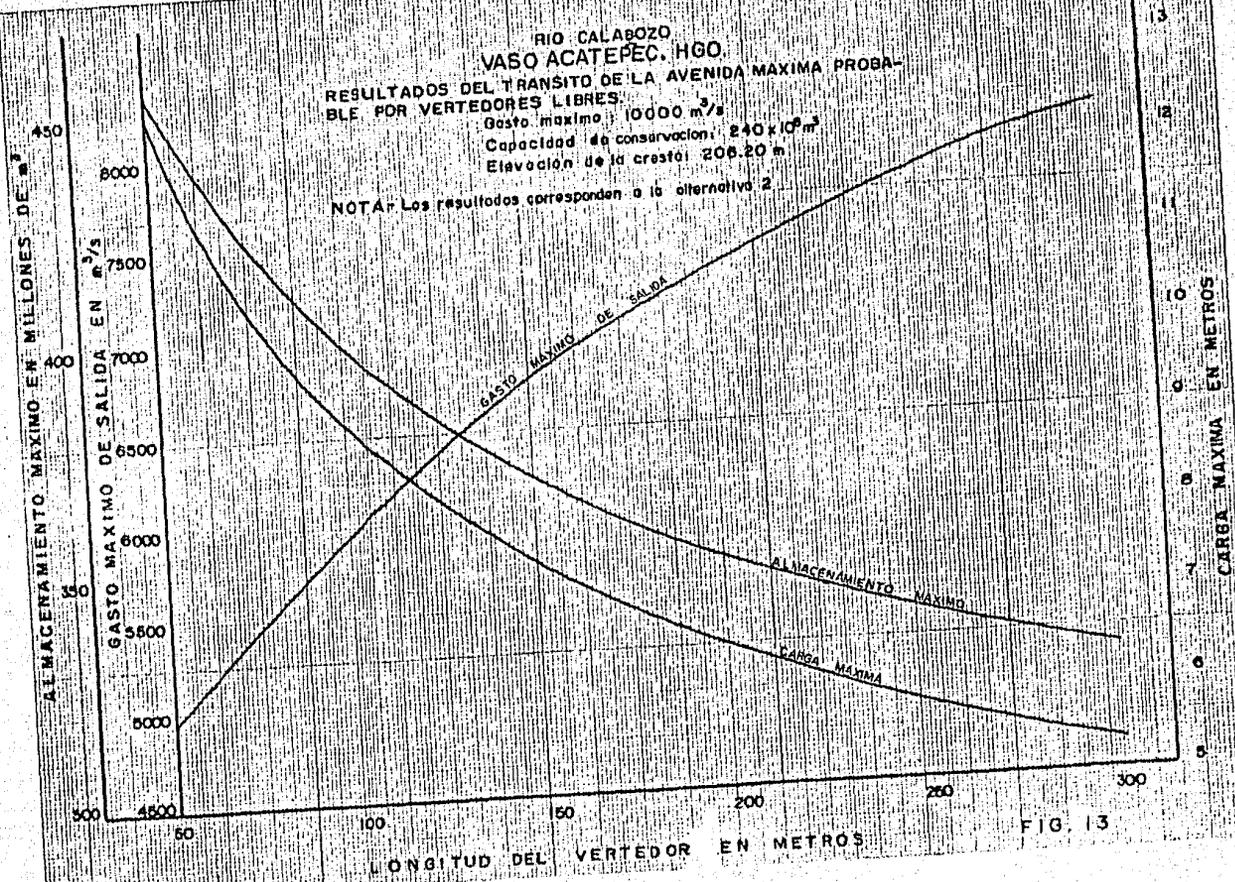
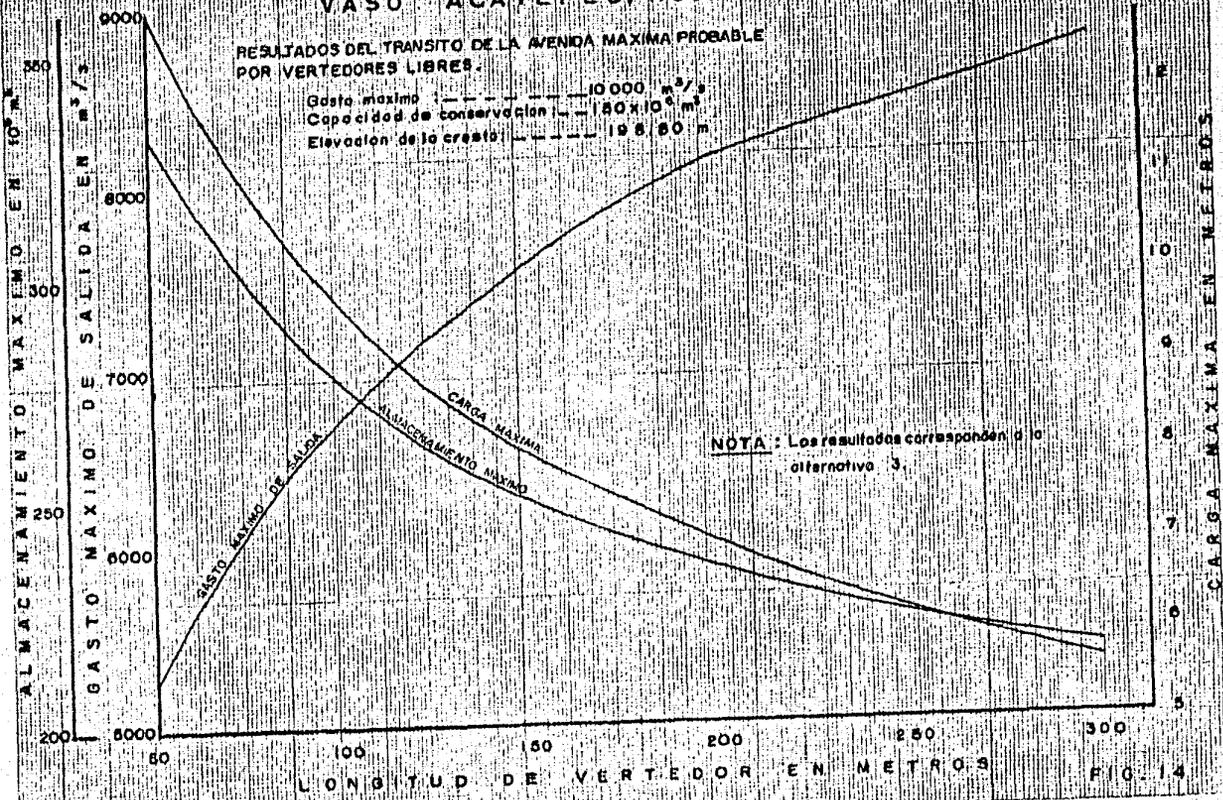


FIG. 13

RIO CALABOZO
 VASO ACATEPEC, HGO.

RESULTADOS DEL TRANSITO DE LA AVENIDA MAXIMA PROBABLE
 POR VERTEDORES LIBRES.

Gasto maximo ----- 10000 m³/s
 Capacidad de conservacion ----- 180 x 10⁶ m³
 Elevacion de la cresta ----- 19 6 80 m



NOTA: Los resultados corresponden a la alternativa 3.

FIG. 14

RIO GALAGOZO
VASO ACATEPEC, HGO.

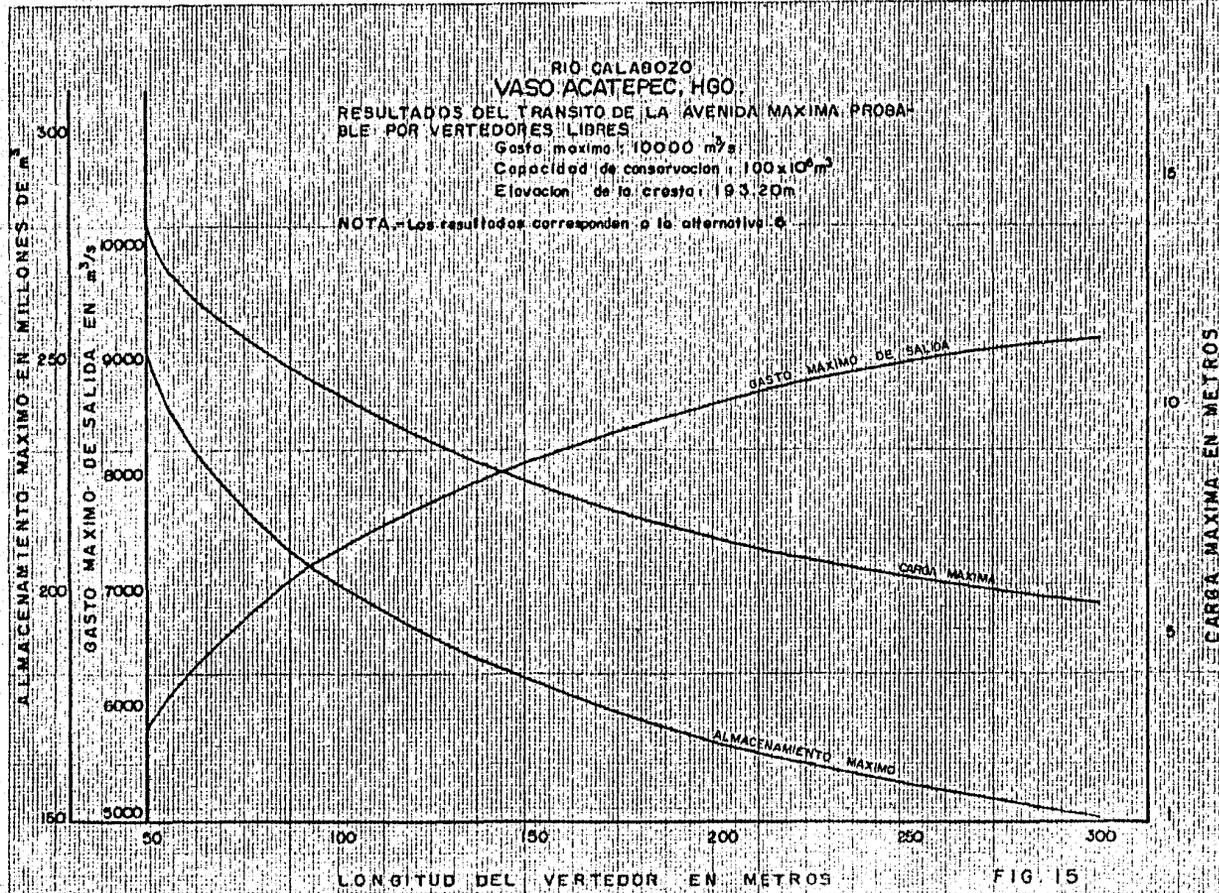
RESULTADOS DEL TRANSITO DE LA AVENIDA MAXIMA PROBABLE POR VERTEDORES LIBRES

Gasto maximo: 10000 m³/s

Capacidad de conservacion: 100 x 10⁶ m³

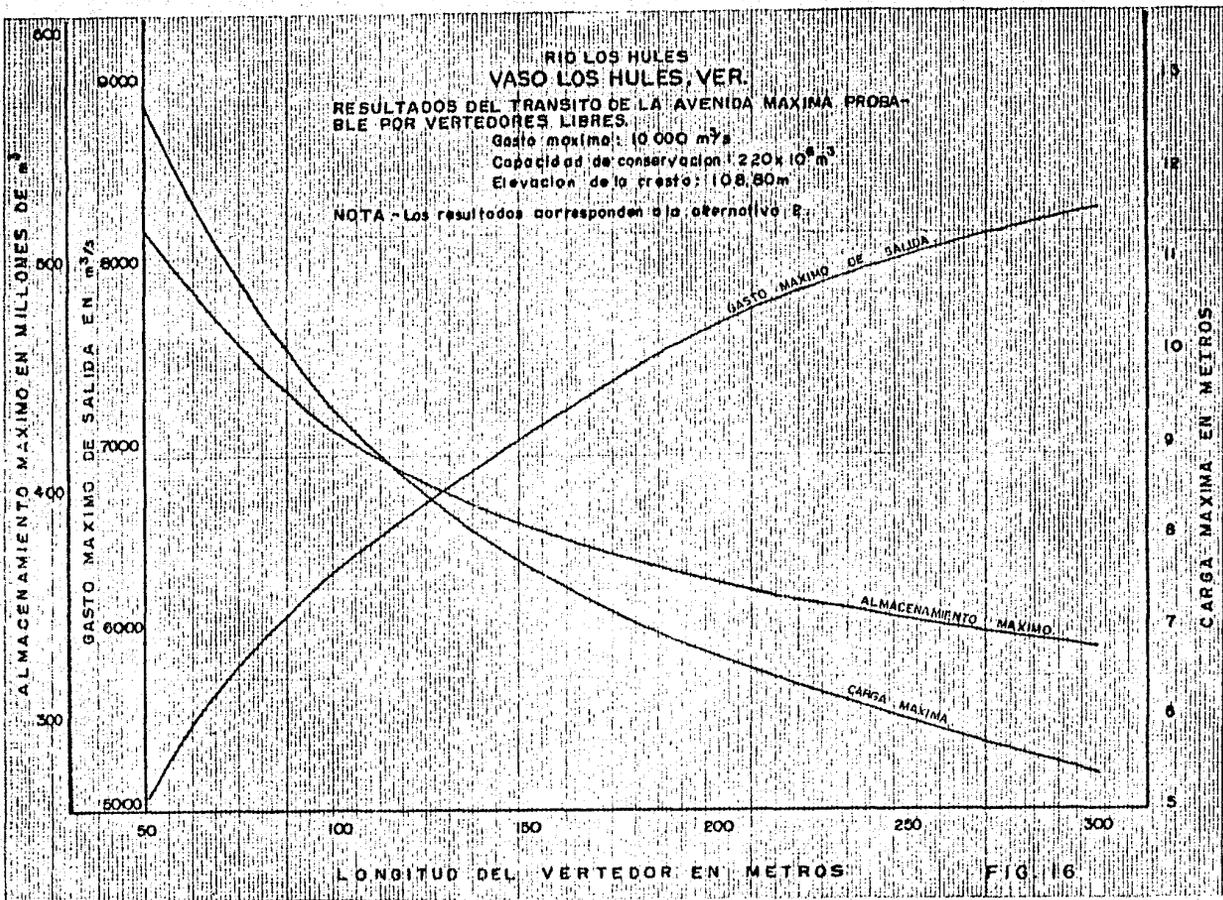
Elevacion de la cresta: 193.20m

NOTA.- Los resultados corresponden a la alternativa C



LONGITUD DEL VERTEDOR EN METROS

FIG. 15



RIO LOS HULES
VASO LOS HULES, VER.

RESULTADOS DEL TRANSITO DE LA AVENIDA MAXIMA PROBABLE POR
VERTEDORES LIBRES.

Gasto maximo: ----- 10 000 m³/s

Copocidad de conservacion: ----- 110 x 10⁶ m³

Elevacion de la cresta: ----- 1 01.25 m

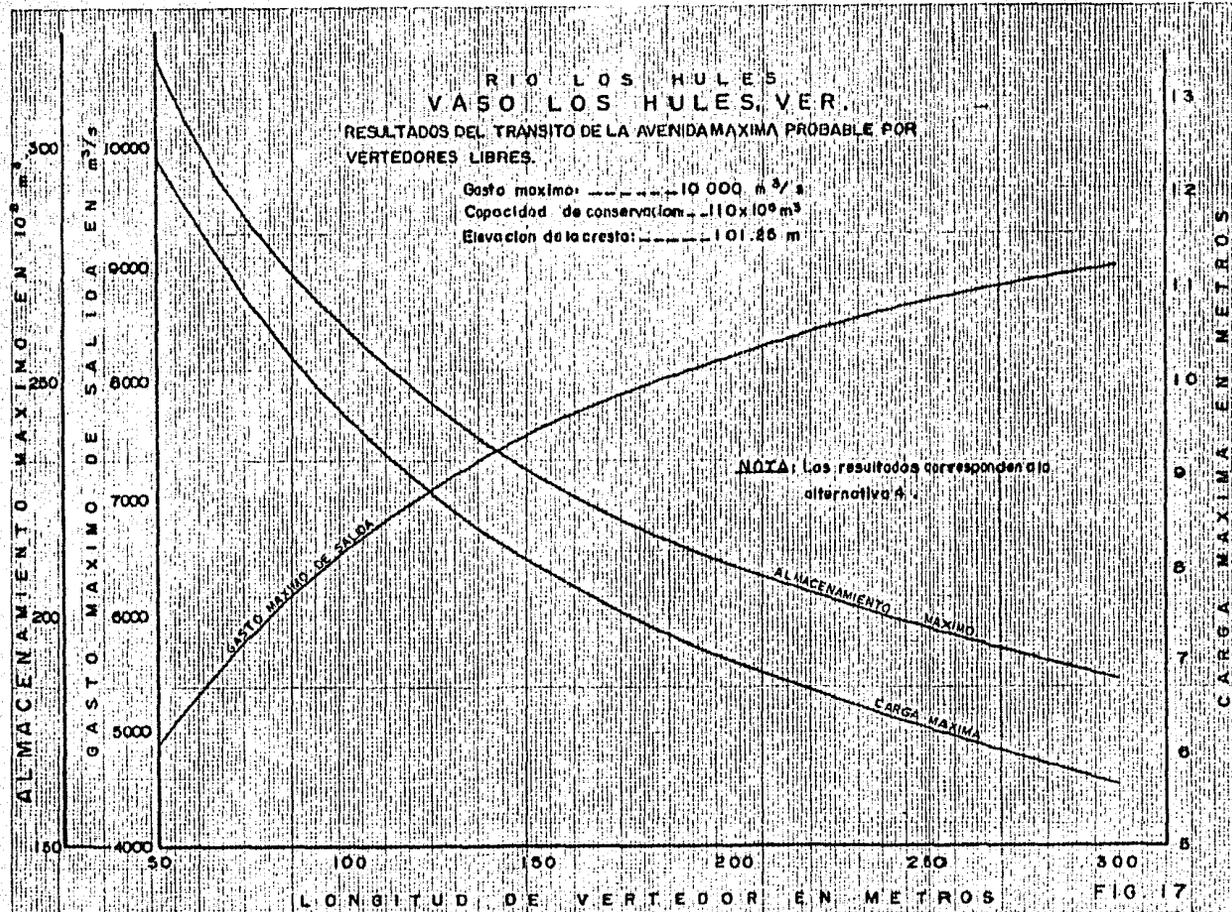


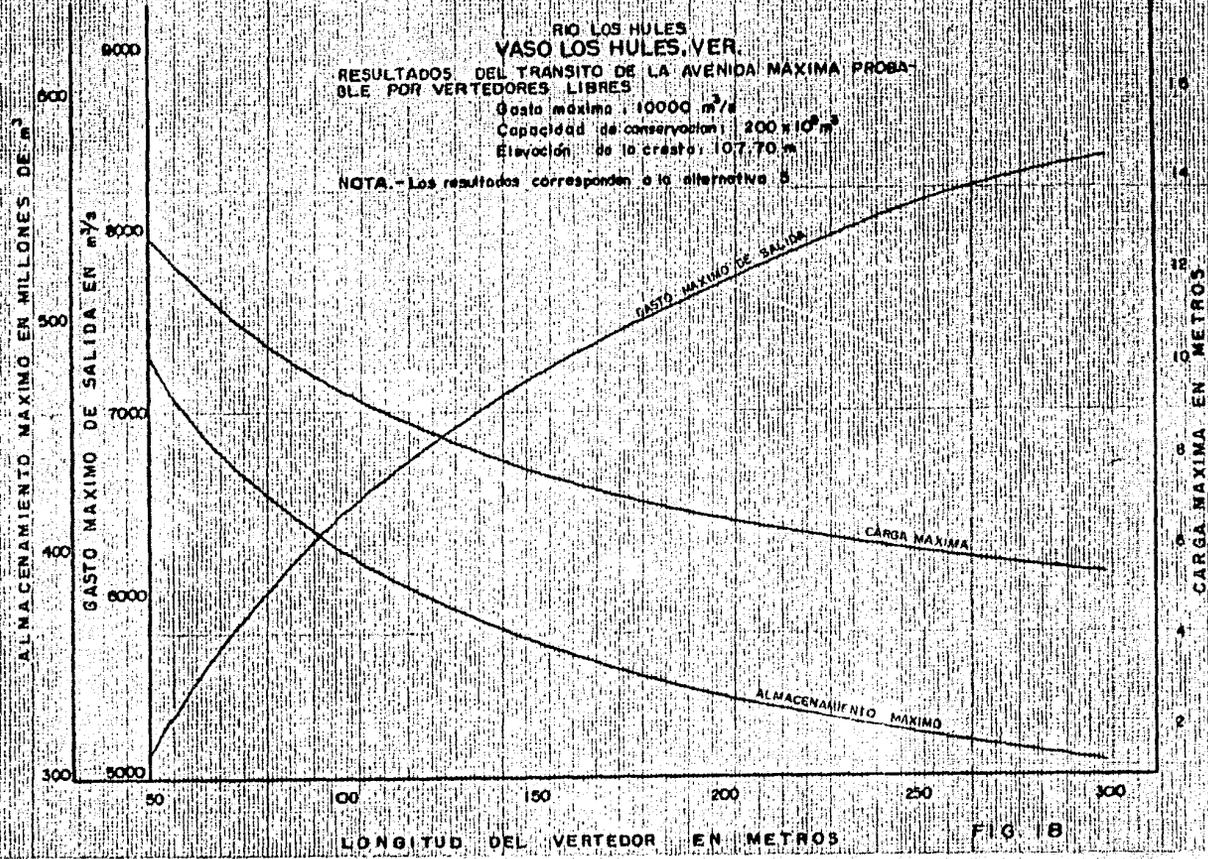
FIG 17

RIO LOS HULES
VASO LOS HULES, VER.

RESULTADOS DEL TRÁNSITO DE LA AVENIDA MÁXIMA PROBABLE POR VERTEDORES LIBRES

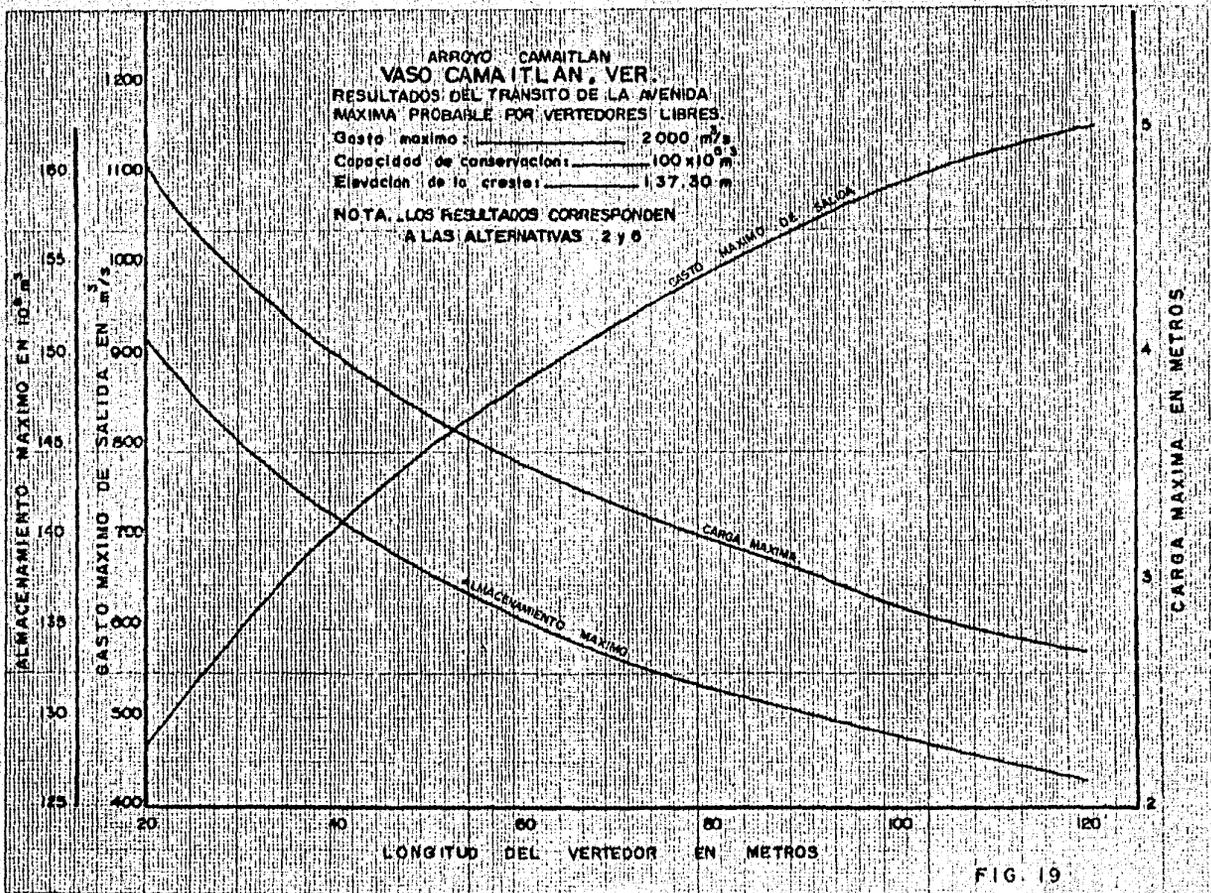
Gasto máximo: 10000 m³/s
Capacidad de conservación: 200 x 10⁶ m³
Elevación de la cresta: 107.70 m

NOTA.- Los resultados corresponden a la alternativa B



LONGITUD DEL VERTEDOR EN METROS

FIG. 18



ARROYO CAMAITLAN
 VASO CAMAITLAN, VER.
 RESULTADOS DEL TRANSITO DE LA AVENIDA
 MAXIMA PROBABLE POR VERTEDORES LIBRES
 Gasto maximo: $2000 \text{ m}^3/\text{s}$
 Capacidad de conservacion: $50 \times 10^6 \text{ m}^3$
 Elevacion de la cresta: 130.78 m

NOTA: LOS RESULTADOS CORRESPONDEN
 A LA ALTERNATIVA 4

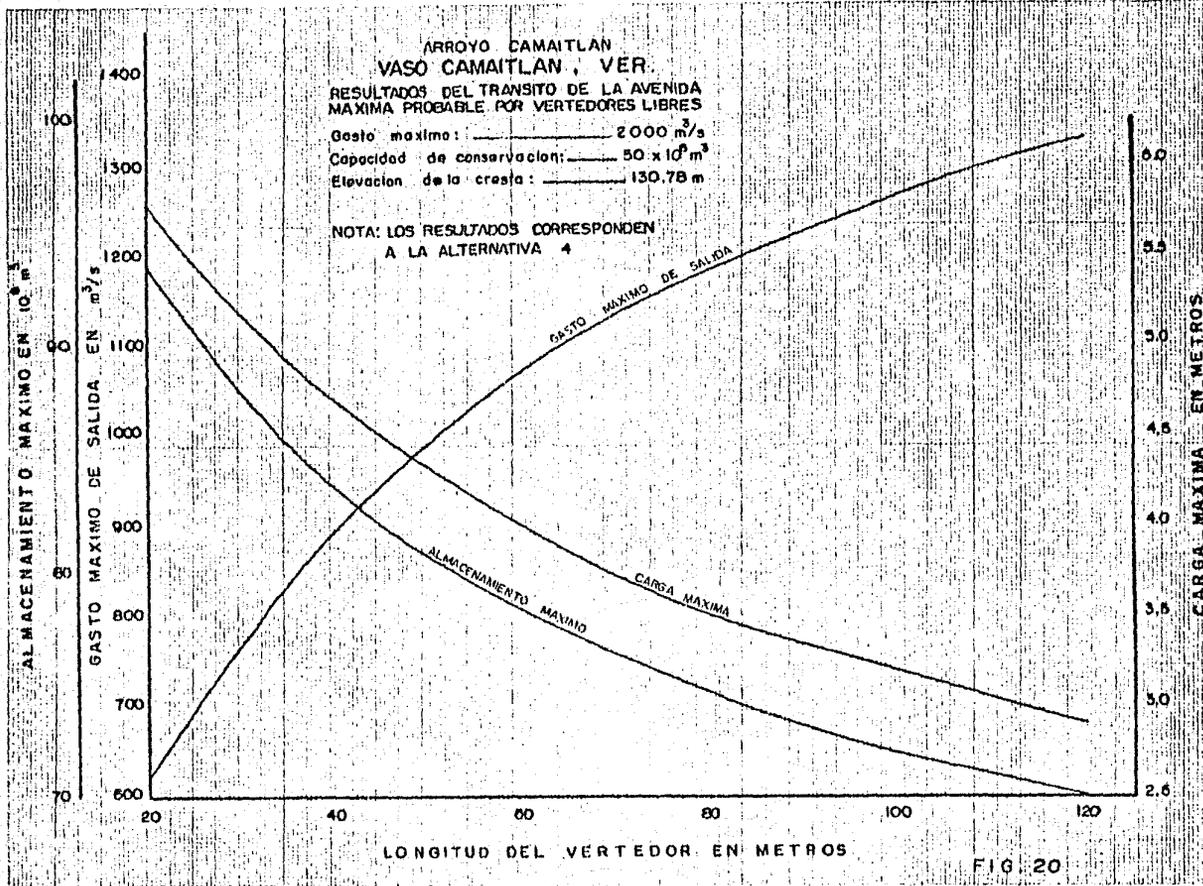


FIG. 20

V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El proyecto Hules-Calabozo contempla como finalidad principal el riego de 45 000 Has., mediante la utilización de los escurrimientos de los ríos Los Hules y Calabozo y del arroyo Camaitlán.

Para el aprovechamiento de dichos regímenes se han estudiado presas derivadoras o de almacenamiento en cada corriente, --- siendo éstas últimas Acatepec, Los Hules y Camaitlán respectivamente.

Hasta dichos proyectos, las respectivas cuencas de captación son de 1 345, 1 263 y 139 Km² y los escurrimientos medios anuales asciende a 1 014, 1 037 y 130 millones de m³.

Las demandas de riego se determinaron a partir de un programa preliminar de cultivos, para el que se obtuvieron láminas netas y bruta de 0.61 y 1.10 mts. respectivamente, considerando que la red de canales será revestida.

En vista de las diversas obras de cabecera contempladas en el proyecto, se plantearon seis alternativas, en las cuales se combinan de diferentes maneras las obras consideradas.

En la alternativa 1 se efectúa el aprovechamiento del régimen de las corrientes por derivación, habiéndose determinado que con los escurrimientos de los ríos Calabozo y Los Hules y del arro-

yo Camaitlán, es factible el riego de 4 827, 6 262 y 600 Has. respectivamente.

La alternativa 2 se refiere al aprovechamiento aislado de cada corriente mediante presas de almacenamiento para regar por sí solas las 45 000 Has. que abarca la zona de riego, Se requiere que las presas Acatepec, sobre el río Calabozo y Los Hules, sobre la corriente del mismo nombre, dispongan de capacidades de conservación de 290 y 270 millones de m^3 respectivamente. Con el proyecto Camaitlán únicamente se alcanzan a regar 9 818 Has. De acuerdo a la planeación de las obras, la presa Los Hules solamente domina unas 34 000 Has.

En las alternativas 3 a 6, las diversas combinaciones de obras permiten el riego de las 45 000 Has. existentes.

La alternativa 3 contempla como obra de cabecera la presa Acatepec con capacidad de conservación de 150 millones de m^3 , derivadoras en el río Los Hules y el arroyo Camaitlán y un túnel de interconexión entre los ríos Calabozo y Los Hules, a fin de derivar escurrimientos de aquél hacia este último.

En la alternativa 4, las obras de cabecera son las presas Los Hules y Camaitlán, con capacidades de conservación respectivas de 110 y 50 millones de m^3 y derivadora en el río Calabozo.

La alternativa 5 incluye la presa de almacenamiento Los Hules con capacidad de 200 millones de m^3 y derivadoras en el río

Calabozo y el arroyo Camaitlán.

Finalmente, la alternativa 6 comprende las presas de almacenamiento Acatepec y Camaitlán, con capacidad de conservación de 100 millones de m^3 cada una, derivadora en el río Los Hules y un túnel de interconexión entre los ríos Calabozo y Los Hules.

Avenidas

Hasta los sitios de los proyectos Acatepec, Los Hules y Camaitlán, se estimaron avenidas máximas probables con picos respectivos de 10 000, 10 000 y 2 000 m^3 /seg.

Dado que independientemente de la combinación de obras que se proponga, queda fuera de control una porción de cuenca muy importante hasta la zona de riego, no se contempló en el estudio el aspecto del control de avenidas, considerándose para las presas obras de excedencias constituidas por vertedores libres.

A fin de abarcar todas las posibilidades, los tránsitos de la avenida máxima probable de cada vaso se realizaron considerando las diversas capacidades de conservación propuestas en las diferentes alternativas en las que interviene cada proyecto. Tentativamente se recomiendan longitudes de cresta de 150 m a 200 m para las presas Acatepec y Los Hules y de 60 m para Camaitlán.

Concretando para la alternativa 3, el vaso Acatepec deberá disponer de un vertedor libre de 150 m a 200 m de longitud con-

cresta a la elevación de 198.80 m, que es el nivel correspondiente a la capacidad de conservación de 150 millones de m^3 . Para la longitud de 150 m se obtuvo un gasto máximo de salida de $7\ 555\ m^3/seg$ y el NAME alcanza la elevación 206.81 m, trabajando el vertedor -- con una carga máxima de 8.01 m.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se consideran como más atractivas las alternativas 3 y 5 con una sola presa de almacenamiento. Sin embargo, cabe aclarar que la presa Los Hules domina por gravedad unas 34 000 Has., por lo que en la alternativa 5 se requeriría prolongar el canal de margen derecha para cruzar el río Calabozo y además bombeos en ciertas áreas.

Con base en lo anterior, se juzga más recomendable la alternativa 3, según la cual la presa Acatepec dispondría de una capacidad de conservación de 150 millones de m^3 y auxiliada con un túnel que intercomunicaría los ríos Calabozo y Los Hules, estaría en posibilidades de dominar las 45 000 Has. existentes.

En última instancia, la selección de la combinación de obras más conveniente estará regida por el aspecto económico, brindando el presente estudio las herramientas necesarias para efec---tuar un análisis de costos que abarque las diversas alternativas y permita tomar una decisión más fundamentada. Para una mejor interpretación de los resultados obtenidos, se presenta el siguiente cuadro.

Resumen de las diferentes alternativas consideradas.

Alternativa	Río Calabozo		Río Los Hules		Arroyo Camaitlán		Area Total beneficiada Has.
	Obra	Capacidad Conservación Mills.m ³	Obra	Capacidad Conservación Mills. m ³	Obra	Capacidad Conservación Mills. m ³	
1	Derivadora	- -	Derivadora	- -	Derivadora	- -	11 691
2a	Almacenamiento	290					45 000
2b			Almacenamiento	270			45 000
2c					Almacenamiento	100	9 818
3	Almacenamiento	150	Derivadora	- -	Derivadora	- -	45 000
4	Derivadora	- -	Almacenamiento	110	Almacenamiento	50	45 000
5	Derivadora	- -	Almacenamiento	200	Derivadora	- -	45 000
6	Almacenamiento	100	Derivadora	- -	Almacenamiento	100	45 000

Nota.- De acuerdo a la planeación de las obras, la presa Los Hules domina unas 34 000 Has.

BIBLIOGRAFIA

- Expediente 2628-1 de la Subdirección de Hidrología de la S.A.R.H.
- Pequeños Almacenamientos.- Dirección General de Obras Hidráulicas para el desarrollo rural, S.R.H. (1975).
- Presas Derivadoras.- Dirección de Proyectos, S.R.H. (1973).
- Ingeniería de los Recursos Hidráulicos.- Ray K. Linsley y Joseph B. Franzini. (1979).
- Hidrología para Ingenieros.- Ray K. Linsley, Max A. Kohler y --- Joseph L.H. Paulhus. (1977)
- Hidrología.- Rolando Springall G. (1970).
- Manual de Diseño de Obras Civiles. C.F.E. (1980).
- Diferentes Instructivos.- Dirección General de Estudios, S.A.R.H.