

2049A



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESTUDIO HIDROLOGICO DE LA
PRESA "LA POLVORA", JAL.**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A:
ROSARIO ANTONIO FELIX RUIZ

MEXICO, D. F.

1989

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

ESTUDIO HIDROLOGICO DE LA PRESA

"LA POLVORA", JAL.

I N D I C E

	PÁG.
INTRODUCCION	1
CAPITULO I ANTECEDENTES Y ASPECTOS GENERALES	
1.1 ANTECEDENTES	4
1.2 OBJETIVO	4
1.3 LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	4
1.4 HIDROGRAFÍA	5
CAPITULO II INFORMACION DISPONIBLE	
II.1 INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA	6
II.2 INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA	6
II.2.1 PRECIPITACIÓN MEDIA DE LA CUENCA	6
II.2.2 PRECIPITACIÓN MEDIA DE LA ZONA DE RIEGO	7
II.2.2.1 TEMPERATURA MEDIA DE LA ZONA - DE RIEGO	7
II.3 INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA	7
CAPITULO III DEMANDAS DE RIEGO	
III.1 SUPERFICIE DISPONIBLE DE RIEGO	9

	PÁG.
III.2 PROGRAMA DE CULTIVOS	9
III.3 USOS CONSUNTIVOS	10
CAPITULO IV ESTUDIO DE AVENIDAS	
IV.1 FINALIDAD DEL ANÁLISIS	19
IV.2 CÁLCULO DE LA AVENIDA MÁXIMA PROBABLE	21
IV.3 HIDROGRAMA DE LA AVENIDA MÁXIMA PROBABLE	38
IV.4 RESULTADOS	39
CAPITULO V FUNCIONAMIENTO DE VASO Y TRANSITO DE AVENIDAS	
V.1 ENTRADAS AL VASO	40
V.2 EVAPORACIONES NETAS	40
V.3 SALIDAS DE RIEGO	42
V.4 DE TERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE AZOLVES	43
V.5 FUNCIONAMIENTO DE VASO	44
V.6 ALTERNATIVAS ANALIZADAS	50
V.7 RESULTADOS DEL FUNCIONAMIENTO DE VASO	50
V.8 TRÁNSITO DE LA AVENIDA	50
V.9 RESULTADOS DEL TRÁNSITO DE AVE- NIDAS	54
CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
VI.1 GENERALIDADES	56
VI.2 RIEGO	56
VI.3 AVENIDAS	56

I N T R O D U C C I O N

SE PUEDE AFIRMAR QUE TODO LO QUE VIVE SOBRE LA FAZ DE LA TIERRA DEPENDE DEL AGUA, EL HOMBRE LA REQUIERE PARA SUS NECESIDADES BÁSICAS; USOS RECREATIVOS, PARA TRANSFORMARLA EN ENERGÍA Y PARA LOS PROCESOS DE MANUFACTURA Y PARA LA AGRICULTURA, COMO CONSECUENCIA DEL INCREMENTO DE LA POBLACIÓN MUNDIAL Y DEL MEJORAMIENTO DE SUS CONDICIONES DE VIDA, SE HA ORIGINADO UN AUMENTO EXTRAORDINARIO EN LA DEMANDA DE AGUA.

POR DESGRACIA, NO SIEMPRE ES POSIBLE SATISFACER LAS NECESIDADES HUMANAS Y CON FRECUENCIA SU ESCASEZ NO PERMITE DISPONER DE LA CANTIDAD NECESARIA Y OTRAS VECES, SU EXCESO PRODUCE INUNDACIONES, ORIGINANDO GRAVES DAÑOS MATERIALES Y ALGUNAS VECES PÉRDIDAS DE VIDAS HUMANAS.

LA IRREGULAR DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LAS AGUAS, HA OBLIGADO A CONSTRUIR GRANDES OBRAS DE PROTECCIÓN Y DRENAJE, Y DE REGULACIÓN, CAPACES DE COMPENSAR, ESTAS ÚLTIMAS, LA ESCASEZ Y EL EXCESO DE LAS AGUAS, EL DESARROLLO DE TALES PROYECTOS NO PUEDE LLEVARSE A CABO SIN LOS ESTUDIOS BÁSICOS NECESARIOS PARA ASEGURAR LA MEJOR UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS HIDRÁULICOS DISPONIBLES O PARA EVITAR LAS DESASTROSAS CONSECUENCIAS DE SU ALMACENAMIENTO INCONTROLADO O INSEGURO, ADEMÁS DE PREVENIR LOS PROYECTOS ABSURDOS Y COSTOSOS.

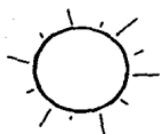
EL CICLO HIDROLÓGICO SE PUEDE DESCRIBIR EN FORMA CUALITATIVA Y ABREVIADA DICHIENDO QUE INICIA CON LA EVAPORACIÓN, EL VAPOR RESULTANTE DE LA FASE ANTERIOR ES TRANSPORTADO POR LAS MASAS DE AIRE EN MOVIMIENTO, CONDENSÁNDOSE -

POSTERIORMENTE FORMANDO NUBES QUE PUEDEN OCASIONAR PRECIPITACIONES EN FORMA DE LLUVIA, GRANIZO O NIEVE DEL AGUA QUE CAE EN ALGUNAS DE SUS FORMAS SOBRE EL TERRENO, UNA PARTE SE INFILTRA Y OTRA ESCURRE SOBRE EL MISMO, FORMANDO ARROYOS Y RÍOS, Y DONDE LAS CONDICIONES TOPOGRÁFICAS LO PERMITEN, LAGOS Y LAGUNAS, DESCARGANDO POSTERIORMENTE UN GRAN PORCENTAJE DE LO LLOVIDO EN EL MAR.

EL AGUA RETENIDA ES DEVUELTA A LA ATMÓSFERA POR LA EVAPORACIÓN, LAS AGUAS QUE SE INFILTRAN, SON RETENIDAS EN PARTE POR LA VEGETACIÓN Y DEVUELTAS A LA ATMÓSFERA POR TRANSPIRACIÓN, Y EL RESTO CONTINÚA INFILTRÁNDOSE EN EL SUBSUELO, ABASTECIENDO DE ESTA FORMA LOS ESCURRIMIENTOS Y DEPÓSITOS SUBTERRÁNEOS.

LAS AGUAS QUE SE ESCURREN O SE EMBALSAN SOBRE EL SUELO, SE DENOMINAN SUPERFICIALES Y LAS QUE SE ENCUENTRAN EN EL SUBSUELO, SUBTERRÁNEAS, LAS CONDICIONES TOPOGRÁFICAS Y LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO Y SUBSUELO, DETERMINAN QUE MUCHAS VECES SE PRODUZCAN AFLORAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS LAS QUE CONTINÚAN ESCURRIENDO COMO SUPERFICIALES, LAS AGUAS ASÍ ALMACENADAS EN SUS FORMAS SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA, SON APROVECHADAS POR MEDIO DE SU CAPTACIÓN PARA LOS FINES QUE CONVENGA.

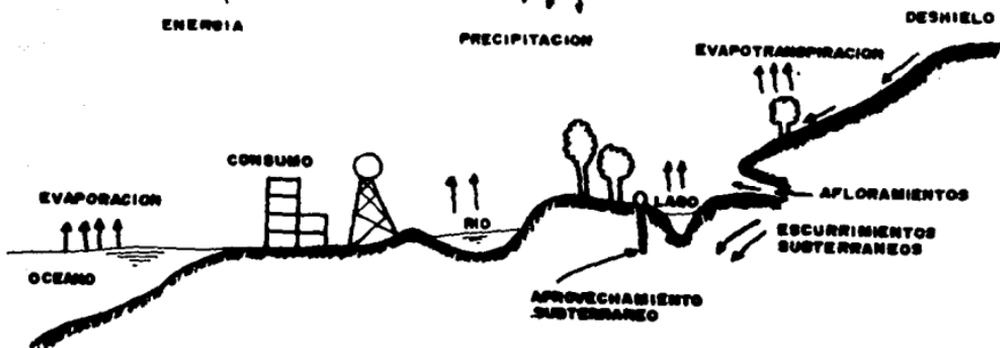
CICLO HIDROLOGICO



ENERGIA



PRECIPITACION



CAPITULO I

ANTECEDENTES Y ASPECTOS GENERALES

1.1.- ANTECEDENTES

1.2.- OBJETIVO

1.3.- LOCALIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO

1.4.- HIDROGRAFIA

1.1.- ANTECEDENTES

Dada la situación actual del País, en el cual se requiere aprovechamiento de los recursos hidráulicos existentes, se pretende incorporar un mayor número de hectáreas susceptibles de abrirse a la agricultura y aumentar la producción de las ya establecidas.

En tal situación se encuentra la zona centro de la República Mexicana que deberá tener la pretensión de aprovechamiento de los recursos naturales para la producción de alimentos y satisfacción de necesidades hídricas poblacionales, industriales, generación hidroeléctrica y acuicultura.

1.2.- OBJETIVO

El objetivo fundamental del presente análisis hidrológico es la determinación del volumen de agua susceptible de aprovecharse para el riego de 4 637 has., localizadas en ambos márgenes del rfo Huáscato, considerando el sitio de proyecto para la construcción de la Presa "La Páivora".

1.3.- LOCALIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona en estudio se encuentra localizada en la región hidrológica núm. 12 (parcial), según regionalización de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, la cuenca del rfo Huáscato se encuentra localizada entre las coordenadas:

20° 30' - 20° 45' de latitud norte y
102° 00" - 102° 15' de longitud oeste

Y el sitio en que se encuentra ubicada la Presa
la Pólvora es:

20° 30' de latitud norte y:
102° 13' de longitud oeste.

La ubicación de lo antes descrito, puedo observar
se en el plano núm. 1.3.1.

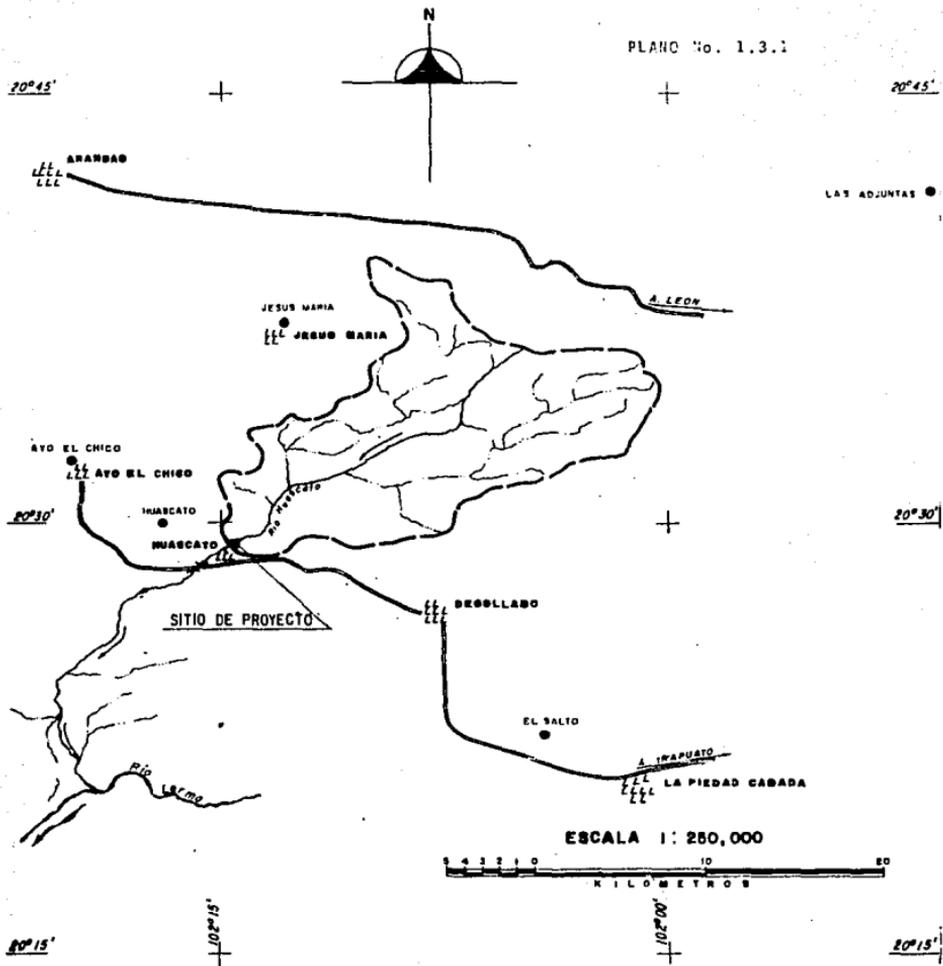
1.4.- HIDROGRAFIA

El origen del rfo Huáscato se encuentra en un sitio llamado Josefino Allende, ubicado cerca de la Línea divisoria entre los Estados de Jalisco y Guanajuato a 27 kms. al este de Arandas, Jal., a una elevación de 2 226 m.s.n.m.

En los primeros 9 kms. escurre con dirección suroeste; cambia después hacia el sur, hasta la elevación 1 800 - - m.s.n.m. en las cercanías del rancho "El Chavielo", hasta este punto la corriente se conoce como Arroyo de Cruces; después se llama rfo Huáscato y todavía experimenta dos cambios importantes de dirección, primero al suroeste y después al oeste pasando por la parte sur del cerro del Salitre, después del cual sufre otra desviación hacia el sur y cruza la carretera México-Guadalajara, en el tramo La Piedad - Atotonilco el alto, mantiene esta dirección hasta la altura del Rancho San Jerónimo, Jal., y descarga su caudal al rfo Yurécuaro, Mich.

PROYECTO "LA POLVORA", JAL.
CROQUIS DE LOCALIZACION

PLANO No. 1.3.1



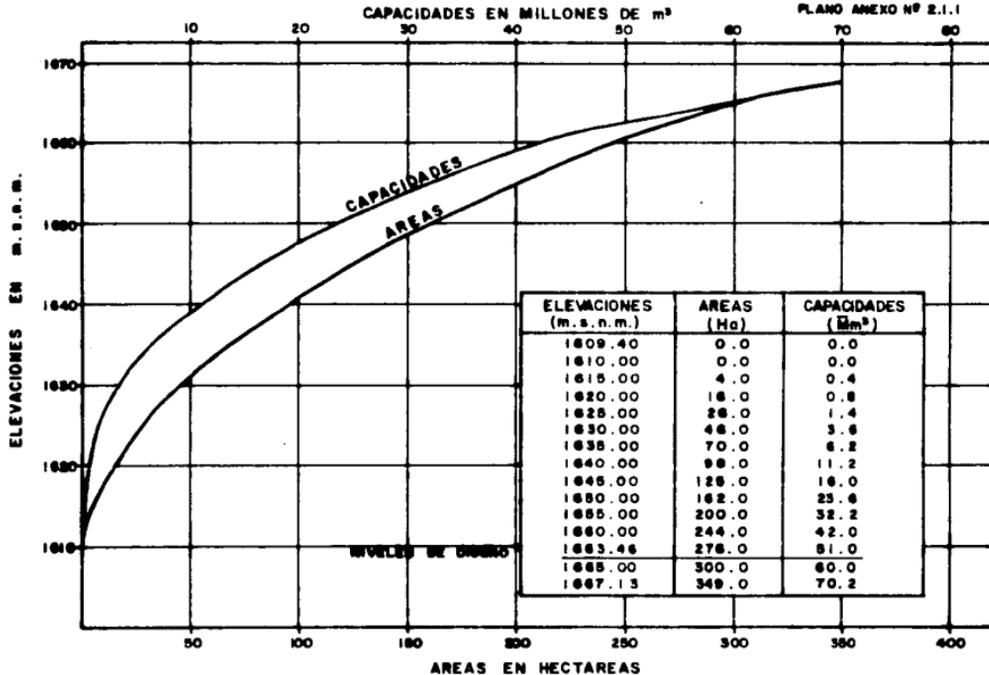
CAPITULO II

INFORMACION DISPONIBLE

- II.1.- INFORMACION TOPOGRAFICA
- II.2.- INFORMACION CLIMATOLOGICA
 - II.2.1.- PRECIPITACION MEDIA DE LA CUENCA
 - II.2.2.- PRECIPITACION MEDIA DE LA ZONA DE RIEGO
 - II.2.2.1.-TEMPERATURA MEDIA DE LA ZONA DE RIEGO
- II.3.- INFORMACION HIDROMETRICA

PROYECTO PRESA "LA POLVORA" JAL.
CURVA DE ELEVACIONES-AREAS-CAPACIDADES

PLANO ANEXO Nº 2.1.1



PROYECTO PRESA LA POLVORA, JAL.
 ESTACIONES CLIMATOLOGICAS LOCALIZADAS
 EN LA ZONA DE PROYECTO

CUADRO No. 2.2.1

ESTACION	COORDENADAS		PERIODO DE DATOS		
	LATITUD	LONGITUD	LLUVIA	TEMPERATURA	EVAPORACION
JESUS MARIA	20° 36'	102° 13'	1944 - 1982	1944 - 1982	1964 - 1982
AYO EL CHICO	20° 32'	102° 20'	1965 - 1984	1943 - 1984	1974 - 1982
HUASCATO	20° 30'	102° 17'	1964 - 1984	1964 - 1984	1964 - 1984
EL SALTO	20° 23'	102° 05'	1943 - 1984	1973 - 1984	Incompleto
LAS ADJUNTAS	20° 41'	101° 46'	1944 - 1982	1944 - 1982	1944 - 1982

II.- INFORMACION DISPONIBLE

II.1.- INFORMACION TOPOGRAFICA

Se pudo disponer de las cartas topográficas de la zona escala 1:50 000 editadas por INEGI, determinándose en éstas el trazo del parteaguas también se cuenta con la curva elevaciones - áreas - capacidades, proporcionada por la coordinación regional de la zona centro de la Dirección General de Irrigación y Drenaje de la S.A.R.H., la misma puede observarse en el plano anexo núm. 2.1.1.

II.2.- INFORMACION CLIMATOLOGICA

Se hizo la recopilación de los datos climatológicos que se consideraron de utilidad para llevar a cabo el análisis hidrológico, registradas en las estaciones cercanas al sitio de Proyecto, así como aquellas que son aledañas a la cuenca de influencia.

En el cuadro núm. 2.2.1, se muestra la relación de las estaciones que sirvieron como apoyo para el análisis, con su respectivo periodo de registro de precipitación, temperatura y evaporación media registrada.

II.2.1.- PRECIPITACION MEDIA DE LA CUENCA

Con apoyo de las estaciones que se muestran en el cuadro núm. 2.2.1, se determinó la precipitación media hasta la

estación Huáscato, empleando el método de las Isoyetas (ver plano no núm. 2.2.1.1.).

Del método antes nombrado se obtuvo que la precipitación media de la cuenca es de 826.5 mm.

Se deduce también que el período de lluvias comprende de los meses de junio a octubre.

II.2.2.- PRECIPITACION MEDIA DE LA ZONA DE RIEGO

La estación climatológica más próxima a la zona es Huáscato, misma que se tomará como base para el cálculo del clima y del uso consuntivo, de cuyos datos (cuadro 2.2.2) se obtuvo una precipitación media anual de 866.5 mm.

II.2.2.1.-TEMPERATURA MEDIA DE LA ZONA DE RIEGO

La temperatura media anual obtenida de los datos de la estación Huáscato (cuadro núm. 2.2.2.1) resultó ser de - - 19.90 °C.

II.3.- INFORMACION HIDROMETRICA

Dentro de la zona de estudio se encuentra la estación Huáscato, localizada sobre el río del mismo nombre.

El río Huáscato, es tributario de parte de los escurrimientos que llegan al lago de Chapala, que es de las fuen--

tes de abastecimiento de agua potable a la Ciudad de Guadalajara, por lo que en el análisis que se presenta también se está - considerando el no provocar afectaciones considerables a los escurrimientos a esta fuente de aprovechamiento.

PROYECTO "LA POLVORA", JAL.

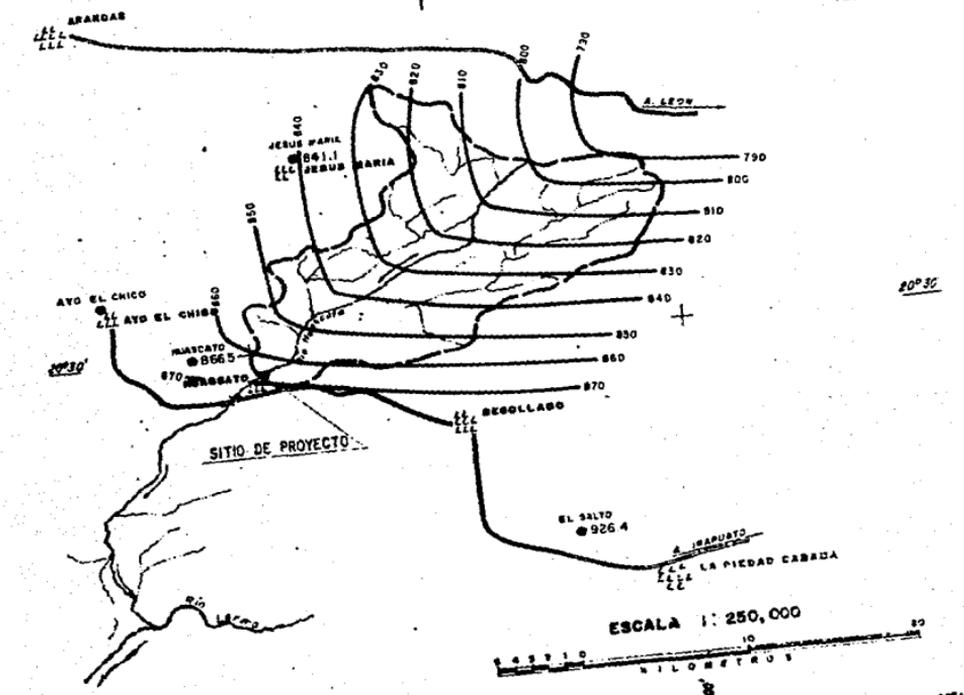
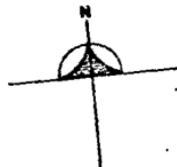
ISOYETAS (1964-1984)

PLANO No. 2.2.1.1

20°45'

LAS ACJUNTAS
729.5

20°45'



20°30'

8-A

20°15'

20°15'

20°15'

CAPITULO III

DEMANDAS DE RIEGO

- III.1.- SUPERFICIE DISPONIBLE AL RIEGO
- III.2.- PROGRAMA DE CULTIVOS
- III.3.- USOS CONSUNTIVOS

III.1.- SUPERFICIE DISPONIBLE AL RIEGO

De acuerdo a la información proporcionada por la Subdirección de Ingeniería Civil de la S.A.R.H., la zona por regar abarca 4 637 has., mismas que se localizan en ambas márgenes del río Huáscato.

III.2.- PROGRAMA DE CULTIVOS

Con el fin de calcular ó determinar el uso consum tivo y las demandas de riego para una zona en particular, se de berá formular un plan de cultivos adecuado a las condiciones cli máticas, eda fológicas, mercado, etc., y para ello es gran auxi liar el estudio agroeconómico de la zona ó de alguna zona vecina.

Es necesario definir su distribución en cuanto - al área que cubre cada cultivo y al calendario agrícola, para -- ver las posibilidades de considerar dobles cultivos, el programa estará así compuesto por cultivos establecidos y cultivos repeti dos en cierta proporción y distribución en el ciclo agrícola, pa ra ver las posibilidades de considerar dobles cultivos, el pro-- grama estará así compuesto por cultivos establecidos y cultivos repeti dos en cierta proporción y distribución en el ciclo agrícola.

Para fines del presente estudio se utilizó el - plan de cultivos proporcionado por la coordinación regional del centro, mismo que se observa en el cuadro núm. 3.2.1, así como - periodos vegetativos y el área propuesta para cada cultivo, con este plan de cultivos se obtiene un índice de repetición de cultivos de 1.4, teniendo un área de 1 854.8 has. de dobles cultivos.

III.3.- USOS CONSUNTIVOS

El uso consuntivo ó evapotranspiración, es la cantidad de agua que se consume por concepto de evaporación directamente del suelo adyacente, más la que requieren las plantas para la formación de sus tejidos y para respirar. La parte de agua que queda a formar parte de las plantas, es muy pequeña con respecto a la que transpiran a través de la superficie del follaje expuesto a la intemperie.

Es muy difícil separar la evaporación de la transpiración con mediciones de campo, por lo que ambos procederán como uno solo y se denomina evapotranspiración o uso consuntivo.

Conocida esta cantidad de agua, se pueden proporcionar los riegos en el tiempo y magnitud debidos, es decir, de manera que no falte el agua para el desarrollo normal de las plantas, ni se produzcan desperdicios que puedan ser perjudiciales para los cultivos.

Las demandas de riego son las cantidades de agua que se requiere dar a los cultivos para lograr el desarrollo adecuado de las plantas, así como para las pérdidas que se sufren por la evaporación del terreno y la infiltración profunda del mismo y de otras que son atribuibles a fallas de operación estas demandas se calculan a nivel de parcela y es necesario incrementarlas en una cantidad adecuada para compensar las pérdidas que se originan por la conducción en los cauces y en la red de canales.

El uso consuntivo sufre variaciones de acuerdo -

al cultivo considerado, pero existen otros factores que intervienen en la cantidad de agua para consumo de las plantas, algunos de estos factores involucran el manejo humano y otros que se relacionan con el clima, el abastecimiento de agua, los suelos y la topografía del terreno. A continuación se describen los factores más importantes.

La temperatura es básica para la selección de los cultivos más apropiados en una zona y es el factor más importante que interviene en el consumo de agua por los cultivos, las temperaturas muy bajas retardan el crecimiento de las plantas y las muy altas producen un estado latente; la transpiración es influenciada no solo por la temperatura, sino también por el área de follaje expuesto y las necesidades fisiológicas de las plantas.

La evaporación y la transpiración se aceleran cuando hay escasa humedad en el aire y se retardan cuando por el contrario existe en abundancia, el viento favorece a la evaporación del agua del terreno y de las superficies de las plantas, más cuando es cálido y seco.

La latitud influye considerablemente en el uso consuntivo de agua en las plantas, durante el verano, debido a la inclinación del eje terrestre, las horas de luz diurna son muchas más en las latitudes norte que en el Ecuador, los días más largos permiten que continúe la transpiración por un lapso mayor cada día y producen un efecto semejante al de la prolongación del período de crecimiento.

MÉTODOS PARA DETERMINAR EL USO CONSUNTIVO

Un factor muy importante en un Proyecto de Irri

gación, es la cuantificación verdadera de las necesidades de agua, es por ésto, por lo que muchos investigadores han puesto su atención en encontrar métodos sencillos que determinen la cantidad de agua necesaria para el desarrollo vegetativo de diferentes cultivos.

Los métodos que se han ideado para la determinación de los valores del uso consuntivo para las diferentes especies de vegetación nativa y de cultivos agrícolas; se divide en dos grupos principales: Métodos Directos y Métodos Indirectos, únicamente mencionaré algunos métodos y se detallará el método que se aplicó en este trabajo.

METODOS DIRECTOS

- 1.- Del Lisfmetro
- 2.- De Integración
- 3.- De entrada y consumo de Agua
- 4.- Aerodinámico
- 5.- De Dalton
- 6.- De Balance de Energía
- 7.- Combinados

METODOS INDIRECTOS

- 1.- De Thornthwaite
- 2.- Blaney - Criddle
- 3.- Crassi - Christiansen

4.- Racional

5.- Lowry - Johnson

De los métodos anteriores, el que se aplicó para este trabajo fue el de Blanney - Criddle, ya que por estudios realizados por la S.A.R.H., se ha determinado que es el método que proporciona resultados más aproximados a la realidad, de acuerdo con las condiciones climatológicas existentes en nuestro país.

La principal hipótesis del método consiste en considerar que la evapotranspiración potencial varía directamente con la suma de los productos de la temperatura media mensual en el aire y el porcentaje promedio mensual de horas-luz durante el día, cuando existe adecuada humedad en el suelo, la ecuación del método es la siguiente:

$$U.C. = KF = \sum_{i=1}^m Kf$$

donde:

U.C. = Uso consuntivo en pulgadas, durante el periodo de desarrollo del cultivo, cuyo número de meses es "m".

k = Coeficiente global de uso consuntivo

f = Suma de los factores mensuales de uso consuntivo: Temperatura y luminosidad; éstas durante la época de crecimiento del cultivo, que es igual a:

$$F = \sum_{i=1}^m kf = \sum_{i=1}^m k (T.P/100)$$

en la cual:

T = Temperatura Media mensual en °C

P = Porcentaje Promedio de horas - luz en el mes

K = Coeficiente mensual de uso consuntivo

La fórmula del método en el sistema métrico decimal, con el uso consuntivo en centímetros por mes y T en °C es - igual a:

$$U.C. = kp \left(\frac{T + 17.8}{21.8} \right)$$

El U.S. Soil conservation Service efectuó dos modificaciones a la fórmula de Blaney - Criddle cuando se aplica a Zonas Áridas y Semiáridas tales modificaciones consisten en sustituir el coeficiente k por dos coeficientes; uno denominado climático (kt) y otro de cultivo (kc), el primero está relacionado directamente con la temperatura media mensual del aire, por la expresión:

$$kt = 0.03114 t + 0.2396$$

El coeficiente de cultivo (kc) refleja la influencia de las etapas de desarrollo del cultivo en la evapotranspiración.

APLICACION DEL METODO

Para ejemplificar el método se anexa una hoja de cálculo (cuadro 3.3.1) de un cultivo del patrón antes propuesto, de la cual se detalla a continuación:

Como se mencionó anteriormente, se utilizarán los datos de la estación climatológica Huáscato.

CULTIVO: SORGO

Area de Cultivo: 1 623.0 Has.

Perfodo de Desarrollo: mayo a septiembre

Latitud en que se localiza la zona = estación:
20° 29'

Se determina el coeficiente global del cultivo (kg) en el cuadro núm. 3.3.2. con la lluvia media anual de Huáscato que es de 866.5 mm., asignándosele un valor de $kg = 0.75$, de acuerdo a las características del distrito de riego propuesto se dará riego por gravedad, con canales de tierra y es un distrito menor de 10 000 has., se determinó del cuadro núm. 3.3.3., un valor de eficiencia de conducción de 0.75, de la eficiencia parcelaria de 0.75 y una eficiencia total de 0.56.

DESARROLLO DE LA TABLA DE CALCULO

Columna 1.

Los meses del perfodo de desarrollo del cultivo a calcular

Columna 2.

Temperatura media mensual de los meses vegetativos

Columna 3.

Porcentaje de insolación mensual, dependiente de la latitud de la zona, valores obtenidos del cuadro núm. 3.3.4.

Columna 4.

Valores del factor f, por medio de la fórmula

$$f = p \left(\left(T + 17.8 \right) / 21.8 \right)$$

Columna 5.

Coefficiente de temperatura mensual, obtenido por la expresión:

$$k_t = 0.03114 T + 0.2396$$

Columna 6

Coefficiente de cultivo, obtenido por medio de:

$$k_c = w_{kg}/100$$

de donde:

w depende del cultivo, tabulado en el cuadro - núm. 3.3.5. kg coeficiente global ya antes obtenido.

Columna 7.

Uso consuntivo, que resulta de multiplicar la columna 4 por la columna 5 y por la columna 6.

$$u.c. = f k_t k_c$$

Columna 8.

Uso consuntivo modificado, que se obtiene de multiplicar la columna 7 por el factor k'.

donde:

$$k' = k_g \left(\sum f / \sum u.c. \right)$$

Columna 9.

Datos de la lluvia media mensual en cm. correspondiente a la estación Huáscato.

Columna 10.

Lluvia efectiva: Para calcular los valores de esta columna existen diversos métodos, en este caso se realizó por medio del criterio Blaney-Criddle el cual se describe a continuación:

Teniendo el valor de la lluvia media anual y su probabilidad de ocurrencia que en este caso se adoptó del 80 %, se localiza en el cuadro núm. 3.3.6. el valor del coeficiente de ajuste para lluvia aprovechable (ca), valor que resultó de $ca = 0.818$, en función de los valores de u.c. y h.p. (columna 8 y 9 respectivamente), se localiza en el cuadro núm. 3.3.7., el valor correspondiente a la lluvia aprovechable mensual, el cual al multiplicarse por el coeficiente de ajuste (ca) dará por resultado la lluvia efectiva.

Columna 11.

Lámina neta: valor resultante de la diferencia de la columna 8 menos la columna 10.

$L.n. = u.c. - LL.e.$

Columna 12.

Lámina Bruta: se obtiene al dividir la columna

11 entre el valor de la eficiencia total:

$$L.B. = \frac{L.n.}{\text{efic. total}}$$

En los cuadros 3.3.8, 3.3.9 y 3.3.10., se muestran los valores del uso consuntivo, láminas netas y de las demandas volumétricas respectivamente obtenidas por medio del método de Blaney-Criddle; se observa que la demanda volumétrica anual es de - - - 50 026.3 MM³, con lámina bruta de 1.08 m.

**PROYECTO "LA POLVORA", JAL.
PROGRAMA DE CULTIVOS**

CUADRO Nº 22.1

CULTIVO	AREA (Ha)	E	F	M	A	M'	J	J'	A	S	O	N	D
1os. CULTIVOS													
BORRGO	1623.0												
MAIZ	1391.1												
HORTALIZAS	463.7												
FRIJOL	231.8												
ALFALFA	463.7												
FRUTALES	463.7												
SUBTOTAL	4637.0												
2os CULTIVOS													
MAIZ	1391.1												
TRIGO	185.5												
CEBADA	139.1												
AVENA	139.1												
SUBTOTAL	1854.8												
TOTAL	6491.8												

INDICE DE REPETICION= 1.4

DISTRIBUCION MENSUAL DEL USO CONSUNTIVO
APLICACION DEL METODO DE BLANEY-CRIDDLE, LA CURVA DE DESARROLLO DEL CULTIVO

PROYECTO: "LA POLVORA:."

CUADRO No. 3.3.1

CULTIVO SORGO
 AREA Ha 1623 HAS.
 CUENCA _____
 LATITUD 20°30'
 (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)

PERIODO DE DESARROLLO 150 DIAS
 COEFICIENTE GLOBAI DEL CULTIVO K 0.75
 EFICIENCIA TOTAL 56 %
 (10) (11) (12)

MES	T (°C)	P (%)	F	Kw (%)	Kc	uc (CM)	UC (CM)	H.P. (CM)	L.L.E (CM)	L.N. (CM)	L.B. (CM)	V.N. (M ³)	V.B. (M ³)
ENERO													
FEBRERO													
MARZO													
ABRIL													
MAYO	23.9	9.21	17.55	39	0.29	5.09	5.09	3.97	2.11	5.0	8.93		
JUNIO	23.8	9.05	17.20	120	0.90	15.48	15.48	15.36	8.93	6.55	11.70		
JULIO	21.8	9.29	16.81	152	1.14	19.16	19.16	23.29	13.20	5.96	10.64		
AGOSTO	21.5	9.03	16.25	118	0.14	14.33	14.33	19.93	10.72	5.0	8.93		
SEPTIEMBRE	21.2	8.28	14.75	71	0.53	7.82	7.82	13.64	7.82	0.0	0.0		
OCTUBRE													
NOVIEMBRE													
DICIEMBRE													
SUMAS			82.56			61.88							

T TEMPERATURA $K' = \frac{\sum uc}{\sum P} = \frac{61.88}{82.56} = 0.75$
 P PORCENTAJE DE INSOLACION
 Kc COEF. DE DESARROLLO DEL CULTIVO $K'' = \frac{K}{K'} = \frac{0.75}{0.75} = 1.00$
 uc USO CONSUNTIVO
 UC USO CONSUNTIVO MODIFICADO $UC = K' uc$

HP PRECIPITACION
 LLE LLUVIA EFECTIVA
 LN LAMINA NETA
 LB LAMINA BRUTA
 VN VOLUMEN NETO
 VB VOLUMEN BRUTO

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS

DIRECCION GENERAL DE GRANDE IRRIGACION

CUADRO N° 3.3.2

Valores del Coeficiente (K) estacional para diversos Cultivos.

C U L T I V O	DURACION NORMAL DEL PERIODO DE DESARROLLO DE LOS CULTIVOS	COEFICIENTE (K) DE USO CONSUMPTIVO					
		EN M. N.					
		LLUVIA	500-750	750-1000	1000-1500	1500-2000 > 2000	
Algodón, Flores, Sempasúchil	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
Cítricos (Palma)	Año Completo	0.80	0.77	0.73	0.68	0.65	0.61
Carbanco, Habas, Frijol, etc.	3 a 4 meses	0.78	0.68	0.65	0.63	0.60	0.57
Huacahuate, Papa	Año Completo	0.70	0.69	0.68	0.67	0.65	0.63
Hortalizas (chile, Ejote, Mg Ión, Sandía, Estropajo)	2 a 4 meses	0.70	0.68	0.65	0.63	0.60	0.57
Maíz	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, Jicama, Papa, Yuca	3 a 5 meses	0.75	0.73	0.70	0.68	0.65	0.62
Ranolacha de Azúcar	6 meses	0.75	0.73	0.70	0.68	0.65	0.62
Semillas oleaginosas (Ajenjo, Li, Cacahuete, Cártamo)	3 a 5 meses	0.75	0.73	0.70	0.68	0.65	0.62
Sergo, Vena	4 a 5 meses	0.80	0.78	0.75	0.73	0.70	0.67
Tabaco	4 meses	0.80	0.78	0.76	0.73	0.70	0.67
Vitis	5 a 7 meses	0.60	0.58	0.55	0.53	0.50	0.47
F R U T A L E S							
Abacate, Guayabo, Higuera, Mula, Mamey, Mango, Papaya, Tamarindo, Guanábano	Año Completo	0.55	0.54	0.53	0.52	0.50	0.48
Chirimoya, Marañón, Chicosapote, Anono	Año Completo	0.55	0.54	0.53	0.52	0.50	0.48

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS

DIRECCION GENERAL DE GRANDE IRRIGACION

HOJA N° 2

Valores del Coeficiente (K) estacional para diversos Cultivos

C U L T I V O	DURACION NORMAL DEL PERIODO DE DESARROLLO DE LOS CULTIVOS	COEFICIENTE (K) DE USO CONSUNTIVO					
		LLUVIA		MEDIA	ANUAL	EN	H.M.
		500	500-750	750-1000	1000-1500	1500-2000	> 2000
De hojas Caedizas (Chabaco, Ciruelo, Durazno, Granada, Manzano, Membrillo, Nuez de Nogal, Peral							
	Entre Heladas	0.70	0.68	0.65	0.63	0.60	0.57
Toronja, Pomelo	Año Completo	0.65	0.63	0.60	0.58	0.55	0.52
Naranja, Limón	Año Completo	0.55	0.51	0.50	0.44	0.45	0.42
Piñano	Año Completo	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75
P A S T U R A S							
Pastos, Jamaica	Entre Heladas	0.85	0.83	0.80	0.78	0.75	0.72
Trébol blanco	Entre Heladas	0.85	0.84	0.83	0.82	0.80	0.78
Alfalfa, fresca	Entre Heladas	0.90	0.88	0.85	0.83	0.80	0.77

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS
DIRECCION GENERAL DE GRANDE IRRIGACION

CUADRO N° 3.3.3.

Valores Tentativos de Eficiencias para un proyecto
de Distrito de Riego

Características del Distrito	Eficiencias en las:		En el Distrito	
	Conducción	Parcela	Mínima	Máxima
(a) Riego por gravedad, canales en tierra, Distrito pequeño y compacto menor de unas 10 000 Ha.	0.75	0.60 a 0.75	0.45	0.56
(b) Riego por gravedad, canales en tierra, Distrito grande más de 10 000 Ha.	0.70	0.60 a 0.75	0.42	0.53
(c) Idem. que (a) pero canales revestidos	0.85	0.65 a 0.75	0.55	0.60
(d) Idem. que (b) pero canales revestidos	0.80	0.65 a 0.75	0.52	0.60
(e) Riego por aspersión, Distrito pequeño. Conducción revestida y distribución por tubería	0.90	0.80 a 0.85	0.72	0.76
(f) Riego por aspersión, Distrito grande. Conducción revestida y distribución por tubería	0.85	0.80 a 0.85	0.68	0.72
(g) Riego por goteo, Distrito pequeño. Conducción y distribución por tubería	0.95	0.90 a 0.95	0.85	0.90
(h) Riego por goteo, Distrito grande. Conducción y distribución por tubería	0.90	0.90 a 0.95	0.81	0.85

Los valores mínimos deben elegirse para aquellos Distritos con suelos permeables, pendiente importante y donde el agricultor tiene escasa experiencia en el riego. Los máximos para suelos de poca permeabilidad ó normal, planos y donde los agricultores tienen experiencia en el riego. Si el trayecto de conducción por el cauce del río es importante deberá considerarse una pérdida adicional, que dependerá de las condiciones de permeabilidad del mismo. En condiciones normales puede tentativamente suponerse 0.1% por kilómetro de cauce.

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS
DIRECCION GENERAL DE GRANDE IRRIGACION

CUADRO N° 3.3.4.

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	7.82
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	8.80	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

CUADRO N° 3.3.5.

Valores en por ciento de la K equivalente para su empleo en el método de Blaney—Criddle

Cultivos	Especie	Meses							
		2	3	4	5	6	7	8	9
Alfalfa		75	70	65	60	55	50	45	40
Arroz		80	75	70	65	60	55	50	45
Maíz		70	65	60	55	50	45	40	35
Trigo		65	60	55	50	45	40	35	30
Soja		60	55	50	45	40	35	30	25
Leguminosas		55	50	45	40	35	30	25	20
Alfalfa		75	70	65	60	55	50	45	40
Arroz		80	75	70	65	60	55	50	45
Maíz		70	65	60	55	50	45	40	35
Trigo		65	60	55	50	45	40	35	30
Soja		60	55	50	45	40	35	30	25
Leguminosas		55	50	45	40	35	30	25	20
Alfalfa		75	70	65	60	55	50	45	40
Arroz		80	75	70	65	60	55	50	45
Maíz		70	65	60	55	50	45	40	35
Trigo		65	60	55	50	45	40	35	30
Soja		60	55	50	45	40	35	30	25
Leguminosas		55	50	45	40	35	30	25	20

CUADRO N° 3.3.6.

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

Precipitacion 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	.58
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	.78
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

CUADRO N° 3.3.7.

Lluvia Aprovechable Mensual Determinada en Función de la Lluvia y del Uso Consumitivo - Promedios Mensuales.

H	Uso Consumitivo 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.

H	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	
1.27	0.9	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	1.1	1.2
2.0	1.4	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	1.5	1.8	1.6	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	2.2	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	2.6	2.7
4.0	2.8	2.9	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	3.3	3.4	3.4
5.0	3.5	3.5	3.5	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.8	3.8
5.5	3.0	3.9	3.9	3.9	3.9	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.1	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	4.4	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	7.9
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	9.8
12.5	9.0	9.0	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.7	9.8	9.9	10.0	10.2
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	10.9
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	11.6
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

M	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	1.27		
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	2.4	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	10.5	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	13.3	13.5		

H	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
15.5	8.4	8.8	9.2	9.7	9.9	10.0	10.2	10.3	10.5	10.6	10.7	10.7
16.0	8.5	9.0	9.4	9.9	10.2	10.3	10.4	10.6	10.7	10.9	10.9	11.0
16.5					10.3	10.5	10.6	10.8	11.0	11.1	11.2	11.2
17.0					10.3	10.5	10.8	11.0	11.2	11.4	11.4	11.5
17.5					10.3	10.6	10.9	11.2	11.4	11.6	11.7	11.8
18.0					10.4	10.7	11.0	11.3	11.7	11.9	12.0	12.1
18.5					10.4	10.8	11.1	11.5	11.9	12.1	12.2	12.3
19.0					10.4	10.9	11.3	11.7	12.1	12.4	12.5	12.6
19.5					10.5	10.9	11.4	11.8	12.3	12.6	12.7	12.8
20.0					10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	12.8	12.9	13.0
20.5												
21.0												
21.5												
22.0												
22.5												
23.0												
23.5												
24.0												
24.5												
25.0												
25.5												
26.0												
26.5												
27.0												
27.5												
28.0												
28.5												
29.0												
29.5												

Lluvia Promedio Mensual en cms.

H	Uso Consultivo 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	
27.5												
28.0												
28.5												
29.0												
29.5												

Llave Promedio Mensual en cms.

Lluvia Promedio Mensual en cms.

M	Uso Consuetivo Mensual en cms.									
	20.5	21.0	21.5	22.0	22.5	23.0	23.5	24.0	24.5	25.0
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	16.0	16.0	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	17.2	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

PROYECTO: PRESA "LA POLVORA", JAL.

USOS CONSUNTIVOS (CM)

CUADRO No. 3.3.8

CULTIVO	AREA (Ha)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEP.	OCTUBRE	NOV.	DIC.	TOTAL
SORGO	1623.0					5.09	15.48	19.16	14.33	7.82				61.88
MAIZ	1391.1		5.21	15.69	20.13	18.40	1.17							60.60
HORTALIZAS	463.7			5.04	12.08	15.41	9.34							41.87
FRIJOL	231.8		3.61	12.30	13.42	8.81								38.14
ALFALFA	463.7	6.09	7.21	11.24	14.06	17.28	18.28	18.19	16.95	14.10	11.50	7.60	5.45	147.95
FRUTALES	463.7	1.84	3.37	6.18	8.79	11.78	12.70	12.73	11.69	9.63	6.77	3.79	2.78	92.05
SEGUNDOS CULTIVOS.														
MAIZ	1391.1								6.71	14.42	16.10	11.23	6.63	55.09
TRIGO	185.5	13.08	11.37									4.72	8.70	37.87
CEBADA	139.1	14.77	10.10									2.79	10.11	37.77
AVENA	139.1	13.20	8.04									5.33	11.52	38.09
SUMA		48.98	48.91	50.45	68.48	76.77	56.97	50.08	49.68	45.97	34.37	35.46	45.19	611.31

PROYECTO: PRESA "LA POLVORA", JAL.
LAMINAS NETAS (CM)

CUADRO No. 3.3.9

CULTIVO	Ha.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
SORGO	1623.0					5.00	6.55	5.96	5.00	0.00				22.51
MAIZ	1391.1		5.21	15.69	20.13	15.72	0.00							56.75
HORTALIZAS	463.7			5.04	12.08	12.89	5.00							35.01
FRIJOL	231.8		5.00	12.30	13.42	6.49								37.21
ALFALFA	463.7	5.38	7.21	11.24	14.06	14.03	6.66	5.27	5.56	6.17	8.62	7.60	5.45	97.25
FRUTALES	463.7	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.81	10.56	10.35	6.59	5.00	5.00	0.00	54.31
SEGUNDOS CULTIVOS														
MAIZ	1391.1								0.00	6.48	13.10	11.23	6.63	37.44
TRIGO	185.5	12.08	11.37									5.00	8.70	37.15
CEBADA	139.1	13.66	10.10									5.00	10.11	38.87
AVENA	139.1	12.17	8.04									5.33	11.52	37.06
SUMA		48.29	46.93	44.27	59.69	59.13	25.02	21.79	20.91	19.24	26.72	39.16	42.41	453.56

PROYECTO: PRESA LA POLVORA, JAL.
 DEMANDAS VOLUMETRICAS EN MILES DE M³.

CUADRO No. 3.3.10*

CULTIVO	Ha.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
SORGO	1623.0					1449.1	1898.3	1727.3	1449.1	0.0				6523.8
MAIZ	1391.1		1294.2	3897.6	5000.0	3905.0	0.0							14096.8
HORTALIZAS	463.7			417.3	1000.0	1067.3	414.0							2898.6
FRIJOL	231.8		207.0	509.3	555.6	268.7								1540.6
ALFALFA	463.7	445.5	597.0	930.7	1164.2	1161.7	551.2	436.4	460.4	510.9	713.8	629.3	451.3	8052.4
FRUTALES	463.7	414.0	0.0	0.0	0.0	414.0	563.9	874.4	857.4	545.7	414.0	414.0	0.0	4497.0
SEGUNDOS CULTIVOS														
MAIZ	1391.1								0.0	1609.7	3254.2	2789.7	1647.0	9300.6
TRIGO	185.5	400.0	376.6									165.6	288.2	1230.4
CEBADA	139.1	339.3	250.9									124.2	251.1	965.5
AVENA	139.1	302.3	199.7									132.4	286.2	920.6
S U M A		1901.1	2925.4	5754.9	7719.8	8265.8	3427.4	3038.1	2766.5	2666.3	4382.0	4255.2	2923.8	50026.3

$$L.B. = \frac{50026.3 \times 10^3 \text{ M}^3}{4637 \times 10^4 \text{ M}^2} = 1.08 \text{ m}$$

CAPITULO IV

ESTUDIO DE AVENIDAS

- IV.1 FINALIDAD DE ANALISIS**
- IV.2 CALCULO DE LA AVENIDA MAXIMA PROBABLE**
- IV.3 HIDROGRAMA DE LA AVENIDA MAXIMA PROBABLE**
- IV.4 RESULTADOS**

IV.1.- FINALIDAD DEL ANALISIS

La presencia de una tormenta o de una sucesión de Tormentas en la cuenca de captación, ocasiona escurrimientos que dan lugar al aumento del gasto de la corriente, recibiendo este aumento en el caudal el nombre de avenida o creciente.

El agua que fluye por las corrientes, proviene de diversas fuentes de abastecimiento, siendo éstas las siguientes:

ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL.- Es aquel que proviene de la precipitación no infiltrada y que escurre sobre la superficie del suelo y la red de drenaje hasta salir de la cuenca; se puede decir que su efecto sobre el escurrimiento total es directo y solo existirá durante una tormenta e inmediatamente después de que ésta termine.

ESCURRIMIENTO SUBSUPERFICIAL.- Es aquel que debido a la precipitación que se infiltra en la superficie del suelo, para que se mueva lentamente sobre el horizonte superior del mismo, esto puede ocurrir cuando exista un estrato impermeable paralelo a la superficie del suelo, su efecto puede ser inmediato ó retardado dependiendo de las características del suelo.

ESCURRIMIENTO SUBTERRANEO.- Es el producto de la lluvia que se infiltra hasta llegar a los niveles freáticos y viaja por este conducto hasta llegar a enriquecer las corrientes superficiales; su movimiento es más lento que el superficial y el subsuperficial, las aguas que se infiltran hasta con-

vertirse en escurrimientos subterráneos por sus características de movilidad y su fuente de abastecimiento al descargar al cauce, se conocen como "Caudal de Estiaje" o "Gasto Base".

AVENIDAS.- La presencia de una tormenta o de una sucesión de tormentas en una cuenca de captación, ocasiona escurrimientos que dan lugar a un aumento rápido del gasto de la corriente, recibiendo este aumento en el caudal el nombre de avenida.

CLASIFICACION DE LAS AVENIDAS.- Es costumbre definir la magnitud de las avenidas por los niveles que alcanza el agua, o por el volumen de agua escurrido en un lapso de tiempo; sin embargo, para el estudio de la corriente, es conveniente expresarla de acuerdo con la dirección del lapso considerado en la siguiente forma:

AVENIDA MAXIMA INSTANTANEA
AVENIDA MAXIMA ANUAL INSTANTANEA
AVENIDA MAXIMA INSTANTANEA MEDIA ANUAL
AVENIDA MAXIMA DIARIA Y MAXIMA EN 24 HORAS
AVENIDA MAXIMA ANUAL DIARIA Y DE 24 HORAS
AVENIDA MAXIMA ANUAL MEDIA EN UN DIA

El escurrimiento total de una tormenta origina en las corrientes que drenan las cuencas, fluctuaciones de gasto, las cuales pueden registrarse por medio de un hidrograma, o sea, la representación gráfica de la variación del gasto respecto al tiempo.

IV.2.- CALCULO DE LA AVENIDA MAXIMA PROBABLE

Es evidente la importancia que tiene el conocimiento amplio y lo más real de la potencialidad de las corrientes superficiales con el objeto fundamental de poder proyectar con mayor seguridad las obras de almacenamiento, de defensa ó de control de avenidas.

La magnitud de la avenida es función directa del período de retorno que se le asigne, el que a su vez dependerá de la importancia de la obra y de la vida útil de ésta, definiendo el período de retorno de una avenida como el intervalo de recurrencia promedio en que esta avenida sea igualada o superada en un determinado lapso de tiempo.

Para evaluar la avenida de diseño existen diversos criterios cuyo rango de aplicabilidad es función de los datos disponibles, estos criterios se pueden agrupar en:

METODOS EMPIRICOS

La aplicación de los métodos empíricos nunca debe de evitarse, pues aunque su confiabilidad es poca, por su rapidez de aplicación permiten definir el orden de magnitud de la avenida que se estima.

Para darnos idea del valor del gasto máximo probable, aplicaremos solo el método racional, el cual consiste en lo siguiente:

METODO RACIONAL

El concepto básico del método racional asume - que el máximo porcentaje de escurrimiento de una cuenca pequeña ocurre cuando la totalidad de tal cuenca está contribuyendo al escurrimiento y que el citado porcentaje de escurrimiento - es igual a un porcentaje de la intensidad de lluvia promedio. Lo anterior en forma de ecuación resulta:

$$Q = 0.278 CIA \quad (1)$$

en donde:

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

C = Coeficiente de escurrimiento, adimensional

I = Intensidad de lluvia, en mm/hr.

A = Area de cuenca, en Km^2 .

SECUELA DE APLICACION.- La secuencia de aplicación del método racional se puede resumir en los pasos siguientes:

PASO 1) Se calculan las siguientes características de la cuenca:

A = Area de cuenca, en Km^2

Tc = Tiempo de concentración, en horas

PASO 2) Para el periodo de retorno de 10 000 - años se debe de calcular la lluvia máxima en 24 horas.

PASO 3) En base a las características físicas de la cuenca, se determinan tres coeficientes - de escurrimiento, los cuales se promedian para obtener el definitivo a utilizar.

PASO 4) Se aplica la ecuación 1 y se obtiene el gasto de la avenida buscada.

Del análisis realizado en la cuenca, se obtuvieron los siguientes datos para la aplicación del método.

$$A = 232 \text{ km}^2$$

I = 188 mm/hr (según plano Isoyetas máximas - Plano N° 4.2.1 mediante la aplicación del método de Hersfield con las estaciones circundantes a la cuenca que se muestran en el cuadro núm. - 2.2.1 con sus respectivas lluvias máximas en 24 horas).

$$C = 0.1$$

Con estos datos, se obtiene un gasto máximo para un periodo de retorno de 10 000 años de:

$$Q = 1\,212 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

MÉTODOS HIDROLÓGICOS

Estos métodos tienen como objetivo la reconstrucción matemática del proceso o fenómeno de la avenida, es decir, se supone una lluvia de -

duración y periodo de retorno determinado, dentro de lo probable y se calcula el escurrimiento que genera en un punto de la corriente estudiada, hasta llegar a dibujar el probable hidrograma de la avenida que se calcula.

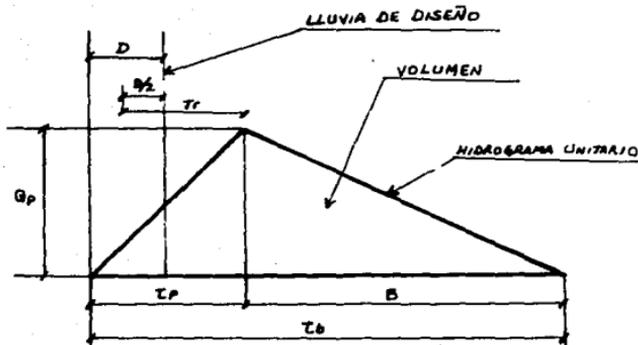
Tienen ventaja de permitir reproducir aceptablemente el fenómeno en base a la estimación de diversos parámetros, como son las lluvias máximas y características físicas de la cuenca.

A continuación se describe el método a utilizar dentro de la clasificación de los hidrológicos:

METODO DEL HIDROGRAMA TRIANGULAR UNITARIO DEL U.S. BUREAU OF RECLAMATION

RANGO DE APLICACION DEL METODO. El método del hidrograma unitario triangular es uno de los métodos hidrológicos de más amplio rango de aplicabilidad, ya que se puede utilizar en cuencas de hasta 2 590 Km².

TEORIA.- El U.S. Soil Conservation Service, dependiente del U.S. Department of Agriculture, planteó en el año de 1957 la posibilidad de representar el hidrograma de respuesta de una cuenca, por medio de una figura geométrica simple, el triángulo. A partir de tal consideración se deducen a continuación las fórmulas ó ecuaciones que se aplicarán en tal método, de acuerdo a la siguiente figura.



SIENDO:

Q_p = Gasto Pico, en m^3/seg .

D = Duración de la lluvia en exceso, en Horas.

t_p = Tiempo de Pico, igual al tiempo entre el inicio y el máximo de escurrimiento directo, en horas.

t_r = Tiempo de retraso, definido como el tiempo en horas entre el centro de masa de la tormenta y la hora del gasto máximo.

B = Tiempo en horas desde el gasto máximo - - hasta el final del escurrimiento directo.

t_b = Tiempo base del hidrograma, en horas.

Lógicamente, el volumen de escurrimiento direc

to originado por la tormenta (área bajo el hidrograma triangular), se podrá expresar por:

$$Vol = \frac{Q_p (t_p)}{2} + \frac{Q_p (B)}{2} = Q_p / 2 (t_p + B) \quad (1)$$

$$Q_p = \frac{2 Vol}{t_p + B} \quad (2)$$

En base al análisis de un gran número de Hidrogramas reales se adoptó como valor medio de B para las cuencas sin aforar:

$$B = 1.67 t_p \quad (3)$$

$$T_b = 2.67 t_p \quad (4)$$

Por lo cual:

Sustituyendo la ecuación (3) en (2) se tiene:

$$Q_p = \frac{2 (Vol)}{2.67 t_p} = 0.749 \frac{Vol}{t_p}$$

Por último, sustituyendo la expresión del volumen (Vol), es decir:

$$Vol = 10^3 (A) p_e$$

Estando (Vol) en m³, A (área) de la cuenca en Km² y p_e (la cantidad de precipitación), en milímetros y T_p en segundos, entonces, se tiene:

$$Q_p = \frac{0.749(10^3 A p_e)}{t_p} \quad (5)$$

Finalmente:

(t_p en hrs)

$$Q_p = \frac{0.208 A p_e}{t_p}$$

Ecuación General del gas
to máximo en el método -
del Hidrograma Unitario
Triangular

El valor de t_p se calculará por la Fórmula:

$$t_p = \frac{D}{2} + t_r$$

pero como los hidrólogos del SCS, han concluido como valor representativo del tiempo de retraso el 60 % -- del tiempo de concentración, entonces:

$$t_p = \frac{D}{2} + 0.6 T_c \quad (6)$$

SECUELA DE APLICACION.- La secuela que se describe a continuación se lleva a cabo en la Forma de cálculo - que se muestra en el cuadro N° 4.2.2., correspondiendo a tal forma las columnas que se citan.

PASO 1) Se calculan las siguientes características físicas de la cuenca:

A = área de cuenca, en Km^2

T_c = tiempo de concentración, en horas y por -

medio de la siguiente fórmula:

$$T_c = \left[\frac{0.86 L^3}{H} \right]^{0.385}$$

Donde:

L = Km

H = m.

N = número de la curva de escurrimiento para la condición MEDIA de humedad en la cuenca, - adimensional.

PASO 2) A partir de las curvas P - D - Tr construidas para la cuenca, se determinan las lluvias de duraciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12 y 24 horas para los periodos de retorno de diseño y se anotan en la columna 1.

PASO 3) Enseguida se calculan los incrementos de lluvia (Col. 2), los cuales se tabulan en la Col. 3 según la siguiente secuela para los primeros seis incrementos: 6, 4, 3, 1, - 2, 5.

El orden o secuencia anterior forma un hietograma más severo (para generar avenidas) que el originado por los incrementos tabulados en la col. 2 y a la vez menos crítico que el hietograma.

construido con la secuencia inversa de los incrementos de la col. 2.

Posteriormente, los incrementos ordenados según la secuencia descrita (col.3) se acumulan en la col. 4.

PASO 4) De acuerdo al número N de la curva de escurrimiento, se estimó con el criterio -- SCS, las cantidades de escurrimiento directo -- para las cantidades de lluvia de la columna 4 -- mediante la siguiente fórmula:

$$Q = Pe = \frac{(P - \frac{5080}{N} + 50.8)^2}{P + \frac{20320}{N} - 203.2} \quad (7)$$

PASO 5) En la col. 6 se tabulan los incrementos de lluvia (col. 3) permiten calcular las pérdidas reales de dichos incrementos de tiempo (col. 8), el procedimiento del SCS para estimar el escurrimiento directo en los cálculos de avenidas máximas, debe ser modificado o corregido debido a que tal método reporta valores del incremento de lluvia (col. 3 y 7, respectivamente), conforme la duración de tormenta aumenta.

Por otra parte, los estudios en campo con infiltrómetros reportan las siguientes pérdidas mínimas según el tipo de suelo:

Suelos Tipo A 2.5 mm/hr
 Suelos Tipo B y C 1.3 mm/hr
 Suelos Tipo D 0.7 mm/hr

Entonces, en base a los valores anteriores se podrán calcular las pérdidas teóricas (Col.7), que serán igual a los valores de la pérdida lfmite según el tipo de suelo, por la duración del incremento de lluvia, en horas.

Por último, la corrección anteriormente citada consiste en reducir el valor del incremento de escurrimiento calculado cuando la pérdida real es menor que la teórica, tales casos (generalmente en duraciones de 12 y 24 horas) se resta al incremento de lluvia (col.3) la pérdida teórica y el resultado será el incremento de escurrimiento corregido (col. 6).

PASO 6) De acuerdo al valor calculado para el tiempo de concentración en horas, se selecciona en la siguiente tabla, el tiempo de incremento de la lluvia en exceso D, en horas:

Valor de Tc en horas	VALOR DE "D", EN HORAS		
	Primeras 6 horas	Segundas 6 horas	Terceras 6 horas
3	0.5	3.0	6.0
3 a 10	1.0	6.0	12.0
10 a 15	2.0	12.0	24.0
15 a 30	3.0	18.0	36.0

Enseguida para cada uno de los tres intervalos D seleccionados, se calculan el tiempo de pico t_p , el tiempo base del hidrograma T_b y el gasto máximo Q_p para un milímetro de escurrimiento, por medio de la ecuación (6) y ecuación general -- del gasto.

PASO 7) Se calculan los gastos máximos (Col.11) de cada hidrograma triangular por la multiplicación del incremento de escurrimiento (Col.6 igual a col. 9), por el gasto unitario q_p , correspondiente al intervalo de tiempo (0-6, 6-12 y - 12-24 horas).

PASO 8) Para cada hidrograma unitario triangular se determinan sus horas de inicio, máximo y final, lo anterior, tomando en cuenta los valores de D, t_p , y T_b , según el siguiente cuadro explicativo:

HORAS DE:	INICIO	MAXIMO	FINAL
1er. Incremento:	0.0	tp_1	Tb_1
2º Incremento:	D_1	$tp_1 + D_1$	$Tb_1 + D_1$
3er. Incremento:	$2D_1$	$tp_1 + 2D_1$	$Tb_1 + 2D_1$
4º Incremento:	$3D_1$	$tp_1 + 3D_1$	$Tb_1 + 3D_1$
5º Incremento:	$4D_1$	$tp_1 + 4D_1$	$Tb_1 + 4D_1$
6º Incremento:	$5D_1$	$tp_1 + 5D_1$	$Tb_1 + 5D_1$
7º Incremento:	$6D_1$	$tp_2 + 6D_1$	$Tb_2 + 6D_1$
8º Incremento:	$6D_1 + D_2$	$tp_3 + 6D_1 + D_2$	$Tb_3 + 6D_1 + D_2$

PASO 9) Por último, se grafican los hidrogramas unitarios triangulares definidos en el paso anterior, a escala en un papel natural, por ejemplo, en papel milimétrico y a continuación se suman las ordenadas de todos los hidrogramas -

que se tengan en cada hora de inicio, máximo y final de cada uno de dichos hidrogramas, de esta manera se definirá el hidrograma total de la avenida que se estima.

Para la aplicación de este método se partió de los siguientes datos:

Area de cuenca	232	km ²
Long. del Dren Principal	36.1	km
Desnivel	534	m
Grupo de Suelo	8	
N De Escurrimiento	70	

Se llevó a cabo la distribución horaria de la precipitación máxima probable en 24 hrs., tomando el registro pluviográfico de la estación Huáscato, Jal., para la tormenta ocurrida el 15 de agosto de 1973.

Los resultados obtenidos para un $T_r = 10\ 000$ años son:

Gasto Máximo Probable	1 200	m ³ /seg.
Tiempo de Concentración	5.3	hrs.
Tiempo Pico	7.7	hrs.
Tiempo Base	14.8	hrs.

En la gráfica 4.2.3, se presenta el hidrograma de dicha avenida.

METODOS ESTADISTICOS

Los métodos estadísticos son más precisos de acuerdo a la cantidad de datos disponibles, para aplicarlos se requiere conocer los gastos máximos anuales, cuanto más datos se tengan, mayor será la aproximación, permitiendo así conocer el gasto máximo para un período de retorno considerado.

Todos los métodos estadísticos se basan en considerar que el gasto máximo anual es una variable aleatoria que tiene cierta distribución, en general, se cuenta con pocos años de registro, por lo que la curva de distribución de probabilidades de los gastos máximos se tienen que prolongar en su extremo, por lo que se requiere inferir un gasto mayor a los registrados.

En el cuadro N° 4.2.4., se muestran los gastos máximos anuales, registrados en la estación hidrométrica Huáscato, mismos que se utilizaron para la aplicación de los siguientes métodos:

METODO DE GUMBEL

Este método considera el gasto máximo probable igual a:

$$Q_d = Q_{\text{máx.}} + \Delta Q$$

de la cual:

$$Q_{\text{máx.}} = Q_m - \frac{\sigma Q}{\sigma N} (\bar{Y}_n - L_n Tr) \quad (1)$$

$$Q_m = \frac{\sum_{i=1}^N Q_i}{N} \quad (2)$$

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^N Q_i^2 - N Q_m^2}{N - 1} \quad (3)$$

$$Q = \pm \sqrt{N} \sigma Q_m \frac{Q}{\sigma N \sqrt{N}} \quad (4)$$

$$Q = \pm \frac{1.14 \sigma Q}{\sigma N} \quad (5)$$

Donde:

N = Número de años de registro

$Q_{\text{máx.}}$ = Gasto máximo para un periodo de retorno determinado en $m^3/\text{seg.}$

Q_i = Gastos máximos anuales registrados en $m^3/\text{seg.}$

Tr = Periodo de retorno, en años.

n, σ_n = Constantes que dependen del número de años (N), del cuadro 4.2.5.

σ_Q = Desviación estándar de los gastos

ΔQ = Intervalo de confianza, el cual depende-
rá si el valor de $\beta = 1-1/Tr$ varfa entre
0.2 y 0.8, se calculará con la ecuación
(4), pero si $\beta \approx 0.9$, se calculará con la
ecuación (5).

$\sqrt{N \alpha \sigma_m}$ = Constante en función de β , de cua-
dro 4.2.E.

METODO DE NASH

Este método considera también el gasto máximo
probable como:

$$Q_d = Q \text{ máx.} + \Delta Q$$

En Donde:

$$Q \text{ máx.} = A + C \text{ Log Log } \frac{Tr}{Tr-1} \quad (6)$$

$$A = Q_m - C \cdot x_m \quad (7)$$

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Q_i - NX_m Q_m}{\sum_{i=1}^n X_i^2 - NX_m^2} \quad (8)$$

$$X_i = \text{Log Log } \frac{Pr}{Pr-1} \quad (9)$$

$$Pr = \frac{N + 1}{M_i} \quad (10)$$

$$Q = \pm 2 \sqrt{\frac{S_{qq} + (x_i - x_m)^2 \left(\frac{1}{S_{xx}}\right) (S_{qq} \frac{S_{xq}^2}{S_{xx}} \left(\frac{1}{N-2}\right))}{N^2(N-1)}} \quad (11)$$

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

$$S_{xq} = N \sum q_i x_i - (\sum q_i) (\sum x_i)$$

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

Donde:

Q máx. = Gasto máximo para un periodo de retorno, en m³/seg.

A, C = Constantes en función del registro de gastos máximos anuales.

Tr = Periodo de retorno, en años

N = Número de Años de registro

Q_i = Gastos máximos anuales registrados, en m³/seg.

Q_m = Gastos medios, en m³/seg = $\sum x_i / N$

X_i = Constante para cada gasto Q_i registrado, en función de su periodo de retorno (Pr) correspondiente.

X_m = Valor medio de las X_i igual a $\sum X_i / N$

M_i = Número de orden, asignado de acuerdo a su arreglo en forma decreciente de los gastos.

S_{xx}, S_{xq}, S_{qq} = Valores constantes de acuerdo a los datos de gastos y sus constantes de periodo de retorno

METODO DE LEBEDIEV

Este método, al igual que los anteriores, propone que en la estimación del gasto máximo probable (Q_d), se considere un Q máx y un ΔQ , las cuales se obtendrán de:

$$Q \text{ máx} = Q_m (KCV+1) \quad (12)$$

$$\Delta Q = A E_r Q \text{ máx} / \sqrt{N} \quad (13)$$

Donde:

$$CV = \sqrt{\sum (Q_i/Q_m - 1)^2 / N} \quad (14)$$

$$CS = \sum (Q_i/Q_m - 1)^3 / NC^3 \quad (15)$$

$Q \text{ máx}$ = Gasto máximo para un periodo considerado, en $m^3/\text{seg.}$

Q_m = Gasto medio, en $m^3/\text{seg.}$, igual a $\sum Q_i/N$

N = Número de años de registro

CV = Coeficiente de dispersión o de Variación

CS = Coeficiente de desviación o de asimetría que se comparará y se tomará el valor mayor de acuerdo a:

Cs = 2CV para avenidas producidas por deshielo

Cs = 3CV para avenidas producidas por tormenta

Cs = 5CV para avenidas producidas por tormentas en cuencas ciclónicas

K = Constante que está en función de Cs y P, -
en la cual $P = 100 / T_r$, del cuadro 4.2.7.

Er = Constante que está en función de CV y P, -
gráfica 4.2.8.

A = Coeficiente el cual varía de 0.7 a 1.5, -
donde $A = 1.5 - N (0.02)$ considerando -
que si N es mayor a 40 años, $A = 0.7$

De acuerdo a lo anterior, tenemos que:

$$Q_d = Q_{\text{máx.}} + \Delta Q$$

IV.3 HIDROGRAMA DE LA AVENIDA MAXIMA PROBABLE

En virtud de las características de la zona, se aceptó para la avenida un pico igual a $1\ 200\ \text{m}^3/\text{seg.}$, adoptando para la misma en forma suavizada del obtenido por medio del método del hidrograma triangular unitario, elaborado con los parámetros anotados con anterioridad.

IV.4 RESULTADOS

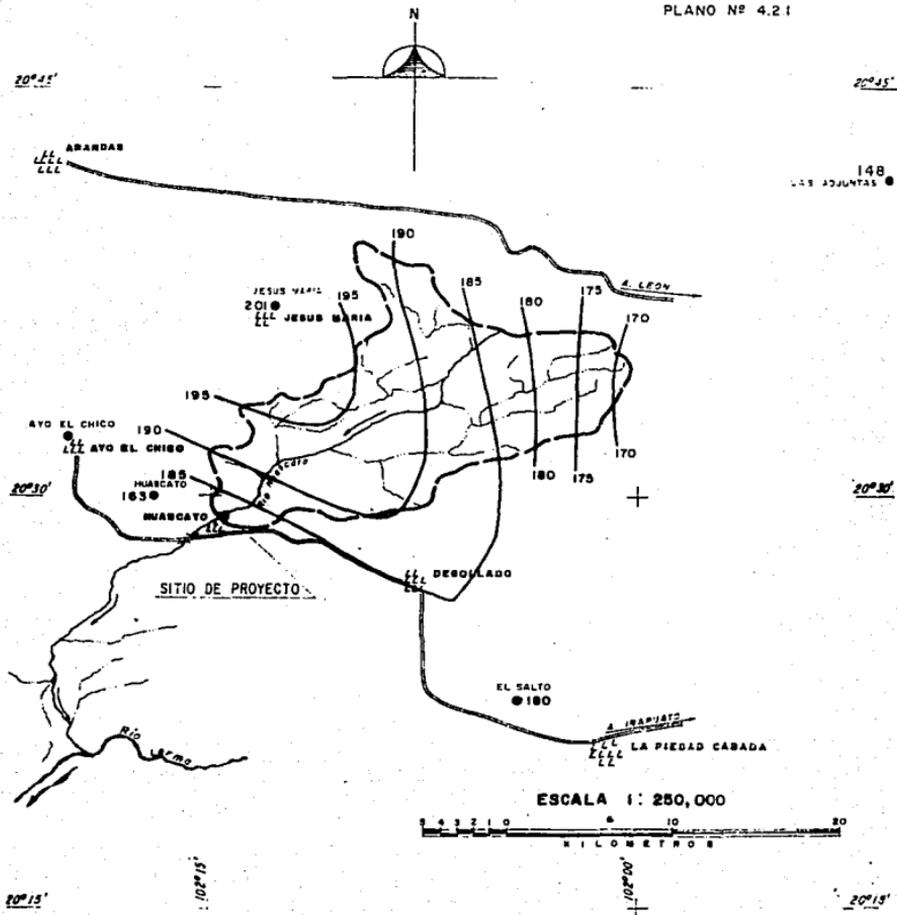
De acuerdo a los métodos aplicados con anterioridad (Empíricos, Hidrológicos y Estadísticos), se muestra a continuación un resumen de resultados de la avenida máxima probable para un periodo de retorno de 10 000 años.

M E T O D O	GASTO MAXIMO PROBABLE
RACIONAL	1 212 m ³ /seg
HIDROGRAMA TRIANGULAR UNITARIO	1 200 m ³ /seg
GUMBEL	1 102 m ³ /seg
NASH	1 064 m ³ /seg
LEBEDIEV	1 166 m ³ /seg

De todas éstas, existe mucha similitud en los resultados y se toma para efectos del tránsito de la avenida máxima probable el obtenido por medio del Hidrograma Triangular Unitario.

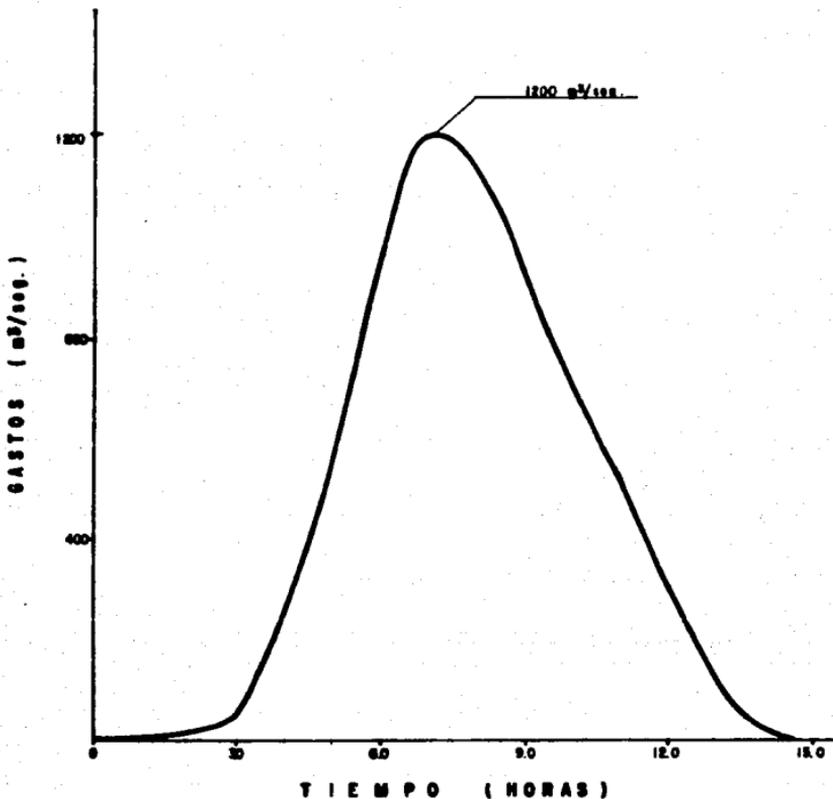
PROYECTO LA POLVORA, JAL.
ISOYETAS Tr= 10 000 AÑOS

PLANO Nº 4.2.1



PROYECTO PRESA LA POLVORA, JAL.
HIDROGRAMA PARA LA AVENIDA CON TR = 10000 AÑOS

GRAFICA Nº 4.2.3



GASTOS MAXIMOS ANUALES. REGISTRADOS EN LA
ESTACION HIDROMETRICA HUASCATO

AÑO	GASTOS MAXIMOS ANUALES (m ³ /seg)
1965	320.0
1966	150.9
1967	158.8
1968	256.4
1969	94.9
1970	214.6
1971	262.4
1972	126.9
1973	444.2
1974	133.5
1975	194.1
1976	251.5
1977	142.5
1978	59.5
1979	109.0
1980	94.0
1981	145.8
1982	25.9

CUADRO N° 4.2.5

CUADRO N° 4.2.6

N	y_n	σ_n	N	y_n	σ_n
8	.4843	.9043	49	.5481	1.1590
9	.4902	.9288	50	.54854	1.16066
10	.4952	.9497	51	.5489	1.1623
11	.4996	.9676	52	.5493	1.1638
12	.5035	.9833	53	.5497	1.1653
13	.5070	.9972	54	.5501	1.1667
14	.5100	1.0095	55	.5504	1.1681
15	.5128	1.02057	56	.5508	1.1696
16	.5157	1.0316	57	.5511	1.1708
17	.5181	1.0411	58	.5515	1.1721
18	.5202	1.0493	59	.5518	1.1734
19	.5220	1.0566	60	.55208	1.17467
20	.52355	1.06283	62	.5527	1.1770
21	.5252	1.0696	64	.5533	1.1793
22	.5268	1.0754	66	.5538	1.1814
23	.5283	1.0811	68	.5543	1.1834
24	.5296	1.0864	70	.55477	1.18536
25	.53086	1.09145	72	.5552	1.1873
26	.5320	1.0961	74	.5557	1.1890
27	.5332	1.1004	76	.5561	1.1906
28	.5343	1.1047	78	.5565	1.1923
29	.5353	1.1086	80	.55688	1.19382
30	.53622	1.11238	82	.5572	1.1953
31	.5371	1.1159	84	.5576	1.1967
32	.5380	1.1193	86	.5580	1.1980
33	.5388	1.1226	88	.5583	1.1994
34	.5396	1.1255	90	.55860	1.20073
35	.54034	1.12847	92	.5589	1.2020
36	.5410	1.1313	94	.5592	1.2032
37	.5418	1.1339	96	.5595	1.2044
38	.5424	1.1363	98	.5598	1.2055
39	.5430	1.1388	100	.56002	1.20649
40	.54362	1.14132	150	.56461	1.22534
41	.5442	1.1436	200	.56715	1.23598
42	.5448	1.1458	250	.56878	1.24292
43	.5453	1.1480	300	.56993	1.24786
44	.5458	1.1499	400	.57144	1.25450
45	.54630	1.15185	500	.57240	1.25880
46	.5468	1.1538	750	.57377	1.26506
47	.5473	1.1557	1000	.57450	1.26851
48	.5477	1.1574		.57722	1.28255

ϕ	$\sqrt{N\alpha\sigma_m}$
.01	(2.1607)
.02	(1.7894)
.05	(1.4550)
.10	(1.3028)
.15	1.2548
.20	1.2427
.25	1.2494
.30	1.2687
.35	1.2981
.40	1.3366
.45	1.3845
.50	1.4427
.55	1.5130
.60	1.5984
.65	1.7034
.70	1.8355
.75	2.0069
.80	2.2408
.85	2.5849
.90	(3.1639)
.95	(4.4721)
.98	(7.0710)
.99	(10.000)

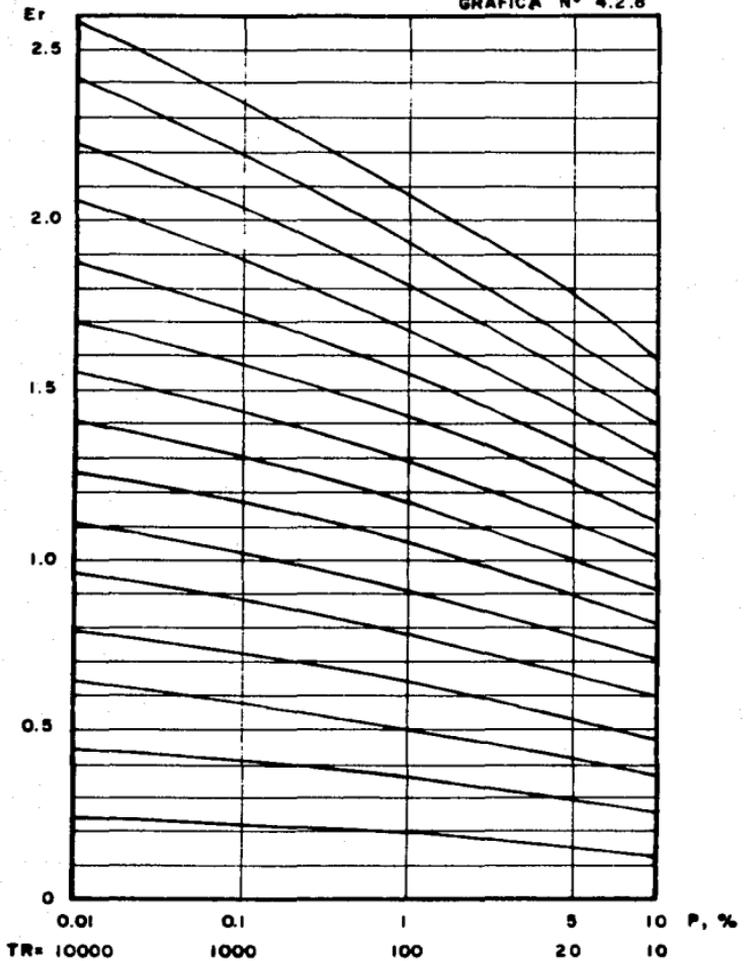
C _s	P en %																			C _s			
	0.01	0.1	0.5	1	2	3	5	10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	95		97	99	99.9
1.8	7.76	5.64	4.15	3.50	2.88	2.46	1.99	1.32	0.64	0.42	0.24	-0.05	-0.28	-0.48	-0.64	-0.72	-0.80	-0.84	-1.02	-1.06	-1.09	-1.11	1.8
1.85	7.87	5.70	4.19	3.52	2.88	2.46	1.99	1.32	0.64	0.41	0.23	-0.06	-0.28	-0.48	-0.64	-0.73	-0.80	-0.83	-1.00	-1.04	-1.06	-1.08	1.85
1.9	7.98	5.77	4.23	3.55	2.89	2.48	2.00	1.31	0.63	0.40	0.22	-0.07	-0.29	-0.48	-0.64	-0.72	-0.78	-0.82	-0.98	-1.01	-1.04	-1.05	1.9
1.95	8.10	5.84	4.28	3.58	2.89	2.50	2.00	1.30	0.62	0.40	0.21	-0.08	-0.30	-0.48	-0.64	-0.72	-0.78	-0.91	-0.96	-0.99	-1.02	-1.02	1.95
2.0	8.21	5.91	4.30	3.60	2.91	2.51	2.00	1.30	0.61	0.39	0.20	-0.08	-0.31	-0.49	-0.64	-0.71	-0.78	-0.90	-0.95	-0.97	-0.99	-1.00	2.0
2.05		5.97	4.34	3.63	2.92	2.52	2.00	1.30	0.60	0.38	0.19	-0.09	-0.32	-0.49	-0.64	-0.71	-0.77	-0.89	-0.93	-0.95	-0.96	-0.97	2.05
2.1		6.04	4.38	3.65	2.94	2.53	2.01	1.29	0.59	0.37	0.18	-0.10	-0.32	-0.50	-0.64	-0.70	-0.76	-0.86	-0.91	-0.93	-0.94	-0.95	2.1
2.15		6.09	4.42	3.66	2.94	2.53	2.01	1.28	0.58	0.30	0.17	-0.11	-0.32	-0.53	-0.64	-0.70	-0.76	-0.84	-0.88	-0.91	-0.92	-0.93	2.15
2.2		6.14	4.46	3.68	2.95	2.54	2.02	1.27	0.57	0.35	0.16	-0.12	-0.33	-0.50	-0.64	-0.69	-0.75	-0.82	-0.85	-0.90	-0.91	-0.92	2.2
2.25		6.20	4.49	3.70	2.96	2.54	2.02	1.26	0.56	0.33	0.15	-0.12	-0.34	-0.50	-0.63	-0.68	-0.74	-0.82	-0.86	-0.87	-0.88	-0.89	2.25
2.3		6.26	4.52	3.73	2.98	2.54	2.01	1.26	0.55	0.32	0.14	-0.13	-0.34	-0.50	-0.63	-0.68	-0.74	-0.81	-0.85	-0.86	-0.87	-0.87	2.3
2.35		6.31	4.55	3.75	3.00	2.57	2.01	1.25	0.53	0.30	0.13	-0.13	-0.34	-0.50	-0.62	-0.67	-0.73	-0.80	-0.83	-0.84	-0.84	-0.85	2.35
2.4		6.37	4.59	3.78	3.02	2.60	2.00	1.25	0.52	0.29	0.12	-0.14	-0.35	-0.51	-0.62	-0.67	-0.72	-0.79	-0.82	-0.82	-0.83	-0.83	2.4
2.45		6.43	4.62	3.80	3.03	2.61	2.00	1.24	0.51	0.28	0.11	-0.15	-0.35	-0.51	-0.62	-0.66	-0.71	-0.78	-0.80	-0.81	-0.81	-0.81	2.45
2.5		6.50	4.66	3.82	3.05	2.62	2.00	1.23	0.50	0.27	0.10	-0.16	-0.35	-0.51	-0.62	-0.66	-0.71	-0.76	-0.79	-0.79	-0.80	-0.80	2.5
2.55		6.52	4.68	3.84	3.06	2.62	2.00	1.22	0.49	0.26	0.09	-0.16	-0.36	-0.51	-0.61	-0.66	-0.70	-0.75	-0.77	-0.78	-0.78	-0.78	2.55
2.6		6.54	4.71	3.85	3.08	2.63	2.00	1.21	0.48	0.25	0.08	-0.17	-0.37	-0.51	-0.61	-0.66	-0.70	-0.74	-0.76	-0.76	-0.77	-0.77	2.6
2.65		6.64	4.75	3.89	3.09	2.63	2.00	1.20	0.47	0.24	0.07	-0.17	-0.37	-0.51	-0.61	-0.65	-0.69	-0.73	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	2.65
2.7		6.75	4.80	3.92	3.10	2.64	2.00	1.19	0.46	0.24	0.07	-0.18	-0.38	-0.51	-0.61	-0.65	-0.68	-0.72	-0.74	-0.74	-0.74	-0.74	2.7
2.75		6.80	4.83	3.93	3.11	2.64	2.00	1.18	0.45	0.23	0.06	-0.19	-0.38	-0.51	-0.60	-0.64	-0.67	-0.71	-0.72	-0.72	-0.72	-0.72	2.75
2.8		6.86	4.86	3.96	3.12	2.65	2.00	1.18	0.44	0.22	0.05	-0.20	-0.39	-0.51	-0.60	-0.64	-0.67	-0.70	-0.71	-0.71	-0.71	-0.71	2.8
2.85		6.93	4.88	3.98	3.12	2.65	2.00	1.16	0.42	0.21	0.04	-0.21	-0.39	-0.51	-0.60	-0.63	-0.66	-0.69	-0.70	-0.70	-0.70	-0.70	2.85
2.9		7.00	4.91	4.01	3.12	2.66	1.99	1.15	0.41	0.20	0.04	-0.21	-0.39	-0.51	-0.60	-0.63	-0.65	-0.68	-0.69	-0.69	-0.69	-0.69	2.9
2.95		7.09	4.93	4.03	3.13	2.66	1.98	1.14	0.40	0.19	0.03	-0.21	-0.39	-0.51	-0.59	-0.62	-0.64	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67	2.95
3.0		7.10	4.95	4.05	3.14	2.66	1.97	1.13	0.39	0.19	0.02	-0.22	-0.40	-0.51	-0.59	-0.62	-0.64	-0.66	-0.66	-0.66	-0.66	-0.66	3.0
3.05		7.16	4.98	4.07	3.14	2.66	1.97	1.12	0.38	0.18	0.01	-0.22	-0.40	-0.51	-0.58	-0.61	-0.63	-0.65	-0.65	-0.65	-0.65	-0.65	3.05
3.1		7.23	5.01	4.09	3.14	2.66	1.97	1.11	0.37	0.17	0.01	-0.23	-0.40	-0.51	-0.58	-0.60	-0.62	-0.64	-0.64	-0.64	-0.64	-0.64	3.1
3.15		7.29	5.04	4.10	3.14	2.66	1.96	1.10	0.36	0.16	0.02	-0.24	-0.40	-0.51	-0.57	-0.59	-0.61	-0.63	-0.63	-0.63	-0.63	-0.63	3.15
3.2		7.35	5.08	4.11	3.14	2.66	1.96	1.09	0.35	0.15	0.00	-0.25	-0.41	-0.51	-0.57	-0.59	-0.61	-0.62	-0.62	-0.62	-0.62	-0.62	3.2
3.25		7.37	5.11	4.13	3.14	2.66	1.95	1.08	0.34	0.14	-0.04	-0.25	-0.41	-0.50	-0.56	-0.58	-0.60	-0.61	-0.61	-0.61	-0.61	-0.61	3.25
3.3		7.44	5.14	4.15	3.14	2.66	1.95	1.08	0.33	0.13	-0.02	-0.26	-0.41	-0.50	-0.56	-0.58	-0.59	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	3.3
3.35		7.49	5.16	4.16	3.14	2.66	1.94	1.07	0.32	0.12	-0.02	-0.26	-0.41	-0.50	-0.55	-0.57	-0.58	-0.59	-0.59	-0.59	-0.59	-0.59	3.35
3.4		7.54	5.18	4.18	3.15	2.66	1.94	1.06	0.31	0.11	-0.03	-0.27	-0.41	-0.50	-0.55	-0.57	-0.58	-0.58	-0.58	-0.58	-0.58	-0.58	3.4
3.45		7.59	5.22	4.19	3.15	2.66	1.93	1.05	0.30	0.09	-0.04	-0.27	-0.41	-0.50	-0.54	-0.56	-0.57	-0.57	-0.57	-0.57	-0.57	-0.57	3.45
3.5		7.64	5.25	4.21	3.16	2.66	1.93	1.04	0.29	0.08	-0.04	-0.28	-0.41	-0.50	-0.54	-0.55	-0.56	-0.57	-0.57	-0.57	-0.57	-0.57	3.5

VALORES DE K

C _s	P en %																			C _s			
	0.01	0.1	0.5	1	2	3	5	10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	95		97	99	99.9
0.0	3.72	3.09	2.58	2.33	2.02	1.88	1.54	1.28	0.84	0.67	0.52	0.25	0.00	-0.25	-0.52	-0.67	-0.84	-1.28	-1.64	-1.88	-2.33	-3.09	0.0
0.05	3.83	3.16	2.62	2.38	2.08	1.93	1.55	1.28	0.84	0.66	0.52	0.24	-0.01	-0.26	-0.52	-0.68	-0.84	-1.28	-1.62	-1.86	-2.28	-3.02	0.05
0.1	3.94	3.23	2.67	2.40	2.11	1.92	1.67	1.29	0.84	0.66	0.51	0.24	-0.02	-0.27	-0.53	-0.68	-0.85	-1.27	-1.61	-1.84	-2.25	-2.95	0.1
0.15	4.05	3.31	2.71	2.44	2.13	1.94	1.68	1.30	0.84	0.66	0.50	0.23	-0.02	-0.28	-0.54	-0.68	-0.85	-1.26	-1.60	-1.82	-2.22	-2.98	0.15
0.2	4.16	3.38	2.76	2.47	2.16	1.96	1.70	1.30	0.83	0.65	0.50	0.22	-0.03	-0.28	-0.55	-0.69	-0.85	-1.26	-1.58	-1.79	-2.18	-2.81	0.2
0.25	4.27	3.46	2.81	2.50	2.18	1.98	1.71	1.30	0.82	0.64	0.49	0.21	-0.04	-0.29	-0.56	-0.70	-0.85	-1.25	-1.56	-1.77	-2.14	-2.69	0.25
0.3	4.38	3.52	2.86	2.54	2.21	2.00	1.72	1.31	0.82	0.64	0.48	0.20	-0.05	-0.30	-0.56	-0.70	-0.85	-1.24	-1.55	-1.75	-2.10	-2.67	0.3
0.35	4.50	3.59	2.90	2.58	2.23	2.02	1.73	1.32	0.82	0.64	0.48	0.20	-0.06	-0.30	-0.56	-0.70	-0.85	-1.24	-1.53	-1.72	-2.06	-2.60	0.35
0.4	4.61	3.66	2.95	2.61	2.26	2.04	1.75	1.32	0.82	0.63	0.47	0.19	-0.07	-0.31	-0.57	-0.71	-0.85	-1.23	-1.52	-1.70	-2.03	-2.54	0.4
0.45	4.72	3.74	2.99	2.64	2.28	2.06	1.76	1.32	0.82	0.62	0.46	0.18	-0.08	-0.32	-0.58	-0.71	-0.85	-1.22	-1.51	-1.68	-2.00	-2.47	0.45
0.5	4.83	3.81	3.04	2.68	2.31	2.08	1.77	1.32	0.81	0.62	0.46	0.17	-0.08	-0.33	-0.58	-0.71	-0.85	-1.22	-1.49	-1.66	-1.96	-2.40	0.5
0.55	4.94	3.88	3.08	2.72	2.33	2.10	1.78	1.32	0.80	0.62	0.45	0.16	-0.09	-0.34	-0.58	-0.72	-0.85	-1.21	-1.47	-1.64	-1.92	-2.32	0.55
0.6	5.05	3.98	3.13	2.75	2.35	2.12	1.80	1.33	0.80	0.61	0.44	0.16	-0.10	-0.34	-0.59	-0.72	-0.85	-1.20	-1.45	-1.61	-1.88	-2.27	0.6
0.65	5.16	4.03	3.17	2.78	2.37	2.14	1.81	1.33	0.79	0.60	0.44	0.15	-0.11	-0.35	-0.60	-0.72	-0.85	-1.19	-1.44	-1.59	-1.84	-2.20	0.65
0.7	5.28	4.10	3.22	2.82	2.40	2.15	1.82	1.33	0.79	0.59	0.43	0.14	-0.12	-0.36	-0.60	-0.72	-0.85	-1.18	-1.42	-1.57	-1.81	-2.14	0.7
0.75	5.39	4.17	3.26	2.86	2.42	2.16	1.83	1.34	0.78	0.58	0.42	0.13	-0.12	-0.36	-0.60	-0.72	-0.86	-1.18	-1.40	-1.54	-1.78	-2.08	0.75
0.8	5.50	4.24	3.31	2.89	2.45	2.18	1.84	1.34	0.78	0.58	0.41	0.12	-0.13	-0.37	-0.60	-0.73	-0.86	-1.17	-1.38	-1.52	-1.74	-2.02	0.8
0.85	5.62	4.31	3.35	2.92	2.47	2.20	1.85	1.34	0.78	0.58	0.40	0.12	-0.14	-0.38	-0.60	-0.73	-0.86	-1.16	-1.36	-1.49	-1.70	-1.96	0.85
0.9	5.73	4.38	3.40	2.96	2.50	2.22	1.86	1.34	0.77	0.57	0.40	0.11	-0.15	-0.38	-0.61	-0.73	-0.86	-1.15	-1.35	-1.47	-1.66	-1.90	0.9
0.95	5.88	4.46	3.44	2.99	2.52	2.24	1.87	1.34	0.76	0.56	0.39	0.10	-0.16	-0.38	-0.62	-0.73	-0.85	-1.14	-1.34	-1.44	-1.62	-1.84	0.95
1.0	5.99	4.53	3.49	3.02	2.54	2.25	1.88	1.34	0.76	0.55	0.38	0.09	-0.16	-0.39	-0.62	-0.73	-0.85	-1.13	-1.32	-1.42	-1.59	-1.79	1.0
1.05	6.07	4.60	3.53	3.06	2.56	2.28	1.89	1.34	0.75	0.54	0.37	0.08	-0.17	-0.40	-0.62	-0.74	-0.85	-1.12	-1.30	-1.40	-1.56	-1.74	1.05
1.1	6.16	4.67	3.58	3.09	2.58	2.28	1.89	1.34	0.74	0.54	0.36	0.07	-0.18	-0.41	-0.62	-0.74	-0.85	-1.10	-1.28	-1.38	-1.52	-1.68	1.1
1.15	6.30	4.74	3.62	3.12	2.60	2.30	1.90	1.34	0.74	0.53	0.36	0.06	-0.18	-0.42	-0.62	-0.74	-0.84	-1.09	-1.26	-1.36	-1.48	-1.63	1.15
1.2	6.41	4.81	3.66	3.15	2.62	2.31	1.92	1.34	0.73	0.52	0.35	0.05	-0.19	-0.42	-0.63	-0.74	-0.84	-1.08	-1.24	-1.33	-1.45	-1.58	1.2
1.25	6.52	4.88	3.70	3.18	2.64	2.32	1.93	1.34	0.72	0.52	0.34	0.04	-0.20	-0.42	-0.63	-0.74	-0.84	-1.07	-1.22	-1.30	-1.42	-1.55	1.25
1.3	6.64	4.96	3.74	3.21	2.67	2.34	1.94	1.34	0.72	0.51	0.33	0.04	-0.21	-0.43	-0.63	-0.74	-0.84	-1.06	-1.20	-1.28	-1.38	-1.48	1.3
1.35	6.74	5.02	3.78	3.24	2.69	2.36	1.95	1.34	0.72	0.50	0.32	0.03	-0.22	-0.44	-0.64	-0.74	-0.84	-1.05	-1.18	-1.26	-1.36	-1.44	1.35
1.4	6.87	5.09	3.83	3.27	2.71	2.37	1.95	1.34	0.71	0.49	0.31	0.02	-0.22	-0.44	-0.64	-0.73	-0.83	-1.04	-1.17	-1.23	-1.32	-1.39	1.4
1.45	6.98	5.16	3.87	3.30	2.72	2.38	1.96	1.33	0.70	0.48	0.30	0.01	-0.23	-0.44	-0.64	-0.73	-0.82	-1.03	-1.15	-1.21	-1.29	-1.35	1.45
1.5	7.09	5.23	3.91	3.33	2.74	2.39	1.96	1.33	0.69	0.47	0.30	0.00	-0.24	-0.45	-0.64	-0.73	-0.82	-1.02	-1.13	-1.19	-1.26	-1.31	1.5
1.55	7.20	5.32	3.95	3.36	2.76	2.40	1.96	1.33	0.68	0.46	0.29	0.01	-0.24	-0.45	-0.64	-0.73	-0.82	-1.00	-1.12	-1.16	-1.23	-1.28	1.55
1.6	7.31	5.37	3.99	3.39	2.78	2.42	1.97	1.33	0.68	0.46	0.28	0.02	-0.25	-0.46	-0.64	-0.73	-0.81	-0.99	-1.10	-1.14	-1.20	-1.24	1.6
1.65	7.42	5.44	4.03	3.42	2.80	2.43	1.97	1.32	0.67	0.45	0.27	0.02	-0.26	-0.46	-0.64	-0.72	-0.81	-0.98	-1.08	-1.12	-1.17	-1.20	1.65
1.7	7.54	5.50	4.07	3.44	2.82	2.44	1.98	1.32	0.66	0.44	0.26	0.03	-0.27	-0.47	-0.64	-0.72	-0.81	-0.97	-1.06	-1.10	-1.14	-1.17	1.7
1.75	7.65	5.57	4.11	3.47	2.83	2.45	1.98	1.32	0.65	0.43	0.25	0.04	-0.28	-0.48	-0.64	-0.72	-0.80	-0.96	-1.04	-1.08	-1.12	-1.14	

METODO DE LEBEDIEV

GRAFICA N° 4.2.8



VALORES DE E_r EN FUNCIÓN DE CV Y P EN PORCENTAJE.

CAPITULO V

FUNCIONAMIENTO DE VASO Y TRANSITO DE AVENIDAS

- V.1 ENTRADAS AL VASO
- V.2 EVAPORACIONES NETAS
- V.3 SALIDAS DE RIEGO
- V.4 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE AZOLVES
- V.5 FUNCIONAMIENTO DE VASO
- V.6 ALTERNATIVAS ANALIZADAS
- V.7 RESULTADOS DEL FUNCIONAMIENTO DE VASO
- V.8 TRÁNSITO DE LA AVENIDA
- V.9 RESULTADOS DEL TRÁNSITO DE LA AVENIDA

V.1 ENTRADAS AL VASO

Como entradas al sitio de la Presa "La Pólvo-ra", se utilizaron los registros de la estación hidrométrica Huáscato localizada en las cercanías del sitio de la presa, - la cual comprende un período de 1965-1982, presentándose en - los últimos cinco años una marcada disminución en sus aportes; las entradas a la presa se encuentran tabuladas en el Cuadro- N° 5.1.1, del cual se resume lo siguiente:

VOLUMEN MAXIMO ANUAL OBSERVADO	110 946 mm ³
VOLUMEN MINIMO ANUAL OBSERVADO	7 165 mm ³
VOLUMEN MEDIO ANUAL	46 056 mm ³

V.2 EVAPORACIONES NETAS

Una de los parámetros que intervienen en el - análisis del Funcionamiento de Vaso es la evaporación neta, - la cual será obtenida en base a los datos de precipitación y evaporación observada en la estación climatológica Huáscato, esta última se verá afectada por un factor de corrección, que de acuerdo a estudios realizados se considera un valor de - - 0.77, esto es debido a que la evaporación en áreas pequeñas - es mayor que en los grandes embalses. Para tales fines se - consideró un coeficiente de escurrimiento medio estimado - - igual a 0.24.

Para el período mencionado (1965-1982), se ob- tuvieron los siguientes resultados:

PRECIPITACION MEDIA ANUAL OBSERVADA	866.5 mm
EVAPORACION MEDIA ANUAL OBSERVADA	2 227.3 mm
EVAPORACION NETA MEDIA ANUAL ESTIMADA	1 048.8 mm

El procedimiento de cálculo para la obtención de la evaporación neta se ejemplifica por medio del siguiente cuadro, el cual corresponde al año de 1965 de la estación climática Huáscato.

AÑO	MES	PRECIPITACION (HP)		EVAPORACION		
		OBSERVADA (1)	HP (1-Ce) (2)	OBSERVADA (3)	E.O (0.77) (4)	NETA 5 = 4 - 2
1 9 6 5	E	10.0	7.6	147.2	113.3	105.7
	F	17.0	12.9	160.1	123.3	110.4
	M	0.0	0.0	255.3	196.6	196.6
	A	8.0	6.1	278.5	214.4	208.3
	M'	14.5	11.0	290.7	223.8	212.8
	J	110.5	84.0	248.8	191.6	107.6
	J'	243.0	184.7	172.5	132.8	-51.9
	A'	377.5	286.9	147.1	113.3	-173.6
	S	183.5	139.5	157.0	120.9	-18.6
	O	71.0	54.0	155.7	119.9	65.9
	N	0.0	0.0	137.4	105.8	105.8
	D	8.5	6.5	123.7	95.2	88.7

En el Cuadro N° 5.2.1, se muestran los valores obtenidos de evaporación neta para el sitio en estudio.

V. 3 SALIDAS DE RIEGO

Las salidas o demandas de riego son las cantidades de agua que hay que extraer de la presa de almacenamiento o cualquier otra fuente para poder satisfacer las necesidades de riego en la zona de aprovechamiento.

De acuerdo al análisis realizado en el capítulo III, se obtuvo una demanda volumétrica para la zona en proyecto de 50 026.3 Miles de m³, considerando una eficiencia total del 56 % y una lámina bruta anual de riego de 1.08 m.

Enseguida se desglosan las demandas de riego obtenidos de dicho análisis:

M E S	DEMANDA EN MILES DE M ³	PORCENTAJE %
ENERO	1 901.1	3.80
FEBRERO	2 925.4	5.85
MARZO	5 754.9	11.50
ABRIL	7 719.8	15.43
MAYO	8 265.8	16.52
JUNIO	3 427.4	6.85
JULIO	3 038.1	6.07
AGOSTO	2 766.5	5.53
SEPTIEMBRE	2 666.3	5.33
OCTUBRE	4 382.0	8.76
NOVIEMBRE	4 255.2	8.52
DICIEMBRE	2 923.8	5.84
ANUAL	50 026.3	100.00

ESTACION HIDROMETRICA HUASCATO, JAL.

REGISTROS DE AZOLVES

CUADRO N° 5.4.1

A Ñ O	PORCENTAJE MEDIO POR VOLUMEN (%)
1965	0.20080064
1966	0.12077420
1967	0.08066043
1968	0.10033229
1969	0.06998260
1970	0.10098447
1971	0.05685000
1972	0.21730000
1974	0.10761000
1975	0.08060000
1976	0.06911080
1977	0.10937560
1978	0.07016710
1979	0.09128470
S U M A	1.52952083
P R O M E D I O	0.10196806

V.4 DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE AZOLVES

Una corriente cualquiera siempre lleva un menor o mayor grado de materiales sólidos en suspensión, como resultado de las erosiones provocadas en algunos tramos principalmente por las pendientes pronunciadas a lo largo de su curso, lo anterior es la razón por la cual, los vasos de almacenamiento son a su vez depósitos muy eficaces de azolves que con el tiempo disminuyen la capacidad de almacenamiento de agua, restándoles consecuentemente potencialidad para cumplir la función que les corresponde.

Para tomar en cuenta la disminución de la capacidad de almacenamiento y garantizar la vida útil de un vaso por un determinado número de años (50, 75 ó 100 años), se hace la estimación de acarreo anual de material sólido en suspensión, basándose en los datos de la estación hidrométrica, con registro de azolves más próxima.

De este modo se determinan los acarreos anuales de azolves y los escurrimientos en los mismos periodos, conociendo el acarreo medio, el cual al aplicarse al escurrimiento medio anual del sitio de proyecto, permite conocer el acarreo medio anual y así el volumen que puede acumularse en los 50, 75 ó más años de vida útil que se le fije al vaso.

Para nuestro caso, se cuenta con información de mediciones de material sólido en suspensión registrada en la estación Huáscato (Cuadro N° 5.4.1) para un periodo que comprende de 1965 a 1979, la cual proporciona un azolve medio por volumen de 0.10196806.

De acuerdo a los datos de escurrimiento medio para el sitio de proyecto, tenemos:

$$\text{Capacidad de Azolves} = (EM) (Cm) (V) (F)$$

Donde:

Em = Escurrimiento medio anual para el sitio de proyecto, en Miles de M^3 .

Cm = Contenido medio de Azolves por volumen, adimensional.

V = Vida útil de vaso, en años, para este caso se tomará de 50 años.

F = Factor de arrastre, el cual, según la S.A.R.H. es de 1.33

Con respecto a lo anterior, tenemos:

$$\text{Cap. Azolves} = 46056 \times 0.00101968 \times 50 \times 1.33$$

$$\text{C.A.} = 3123 = 3000 \text{ Miles de } M^3.$$

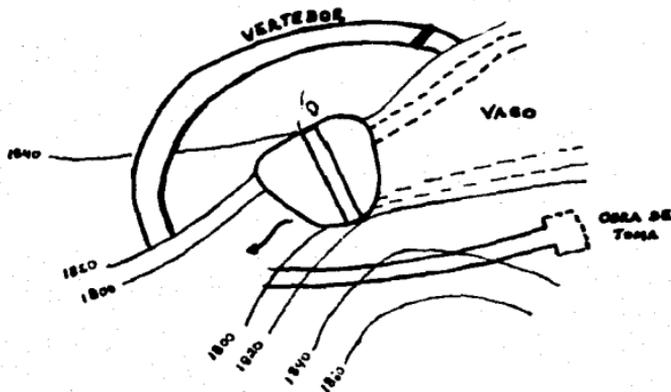
V. 5 FUNCIONAMIENTO DE VASO

Para determinar las obras hidráulicas con fines de riego y control, es fundamental el conocimiento de las fases que constituyen el ciclo hidrológico para llevar a cabo el

análisis de los escurrimientos, conociéndose así la disponibilidad hídrica de la misma, que comparada con las demandas de riego u otras, definirán la magnitud de las obras que se requieran.

La presa de almacenamiento es un tipo de aprovechamiento que retiene el agua en una depresión natural del terreno, formando un vaso o depósito, mediante una cortina - construida en una boquilla adecuada.

Características físicas de una presa de almacenamiento.



VASO.- Es el que constituye propiamente, dicho, el almacenamiento. Su función es la de regularizar los escurrimientos, de tal manera de proporcionar el agua en la forma requerida (demandas), o almacenarla cuando ésta no sea requerida.

CORTINA.- Es el elemento artificial que cierra el paso al agua y forma el vaso, y puede ser de materiales graduados o de concreto.

OBRA DE TOMA.- Es la estructura con la cual se realizan las extracciones del vaso de acuerdo al programa de demandas y para el uso que se destine la presa.

OBRA DE EXCEDENCIAS.- Su objetivo es el de descargar adecuadamente los volúmenes del vaso que excedan un cierto nivel, arriba del cual se ponga en peligro la seguridad de la obra.

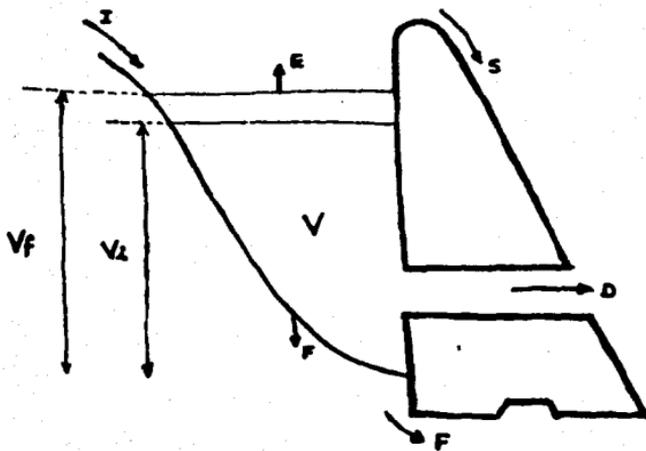
ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE VASO

El funcionamiento analítico de un vaso consiste en la simulación en un cierto período de tiempo, teniendo como datos las entradas determinadas por los escurrimientos históricos del río, y considerando como salidas las demandas de riego, determinándose con esto la capacidad necesaria para el riego de la superficie factible de desarrollo en determinada zona.

El método de análisis se basa en la ecuación de continuidad que expresa el volumen como:

VOLUMEN DE ENTRADA = VOLUMEN DE SALIDA + ALMACENAMIENTO

En el esquema siguiente se muestran las Factibles entradas y salidas que ocurren en el vaso de Almacena- - miento.



Entradas:

I = Volúmenes escurridos por ríos u otros aportes.

Salidas:

D = Volumen demandado

E = Evaporación neta en el vaso (en donde ya se está incluyendo la lluvia que en realidad es una entrada).

F = Infiltraciones en el vaso y boquilla.

S = Derrames por el vertedor.

V_i = Almacenamiento al inicio del Δt .

V_f = Almacenamiento al final del Δt .

La ecuación anterior se puede escribir como:

$$I = D + E + S + (V_f - V_i) \quad (1)$$

$$E = e \left(\frac{A_i + A_f}{2} \right) \quad (2)$$

e = Lámina de evaporación neta (mm.)

$$e = (K) (E_p) - P$$

Donde:

K = Factor de reducción de evaporómetro = 0.77

E_p = Evaporación media (mm.)

P = Precipitación (mm.)

Ai = Area de embalse al inicio del Δt :

Af = Area de embalse al final del Δt

Considerando (2) en la ecuación (1) tenemos que:

$$\underbrace{I + V_i - D - \frac{(e)(A_i)}{2}}_{M1} = \underbrace{V_f + \frac{(e)(A_f)}{2}}_{M2} + S \quad (3)$$

Siendo ésta la ecuación del funcionamiento de - vaso, donde los términos del primer miembro son conocidos y - las del segundo, desconocidas al inicio del Δt .

Esta ecuación se resuelve por tanteos suponiendo un V_f hasta que se cumple la igualdad, por tanto, el proceso es iterativo, se recomienda que Δt sea igual a un mes, - por lo tanto, el análisis será mensual; al cálculo del funcionamiento de vaso consiste en optimizar las dos condiciones anteriores, existiendo criterios de deficiencias máximas permisibles que normarán la decisión en cuanto al análisis se refiere, los valores de los limitantes de deficiencias se muestran en el cuadro N° 5.5.1., se aclara que en el análisis del presente estudio se despreciaron las filtraciones en vaso y boquilla por considerarse valores muy pequeños.

Con la metodología antes expuesta se analizaron por medio de computadora, diferentes análisis de funcionamiento de vaso para el sitio considerado, siendo estos cuatro a - diferentes capacidades totales.

V.6 ALTERNATIVAS ANALIZADAS

De los análisis del funcionamiento de vaso realizados en el inciso anterior, se deduce que con la capacidad mayor analizada (60 000 Miles de M^3) no se logra satisfacer la demanda de riego de la zona de proyecto.

V.7 RESULTADOS DEL FUNCIONAMIENTO DE VASO

La simulación del Funcionamiento de vaso se llevó a cabo a partir de la superficie de Proyecto Original, que comprenderá alrededor de 4 637 Ha. Considerando la distribución de las demandas mencionadas anteriormente.

Los resultados de los análisis del Funcionamiento de vaso, así como los índices y porcentajes respectivos se muestran en el cuadro N° 5.5.2 y en la gráfica N° 5.5.3 se muestra la representación de las diferentes alternativas.

V.8 TRANSITO DE LA AVENIDA

En el proyecto de una presa de almacenamiento, es necesario conocer la máxima elevación a la que puede llegar al embalse del agua, en el caso de presentarse la avenida de diseño.

La condición más desfavorable es que dicha avenida se presente cuando el vaso se encuentre lleno, es por es ta razón que la capacidad del vertedor deberá ser tal que perer

mita el paso de la avenida sin que rebase el nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME).

El tránsito de avenidas permite conocer la capacidad de control (Sobrealmacenamiento) así como las dimensiones de la obra de excedencias (Vertedor). Consiste en la simulación del paso de una onda de avenida por un vaso que controla las descargas mediante un vertedor de dimensiones conocidas o supuestas.

METODO APLICADO

El modelo de simulación se basa en la ecuación de continuidad que establece un intervalo de tiempo:

$$VOL. entrada = VOL. salida + almacenamiento \quad (1)$$

Dado que el paso de la avenida dura horas 0 a lo mucho algunos días, no se considera lluvia, evaporación, filtración ni demanda porque éstas son despreciables en comparación con el volumen de la avenida.

Desarrollando la ecuación de continuidad para un Δt que dependerá del tiempo de duración, forma de la avenida y precisión deseada, así como el incremento Δt puede ser igual a 10, 30 min. . . . ; 1, 2, 3, 4,, hrs.

$$\frac{I_i + I_f}{2} \Delta t = \frac{S_i + S_f}{2} \Delta t + V_f - V_i \quad (2)$$

donde:

I_i = Gasto de entrada al vaso al inicio del Δt

I_f = Gasto de entrada al vaso al final de Δt

t = Intervalo de Tiempo

S_i = Gasto de salida por el vertedor al inicio Δt

S_f = Gasto de salida por el vertedor al final Δt

V_i, V_f = Volumen inicial, final del sobrealmacenamiento (este se cuenta a partir del N.A.M.O.).

Ordenando la ecuación anterior (en volumen):

$$\frac{I_i + I_f}{2} \Delta t + V_i - \frac{S_i}{2} \Delta t = V_f + \frac{S_f}{2} \Delta t \quad (3)$$

Convirtiéndolo a gasto, multiplicado por $\frac{2}{\Delta t}$:

$$\underbrace{I_i + I_f + \frac{2 V_i}{\Delta t} - S_i}_{M1} = \underbrace{\frac{2 V_f}{\Delta t} + S_f}_{M2} \quad (4)$$

Siendo ésta la ecuación del tránsito de avenidas donde $M1$ es conocido y $M2$ desconocido, se resuelve suponiendo el valor de V_f y se calcula $M2$ hasta que $M1 = M2$.

INFORMACION NECESARIA

- Curva de Elevaciones - Capacidades a partir de la elevación inicial (elevación de la -

cresta = N.A.M.O. para el vertedor libre).

- b) Hidrograma de entrada.- Son los datos de la representación gráfica de la avenida - analizada.
- c) Curva de Elevaciones - Gastos, es la ley - de salida de agua (derrames) en función de la elevación de embalse o carga, esta curva se elabora de acuerdo al tipo de estructura de descarga.

Si es vertedor de cresta libre:

$$Q = CLH^{3/2}$$

Donde:

- Q = Gasto de descarga
C = Constante de vertedor = 2.05
L = Longitud de la cresta vertedor
H = Carga sobre la cresta

Si la descarga es controlada por una compuerta, orificio o válvula sera necesario conocer las características hidráulicas de dichos elementos así como la política de operación que nos indique la forma en que se harán las extracciones controladas.

El tránsito de la avenida máxima extraordi

naria para una presa permite revisar:

El nivel máximo del embalse (N.A.M.E.) para el dimensionamiento de la altura de la cortina.

El gasto máximo de descarga por el vertedor, orificio u válvula.

La carga máxima sobre la cresta, orificio, etc.

Los diferentes tránsitos de la avenida se hacen variando las dimensiones y operaciones de la obra de excedencia, de tal forma de tener una gama de alternativas para poder seleccionar la más adecuada desde el punto de vista técnico y económico.

Los resultados de nuestro estudio se obtuvieron con la ecuación del tránsito, a través de un programa de computadora, la cual resuelve dicha ecuación por aproximaciones sucesivas para intervalos de tiempo constante de una hora y para un vertedor de cresta libre.

V.9 RESULTADOS DEL TRANSITO DE AVENIDAS

Se consideró el análisis de un vertedor de cresta libre, para definir el grado de regu

lación que se tiene sobre la avenida con una estructura de este tipo, se analizó el tránsito de la avenida máxima probable, tomando en cuenta longitudes de vertedor de 20 a - 100 m. en intervalos de 10 m para un almacenamiento inicial de 51 000 Mils de m^3 , y elevación a la cresta vertedora de 1 663.46 m.s.n.m., los resultados obtenidos se observan en el cuadro N° 5.9.1 y su representación gráfica en la correspondiente 5.9.2.

Teniendo en cuenta que se requiere de una obra que no ponga en peligro la estructura de la cortina, se propone una longitud de vertedor de 80.0 m. cuyas características - obtenidas del tránsito de avenidas se resumen a continuación:

C O N C E P T O	UNIDAD	RESULTADO
Longitud e Vertedor	m	80.0
Gasto Máximo de Entrada	m^3/seg	1 200.0
Volumen Generado	Mm^3	24 386.42
Volumen Regularizado	Mm^3	12 868.64
Carga Máxima	m	2.55
Elevación al N.A.M.E.	m.s.n.m.	1 666.01
Capacidad al N.A.M.E.	Mm^3	63 868.40
Gasto Máximo de Salida	m^3/seg	665.32

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VI.1 GENERALIDADES

VI.2 RIEGO

VI.3 AVENIDAS

VI.1 GENERALIDADES

El objeto del estudio es la determinación del volumen de agua susceptible de aprovecharse para el riego de 4 637 Has., localizadas en ambas márgenes del río Huáscato, - considerando el sitio de proyecto para la construcción de la presa "La Polvora".

VI.2 RIEGO

Del programa de cultivos proporcionado por la coordinación regional zona centro, se obtuvieron las demandas de riego mediante la aplicación del método de Blaney-Criddle modificado, habiendo obtenido una lámina bruta de 1.08 m., - considerando la eficiencia global igual a 56 %.

Se llevó a cabo la simulación del Funcionamiento de vaso para capacidades de conservación de 20, 30, 51 y 60 M m^3 y sus respectivos beneficios.

VI.3 AVENIDAS

En la determinación de las avenidas máximas - para la presa "La Polvora", se aplicaron tanto métodos estadísticos como hidrológicos, de los resultados obtenidos se adoptó un gasto máximo de 1 200 m^3/seg , para un período de retorno de 10 000 años.

Se efectuó el tránsito de la avenida máxima -

probable por el vaso considerando longitudes de vertedor desde 20 hasta 100 m, con intervalos de 10 m, y considerando una capacidad de conservación de 51.0 M m^3 , definiéndose una longitud de vertedor de 80 m. y una elevación al NAME de - - - - 1 666.01 m.s.n.m.

LIMITACIONES DE DEFICIENCIAS PERMISIBLES PARA
 RIEGO DE LOS ESTUDIOS DE FUNCIONAMIENTO DE
 VASC

CONDICION	LIMITACION (S.A.R.H.)
Faltante Máximo Anual (1)	60 %
Faltante Máximo para dos años Consecutivos, sumados (1)	90 %
Faltante Máximo para tres años Consecutivos, sumados (1)	110 %
Faltante Medio Anual Máximo Permisible (1)	5 %
Faltante Máximo Anual Despreciable (1)	1 %
Faltante Máximo para dos años Consecutivos, el más seco (1)	55 %
Faltante Máximo para tres años Consecutivos, el más seco (1)	50 %
Máximo Número de años con Deficien <u>ci</u> as en el Perfodo (3)	25 %
Máximo Número de años Consecutivos con faltante	3 años
Faltante Máximo Mensual (2)	100 %

- NOTAS: 1) Los Porcientos se refieren a la demanda anual
 2) Los Porcientos se refieren a la demanda mensual
 3) Los porcientos se refieren al número de años del
 perfodo estudiado.

PROYECTO PRESA "LA POLVORA", JAL.
 RESULTADOS DEL FUNCIONAMIENTO DE VASO

CUADRO N° 5.5.2

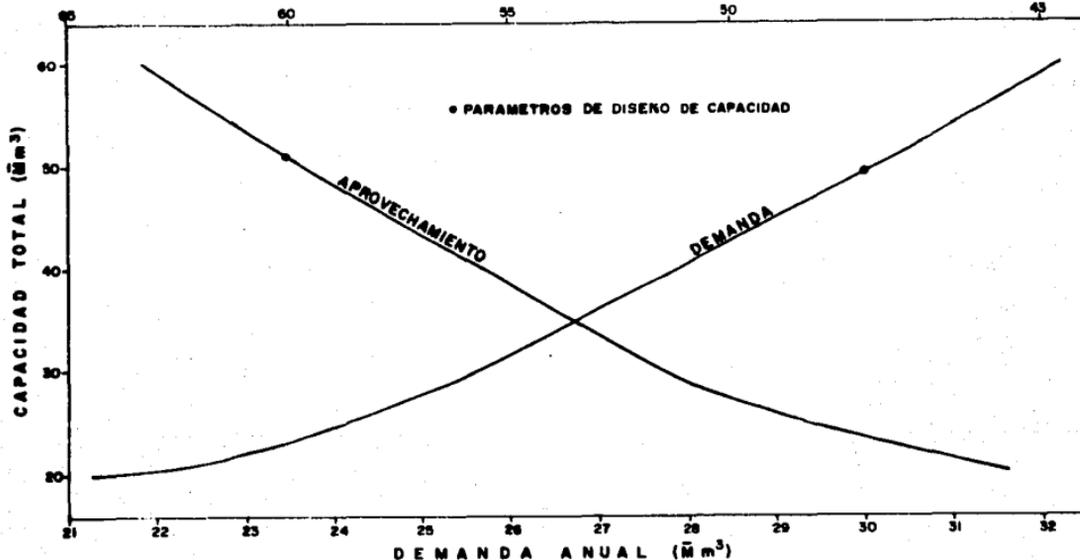
CONCEPTO	UNIDAD	CAPACIDAD TOTAL m^3			
		20.0	30.0	51.00	60.00
CAPACIDAD DE AZOLVES	Millones de m^3	3.00	3.00	3.00	3.00
DEMANDA ANUAL	Millones de m^3	21.280	25.557	30.332	32.218
SUPERFICIE REGADA	Ha	1 894.0	2 248.0	2 668.0	2 834.0
AROS CON DEFICIENCIA	No	5.0	4.0	3.0	3.0
DEFICIENCIA MAXIMA ANUAL	%	31.75	38.05	44.13	50.00
SUMA DEF. ANUALES	%	67.95	89.99	90.0	89.80
APROVECHAMIENTO	%	43.78	51.51	60.04	63.27
DERRAMES	%	53.94	45.59	35.70	31.98
EVAPORACION	%	2.28	2.90	4.26	4.76

EFICIENCIA GLOBAL = 56 %

PROYECTO LA POLVORA, JAL
RESULTADOS DEL FUNCIONAMIENTO DE VASO

APROVECHAMIENTO (%)

GRAFICA N° 5.5.3



RESULTADOS DEL TRANSITO DE LA AVENIDA

MAXIMA PROBABLE $T_r = 10\ 000$ AÑOS

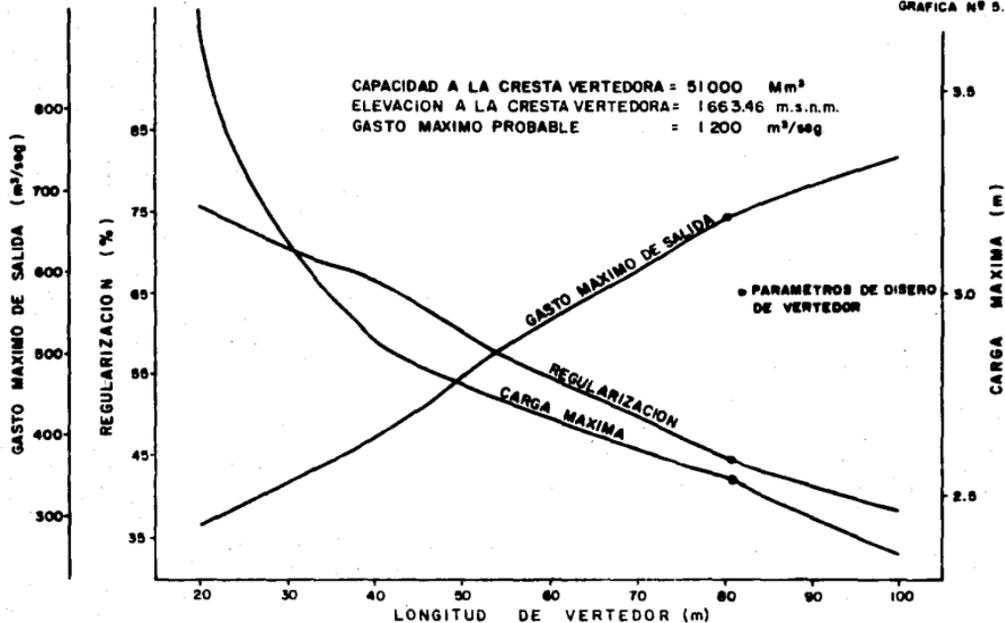
CUADRO N° 5.9.1.

CONCEPTO	UNIDAD	ALTERNATIVAS								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
LONGITUD DE VERTEDEDOR	m	20	30	40	50	60	70	80	90	100
VOL. REGULARIZADO	$M\ m^3$	19 359	17 947	16 553	15 458	14 447	13 537	12 869	12 302	11 813
ELEVACION AL N.A.M.E.	$M\ m^3$	1 667.16	1 666.59	1 666.34	1 666.24	1 666.15	1 666.07	1 666.01	1 665.91	1 665.82
CAPACIDAD AL N.A.M.E.	$M\ m^3$	70 359	68 947	67 553	66 458	65 447	64 537	63 869	63 302	62 813
GASTO MAXIMO DE SALIDA	m^3/seg	288.85	338.27	399.74	474.36	541.58	603.22	665.32	706.74	742.81
REGULARIZACION	%	75.9	71.8	66.7	60.5	54.9	49.7	44.6	41.1	38.1
CAGA MAXIMA	m	3.7	3.13	2.88	2.78	2.69	2.61	2.55	2.45	2.36

ELEVACION A LA CRESTA VERTEDEDORA = 1 663.46 m.s.n.m.
 CAPACIDAD A LA CRESTA VERTEDEDORA = 51 000 $M\ m^3$
 GASTO MAXIMO DE ENTRADA = 1 200 m^3/seg .
 VOLUMEN GENERADO POR LA AVENIDA = 24 386.42 $M\ m^3$

**PROYECTO LA POLVORA, JAL.
RESULTADOS DEL TRANSITO DE AVENIDAS
TR = 10 000 AÑOS**

GRAFICA Nº 5.9.2



BIBLIOGRAFIA

- CAMPOS ARANDA D. FCO. Manual para la estimación de avenidas máximas en cuencas y presas pequeñas. S.A.R.H.
- CAMPOS ARANDA D. FCO. Procesos del ciclo Hidrológico, Tomos I y II, U.S.A.L.
- LINSLEY, KOHLER, PAULUS Hidrología para Ingenieros, Editorial Mc. Grw Hll.
- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS Boletines Hidrológicos, Región - Nº 12 (Parcial)
- APARICIO MIJARES FRANCISCO J. Apuntes de Hidrología de Superficie, Facultad de Ingeniería, - U.N.A.M.