

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA



Estudio Hidrológico de Cuacuala Mpio. De Cuquío.

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

P R E S E N T A

Fco. Javier Ruvalcaba Limón
GUADALAJARA, JALISCO. 1977

Con Gratiud y Carino

a mis Padres :

JOSE y MARIA

Con Cariño a mis Hermanos :

LUZ MARIA

Ma. EUGENIA

JOSE

Ma. CRISTINA

Ma. DEL CARMEN

CON CARÍÑO A MI NOVIA

CON RESPECTO A LA UNIVERSIDAD

Y A MIS MAESTROS

CON CARÍÑO

A COMPAÑEROS

Y AMIGOS



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

I N D I C E .

CAPITULO I

INTRODUCCION.

- 1.1 Introducción.
- 1.2 Antecedentes y Necesidades.

CAPITULO II

GENERALIDADES.

- 2.1 Objetivos del Estudio Hidrológico.
- 2.2 Ciclo Hidrológico.
- 2.3 Relación con Otros Estudios.

CAPITULO III

CUENCA.

- 3.1 Aspectos Generales de la Cuenca.
- 3.2 Area de la Cuenca.
- 3.3 La Boquilla.
- 3.4 El Vaso.
- 3.5 Gráfica de Areas y Capacidades.

CAPITULO IV

REGIMEN DE LA CORRIENTE.

- 4.1 Determinación del Régimen de la Corriente.
- 4.2 Métodos Directos.
- 4.3 Métodos Indirectos.

CAPITULO V

PRECIPITACION.

- 5.1 Precipitación.
- 5.2 Precipitación Media Anual.
- 5.3 Precipitación Media Anual Real en la Cuenca.
- 5.4 Precipitación Media Anual en el Centro de -
Gravedad de la Cuenca.
- 5.5 Precipitación Media Anual en la Estación Ba-
se.
- 5.6 Factor de Corrección de la Precipitación.
- 5.7 Porcentaje de Variación.
- 5.8 Precipitación Media Anual Real en la Cuenca
del Proyecto "Cuacuala".

CAPITULO VI

ESCURRIMIENTO.

- 6.1 Escurrimiento.
- 6.2 Coeficiente de Escurrimiento.
- 6.3 Métodos para determinar el Coeficiente de -
Escurrimiento.
- 6.4 Volúmen Escurrido.

CAPITULO VII

EVAPORACION.

- 7.1 Evaporación.
- 7.2 Evaporación Media Anual.
- 7.3 Evaporación Neta.
- 7.4 Volúmenes evaporados.

CAPITULO VIII

DETERMINACION DE LAS LAMINAS DE RIEGO.

- 8.1 Uso Consuntivo.
- 8.2 Cálculo de la Demanda Anual.
- 8.3 Cálculo de la Ley de Demandas.

CAPITULO IX

APROVECHAMIENTO.

- 9.1 Capacidad Optima.
- 9.2 Capacidad de Azolves.
- 9.3 Capacidad Total.
- 9.4 Capacidad Util.
- 9.5 Cálculo de las Pérdidas:
 - a. Volúmenes Derramados.
 - b. Volúmenes Evaporados.

- 9.6 Cálculo de los Voldmenes Aprovechables y Superficie Beneficiada.
- 9.7 Cálculo de la Ley de Demandas.
- 9.8 Otros Beneficios.

CAPITULO X

FUNCIONAMIENTO ANALITICO DEL VASO.

- 10.1 Funcionamiento del Vaso.

CAPITULO XI

REGULARIZACION DE LA AVENIDA MAXIMA.

- 11.1 Definición de la Avenida Máxima.
- 11.2 Factores que afectan la magnitud de la - Avenida Máxima.
- 11.3 Cálculo de la Avenida Máxima.
- 11.4 Cálculo de la Avenida Máxima del Proyecto "Cuacuala".

CAPITULO XII

RESUMEN DEL ESTUDIO HIDROLOGICO.

CAPITULO XIII

CONCLUSIONES Y BIBLIOGRAFIA.

- 13.1 Conclusiones.
- 13.2 Bibliografía.

CAPITULO I

INTRODUCCION.

I INTRODUCCION

1.1. Introducción

El Agua ha sido y seguirá siendo un elemento indispensable en la productividad del suelo. Su aprovechamiento mediante Obras Hidráulicas hace posible el desarrollo de cultivos en todos los casos en que la precipitación pluvial es insuficiente ó mal distribuida con respecto a el periodo vegetativo de las plantas. En la producción del suelo reside la base de la alimentación y el mejoramiento de los pueblos en todos los órdenes.

En contados lugares y ocasiones se presenta de manera natural en armónica combinación de agua-suelo y condiciones climatológicas propicias para la producción de cosechas abundantes, por lo que en la mayoría de los casos se hace necesario conseguir armonía por medios artificiales.

En México, donde las precipitaciones pluviales son muy irregulares y sólo son favorables para la Agricultura en áreas muy reducidas, el riego seguro es una necesidad de importancia vital, para aumentar la producción agrícola, base para nuestro desarrollo industrial.

Vivimos en una época de acelerado progreso tecnológico, incontenible explosión demográfica y asombrosa expansión urbana, que acentúa el atraso en que aún se encuentra el sector rural, que en la actualidad esta integrado por más del 40% de la población.

La solución de este problema demanda, entre otras cosas el aprovechamiento equilibrado de los recursos naturales como el Agua y la tierra, por lo cual se tiene que aplicar una política agil y

adecuada, tendiendo a vencer los contrastes que existen no sólo en el aspecto fisiográfico, que es determinante en la distribución de nuestra población y en los diferentes grados de desarrollo regional, sino también en el aspecto económico.

Debemos encarar la realidad, abundan en nuestro país las montañas, las tierras erosionadas, los desiertos y los terrenos pantanosos. Los recursos hidráulicos alcanzan hasta ahora sólo el 15% de la disponibilidad nacional. En las zonas del país que desde "0" hasta 500 m. sobre el nivel del mar existen el 85% de nuestros recursos hidráulicos y la habitan apenas el 30% de la población. En cambio en las zonas arriba de ese nivel donde vive el 70% de la población sólo cuenta con el 15% de los recursos hidráulicos.

Son dramáticos en el campo mexicano, los bajos niveles de ingresos, la comunicación, la insalubridad, la ignorancia, la falta de vivienda decorosa, y de obras de infra-estructura para transformar su medio socio-económico, así como la escasez de crédito de técnica eficas y medios adecuados para hacer producir la tierra de tal manera que se permita al campesino un desarrollo sano y limpio. Especificamente me refiero a la población de "Cuacuala", Mpio. de Cuquio, estado de Jalisco que se localiza en la cuenca hidrológica del Río Santiago, la cuenca correspondiente al Río.

1.2.- Antecedentes y Necesidades.

Un grupo de numerosos Ejidatarios de la población de "San Juan del Monte y Llanos", desde hace varios años han venido solicitando a la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, se les construya una Obra Hidráulica con el objeto de incrementar y mejorar su producción Agrícola.

Mediante la construcción de Obras de Riego, las poblaciones rurales tendrían una gran mejoría, logrando así una mejor pro-

ductividad agrícola, una adecuada alimentación, un incremento económico razonable, y la generación de Fuentes de Trabajo, evitando con este último, el flujo de personas de las poblaciones rurales a los Centros Urbanos más importantes, cercanos a la zona del proyecto. Para citar algunos centros urbanos a la zona, diremos que son: Cuacuala, Ixtlahuacan del Río, Guadalajara y Zacatecas.

Con este proyecto pretende además presentar un análisis en el que se demuestre la posibilidad de aprovechar los Recursos Hidráulicos y Agrícolas mediante una Obra Hidráulica para Riego la planeación que se hace del mismo y la evaluación técnica, económica y social nos permite apreciar la prioridad del proyecto.

La zona cultivada por los ejidatarios es en su mayoría de temporal; las comunidades que se beneficiarían en forma directa son: San Juan del Monte y Llanos. En forma indirecta será Cuacuala.

Vías de Comunicación.- Se cuenta con Autobuses Norte de Jalisco, con salidas cada hora partiendo de Guadalajara a Cuquio desde las 6:00 Hrs. A.M. hasta las 18:00 Hrs. P.M.

Energía Eléctrica.- En la actualidad la única población de las dos posibles a beneficiar que cuenta con servicio de energía eléctrica es San Juan del Monte, este es proporcionado por la Comisión Federal de Electricidad, tomándola de la Sub-estación Tepatlán.

Salubridad.- En la zona del proyecto no existen Servicios Asistenciales ni preventivos, por parte del poblado de San Juan del Monte, se dijo que actualmente se están haciendo los trámites necesarios para que se les instale un Centro de Salud.

Educación (Nivel Municipal)

Enseñanza	Escuelas	Aulas	Alumnos	Maestros
Primaria (S.E.Po)	29	38	1,941	33
Primaria (S.E.Po)	11	28	1,616	28
Secundaria (Cooperación)	1	8	37	15

Fuentes: Secretaría de Educación Pública en el Edo. de Jalisco.

Telecomunicaciones (Nivel Municipal)

Localidad	Correo	Teléfono	Teléfono
Cuquio	X	X	X
Las Cruces	X	-	-
San Juan del Monte	X	-	-
La Tortuga	X	-	-
El Cuatro	X	-	-
Tateposco	X	-	-
Contla	X	-	-
San Gabriel	X	-	-
El Zapote	X	-	-
San Rafael	-	X	-

Fuentes: Depto. de Economía del Edo. de Jalisco S.C.T. en el Edo.

Viviendas.- Dentro de la zona de estudio se detectaron un promedio de 2,845 viviendas (casa habitación) en total, desglosando el dato diremos que 527 están consideradas como ubicación en zona urbana y 2,318 en la rural. El promedio de habitaciones por vivienda resultó ser de 5.6.

Alimentación.— La alimentación básica de la población es .. a base de maiz, frijol y chile, siendo la carne, leche, huevos y - legumbres, artfoulos consumidos dos veces por semana.

Con el futuro proyecto se pretenden irrigar una superficie beneficiada de 700 Has. aprovechando el volumen de la Presa de Almacenamamiento de 11'500,000 M3. beneficiando a un total de 660 fami lias.

1.3.— Situación Geográfica.

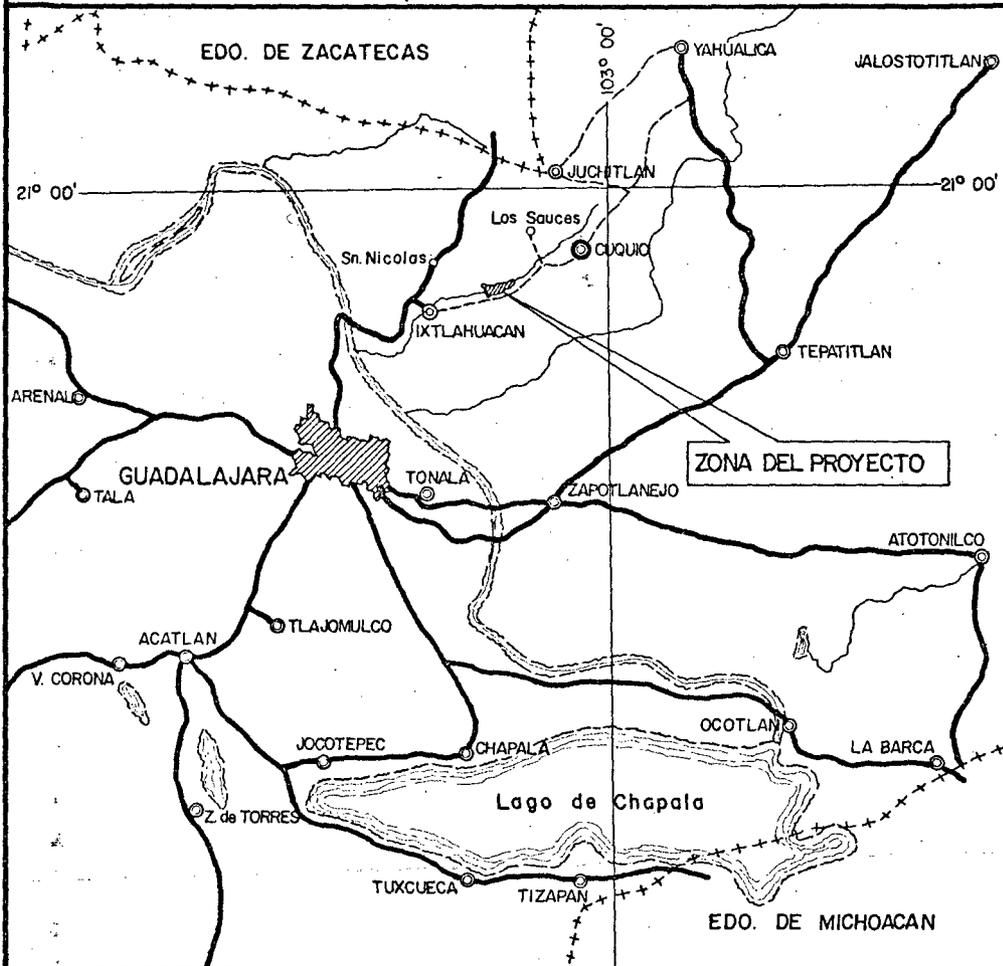
El sitio en estudio se encuentra localizado en el Munici— pio de Cuquilo.

Para llegar al proyecto se parte de la Ciudad de Guadala~~ja~~ ra por la carretera federal No. 41 que va a Zacatecas y recorrien— do 49 Kms. llega a Ixtlahuacan del Rfo y a 3.5 Kms. más por la mis ma carretera, se desvía 18.5 Kms. a la derecha por un camino empe— drado que va a Cuacuala, pasando por el poblado de San Juan del — Monte hasta llegar a 250.0 Mts. aguas abajo de la margen derecha - de lo que se consideró como eje.

El proyecto se encuentra ubioado en las siguientes oorde— nadas geográficas.

Latitud Norte	20° 56'
Longitud	103° 04'
Altitud	1799 m.s. n. m.

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
 FACULTAD DE AGRICULTURA
 TESIS PROFESIONAL || FCO. JAVIER RUVALCABA LIMON



LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

Proyecto de Riego
 Cuacuala Mpio. de Cuquío Jal.

ESCALA 1:1000,000

CAPITULO II

GENERALIDADES.

II GENERALIDADES

2.1.- Objetivos del Estudio Hidrológico.

Hidrología.- Es la ciencia que trata sobre el agua, su - -
ocurrencia, circulación y distribución sobre y debajo de la super-
ficie de la tierra.

La Hidrología es importante en todos los problemas de la -
ingeniería que involucra el aprovechamiento del agua.

Los principales objetivos de la Hidrología pueden dividir-
se en dos grandes grupos:

1) Conocimiento de la cantidad, frecuencia y naturaleza -
del agua sobre la superficie terrestre. Esto es útil para el dise-
ño de instalaciones de irrigación, abastecimiento de agua potable,
aprovechamientos hidroeléctricos y navegación de Ríos.

2) Obtención de la avenida máxima, frecuencia con que pue-
de ocurrir en un cierto lugar, lo cual es necesario considerar el
diseño de vertedores, puentes y drenajes en general.

2.2.- Ciclo Hidrológico.

El ciclo hidrológico es de importancia básica para determi-
nar el campo de la hidrología.

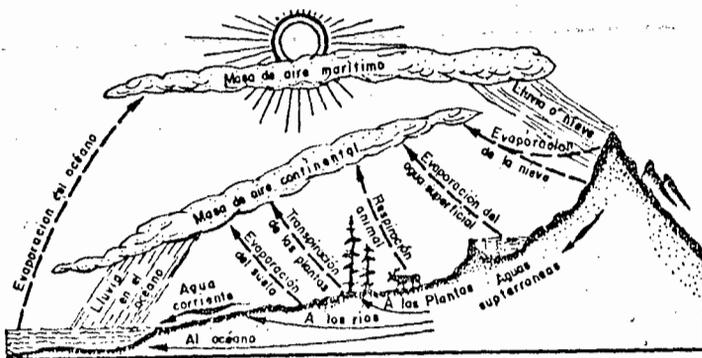
El ciclo hidrológico es un término descriptivo aplicable -
a la circulación del agua (figura #1) por ser un ciclo podemos em-
pezar en cualquier punto. Si iniciamos en la evaporación de los --
oceanos este vapor es transportado por las masas de aire en movi--

miento, al condensarse forma nubes que a su vez puede ocasionar -- precipitaciones. Dá la precipitación sobre el terreno una parte -- es retenida por la superficie, otra escurre sobre ella y la restante penetra en el suelo.

El agua que permanece en la superficie es devuelta a la -- atmósfera por evaporación y por la transpiración de las plantas. La parte que escurre por la superficie es drenada por arroyos y -- ríos hasta el océano; aunque algunas partes se pierda por evapora-- ción, el agua que se infiltra satisface la humedad del suelo y -- abastese los depósitos subterrneos, pueden fluir hacia las corrien-- tas de los ríos, ó bien descargar en los océanos, el agua que queda detenida en la capa vegetal del suelo es regresada a la atmósfe-- ra por la transpiración de las plantas.

Esta determinación simplificada del ciclo hidrológico es -- del tipo cualitativo y en ella no se ha incluido el tiempo.

El estudio puramente hidrológico nos indicará la cantidad' de volumen de agua de que podemos disponer en cada época del año -- en un lugar determinado.



2.3.- Relación con otros Estudios.

La elaboración del Estudio Hidrológico para presas de almacenamiento se requiere de la continua relación con otros estudios, siendo los más íntimamente ligados los topográficos, geológicos y agrológicos.

Los estudios topográficos son importantes porque nos proporcionan los datos de superficie de la cuenca, superficie y capacidad del vaso, forma y dimensiones de la boquilla y localización de la obra.

Los estudios geológicos son también importantes ya que nos indican el eje de la boquilla más apropiado por que las características de carga como en permeabilidad así como la correcta profundidad para el desplante de la presa.

La zona de riego ó zona por beneficiar debe cumplir con ciertos requisitos para hacer atractiva la obra y esto sólo será posible cuantificarlo por medio de los Estudios Agrológicos.

Una relación directa la podemos ver en el siguiente ejemplo:

Si el Estudio Hidrológico nos determina que la altura óptima es de 30.00 M. sobre el cauce del río en el eje topográfico más recomendable y el estudio geológico nos recomienda una altura máxima de 15.00 M. deberemos modificar nuestros parámetros y hacer una evaluación socio-económica para deducir las conclusiones más convenientes, esto es, si la Presa se construye con 15.00 M. de alto exclusivamente ó se busca un eje geológico más recomendable aunque sea menos favorable topográficamente.

Otro ejemplo podría ser el hecho que el estudio hidrológico

nos recomienda almacenar 20 millones de M3. para regar 2 300 Has. pero el Estudio Agrológico nos dice que sólo hay 1 200 Has. factibles de poner bajo riego; en este caso los resultados obtimos -- hidrológicos tendran que reducirse hasta sujetarse a los resultados obtimos agrológicos, y estos a su vez se analizaran con un so mero estudio de costos para valuar el coste por hectárea beneficiada.

CAPITULO III

CUENCA

III CUENCA

301.- Aspectos Generales.

La Cuenca de una corriente es el área que recibe la precipitación pluvial y que proporciona al vaso parte de esa precipitación por medio de la red de escurrimientos que se encuentra dentro de ella.

El Hidrología es difícil distinguir una Cuenca grande de una pequeña, considerando solamente su área. El escurrimiento de agua en una Cuenca depende de diversos factores, siendo uno de los más importantes las características fisiográficas. Entre las que se pueden mencionar principalmente:

El área.

La pendiente.

Características del cauce principal

Elevación de la cuenca.

Red de drenaje

Pendiente del cauce

Longitud.

Pendiente.

La Cuenca de una corriente esta limitada por la línea del parteaguas que es una línea imaginaria que divide a las cuencas adyacentes y distribuye el escurrimiento, originando por la precipitación, hacia el punto de salida cuando la cuenca es abierta.

El parteaguas esta formado por todos los puntos de mayor nivel topográfico y cruza a la corriente en punto de salida.

En los casos en que la cuenca de una corriente es demasiado grande se recomienda dividir las en cuencas tributarias que a su vez estaran delimitadas por parteaguas interiores.

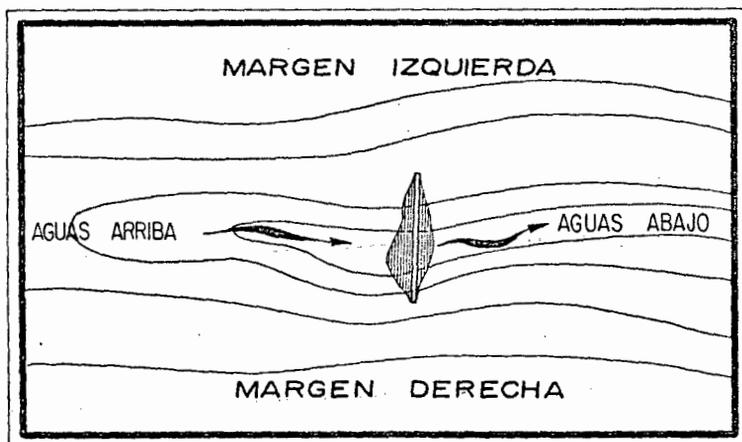
3.2.- Area de la Cuenca.

El área drenada por una Cuenca es el área en proyección horizontal encerrada por la línea del parteaguas.

Se puede determinar por medio de un levantamiento topográfico o bien, la comisión de Estudios del territorio Nacional "CETENAL" que edita hojas topográficas donde se puede seguir fácilmente la línea del parteaguas y con la ayuda de un planímetro se determina la superficie, generalmente en kilómetros cuadrados.

3.3.- Boquilla.

La boquilla se localiza en la parte final de la Cuenca y es el origen de donde saldrán los canales principales. Es también el eje de nuestra Obra Hidráulica, ya que a partir de ella se denominan "Aguas Arriba" a la parte por donde recibe el agua la boquilla y "Aguas Abajo" de la Dirección ó zona opuesta. (Fig. 3.3.1)



3.3.1

NOTA: 1.- En algunos casos. En otras obras las extracciones van al río y posteriormente se derivan.

En la boquilla se construirá la Presa, por lo que debe ser cuidadosamente escogida. Se buscará el lugar más adecuado topográficamente ó sea donde exista una escotadura que nos permita la construcción de una Obra de poco volumen y que al mismo tiempo se obtenga una capacidad considerable en el volumen de agua capaz de retenerlo.

Muchas veces la boquilla topográficamente más recomendable no es la más adecuada por razones geológicas.

3.4.- El Vaso.

El Vaso es el recipiente en donde estará almacenado el agua que a su debido tiempo será utilizada para el riego de los cultivos cuando estos lo requieran por que la precipitación pluvial no sea suficiente para satisfacer sus necesidades. Es también la parte más baja de la Cuenca.

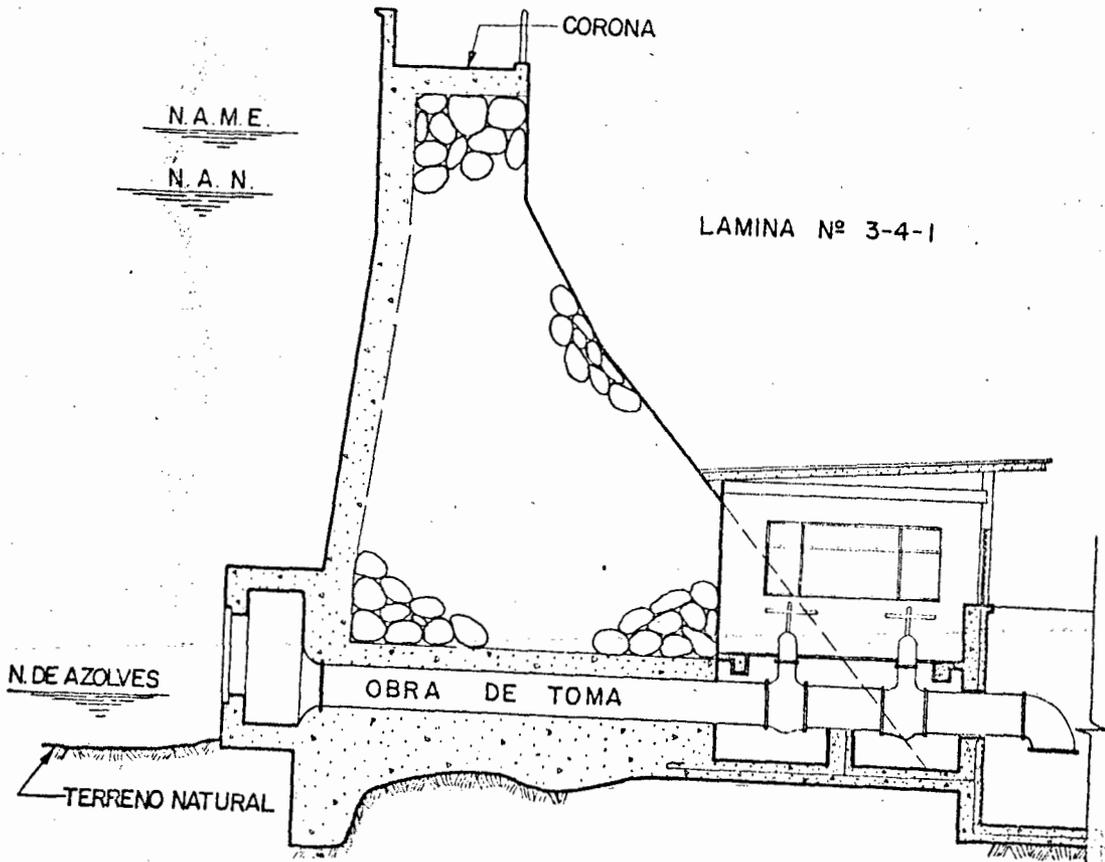
En el Vaso deben considerarse tres niveles de la capacidad. El nivel de azolves, el nivel de la capacidad útil de aguas normales y el nivel de la sobre-elevación por efecto de regularización de avenidas ó nivel de aguas máximas extraordinarias.

El nivel ó capacidad de azolves es un remanente que se deja en presa para que sea llenado por la precipitación de los materiales en suspensión que acarrea la corriente a su paso por el cauce del Río. Dentro de la Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos se ha considerado que este volumen es del orden de 0.15 a 0.20 por ciento del escurrimiento como se proyecta para una vida útil de 25 años el porcentaje de azolves resulta del 3.15% al 5.0% del escurrimiento medio anual (promedio de escurrimientos anuales).

El nivel de aguas normales es el nivel hasta donde se encontrará el vertedor de demacias, se denomina capacidad total de la Presa

a la capacidad de almacenamiento que tiene el vaso hasta esta altura. La diferencia de esta capacidad total, menos la capacidad de azoles se denomina "Capacidad Util", y es la capacidad que podemos contar para Riego.

Se denomina N.A.M.E. ó Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias, a la altura máxima que pueda alcanzar el agua en un caso extraordinario en el que escurre demasiada agua en un tiempo muy corto (Fig. 3-4-1).



NAME - Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias.

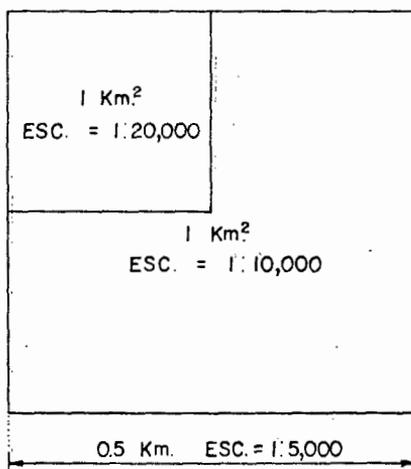
NAN - Nivel de Aguas Normales.

3.5.- Gráfica de Area y Capacidades.

Para sacar la Gráfica ocupamos tener el Plano Topográfico del Vase y utilizando el planímetro, debemos determinar las áreas y capacidades para cada curva de nivel y para la totalidad de embalse.

En el planímetro para escala 1:10000 la graduación-vernier representa décimas de Ha y las restantes cifras Ha enteras.

Tomando como base la escala 1:10000 al pasar a otra escala, - si esta es mayor se multiplica la diferencia en las lecturas por una constante de conversión que es válida sólo para la escala determinada los factores de conversión se ejemplifican gráficamente como sigue:



En la gráfica vemos que para escala 1:20000, la superficie - gráfica se reduce cuatro veces, quedando la superficie real representada multiplicada cuatro veces más, de ahí consideramos que el factor de conversión de la escala 1:10000 a la 1:20000 es cuatro.

Para pasar de escala 1:10000 a 1:5000, vemos gráficamente que el área aumenta cuatro veces si queremos representar en Km², por lo tanto el Km² en escala 1:10000 representa en escala 1:5000, 1/4 Km², por lo tanto el factor de conversión es 1/4.

1:10000 0.1 1:5000 1/4 1:20000 4 veces
 se recorre un lu divide entre 4. multiplica por 4.
 gar el punto de-
 cimal.

Entonces si mi lectura en el planímetro de curva de nivel es tando el plano 1:5000.

El resultado del área de la curva 1840 es de 194.5 Has.

En la lámina (3-4-2 se encuentra la tabla con los datos obtenidos del Vaso en estudio).

En la columna (1) de la tabla, van anotadas las distancias en metros, en la (2) las curvas de nivel, en la (3) las áreas en Has. que cada curva de nivel encierra, en la (4) la suma de las áreas, en la (5) la distancia entre dos, en la (6) los volúmenes principales en metros cúbicos y en la (7), los volúmenes acumulativos en metros cúbicos.

Sumando $A_1 + A_2$ (columna 4) y multiplicando el resultado por (A_5), obtendremos el volumen parcial en metros cúbicos (columna 6).

Sumando acumulativamente los volúmenes parciales, obtendremos los volúmenes acumulativos en metros cúbicos (columna 7).

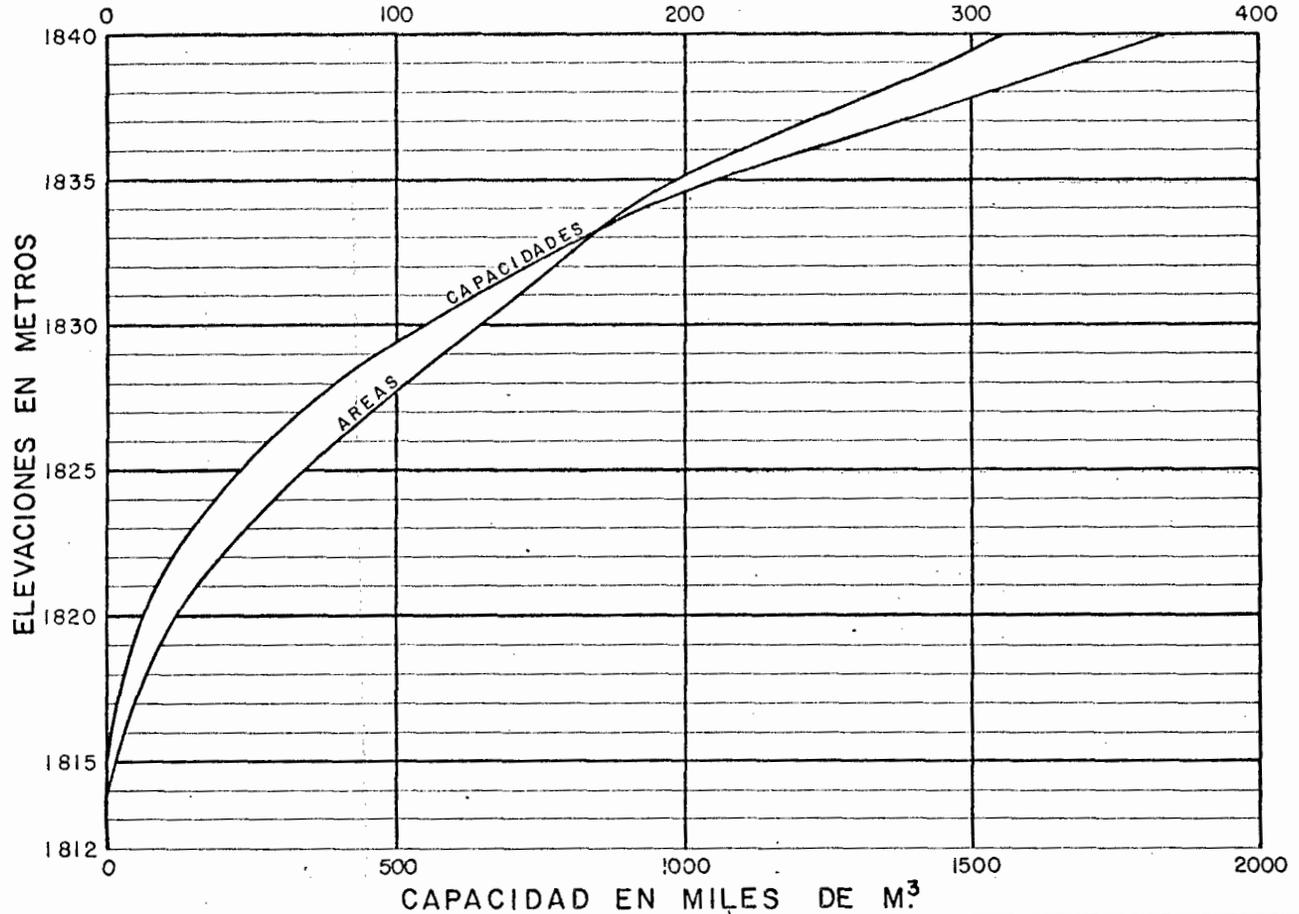
Con estos datos de la tabla, procedemos a elaborar la gráfica de áreas y capacidades del Vaso en cuestión (lámina 3-4-3).

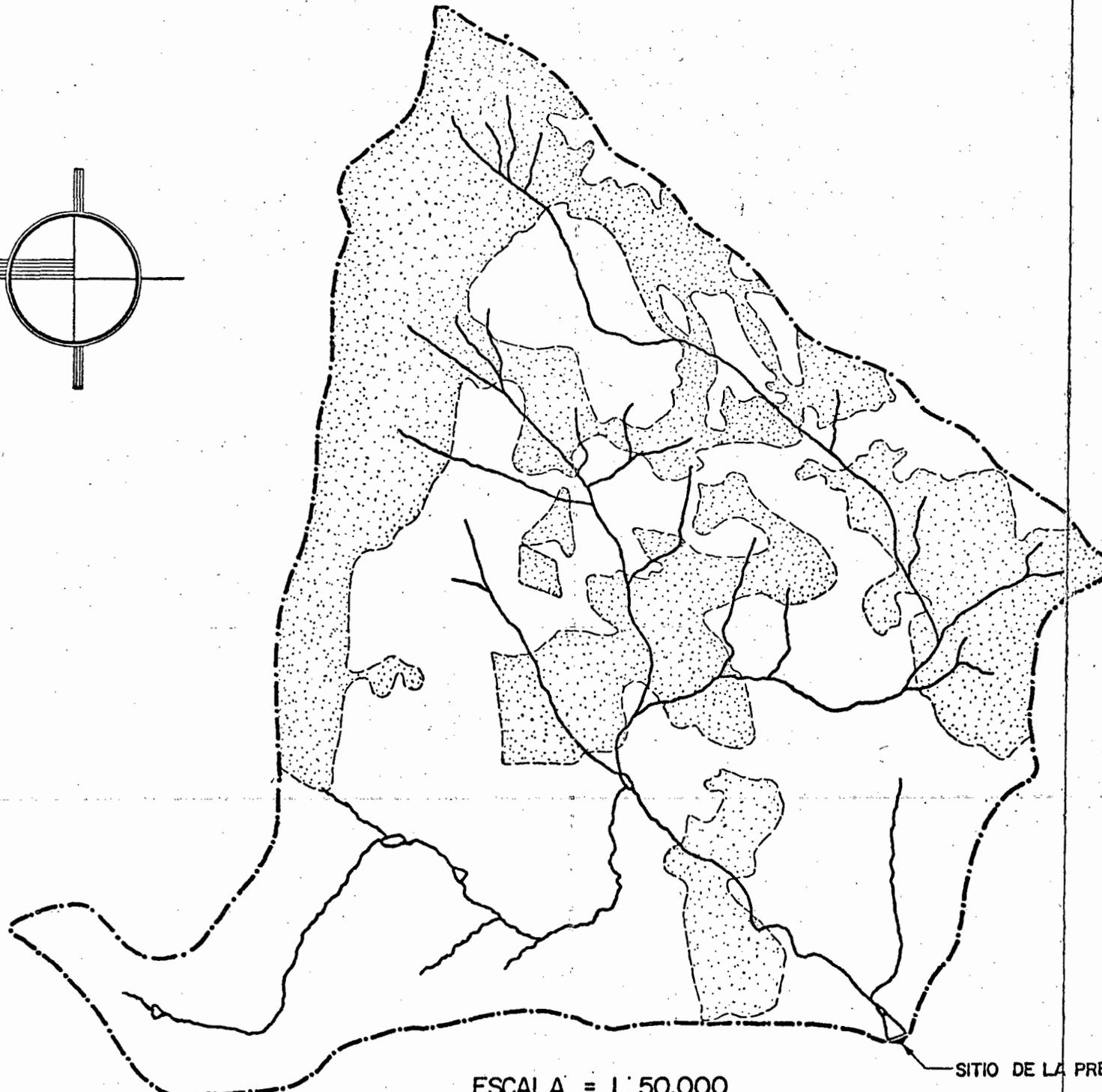
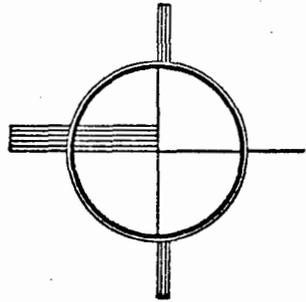
LAMINA 3-4-2.

CURVA	A_1	$A_1 + A_2$	D/2	VOLUMEN PARCIAL.	VOLUMEN ACUMULATIVO.
1812	0.0	0.0	-		
15	4.0	4.0	1.5	6.0	6.0
20	19.0	23.0	2.5	57.5	63.5
25	50.0	69.0	2.5	172.5	236.0
30	78.0	128.0	2.5	320.0	556.0
35	119.7	197.7	2.5	494.2	1050.25
40	194.9	314.6	2.5	786.5	1836.75

GRAFICA DE AREAS Y CAPACIDADES

AREAS EN HECTAREAS





ESCALA = 1:50,000

SITIO DE LA PRESA



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

 CHAPARRAL

 CULTIVO

AREA DE LA CUENCA = 71.2 Km²

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA	LIBRO N°
FACULTAD DE AGRICULTURA	
TESIS PROFESIONAL	
PROYECTO CUENCA MEDIO DE CUENCA	
CUENCA	
FOO JAVIER FUALCAYA LIMON	BOAO UNL NOV - 1977

CAPITULO IV

REGIMEN DE LA CORRIENTE.

IV RÉGIMEN DE LA CORRIENTE.

4.1.- Determinación del Régimen de la Corriente.

El conocimiento del régimen de la corriente de un río, no puede hacerse sino en virtud de la determinación de los gastos hidráulicos escurridos por él, durante el período de tiempo mayor posible, y el procedimiento para determinar el valor del coeficiente, de escurrimiento para un aprovechamiento en estudio, y esta determinación sólo puede obtenerse por cualquiera de los procedimientos siguientes:

- a. Directamente por medio de Aforos.
- b. Indirectamente, en forma aproximada, deduciendo los gastos en función de los datos que proporcionan las estaciones termo-pluviométricas.

4.2.- Métodos Directos.

Estos métodos, consisten en la observación directa de los escurrimientos del río, a través de estaciones de aforo durante algún tiempo considerable, que a medida que sea más amplia, permitirá obtener un mejor conocimiento de la corriente.

Si las estaciones de aforo, encuentran dentro de la cuenca, o un poco fuera, pero sobre la misma corriente, se deberá hacer una corrección de superficie.

Por lo general, no existen estaciones aforadoras sobre las corrientes en que se pretende construir alguna Presa. Por tal motivo, casi siempre se recurre a los métodos indirectos.

4.3.- Métodos Indirectos.

Estos métodos, están basados en los datos que proporcionan las estaciones termo-pluviométricas (lámina 4-3-1).

Deduciendo los gastos en función de los tres factores analíticos que los produce, a saber: la precipitación, el área de la cuenca y el coeficiente de escurrimiento.

LA PRECIPITACION: Es el agua que en cualquier estado físico, recibe la superficie terrestre proveniente de la atmósfera.

EL AREA DE LA CUENCA: Como ya se vió en el punto 3.2, la superficie de la cuenca se determina en base del plano topográfico y con ayuda del planímetro.

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO:

$$C_e = \frac{\text{Volumen escurrido}}{\text{Volumen llovido}} \times 100$$

$$V_{11} = A_c \times P_m.$$

V_e = Observaciones en estudios de aforos.

$$V_e = A_c \times P_m \times C_e.$$

Utilización: Se empleará para determinar los escurrimientos probables en forma aproximada.

Factores: Depende fundamentalmente de tres factores:

- a. La precipitación.
- b. El tipo de suelos: Interesan en cuanto a su mayor o menor permeabilidad.
- c. El uso & la cubierta del suelo.

Otro factor que es la pendiente media de la cuenca, no se ha tomado en consideración.

CAPITULO V

PRECIPITACION.

V PRECIPITACION.

5.1.- Precipitación.

Precipitación es el agua que en cualquier estado físico recibe la superficie terrestre proveniente de la atmósfera.

Para que se origine la precipitación, es necesario que una parte de la atmósfera se enfríe hasta que el aire se sature con el vapor de agua, originándose la condensación del vapor atmosférico. El enfriamiento de la atmósfera se logra por la elevación del aire.

5.2.- Precipitación Media Anual.

Para sacar la precipitación media anual, que es el promedio de las precipitaciones anuales en un período considerado. Su valor se obtiene sumando las precipitaciones pluviales diarias de cada año, recopiladas en las Estaciones Climatológicas y se divide esta suma en el número de años que la estación ha registrado (lámina 5.2.1).

La precipitación normalmente se obtiene de estaciones climatológicas que se encuentran cerca de la localización de la obra. Pero a nosotros nos interesa la precipitación real en el centro de gravedad de la cuenca que estudiamos.

5.3.- Precipitación Media Anual Real en la Cuenca.

Esta precipitación es la verdadera que ocurre dentro de la

cuenca. Para determinarla es necesario calcular primero:

- a. La precipitación media anual en el centro de gravedad de la cuenca.
- b. La precipitación media anual en la estación base.
- c. El factor de corrección de la Precipitación.

5.4.- Precipitación Media Anual en el Centro de Gravedad de la Cuenca.

Para obtener la precipitación media anual en el centro de gravedad de la cuenca, es necesario localizar las estaciones pluviométricas más convenientes por relativa proximidad de la misma y con el mayor número de observaciones posibles. Se escogen las que tengan período común (igual número de años de observación) y en un mínimo de tres estaciones, procurando que abarque en su totalidad la cuenca.

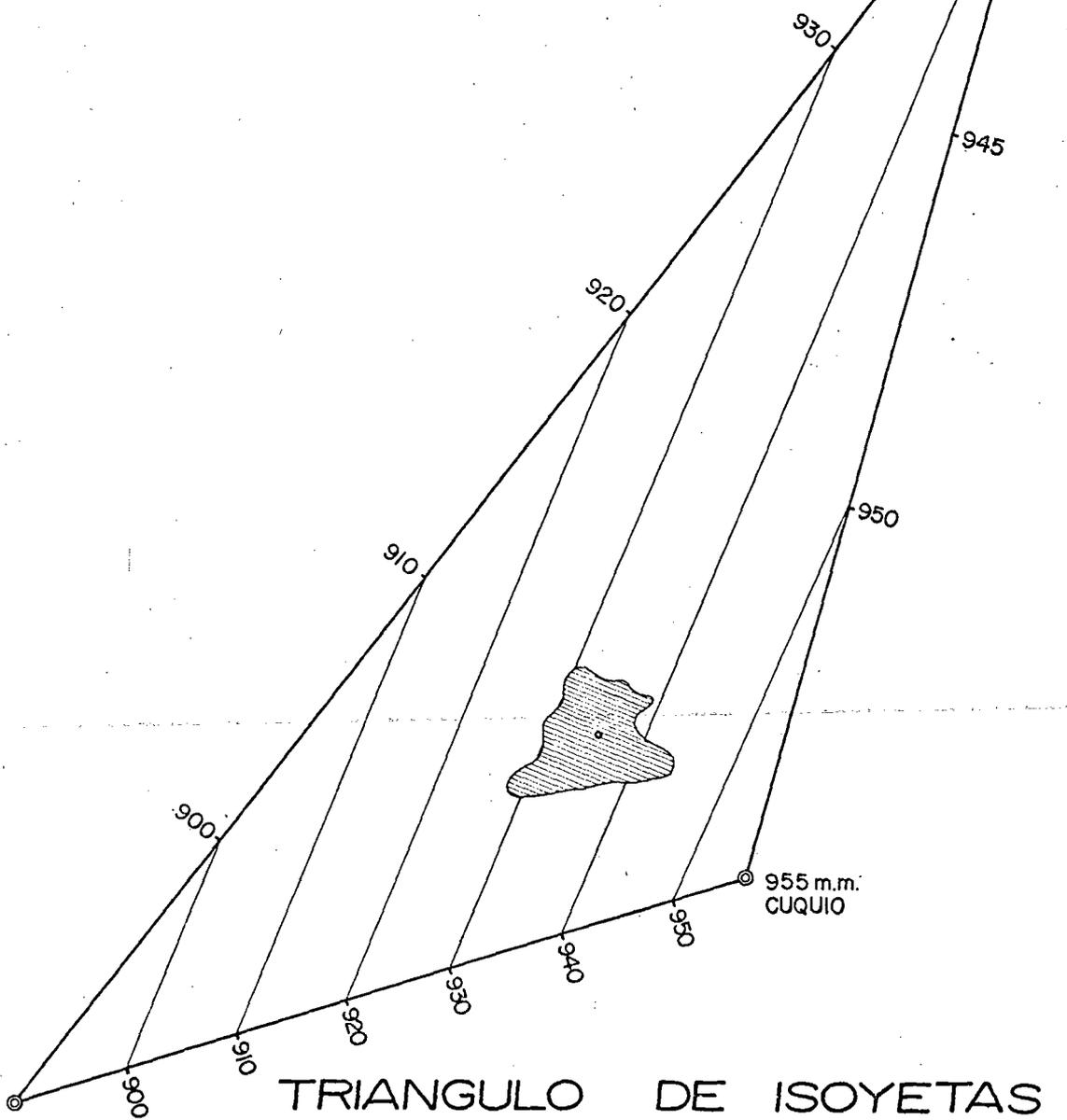
Auxiliados en estas tres estaciones pluviométricas y por el método del triángulo determinamos las isoyetas correspondientes a la precipitación media anual de cada estación (lámina 5.4.1).

Las isoyetas son curvas que unen puntos de igual precipitación.

De estas condiciones las isoyetas resultan paralelas y equidistantes, motivo por el cual, el centro de gravedad de la cuenca le corresponde una precipitación sensiblemente igual a la precipitación media anual real de la cuenca.

Si el período considerado para realizar las isoyetas fué amplio, la precipitación en el centro de gravedad de la cuenca será igual a la real de la cuenca.

LA CUÑA
940 m.m.



890 m.m.
IXTLAHUACAN

955 m.m.
CUQUIO

TRIANGULO DE ISOYETAS

LAMINA N° 5-4-1

5.5.- Precipitación Media Anual en la Estación Base.

Como generalmente el período considerado para construir las isoyetas no es lo suficientemente amplio para darnos una idea de las fluctuaciones del escurrimiento y por consiguiente del comportamiento del Vaso, hay necesidad de ampliar el período considerado. Para ello se supone que dentro de la zona abarcada por las isoyetas, se tiene - la misma ley de variación de la precipitación, es decir, que cuando - en las estaciones consideradas aumenta la precipitación, en una estación ficticia ubicada en el centro de gravedad de la cuenca, ocurre - lo mismo y viceversa.

Basados en lo anterior se elige la estación pluviométrica mas conveniente como "Estación Base", debiendo ser de preferencia la mas cercana al centro de la cuenca y contar con el mayor número de registros mensuales de precipitación. Como se puede satisfacer las dos - condiciones anteriores, generalmente se prefiere la que reúne la segunda condición, a fin de contar con un mayor período para los análisis posteriores.

5.6.- Factor de Corrección de la Precipitación.

Elegida la Estación Base, se divide el valor de la precipitación media anual en el centro de gravedad de la cuenca, entre la precipitación media anual de la estación base. Al cociente de esta relación se le llama "Factor de Corrección de la Precipitación".

Teniendo el valor anterior, bastará multiplicar por este coeficiente las precipitaciones mensuales registradas en la estación base, para deducir la precipitación media anual real de la cuenca.

5.7.- Porcentaje de Variación.

El porcentaje de variación, es la oscilación en la cantidad de precipitación, tomado en base de la diferencia de los promedios de las precipitaciones mayores y menores de la media anual entre la precipitación media anual real de la cuenca, multiplicado por cien (lámina 5.7.1).

$$\% \text{ Var.} = \frac{\text{Prom. Mayor media anual} - \text{Prom. Menor media anual}}{\text{Precipitación Media Anual Real.}}$$

X 100.

5.8.- La Precipitación Media Anual Real en la Cuenca del Proyecto - "Cuauquala".

Conferme a todo lo anterior, para elaborar el Plano de Isoyetas y determinar la precipitación media anual en centro de gravedad de la cuenca del Proyecto "Cuauquala" tomamos las siguientes estaciones pluviométricas.

La Cuña Yahualica.	Pm = 940.
Ixtlahuacan del Río.	Pm = 890.
Cuquio.	Pm = 955.

Según el plano de isoyetas (lámina 5.4.1), la precipitación media anual en el centro de gravedad de la cuenca resultó de 935

La estación base elegida fué la de Cuquio, con una precipitación media anual de 955.27 m.m. (lámina 5.2.1).

El factor de corrección de nuestro proyecto quedó determinado en (0.97).

$$F = \frac{935}{955.27} = 0.97$$

Haciendo la corrección de la estación base, la precipitación media -
anual real en la cuenca, se determinó en:

$$P_{ar} = (.97) (955.27) = 926.61 \text{ mm.}$$

Teniendo los datos de precipitación mayores y menores de la media -
anual, procedemos a calcular el porcentaje de variación (lámina 5-7-1)
el cual quedó determinado en 28.11%.

$$\% \text{ Var.} = \frac{(1085.8) - (825.3)}{926.6} \times 100 = 28.11 \%$$

CALCULO DE LA EVAPORACION NETA.

DATOS DE EVAPORACION.

ESTACION Cuquico

LAT. 20° 57' N.

NOMBRE DEL PROYECTO:

LONG. 103° 02' WG. ALTITUD 1799 mtr.

Cuauclala

ESTADO Jalisco

AÑOS	EVAPORACION ANUAL	AÑOS	EVAPORACION ANUAL
1954	2029.8		
1955	1711.7		
1956	1630.7		
1957	1624.4		
1958	1632.6		
1959	2126.3		
1970	1941.9		
1971	1786.2		
1972	2020.1		
1973	2215.1		
		SUMA.	18,718.8
		PROMEDIO.	1,871.8

$E.N. = E.m. \times 0.77 - P.m. (1-c)$

E.N. = Evaporación neta en m.m.

E.m. = Evaporación media anual en m.m.

P.m. = Precipitación media anual observada en m.m.

c = Coeficiente de escurrimiento.

$E.m. \times 0.77 = \frac{1871.8 \times 0.77}{1} = 1,441.29$

$P.m. (1-c) = \frac{955.2 - (1-1.07)}{1} = 792.82$

$E.N. = 648.47$

CALCULO DEL PORCENTAJE DE VARIACION.

PRECIPITACIONES m.m.

MEDIA ANUAL OBSERVADA = _____

MAYORES QUE LA MEDIA ANUAL	MENORES QUE LA MEDIA ANUAL
985.6	836.5
1004.8	862.7
1350.8	717.0
995.4	923.6
1092.5	783.8
SUMA.	4123.6
PROMEDIO	825.3
DIFERENCIA = 260.5	

$\% V_1 = \frac{P.MAY. - P.MEN.}{P.m.} \times 100$

$\% V_1 = \frac{1085.8 - 824.7}{926.6} \times 100$

$\% V_1 = 28.1$

LAMINA N° 5-7-1

CAPITULO VI

ESCURRIMIENTO.

VI. ESCURRIMIENTO.

6.1.- Esgurrimiento.

El escurrimiento es la parte de la precipitación drenada por las corrientes de la cuenca, hasta su salida. El agua que fluye por las corrientes proviene de diversas fuentes, y con base en ellas, se considera el escurrimiento como superficial, sub-superficial y subterráneo.

6.2.- Coeficiente de Esgurrimiento.

El coeficiente de escurrimiento se puede definir como el porcentaje de agua escurrida respecto al volumen total del agua llovida.

Volumen Escurrido = "C" x Volumen llovido.

$$C = \frac{\text{Vol. Esc.}}{\text{Vol. Llovido.}} \times 100$$

"C" = Coeficiente de Esgurrimiento.

Actualmente se han enfocado los estudios hidrológicos haciendo intervenir una serie de factores que analizados estadísticamente nos llevan a establecer una norma que gobierne dichos sucesos.

Los métodos empleados, basados en estudios climatológicos y en los factores que afectan el escurrimiento, hacen intervenir un mayor número de variables, dando resultados más satisfactorios.

Las principales fuentes de información que nos proporcionan dichos datos, son la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

El coeficiente de escurrimiento es muy variable, ya que las precipitaciones son muy diferentes entre sí, cuando tenemos una precipitación pluvial de gran magnitud en un período de tiempo relativamente corto, el agua escurrirá en mayor cantidad por los drenes naturales de la cuenca, lo que ocasiona un aumento en el valor del coeficiente de escurrimiento. Por el contrario, cuando la precipitación es de poca intensidad, durante un tiempo largo, pero en magnitud total igual a la anterior, el valor del coeficiente disminuirá, ya que el agua se infiltra con mayor facilidad.

Si consideramos que un cambio en el valor del coeficiente de escurrimiento, del orden de uno por ciento, nos puede variar hasta un 10% del volumen total de agua, que se supone podremos utilizar, nos damos cuenta de lo sumamente importante que es estimar correctamente, su valor.

6.3.- Métodos para determinar el Coeficiente de Escurrimiento.

De los métodos utilizados para determinar el coeficiente de escurrimiento hay:

- a. Método Directo.
- b. Método Indirecto
 - Método por Comparación.
 - Método de los Promedios.
- a. Método Directo.

El método directo consiste en la observación directa de los escurrimientos del río, a través de estaciones de aforo, durante algún tiempo considerable, que a medida que sea más amplio, permitirá obtener un mejor conocimiento de la corriente.

Por lo general, no existen estaciones aforadoras sobre las corrientes en que se pretende construir alguna Presa. Por tal motivo - casi siempre se recurre a los métodos indirectos.

b. Métodos Indirectos.

Existen los llamados "Métodos Exactos", que son bastantes laboriosos por el gran número de operaciones y alternativas que se efectúan para conocer los resultados más convenientes. Los cuales en última instancia también son aproximados por la gran cantidad de datos inciertos que intervienen en los cálculos.

Por experiencia se ha comprobado que los métodos indirectos son bastante aceptables por los resultados que se han obtenido en obras ya realizadas.

De los Métodos Indirectos mencionamos:

- o Método por Comparación.
- o Método de los Promedios.

- o Método por Comparación

Este método se usa cuando en la corriente por estudiar no existe ninguna estación aforadora. El coeficiente de escurrimiento puede determinarse comparando la cuenca de estudio con otro de características semejantes y en la que si se tienen datos de aforo, el valor será aquel que corresponda a la cuenca que tenga mayor semejanza en extensión, topografía, geología, vegetación, etc., con la estudiada.

- o Método de los Promedios.

En este método se dan valores límites del coeficiente de escurrimiento en función de la superficie de la cuenca, la magnitud de

la precipitación y las características de la vegetación.

Los valores límites quedarán establecidos en la siguiente tabla:

Tomando en cuenta la Superficie de la Cuenca:

<u>Extensión de la Cuenca.</u>	<u>Coefficiente de Escurrimiento.</u>
Hasta 10 Km ² .	20%
De 10 a 100 Km ² .	15%
De 100 a 500 Km ² .	10%
De 500 Km ² en adelante.	5%

Tomando en cuenta la Magnitud de la Precipitación:

<u>Precipitación en m.m.</u>	<u>Coefficiente de Escurrimiento.</u>
Hasta 800.	De 0 a 5%
De 800 a 1200.	De 5% a 15%
De 1200 a 1500.	De 15% a 35%
De 1500 en adelante.	De 35% en adelante.

En nuestro proyecto "Cuacuala", tenemos una cuenca de 71.20 - Km². con poca pendiente topográfica, con una precipitación media anual de 835.3 m.m. y dentro de la cuenca existen terrenos de Chaparral con condiciones medias de permeabilidad.

Por Area de la Cuenca:	C = 15 a 15
Por Precipitación:	C = 5 a 15
Por Vegetación:	C = 25 a 50
SUMA.	C = 45 a 80
PROMEDIO.	C = 15 a 26.6

Por consiguiente, el coeficiente "C" estará comprendido entre 15% y 26.6%.

Por las características físicas del lugar, se tomará el "C" que más se adopte. Si la cuenca es de poca pendiente topográfica y el terreno es permeable, se adopta el valor de 15% en cambio la cuenca tiene fuertes pendientes y con terrenos impermeables, se adoptará el valor de 26.6%; para condiciones intermedias se dará el valor de 20.8%.

El coeficiente de escurrimiento del proyecto de "Cuacuala" - quedó determinado en 17%. Se tomó este valor, tomando en consideración que la cuenca tiene una pendiente muy pequeña, que afecta considerablemente el escurrimiento, a pesar de que el terreno tiene condiciones medias de permeabilidad.

6.4.- Volúmen Escurrido.

El volúmen escurrido, es la cantidad de agua precipitada y - que es drenada por los cauces naturales de la cuenca hacia su salida. Este volúmen escurrido está expresado por la siguiente fórmula:

$$V_m = A \times C \times P_m \times F$$

V_m = Volúmen escurrido en la cuenca.

A = Area de la cuenca.

C = Coeficiente de Escurrimiento.

P_m = Precipitación en la estación base.

F = Factor de corrección de la precipitación.

Para facilitar el cálculo del volúmen escurrido, conviene usar la "Tabla del Cálculo de Escurrimientos Mensuales" (lámina 6.4.1)

En los cuadros que aparecen al lado izquierdo de cada año, se anotarán respectivamente los valores correspondientes al coeficiente de escurrimiento y el producto de este por el área de la cuenca. En la primera columna se anotará el año y el mes, en la segunda el valor

mensual de la precipitación en la estación base, en la tercera columna, la precipitación deducida para la cuenca (precipitación de la estación base por el coeficiente de corrección de la precipitación), - en la cuarta columna se anotan los volúmenes escurridos, bastando para su obtención con multiplicar el valor de la precipitación en la cuenca por el factor previamente obtenido (área de la cuenca por el coeficiente de escurrimiento).

Una vez terminado y comprobado el cálculo de los escurrimientos en el período considerado, se deduce el volumen escurrido total y el medio anual.

En nuestro proyecto "Cuacuala", el volumen escurrido total -- de un período de diez años, quedó calculado en 106 340. miles de M^3 . y el volumen escurrido medio anual en 10 634 miles de M^3 (lámina - 6.4.1). Estas cantidades se expresan en miles de metros cúbicos.

VT = Volumen escurrido total
Vm = Volumen escurrido medio anual.

VT = 106 340.73
Vm = 10 634.07

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE AGRICULTURA

TESIS PROFESIONAL

LAMINA N° 6-4-1

Proyecto de CUACUALA Mpio. CUQUIO Estado JALISCO

Calculó: FCO. J. RUVALCABA LIMON Revisó: _____ Fecha NOV. DE 1977

Calculo de los escurrimientos mensuales

A. Ce = 12.1	FECHA	PREC. EST.	PREC. EN LA	VOL. ESC. EN	A. Ce = 12.1	FECHA	PREC. EST.	PREC. EN LA	VOL. ESC. EN
	1964	BASE (P)	CUENCA (P)	LA CUENCA (V)		1965	BASE (P)	CUENCA (P)	LA CUENCA (V)
E	0.0	0.00	0.00	0.00	E	6.5	5.98	72.36	
F	0.0	0.00	0.00	0.00	F	41.0	37.72	456.41	
M	0.0	0.00	0.00	0.00	M	0.0	0.00	0.00	
A	16.0	14.70	177.87	177.87	A	33.5	30.82	372.92	
M	10.0	9.20	111.32	111.32	M	32.2	29.62	358.40	
J	192.5	177.10	2142.91	2142.91	J	144.9	133.31	1613.05	
J	136.0	125.10	1513.71	1513.71	J	221.9	204.15	2470.22	
A	133.0	122.40	1481.04	1481.04	A	308.2	283.54	3430.83	
S	272.0	250.20	3027.42	3027.42	S	66.4	61.09	739.19	
O	22.0	20.20	244.42	244.42	O	33.0	30.36	367.36	
N	14.5	13.40	162.14	162.14	N	4.5	4.14	50.09	
D	40.5	37.30	456.17	456.17	D	21.5	19.78	239.34	
SUMAS	836.5	769.50	9311.92	9311.92	SUMAS	985.6	906.75	10971.68	

Ce = 17 %	1964			Ce = 17 %	1965		
E	10.3	9.48	114.71	E	72.0	66.24	801.50
F	38.0	34.96	423.02	F	0.0	0.00	0.00
M	30.4	27.97	338.44	M	4.5	4.14	50.09
A	54.5	50.14	606.69	A	7.8	7.18	86.88
M	58.1	53.45	658.85	M	62.2	57.22	692.36
J	140.2	128.98	1560.66	J	283.1	260.45	3151.45
J	177.1	162.93	1971.45	J	221.7	203.96	2467.92
A	212.6	195.59	2366.64	A	260.8	190.26	2302.15
S	151.7	139.56	1688.68	S	291.1	267.81	3240.50
O	128.9	118.59	1434.94	O	104.6	96.23	1164.38
N	0.0	0.00	0.00	N	45.6	41.95	507.60
D	3.0	2.76	33.40	D	7.4	6.81	82.40
SUMAS	1004.8	924.42	11185.48	SUMAS	1350.8	1242.74	15037.15

DATOS PARA EL CALCULO DE LA TABLA: A = Area de la cuenca en Km².

$$A = 71.20 \text{ Km}^2.$$

Kc = Coeficiente de correccion de la precipitacion de la "Estacion Base," para deducir la correspondiente en la cuenca. - $Kc = \frac{935 \text{ mm}}{955.12 \text{ mm}} = 0.92$

P = Precipitacion de la "Estacion Base" en mm.

P = Precipitacion en mm. deducida para la cuenca

Y = Volumen escurrido en la cuenca en miles de m³. - $V = A \cdot C \cdot P \cdot Kc = A \cdot C \cdot P$

Periodo considerado: 1964 a 1973. - Escurrimiento total: 106340.73 miles de m³.

Escurrimiento medio anual 10634.07 miles de m

Precipitacion media anual en la cuenca 935 mm.

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE AGRICULTURA

TESIS PROFESIONAL

Proyecto de CUACUALA Mpio. CUQUIO Estado JALISCO
 Calculó: FCO. J. RUVALCABA LIMON Revisó: _____ Fecha NOV. DE 1977

Calculo de los escurrimientos mensuales

	1968			1969					
	FECHA	PREC. EST. BASE (P)	PREC. EN LA CUENCA (P)	VOL. ESC. EN LA CUENCA (V)	FECHA	PREC. EST. BASE (P)	PREC. EN LA CUENCA (P)	VOL. ESC. EN LA CUENCA (V)	
A. Ce = 12.1	E	5.1	4.69	56.75	E	11.0	10.12	122.45	
	F	41.6	38.27	463.07	F	0.8	0.74	8.95	
	M	77.2	71.02	859.34	M	0.0	0.00	0.00	
	A	4.3	3.96	47.92	A	0.0	0.00	0.00	
	M	34.6	31.83	385.14	M	16.0	14.72	178.11	
	J	117.5	108.10	1308.01	J	84.0	77.28	935.09	
	J	224.5	206.54	2499.13	J	140.5	129.26	1564.05	
	A	183.9	169.19	2047.20	A	236.7	217.76	2634.90	
	S	84.4	77.65	939.57	S	164.7	151.52	1833.39	
	O	68.7	63.20	764.72	O	53.5	49.22	595.56	
	N	0.0	0.00	0.00	N	0.0	0.00	0.00	
	D	80.9	74.43	900.60	D	9.8	9.02	109.14	
Ce = 17 %	SUMAS	862.7	793.68	9603.53	Ce = 17 %	SUMAS	717.0	659.64	7981.64

	1970			1971					
	FECHA	PREC. EST. BASE (P)	PREC. EN LA CUENCA (P)	VOL. ESC. EN LA CUENCA (V)	FECHA	PREC. EST. BASE (P)	PREC. EN LA CUENCA (P)	VOL. ESC. EN LA CUENCA (V)	
A. Ce = 12.1	E	0.0	0.00	0.00	E	11.5	10.58	128.02	
	F	38.3	35.24	426.40	F	0.0	0.00	0.00	
	M	0.0	0.00	0.00	M	1.3	1.20	14.52	
	A	0.0	0.00	0.00	A	0.0	0.00	0.00	
	M	0.0	0.00	0.00	M	42.0	38.64	467.54	
	J	344.5	316.94	3834.97	J	174.9	160.91	1947.01	
	J	235.2	215.38	2618.20	J	239.3	220.16	2663.94	
	A	128.6	118.31	1431.55	A	222.1	204.33	2472.39	
	S	218.3	200.84	2429.68	S	228.8	210.50	2547.05	
	O	12.5	11.50	139.15	O	47.9	44.07	533.25	
	N	18.0	16.56	200.38	N	0.0	0.00	0.00	
	D	0.0	0.00	0.00	D	5.0	4.60	55.66	
Ce = 17 %	SUMAS	995.4	915.77	11080.82	Ce = 17 %	SUMAS	923.6	849.71	10281.49

DATOS PARA EL CALCULO DE LA TABLA: A = Area de la cuenca en Km².
 A = 71.20 Km².

Kc = Coeficiente de corrección de la precipitación de la "Estacion Base," para deducir la correspondiente en la cuenca. - $Kc = \frac{935}{955.12} = 0.92$

P = Precipitación de la "Estación Base" en mm.

P = Precipitación en mm. deducida para la cuenca

Y = Volumen escurrido en la cuenca en miles de m³ - $V = A \cdot C \cdot P \cdot Kc = A \cdot C \cdot P$

Periodo considerado: 19__ a 19__ - Escurrimiento total: _____ miles de m³

Escurrimiento medio anual _____ miles de m

Precipitación media anual en la cuenca _____ mm.

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE AGRICULTURA

TESIS PROFESIONAL

Proyecto de CUACUALA Mpio. CUQUIO Estado JALISCO
 Cálculo: FCO. J. RIVALCABA LIMON Revisó: _____ Fecha NOV. DE 1977

Calculo de los escurrimientos mensuales

FECHA 19 72	PREC. EST. BASE (P)	PREC. EN LA CUENCA (P)	VOL. ESC. EN LA CUENCA (V)	FECHA 19 73	PREC. EST. BASE (P)	PREC. EN LA CUENCA (P)	VOL. ESC. EN LA CUENCA (V)
E	28.4	26.13	316.17	E	19.7	18.12	219.25
F	0.0	0.00	0.00	F	5.0	4.60	55.66
M	15.7	14.44	174.72	M	0.0	0.00	0.00
A	0.0	0.00	0.00	A	0.0	0.00	0.00
M	12.1	11.13	134.67	M	30.2	27.78	336.14
J	206.4	189.89	2297.67	J	150.1	138.09	1670.89
J	140.9	129.63	1568.52	J	271.5	249.78	3022.34
A	169.5	155.94	1886.87	A	405.0	372.60	4508.46
S	180.6	166.15	2010.42	S	138.3	127.24	1539.60
O	7.6	6.99	84.58	O	72.7	66.88	809.25
N	22.6	20.79	251.56	N	0.0	0.00	0.00
D	0.0	0.00	0.00	D	0.0	0.00	0.00
SUMAS	783.8	721.10	8725.31	SUMAS	1092.5	1005.10	12161.71

FECHA 19	PREC. EST. BASE (P)	PREC. EN LA CUENCA (P)	VOL. ESC. EN LA CUENCA (V)	FECHA 19	PREC. EST. BASE (P)	PREC. EN LA CUENCA (P)	VOL. ESC. EN LA CUENCA (V)
E				E			
F				F			
M				M			
A				A			
M				M			
J				J			
J				J			
A				A			
S				S			
O				O			
N				N			
D				D			
SUMAS				SUMAS			

DATOS PARA EL CALCULO DE LA TABLA: A = Area de la cuenca en Km².

A = 71.20 Km².

Kc = Coeficiente de correccion de la precipitación de la "Estacion Base," para deducir la correspondiente en la cuenca. - $Kc = \frac{935 \text{ mm}}{955.12 \text{ mm}} = 0.92$

P = Precipitación de La "Estacion Base" en mm.

P = Precipitación en mm. deducida para la cuenca

Y = Volumen escurrido en la cuenca en miles de m³. - $V = A. C. p. Ke = A. C. P.$

Periodo considerado: 1964 a 19____. - Escurrimiento total: _____ miles de m³.

Escurrimiento medio anual _____ miles de m

Precipitación media anual en la cuenca _____ mm.

CAPITULO VII

EVAPORACION.

VII EVAPORACION.

7.1.- Evaporación.

La evaporación es el proceso por el cual las moléculas de agua en la superficie de un recipiente ó en la tierra húmeda, adquiere suficiente energía cinética, debido a la radiación solar, y pasando de estado líquido a gaseoso.

7.2.- Evaporación Media Anual.

La evaporación media anual, es el promedio de las evaporaciones anuales, en un período considerado. Su valor se obtiene sumando las evaporaciones diarias de cada año, recopiladas en las estaciones climatológicas y dividir esta suma entre el número de años, que la estación ha registrado (lámina 7.2.1).

7.3.- Evaporación Neta.

Para poder realizar el cálculo de la evaporación neta, hay que recabar los datos de evaporación de las estaciones más cercanas a la cuenca, teniendo en cuenta el período para el cual se va a realizar el estudio hidrológico. En caso de no contarse con datos de todos los años del período considerado, se utilizarán los disponibles y en los años faltantes se considerarán la evaporación promedio para cada mes, deducida de los valores disponibles.

La evaporación neta en un vaso de almacenamiento, es la evaporación media anual, observada en el periodo de estudio, afectada por un coeficiente reductor por magnitud de evaporometro y disminuida con la precipitación pluvial media anual, deducida en la cuenca - se puede indicar mediante la siguiente expresión

$$EN = (E_m) (C^2) - P_m (1-C)$$

EN = Evaporación Neta.

E_m = Evaporación media anual observada en m.m.

C² = Coeficiente de reducción del evaporometro, para la República Mexicana es de 0.77.

P_m = Precipitación media anual observada en m.m.

C = Coeficiente de escurrimiento.

Para calcular la evaporación neta del proyecto "Cuacuala", tenemos nuestra tabla de evaporación media anual (lámina 7.2.1). Los datos de evaporación para el periodo considerado.

Consideramos la evaporación media anual, suponiendo que la evaporación es constante durante todo el periodo de estudio, lo cual no es cierto, pero como el error que se comete no es de gran magnitud se aceptará, evitando con ello efectuar el estudio de las evaporaciones mensuales.

$$E_m = 1871.8$$

$$C^2 = 0.77$$

$$P_m = 1871.8$$

$$C = 0.17$$

$$EN = 648.47$$

En la lámina 7.3.1 vemos la tabla que nos facilita el cálculo de la evaporación neta.

7.4.- Volúmenes Evaporados.

El concepto de volúmen evaporado es muy claro de entender - si consideramos que es el producto de la evaporación neta por el área media del embalse.

VEV = (En) (Am)

VEV = Volúmen evaporado medio anual en M³.

EN = Evaporación Neta en M.

AM = Área Media en M² localizada en la gráfica de áreas e y capacidades, y correspondiente a una capacidad media dada por la expresión.

$$CM = \frac{CT + CA_2}{2}$$

CT = Capacidad Total.

CA₂ = Capacidad de Azolves.

Los volúmenes evaporados del proyecto "Cuacuala", los calcularemos en el Capítulo de "Aprovechamiento", puesto que antes necesitamos determinar en ese capítulo; la capacidad de Azolves, la capacidad útil y la capacidad total. Además los volúmenes evaporados al igual que los volúmenes derramados, los consideramos como pérdidas o interesan al tema de aprovechamiento.

CAPITULO VIII

DETERMINACION DE LAS
LAMINAS DE RIEGO.

VIII USO CONSUNTIVO.

8.1.- Uso Consuntivo.

El uso consuntivo, es la cantidad de agua utilizada por las plantas para su transpiración y formación de los tejidos celulares, - así como aquella que se evapora por la superficie del suelo.

El uso consuntivo depende, no sólo de la especie vegetal, clima y lugar, sino también de la forma de realizar los riegos. Para lo cual sería necesario realizar experimentos que influyan diferentes niveles de humedad, fertilidad y densidad de siembra.

Tales trabajos se han realizado sólo esporádicamente en México por el Instituto Nacional de Investigación Agrícola y por el Departamento de Ingeniería de Riego y Drenaje de la Dirección General de - Distritos de Riego (SGRH), por la que ha sido necesario valerse de métodos indirectos, para la estimación del uso consuntivo.

Sólo mencionaremos el método de Blaney y Criddle, modificado, por ser el que aplicamos en la solución de nuestro problema.

Blaney y Criddle, propusieron un método de tipo específico - en el que se toman coeficientes globales (K_g) (Tabla 8.1.1) de desarrollo para cada planta en función de su ciclo vegetativo.

VC = F Kg (del ciclo).

F = $\sum f$

f = PT

VC = f Ko (mensual).

Donde:

VC = Uso consuntivo anual (en pulgadas).

F = Suma de todos los f.

f = Factor de luminosidad y temperatura.

P = Porcentaje de horas luz cada mes.

T = Temperatura en °F.

Kg = Coeficiente global de desarrollo.

Se llama método modificado porque nosotros tomaremos coeficientes mensuales (Ko) de la curva de desarrollo de cada planta.

$$Kg F = J = \sum (f - Ko)$$

Se incluye "Y" por ser éste una corrección que haga cumplir con igualdad. Su valor es:

$$J = \frac{Kg \times F}{\sum (f \times Ko)}$$

$$J = \frac{\sum f}{\sum (f - Ko)} \quad Kg$$

$$J = \frac{\sum f}{\sum (vc)} \quad Kg$$

En lo anunciado de estas fórmulas, hemos aclarado que la temperatura se da en °F y que el VC resultará en pulgadas.

Por lo que será necesario modificar en alguna forma, para que la temperatura se pueda proporcionar en °C y el VC nos sean dados en cms.

Para facilitar los cálculos de cada cultivo en especial, se utiliza la Tabla 8.1.2, en donde se encuentran todos los conceptos ya anunciados.

A continuación explicaremos como se obtiene cada columna de la Tabla 8.1.2.

Columna 1a.: Esta columna enumera los meses del año.

Columna 2a.: En esta columna se vacían los datos de temperatura media mensual de la estación base.

Columna 3a.: Por medio de cualquiera de las formas indicadas se transforman de °F a °C y al mismo tiempo, se transforma para que al multiplicar por f (columna 5), la lámina de VC mensual, nos dé en cms. y no en pulgadas.

Columna 4a.: Es "P" por ciento anual de horas diarias, mes de luminosidad. Esta "P" se obtiene en la Tabla que se anexa 8.1.3.

Columna 5a.: Es el factor (f) de evapotranspiración, siendo diferente para cada mes, se obtiene multiplicando las columnas 3 X 4.

Columna 6 y 7a.: En estas columnas se habla de precipitación media efectiva y su razón estriba en el hecho de que no toda la precipitación que recibe el cultivo es aprovechado por la planta, ya que alguna parte se infiltra, escurre o evapora. Para esto anotaremos en la columna "6" la precipitación media anual (en cms.) y haciendo uso de la tabla que está al alcance de la forma 8.1.2, anotamos la columna "7" precipitación efectiva (en cms.).

Columna 8a.: En esta columna se vacian los datos que se obtienen de las curvas de desarrollo de cada planta (Fig. 8.1.4) - anotando exclusivamente las que corresponden a los meses del ciclo vegetativo.

Columna 9a.: Es realmente el uso consuntivo.

Columna 10a.: El uso consuntivo debe ser afectado por "J" que como ya vimos es corrección necesaria.

Columna 11a.: La lámina de riego que la planta requiere de nuestra obra hidráulica será el uso consuntivo, menos la precipitación efectiva, o sea columna "10" menos columna "7".

Columna 12a.: Se considera que sólo un porcentaje de volumen que de saloja la obra de toma de la presa, llega a la planta. Esto es claro, ya que existen pérdidas por conducción para efecto de nuestro estudio debemos conocer la magnitud de estas pérdidas. La experiencia y para facilitar los cálculos, se ha aceptado que es del orden del 60% en términos generales la eficiencia (n) de riego. Por lo tanto debemos dividir la lámina neta requerida entre la eficiencia para obtener la lámina bruta.

$$LB \times n = LN \quad LB = \frac{LN}{n}$$

Para el proyecto de "Cuauuala", se calculó el uso consuntivo de los siguientes cultivos:

Avena, durazno, maíz, frijol, pastos, cereales, hortalsas.

8.2.- Cálculo Demanda Anual.

La demanda anual, es el producto de la lámina bruta por la superficie por regar.

$$DA = LB \times SUP.$$

El cálculo de la demanda anual consiste en determinar el volumen promedio de agua por Ha basado en un porcentaje de área para cultivo, nos facilita el cálculo el uso de la Forma 8.2.1.

En el primer cuadro anotaremos los cultivos propuestos para riego con sus respectivos porcentajes.

En el segundo cuadro las láminas de riego para cada mes expresadas en metros y multiplicadas por 10,000 por ser por Ha.

Ejemplos: 6.36 cms.
 .0636
 (.0636) (10,000) = 636

El tercer cuadro será para anotar el volumen de agua en miles de metros cúbicos mensuales de cultivo, sin olvidar que sólo debe ir el volumen correspondiente al porcentaje de 100 Has.

Ejemplos: 636 X 10%
 (636) (10) = 6360

Para estar expresado en miles de M³.

$$\frac{6360}{1000} = 6.36$$

Del lado derecho del mismo tercer cuadro, se anota la suma-

total anual de cada cultivo, y al final la suma de todos ellos.

Para obtener la demanda anual por Ha basta convertir el volúmen total expresado en miles de M^3 a M^3 y dividirlos entre las 100 - Has consideradas.

La demanda anual por Ha para el proyecto Cuacuala, resultó - de $3,531.6 M^3/Ha$ (Forma 8-2-1).

$$DA \frac{3531600}{100} = 3531.6 M^3/Ha$$

CALCULO DE LA DEMANDA ANUAL

LAMINA 8-2-1

NOMBRE DEL PROYECTO Guacualco

CULTIVO	% AREA CULTIVADA
MAIZ	40
FRIJOL	20
SORGO (f)	20
HORTALIZA	10
AGUACATE	10

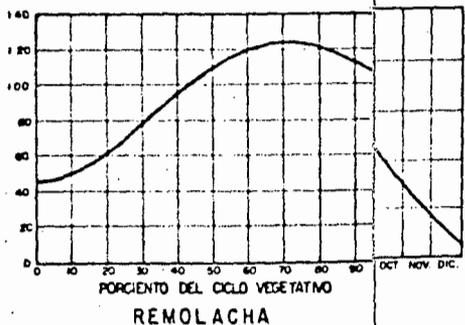
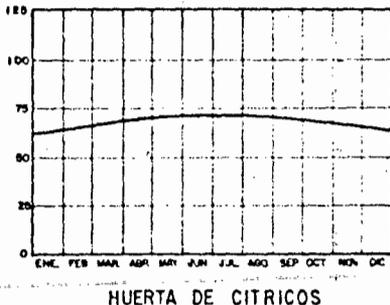
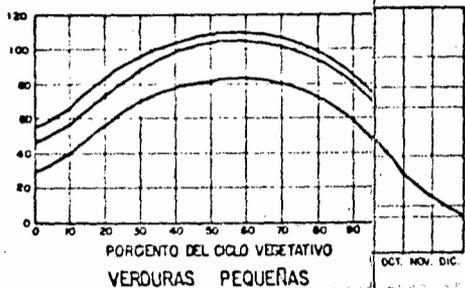
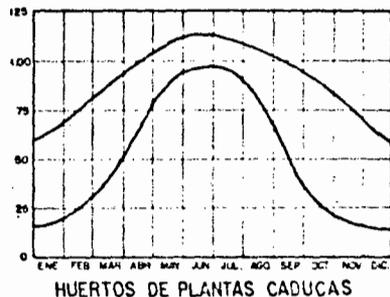
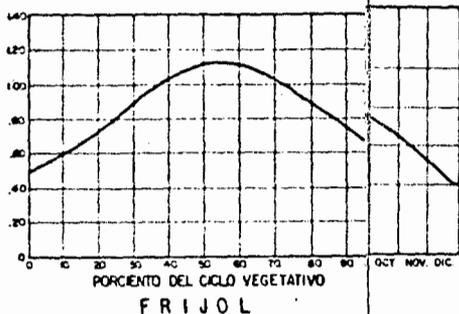
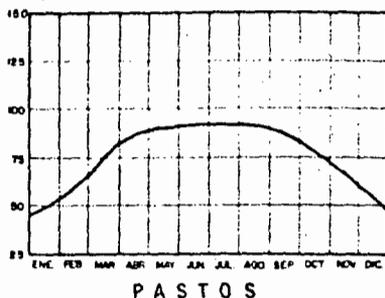
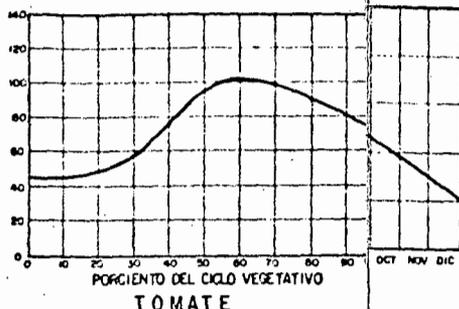
VOLUMEN DE AGUA POR Ha.

CULTIVO	LAMINAS DE RIEGO EN CENTIMETROS												VOLUMEN TOTAL POR Ha. DE CULTIVO (m. ³)	
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
MAIZ		355	1143	1566	1403									4467
FRIJOL		428	1063	1265	900									3676
SORGO (f)	741	850										276		1867
HORTALIZAS	386	548	676									146		1756
AGUACATE	116	278	820	1178	1376					174	501	217		4660

VOLUMENES DE AGUA EN MILES DE M.³
PARA UNA SUPERFICIE DE 100 Ha.

CULTIVO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	VOLUMEN TOTAL
MAIZ		14.20	45.72	62.64	56.12								178.68
FRIJOL		8.56	20.72	25.70	18.00								72.98
SORGO (f)	14.82	17.00										5.52	37.34
HORTALIZAS	3.86	5.48	6.76									1.46	17.56
AGUACATE	1.16	2.78	8.20	11.78	13.76					1.74	5.01	2.17	46.60
TOTALES	19.84	48.02	81.40	100.12	87.88					1.74	5.01	9.15	353.16

DEMANDA ANUAL POR Ha. 3,531.6 m.³/Ha.
 VOLUMEN TOTAL 353160
 100



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA FACULTAD DE AGRICULTURA	CAMPAÑA N°
TESIS PROFESIONAL	8-1-4
GRAFICAS DEL CICLO VEGETATIVO EN DIFERENTES CULTIVOS	
FOO. JAVIER RUALCABA LIMON	SUBD. JUL NOV - 1977

VALORES DE LA EXPRESION $t + \frac{17.8}{21.8}$ EN RELACION CON TEMPERATURAS

MEDIAS EN °C PARA USARSE EN LA FORMULA DE BLANEY Y CRIDDLE.

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3....	0.954	0.959	0.963	0.968	0.972	0.977	0.982	0.986	0.991	0.995
4....	1.000	1.005	1.009	1.014	1.018	1.023	1.028	1.032	1.037	1.041
5....	1.046	1.050	1.055	1.060	1.064	1.069	1.073	1.078	1.083	1.087
6....	1.092	1.096	1.101	1.106	1.110	1.115	1.119	1.124	1.128	1.133
7....	1.138	1.142	1.147	1.151	1.156	1.161	1.165	1.170	1.174	1.179
8....	1.183	1.188	1.193	1.197	1.202	1.206	1.211	1.216	1.220	1.225
9....	1.229	1.234	1.239	1.243	1.248	1.252	1.257	1.261	1.266	1.271
10...	1.275	1.279	1.284	1.289	1.294	1.298	1.304	1.307	1.312	1.317
11...	1.321	1.326	1.330	1.335	1.339	1.344	1.349	1.354	1.358	1.362
12...	1.367	1.372	1.376	1.381	1.385	1.390	1.394	1.400	1.404	1.408
13...	1.413	1.417	1.422	1.427	1.431	1.436	1.440	1.445	1.450	1.454
14...	1.459	1.463	1.468	1.472	1.477	1.482	1.486	1.491	1.495	1.500
15...	1.505	1.509	1.514	1.518	1.523	1.528	1.532	1.537	1.541	1.546
16...	1.550	1.555	1.560	1.564	1.569	1.573	1.578	1.583	1.587	1.592
17...	1.596	1.601	1.606	1.610	1.615	1.619	1.624	1.628	1.633	1.638
18...	1.642	1.647	1.651	1.656	1.661	1.665	1.670	1.674	1.679	1.683
19...	1.688	1.698	1.697	1.702	1.706	1.711	1.716	1.720	1.725	1.729
20...	1.734	1.739	1.743	1.748	1.752	1.757	1.761	1.766	1.771	1.775
21...	1.870	1.784	1.789	1.794	1.798	1.803	1.807	1.812	1.817	1.821
22...	1.826	1.830	1.835	1.839	1.844	1.849	1.853	1.858	1.862	1.867
23...	1.872	1.876	1.881	1.885	1.890	1.894	1.899	1.904	1.908	1.913
24...	1.917	1.922	1.927	1.931	1.936	1.940	1.945	1.950	1.954	1.959
25...	1.963	1.968	1.972	1.977	1.982	1.986	1.991	1.995	2.000	2.004
26...	2.009	2.014	2.018	2.023	2.028	2.032	2.041	2.046	2.046	2.050
27...	2.055	2.060	2.064	2.069	2.073	2.078	2.083	2.087	2.092	2.096
28...	2.101	2.106	2.110	2.115	2.119	2.124	2.128	2.133	2.138	2.142
29...	2.147	2.151	2.156	2.161	2.165	2.170	2.174	2.179	2.183	2.188
30...	2.193	2.197	2.202	2.206	2.211	2.216	2.220	2.225	2.229	2.234
31...	2.239	2.243	2.248	2.252	2.257	2.261	2.266	2.271	2.275	2.280
32...	2.284	2.289	2.294	2.298	2.303	2.307	2.312	2.317	2.321	2.326
33...	2.330	2.335	2.339	2.344	2.349	2.353	2.358	2.362	2.367	2.372
34...	2.376	2.381	2.385	2.390	2.394	2.399	2.404	2.408	2.413	2.417
35...	2.422	2.427	2.431	2.436	2.440	2.445	2.450	2.454	2.459	2.463

COEFICIENTES GLOBALES DE EVAPO-TRANSPIRACION ESTACIONAL (KG),
 PARA DIVERSOS CULTIVOS, EN DONDE LOS VALORES MAXIMOS CORRESPONDEN A -
 LAS ZONAS DE CLIMAS ARIDOS Y SEMIARIDOS Y LOS VALORES MINIMOS A ZONAS
 HUMEDAS Y SEMIHUMEDAS.

CULTIVO	PERIODO VEGETATIVO	COEFICIENTE GLOBAL KG.
Aguacate.	Perenne.	0.50 - 0.55
Ajonjolif.	3 a 4 meses.	0.80
Alfalfa.	Entre heladas.	0.80 - 0.85
	En invierno.	0.60
Algodón.	6 a 7 meses.	0.60 - 0.65
Arroz.	3 a 5 meses.	1.00 - 1.20
Cacahuate.	5 meses.	0.60 - 0.65
Cacao.	Perenne.	0.75 - 0.80
Café.	Perenne.	0.75 - 0.80
Canote.	5 a 6 meses.	0.60
Caña de azúcar.	Perenne.	0.75 - 0.90
Cártamo.	5 a 8 meses.	0.55 - 0.65
Cereales de grano pe queño; (alpiste, ave na, cebada, centeno, trigo).	3 a 6 meses.	0.75 - 0.85
Cítricos.	7 a 8 meses.	0.50 - 0.65
Chile.	3 a 4 meses.	0.60
Espárrago.	6 a 7 meses.	0.60
Fresa.	Perenne.	0.45 - 0.60
Frijol.	3 a 4 meses.	0.60 - 0.70
Frutales de hueso y pepita (hoja caduca).	Entre heladas.	0.60 - 0.70
Garbanzo.	4 a 5 meses.	0.60 - 0.70

CULTIVO.	PERIODO VEGETATIVO.	COEFICIENTE GLOBAL KG.
Girasol.	4 meses.	0.50 - 0.65
Gladiolo.	3 a 4 meses.	0.60
Haba.	4 a 5 meses.	0.60 - 0.70
Hortalizas.	2 a 4 meses.	0.60
Jitomate.	4 meses.	0.70
Lechuga y col.	3 meses.	0.70
Lenteja.	4 meses.	0.60 - 0.70
Maíz.	4 meses.	0.60 - 0.70
Maíz.	4 a 7 meses.	0.75 - 0.80
Mango.	Perenne.	0.75 - 0.80
Melón.	3 a 4 meses.	0.60
Nogal.	Entre heladas.	0.70
Papa.	3 a 5 meses.	0.65 - 0.75
Palma datilera.	Perenne.	0.65 - 0.80
Palma cocotera.	Perenne.	0.80 - 0.90
Papaya.	Perenne.	0.60 - 0.80
Plátano.	Perenne.	0.80 - 1.00
Pastos de gramíneas.	Perenne.	0.75
Remolacha.	6 meses.	0.65 - 0.75
Sandía.	3 a 4 meses.	0.60
Sorgo.	3 a 5 meses.	0.70
Soya.	3 a 5 meses.	0.60 - 0.70
Tabaco.	4 a 5 meses.	0.70 - 0.80
Tomate.	4 a 5 meses.	0.70 - 0.80
Trébol ladino.	Perenne.	0.80 - 0.85
Zanahoria.	2 a 4 meses.	0.60

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

LAT. NTE.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
15°	7.49	7.37	8.44	8.45	8.98	8.80	9.03	8.83	8.27	8.26	7.75	7.88
16°	7.93	7.35	8.44	8.46	9.01	8.83	9.07	8.85	8.27	8.24	7.72	7.83
17°	7.86	7.32	8.43	8.46	9.04	8.87	9.11	8.87	8.27	8.22	7.69	7.80
18°	7.83	7.30	8.42	8.50	9.09	8.92	9.16	8.90	8.27	8.21	7.66	7.64
19°	7.79	7.28	8.41	8.51	9.11	8.97	9.20	8.92	8.28	8.19	7.63	7.71
20°	7.74	7.26	8.41	8.53	9.14	9.00	9.23	8.95	8.29	8.17	7.59	7.66
21°	7.71	7.24	8.40	8.54	9.18	9.05	9.29	8.98	8.29	8.15	7.54	7.62
22°	7.66	7.21	8.40	8.56	9.22	9.09	9.33	9.00	8.30	8.13	7.50	7.55
23°	7.62	7.19	8.40	8.57	9.24	9.35	9.02	9.02	8.30	8.11	7.47	7.50
24°	7.58	7.17	8.40	8.60	9.30	9.30	9.41	9.05	8.31	8.09	7.43	7.46
25°	7.53	7.13	8.39	8.61	9.23	9.22	9.43	9.08	8.30	8.08	7.40	7.41
26°	7.49	7.12	8.40	8.64	9.48	9.30	9.49	9.10	8.31	8.06	7.36	7.35
27°	7.43	7.09	8.38	8.65	9.40	9.32	9.52	9.13	8.32	8.03	7.36	7.31
28°	7.40	7.07	8.39	8.68	9.46	9.38	9.58	9.16	8.32	8.02	7.22	7.27
29°	7.35	7.04	8.37	8.70	9.49	9.43	9.61	9.19	8.32	8.00	7.24	7.20
30°	7.30	7.03	8.38	8.72	9.53	9.49	9.67	9.22	8.34	7.99	7.19	7.14
31°	7.25	7.00	8.36	8.73	9.57	9.54	9.72	9.24	8.34	7.95	7.15	7.09
32°	7.20	6.97	8.37	8.75	9.63	9.60	9.77	9.28	8.34	7.95	7.11	7.05

SRH. SUBSECRETARIA
DIRECCION GENERAL
DIRECCION REGIONAL
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS

MES	TEMPERATURA °C	°C		P %	FERTILIZANTES					
		17.77	21.67		DE RIEGO		CANTIDAD DE NUTRIENTES			
		0.0457°C	+0.813		BRUTA cm	Kc	U.C cm	JxU.C cm	NETA cm	BRUTA cm
(1)	(2)	(3)	(4)	(11)	(8)	(9)	(10)	(10-7)	(11)	
ENERO	12.9	1.40	1.74	7.41	0.75	8.12	3.69	2.32	3.66	
FEBRERO	13.6	1.44	7.26	8.50	0.97	10.13	4.86	3.29	5.43	
MARZO	15.9	1.54	8.41	0.89	11.52	5.27	4.06	6.76		
ABRIL	17.1	1.68	8.53							
MAYO	21.9	1.82	9.14							
JUNO	21.6	1.80	9.00							
JULIO	20.0	1.73	9.23							
AGOSTO	12.0	1.69	8.95							
SEPTIEMBRE	19.7	1.72	8.29							
OCTUBRE	18.3	1.65	8.17							
NOVIEMBRE	15.8	1.54	7.59							
DICIEMBRE	13.3	1.42	7.66	2.76	0.50	5.43	2.49	0.88	1.46	

60

60

P: Porcentaje de horas luz (TABLAS)
E: Factor de evapotranspiración
Kc: Coeficiente de desarrollo de cada cultivo
Kg: Coeficiente global de desarrollo
J: Factor de corrección para el U.C
U.C: Uso consuntivo (Kc x E)
η: Eficiencia de riego

La columna (3) transforma del sistema ingles al métrico decimal (°F a °C y Pib a Cm)

Kg: 0.60

J: $\frac{35.20}{45.30} \cdot 0.60 = 0.46$

FECHA _____

CALCULO _____

SRH. SUBSECRETARIA DE CONSTRUCCION
 DIRECCION GENERAL DE OBRAS HIDRAULICAS PARA EL DESARROLLO RURAL
 DIRECCION REGIONAL REGION CENTRO
 DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS ESPECIFICOS

U S O C O N S U N T I V O

PROYECTO Cuauquia MUNICIPIO Cuquilo ESTADO Jalisco

MES	TEMPERATURA		P %	f cm	PRECIPITACION		AGUACATE					LAMINA DE RIEGO					LAMINA DE RIEGO				
	°C	°F			MEDIA cm	EFECTIVA cm	Kc	U.C. cm	JxU.C. cm	LAMINA DE RIEGO		Kc	U.C. cm	JxU.C. cm	LAMINA DE RIEGO		Kc	U.C. cm	JxU.C. cm	LAMINA DE RIEGO	
		0.0457°C +0.813								NETA cm	BRUTA cm				NETA cm	BRUTA cm				NETA cm	BRUTA cm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
				4 x 3				5x8		10-7	11/11		(5x8)		(10-7)	(11/11)		(5x8)		(10-7)	(11/11)
ENERO					1.25	2.70	2.26	0.69	1.26												
FEBREPO					0.37	3.86	3.24	1.67	2.78												
MARPO					0.57	7.39	6.19	4.96	8.20												
ABRIL					0.68	9.74	8.19	7.07	11.78												
MAYO					0.77	12.80	10.75	7.96	13.76												
JUNO					0.80	12.96	10.88														
JULIO					0.77	12.28	10.31														
AGOSTO					0.68	10.22	8.58														
SEPTIEMBRE					0.62	8.83	10.14														
OCTUBRE					0.53	7.14	5.99	1.04	1.74												
NOVIEMBRE					0.41	4.78	4.01	3.01	5.01												
DICIEMBRE					0.32	3.47	2.91	1.30	2.17												

PRECIPITACION

P: Porcentaje de horas luz (TABLAS)
 f: Factor de evaporación
 Kc: Coeficiente de desarrollo de cada cultivo
 Kg: Coeficiente global de desarrollo
 J: Factor de corrección para el U.C.
 U.C: Uso consuntivo (Kc x f)
 η: Eficiencia de riego
 La columna (3) transforma del sistema ingles al métrico decimal (°F a °C y Plg a Cm)

MEDIA cm	EFECTIVA cm	Kg
0.0-0.5	Pmx1.00	
0.5-2.5	Pmx0.96	
2.5-5.0	Pmx0.94	
5.0-7.5	Pmx0.90	
7.5-10.0	Pmx0.80	
0.0-12.5	Pmx0.76	
2.5 < Pm	Pmx0.673	

$J = \frac{162.06}{96.16} \times 0.50 = 0.84$
 $C = \frac{\sum U.C}{\sum I} \times 0.50$
 $J = \frac{Kc}{C}$
 $J = \frac{\sum I}{\sum U.C} \times Kg$

FECHA _____

CALCULO _____

CAPITULO IX

A PROVECHAMIENTO.

IX APROVECHAMIENTO.

9.1.- Capacidad Optima.

Esta capacidad, es la máxima que alcanzaría un almacenamiento de Superficie Capacidad, permitiendo el máximo aprovechamiento sin producir derrames durante un período de tiempo determinado y sujeta a una ley de extracciones fijas. Esta capacidad solamente llega a presentarse una vez dentro del período estudiado y por tal motivo será la máxima que el régimen de una corriente permite, según el tiempo y las extracciones consideradas.

9.2.- Capacidad de Azolves.

La capacidad de azolves de una presa de almacenamiento, es aquella que se destina a recibir el volumen de material de acarreo, que durante la vida útil de la presa, depositará la corriente en el vaso, esta capacidad se dispone por abajo del nivel de entrada a la obra de toma. La vida útil para un pequeño almacenamiento se ha fijado en 25 años.

Para estudios efectuados en la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, se ha aceptado considerar un porcentaje promedio anual de sedimentación del 0.15% (0.0015) del escurrimiento medio anual. El producto de este porcentaje de sedimentación por la vida útil de la presa, nos da un coeficiente de azolves de 0.037.

$$(0.0015) (25) = 0.037$$

La capacidad de azolves para una vida útil de 25 años, queda expresada como sigue:

$$C_{Az} = (0.037) (V_m)$$

C_{Az} = Capacidad de Azolves en M^3 .

V_m = Volúmen escurrido medio anual en M^3 .

La capacidad de azolves del proyecto "Cuacuala", quedó calculado así:

$$C_{Az} = (0.037) (10\ 634.07) = 393.46$$

9.3.- Capacidad Total.

La capacidad total, es un concepto que está en función de la superficie de la zona de riego, y es el volúmen de agua con que debe contar nuestro almacenamiento para su correcto funcionamiento. Esta capacidad la determinamos en el (cálculo de los volúmenes aprovechables y la superficie beneficiada) punto 9.6, que para el proyecto - "Cuacuala", hay superficie de 1600 Has atractivas.

La capacidad total, está dada también por la suma del volúmen de la capacidad útil más el volúmen de la capacidad de azolves.

$$CT = CV + C_{Az}$$

9.4.- Capacidad Util.

La capacidad útil, es el volúmen de agua con que podemos contar para el riego.

La capacidad útil del proyecto "Cuacuala" quedó determinada-

en 6606.54, según la siguiente expresión:

$$CU = CT - C As$$

$$CU = 7000 - 393.46 = \frac{6606.54}{\text{-----}} \text{ (expresado en miles de } M^3 \text{)}.$$

9.5.- Cálculo de las Pérdidas.

A. Volúmenes Derramados.

Conociendo los escurrimientos medios anuales y la capacidad de azolves, se dispone de varias alternativas para la capacidad total del vaso.

Estas alternativas se determinan a criterio, conociendo la superficie que se pretende regar (dato tomado del estudio agrológico detallado) y conociendo cuanta agua es necesaria para regar dicha superficie.

Según el cálculo de la demanda anual, punto 8.2, se estimó para regar una hectárea, es necesario un volumen de $3531.6 M^3$, de agua.

Según el estudio Agrológico, sabemos que la superficie, de la zona de riego de dicho proyecto es de 1600 hectáreas, entonces la capacidad total aproximada resulta de:

$$(3531.6) (1600) = 5650.56 \text{ miles } M^3.$$

$$CT = 7'000,000 M^3.$$

Teniendo el dato anterior, determinamos a criterio la mayor alternativa en $6'000,000 M^3$. y la menor en $10'000,000 M^3$.

Ya determinadas dichas alternativas, calculamos los volúmenes derramados medios anuales durante el período de estudios. -

Conviene anotar los porcentajes de los volúmenes derramados con respecto al escurrimiento total medio anual.

$$CT = V - D$$

$$D = V - CT$$

$$D_m = \frac{\sum (V_m - CT)}{n}$$

CT = Capacidad total propuesta.

V = Volúmen escurrido anual.

D = Volúmen derramado anual.

n = Número de años del período estudiado.

D_m = Volúmen derramado medio anual en el período.

La tabla de la 9.5.1 facilita los cálculos respectivos.

B. Volúmenes Evaporados.

Como vimos en el punto 7.4, el volúmen evaporado, es el producto de la evaporación neta por el área media de embalse.

$$V_{Ev} = (E_n) (A_m)$$

V_{Ev} = Volúmen evaporado medio anual en M³.

E_n = Evaporación neta en M.

A_m = Área media en M³ localizada en la gráfica de áreas y capacidades y correspondiente a una capacidad media dada por la expresión

$$C_m = \frac{CT + C_{Az}}{2}$$

CT = Capacidad total.

C_{Az} = Capacidad azolves.

Las pérdidas por evaporación aumentan al incrementarse el

Área de almacenamiento, y si este no se efectúan extracciones para riego, aquellas serán mayores.

Para calcular los volúmenes evaporados utilizamos la tabla 9.5.2.1.

9.6.- Cálculo de los volúmenes aprovechables y superficie beneficiada.

Volúmen aprovechable, es aquel que se utiliza para el riego.

Para determinar los volúmenes aprovechables correspondientes a cada una de las capacidades totales propuestas, partiremos de la siguiente igualdad.

$$V\acute{o}l. Esc. Med. Anual = V\acute{o}l. aprov. + V\acute{o}l. Derrm. Med. Anual + Vol. Evap.$$

$$V_A = V_m - (D_m + V Ev)$$

Expresión que se aplicará a cada capacidad propuesta, cuyos (D_m) y $(V Ev)$ son ya conocidos. Para facilitar los cálculos utilizaremos la tabla 9.6.1.

Superficie Beneficiada, para conocer la superficie neta, bastará dividir el volúmen aprovechable entre la demanda anual de riego por hectárea, los cálculos se facilitan con la tabla 9.6.2.

$$\text{Beneficio} = \frac{V\acute{o}l. Aprov.}{\text{Demanda Ha.}}$$

De la superficie de la zona de riego de que nos propone el proyecto "Cuacuala" es necesario restar las superficies no prove-

chables, como son las ocupadas por los canales, arroyos y aquellas superficies que por su pendiente y calidad agrológica no son aptas para el cultivo.

Tomando en consideración lo anterior, vemos en el cálculo de los volúmenes aprovechables y la superficie beneficiada que para regar 1600 Has es necesario una capacidad total de 7'000,000 M³ capacidad que se considera como definitiva para el proyecto "Cuacuala".

9.7.- Cálculo de la Ley de Demandas.

El cálculo de la Ley de Demandas, se efectúa multiplicando la superficie probable beneficiada, por la demanda mensual por Ha. en miles de metros cúbicos.

En la forma de la Tabla 8-2-1, se determina la cantidad de agua necesaria para el riego de 100 Has, pudiéndose encontrar directamente la demanda mensual por Ha., la que multiplicada por la superficie neta que se va a beneficiar, nos proporciona las demandas mensuales, que posteriormente serán las extracciones para nuestro funcionamiento del vaso. Nos facilita el cálculo de la Ley de Demandas la Tabla 9.7.1.

Para el proyecto "Cuacuala", la demanda mensual total en miles de metros cúbicos resultó de 4'777,720 M³.

9.8.- Otros Beneficios.

La realización del proyecto presa "Cuacuala", proporciona-

rá a la región de varios beneficios. Una vez considerado, uno de los principales resultados positivos que se obtendrán con el proyecto, al que hicimos referencia al principio de nuestro estudio y que son los beneficios de proporcionar a los campesinos residentes en el área, tierras bajo sistema de riego, comenzando con este el encadenamiento de los beneficios que van a resultar del proyecto; tales como el incremento económico en la zona, ya que creará la demanda de la mano de obra y a su vez multiplicará de servicios y comercios que satisfagan las necesidades a una población cada vez más demandante.

Este será el resultado de dotar a la superficie agrícola, de los beneficios del riego, aprovechándose la tierra de forma ininterrumpida, es decir, cultivándose en los ciclos primavera - verano e invierno, por lo que los ingresos, tanto de los poseedores de las tierras, como de los trabajadores agrícolas, se incrementarán hasta llevarlos a mejores niveles de vida.

También en diferente forma económica, repercutirá la realización del proyecto, ya que con el se evitarán las grandes pérdidas que se sufren año con año, aguas abajo del arroyo el Zapote ya que alcanza a dañar a más de 200 Has. aproximadamente, lo que origina pérdidas económicas en la agricultura con un monto que sobrepasa a \$ 400,000.00 y deja a cerca de veinte familias sin ninguna fuente de trabajo, agravando con esto su situación. Estos desbordamientos son debidos a que los drenes naturales que son de poca área y mínima pendiente, hacen que esto suceda, cuando hay una fuerte precipitación.

CALCULO DE LA LEY DE DEMANDAS.

PROYECTO: Cuacuala MPIO.: Cuquio ESTADO: Jalisco

CALCULO: _____°

LEY DE DEMANDA PARA 1800 HAS. NETAS.

M E S	SUPERFICIE BENEFICIADA (HA.)	DEMANDA MENSUAL POR HA MILES DE M ³	DEMANDA MENSUAL TOTAL MILES DE M ³
E	800	.1984	158.72
F	2000	.4802	960.40
M	1600	.8140	1302.40
A	1200	1.0012	1201.44
M	1200	.8788	1054.56
J			
J			
A			
S			
O	400	.0174	6.96
N	400	.0501	20.04
D	800	.0915	73.20
SUMAS.		3.5316	4777.72

CALCULO DE DERRAMES

$$D = V - C.T.$$

$$D.m. = \frac{\Sigma(V - C.T.)}{n}$$

SI $V < C.T.$, $D = 0$

$$\% D.m. = \frac{D.m.}{V.m.} ; D.m. = \frac{\Sigma D}{n}$$

- D. = Volumen derramado anual
- V. = Volumen escurrido anual
- C.T. = Capacidad total propuesta
- D.m. = Volumen derramado medio anual
- V.m. = Volumen escurrido medio anual

NOMBRE DEL PROYECTO.
Guacuala

AÑOS	V MILES m ³	DERRAMES = D EN MILES DE m ³						
		C.T. = 6000	C.T. = 7000	C.T. = 8000	C.T. = 9000	C.T. = 10000	C.T. = 11000	C.T. = 2000
		MILES m ³	MILES m ³	MILES m ³	MILES m ³	MILES m ³	MILES m ³	MILES m ³
1964	9311.9	3911.9	2911.9	1911.9	911.9			
1965	10971.6	4971.6	3971.6	2971.6	1971.6	971.6		
1966	11185.4	5185.4	4185.4	3185.4	2185.4	1185.4	185.4	
1967	15037.1	9037.1	8037.1	7037.1	6037.1	5037.1	4037.1	3037.1
1968	9603.5	3603.5	2603.5	1603.5	603.5			
1969	7981.6	1981.6	981.6					
1970	11080.8	5080.8	4080.8	3080.8	2080.8	1080.8	80.8	
1971	10291.4	4291.4	3291.4	2291.4	1291.4	291.4		
1972	8725.3	2725.3	1725.3	725.3				
1973	12161.7	6161.7	5161.7	4161.7	3161.7	2161.7	1161.7	161.7
Σ	106340.73	46340.73	36340.73	26359.13	18233.40	11018.0	5465.0	3198.8
D.m.	10634.07	4634.07	3634.07	2635.91	1823.34	1101.8	546.5	319.88
% D.m.		43%	34%	24%	17%	10%	5%	3%

CAPITULO X

FUNCIONAMIENTO ANALITICO

DEL VASO.

X FUNCIONAMIENTO ANALITICO DEL VASO.

10.1.- Funcionamiento del Vaso (mensual).

La finalidad primordial del funcionamiento analítico del vaso es determinar cual es la combinación más adecuada del "Caudal disponible de Agua", "Capacidad útil del Almacenamiento", "Calendarios de Riego", y "Superficie Beneficiada".

Cuando el % de deficiencias con respecto al volumen teórico de demanda de riego se encuentra entre el 1% y el 5% se considera que el funcionamiento del vaso está correcto.

$$\% \text{ Def.} = \frac{\text{Deficiencia}}{(\text{Años}) (\text{Demanda})}$$

El funcionamiento mensual del vaso consiste en analizar las aportaciones ó entradas y las extracciones ó pérdidas en cada año, dividido este en dos períodos: Epoca de sequias y Epoca de lluvias, determinados estos a su vez por la precipitación mensuales y su relación con la demanda también mensuales de cada año en especial.

Analizaremos cada columna del cuadro de la (Lámina 10.1) que nos servirá para llevar un cierto orden del presente estudio.

EPOCA DE SEQUIAS.

Columna 1.- Se anota los años que le corresponde a la época.

- Columna 2.- Se anotan los meses que limitan la época.
- Columna 3.- Se anota el total de las entradas de agua al vaso en esta época.
- Columna 4.- El almacenamiento inicial útil que es el estado final de los volúmenes almacenados durante la época de lluvias inmediata anterior.
- Columna 5.- Va la suma 4 y 5.
- Columna 6.- Estarán los volúmenes de agua que se extraen durante la época (del cuadro de la Ley de Demandas).
- Columna 7.- Los volúmenes que se supone que se evaporan.
- Columna 8.- Contiene las columnas 6 y 7.
- Columna 9.- Contiene la diferencia de entradas y salidas, columna 5 menos la columna 8.
 Cuando es mayor el volumen de demanda (8) que el volumen disponible (5), se tendrán deficiencias que se anotan en columna 10.

EPOCA DE LLUVIAS.

- Columnas 11,12 y 13.- Se obtiene igual que las columnas 1-2- y 3.
- Columna 14.- Es el almacenamiento mínimo útil que es el mismo al que tenemos anotado en la columna 9 del mismo renglón.
- Columna 15.- Es la suma de las columnas 13 y 14.
- Columna 16.- Se obtiene igual que la 7 (volúmenes evaporados).
- Columna 17.- Se obtiene igual que la columna 6 (demanda).
- Columna 18.- Es el volumen disponible final, se calcula restando 16 y 17 de 15.
- Columna 19.- Siempre irá la capacidad útil.

Cuando el valor de la columna 18 es mayor que la capacidad -

útil, la resta equivale a los derrames, columna 20 y la columna 21 - igual a la columna 19.

Cuando el valor de la columna 18 es menor que la capacidad - útil, en la columna 20 no anotamos nada y en la columna 21 se indica el mismo valor que la columna 18.

Al término del funcionamiento del vaso, se procede a hacer - la suma de deficiencias y su porcentaje correspondiente, si este es - tá dentro de las especificaciones, se da por concluido y a continua- ción elaboramos la regularización de la avenida máxima.

En los casos en que el porciento de deficiencias sea superior al 5% se debe corregir el funcionamiento del vaso, para lo cual ele- varemos la capacidad de la obra, si se nos permite o disminuirémos - la cantidad de Has., beneficiadas y se repite todo el proceso.

Cuando no existan deficiencias, se deberá aumentar la super- ficie por regar o se disminuirá la capacidad del aprovechamiento, pa- ra realizar nuevamente el funcionamiento del vaso, hasta lograr del 1% al 5% de deficiencias.

Normalmente la superficie así obtenida, es mayor a la que se obtiene dividiendo la capacidad útil entre la demanda anual por Ha., la razón está en que el vaso tiene poder regularizador.

ESTUDIO DEL FUNCIONAMIENTO DEL VASO

PROYECTO: Cuauale MUNICIPIO: Cuauale ESTADO: Jalisco CALCULO: Fco. Javier Escalante L.

EPOCA DE SEQUIAS										EPOCA DE LLUVIAS										
AÑOS	MESES	ENTRADAS	ALM. INIC. UTIL.	VOLUMEN DISPONIBLE	DEMANDA	VOLUMEN EVAP.	VOLUMEN TOTAL	ALM. MIN. UTIL.	DEFICIENCIAS	AÑOS	MESES	ENTRADAS	ALM. MIN. UTIL.	VOL. DISP. INICIAL	VOLUMEN EVAP.	DEMANDA	VOL. DISP. FINAL	ALM.	VOLUMEN TOTAL	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
—	—	—	(10+21)	(3+4)	—	—	(6+7)	(5-8)	(8-5)	—	—	—	(9)	(13+14)	—	—	(15-(16+17))	—	(18+20)	
1954	Ene-Mayo	28312	6606.54	2925.73	4777.52	252.45	4922.97	1265.76		1964	Jun-Sep	8165.08	6606.54	10130.64	201.96		9928.68	6606.54	3322.14	6606.54
54-55	Oct-May	2122.82	6606.54	2727.36	4777.72	403.92	5181.64	3547.72		1965	Jun-Sep	8252.29	6606.54	11301.01	201.96		11599.05	6606.54	4922.51	6606.54
55-56	Oct-May	2722.57	6606.54	2405.04	4777.72	403.92	5181.64	4222.40		1966	Jun-Oct	9022.37	6606.54	13245.77	252.45	6.96	12986.36	6606.54	6372.82	6606.54
56-57	May-May	2664.27	6606.54	3270.81	4784.68	353.43	5128.11	3132.70		1967	Jun-Oct	7376.40	6606.54	15452.40	252.45	6.96	15199.99	6606.54	8593.45	6606.54
57-58	May-May	2402.22	6606.54	2008.76	4784.68	353.43	5128.11	3070.00		1968	Jun-Oct	7558.63	6606.54	11429.23	252.45	6.96	11162.87	6606.54	4563.33	6606.54
58-59	May-May	2210.11	6606.54	1816.65	4784.68	353.43	5128.11	2678.51		1969	Jun-Oct	7562.99	6606.54	10241.53	252.45	6.96	9982.12	6606.54	3375.58	6606.54
59-60	May-May	535.55	6606.54	1142.09	4784.68	353.43	5128.11	2093.97		1970	Jun-Sep	2314.40	6606.54	12318.37	201.96		2216.41	6606.54	5592.87	6606.54
60-61	Oct-May	249.67	6606.54	755.05	4777.72	403.92	5181.64	2374.52		1971	Jun-Sep	2630.39	6606.54	12201.90	201.96		11802.94	6606.54	5126.40	6606.54
61-62	Oct-May	214.47	6606.54	7521.01	4777.72	403.92	5181.64	2530.37		1972	Jun-Sep	7763.48	6606.54	10402.85	201.96		20000.89	6606.54	3524.35	6606.54
62-63	Oct-May	247.19	6606.54	7553.73	4777.72	403.92	5181.64	2372.00		1973	Jun-Oct	1550.54	6606.54	13922.63	252.45	6.96	13663.22	6606.54	7056.68	6606.54
1973	May-Dic	0.00	6606.54	6606.54	93.24	100.92	194.22	6412.32												

C₁ = 7000 m³
 C₂ = 103.46 m³
 C₃ = 6606.54 m³

Evaporación Manual = Volumen Esperado = 605.880 m³ % DEF = $\frac{\text{DEFICIENCIAS}}{(\text{AÑOS})(\text{DEMANDA})} = \frac{0}{(10)(4777.72)} = \frac{0}{47777.20} = 0\%$

n = número de meses en que se reporte la evaporación 8 1/2 12

VOLUMENES EN MILES DE M³

CAPITULO XI

REGULARIZACION DE LA

AVENIDA MAXIMA.

IX REGULARIZACION DE LA AVENIDA MAXIMA.

11.1.- Definición de Avenida Máxima.

Cuando una presa se encuentra llena y recibe el caudal de una avenida, esta comenzará a desalojar ese caudal por el vertedor de demasias. La magnitud del agua desalojada estará en función directa de la carga "H" sobre el vertedor y del tipo y longitud del mismo.

Si la avenida máxima es la de mayor magnitud, que se supone podrá existir, se dice que se trata de una avenida máxima. Al hecho de que exista una diferencia entre la capacidad de agua que entra y la que sale en unidad de tiempo, se le denomina efecto regulador del vaso.

El agua que entra, producirá un aumento de la carga "H" sobre el vertedor y la cantidad de agua que sale estará en función de esa "H" por lo que se hace necesario conocer la carga más crítica, esto sería muy sencillo, si el vertedor comenzara a desalojar agua hasta que la avenida hubiera terminado, pero nuestro problema se torna un poco complicado en virtud de que la entrada y salida del agua es un acto simultáneo.

11.2.- Factores que afectan la magnitud de la Avenida Máxima.

• Intensidad y duración de la tormenta.

- Trayectoria de la tormenta.
- Area y forma de la cuenca de captación.
- Topografía de la cuenca.
- Geología de la cuenca.
- Vegetación de la cuenca.
- Estado de saturación de la cuenca.

Un gran porcentaje de los fracasos de las Obras Hidráulicas - se ha debido a la sub-estación de la magnitud de la avenida máxima de la corriente, y por lo tanto a la deficiente capacidad de la obra de excedencias para dar paso a esa avenida.

11.3- Cálculo de la Avenida Máxima.

Nosotros para determinar la magnitud de la Avenida Máxima utilizaremos el método de sección y pendiente.

El método de sección y pendiente, se apoya en la fórmula de continuidad y en la fórmula de Mannings:

$$Q = (V) \times (A)$$

Q = Gasto Máximo.

V = Velocidad media del río.

A = Area de la sección del río en la boquilla.

$$V = \left(\frac{1}{n} \right) \left(r \frac{2}{3} \right) \left(S \frac{1}{2} \right)$$

Sustituyendo:

$$Q = (A 1/n) (r 2/3) (S 1/2)$$

A = Gasto Máximo.

Gasto Máximo, es el máximo volúmen de agua que pasa en un momento dado, dicho de otra manera, es el caudal de máxima avenida.

$$Q = (A^{1/n}) (r^{2/3}) (S^{1/2})$$

Q = Gasto Máximo.

A = Area de la sección del río en la boquilla en M².

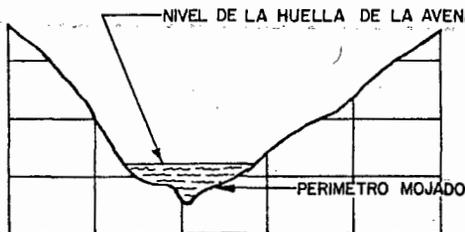
n = Coeficiente de rugosidad de la tabla de Horton (0.030 - 0.045).

r = Radio Hidráulico en M.

S = Pendiente Media del Río.

Consideraciones.

En el campo y con la ayuda de la Topografía de la boquilla, se determinan los puntos hasta donde ha llegado la avenida máxima que se recuerde, siempre y cuando existan en el cauce huellas de la misma, registradas y se hayan corroborado con gentes del lugar. Una vez localizados estos puntos, se trasladan al plano del perfil de la boquilla y se procede a determinar su área con ayuda del planímetro; esta área - estará delimitada por el perfil del terreno (perímetro mojado) y el nivel de la huella de la máxima avenida.



El radio hidráulico lo determinamos con la siguiente expresión:

$$r = A/P$$

r = Radio hidráulico.

A = Area de la sección del río.

P = Perímetro mojado.

La pendiente del río se puede determinar de la siguiente forma:

$$S = D/L$$

S = Pendiente media del río.

D = Diferencias entre curvas de nivel (desnivel).

L = Longitud del río.

B. Tiempo de Concentración.

El tiempo de concentración, es el que tarda la avenida en alcanzar su máximo nivel.

$$T_c = D/3.6V$$

T_c = Tiempo concentración en Has.

D = Longitud del río en Kms.

V = Velocidad media del río en M/seg.

Consideraciones.

La longitud del río se puede medir directamente de las cartas topográficas editadas por CETENAL.

La velocidad media del río, la obtenemos aplicando, la fórmula de Manning:

$$V = (1/n) (r^{2/3}) (S^{1/2})$$

C. Tiempo de Receso.

El tiempo de receso, es aquel en que la Avenida Máxima disminuye, hasta alcanzar su régimen normal.

$$T_r = (2.5) T_o$$

D. Tiempo total del paso de la Avenida Máxima.

El tiempo total, es la suma de los tiempos en que la avenida alcanza su máximo nivel, hasta que disminuye y alcanza su régimen normal, es decir, es el tiempo en que pasa la avenida máxima.

$$T_t = T_o + T_r$$

11.4.- Cálculo de la Avenida Máxima del Proyecto "Cuacuala".

Gasto Máximo

$$A = 14.2 \text{ m}^2.$$

$$n = 0.035$$

$$P = 26.2 \text{ m.}$$

$$r = 26.2/14.2 = 1.84$$

$$S = .02$$

$$Q = (A^{1/n}) (r^{2/3}) (S^{1/2})$$

$$Q = (14.2^{1/0.035}) (1.84^{2/3}) (.02^{1/2})$$

$$Q = (405.71) (1.502) (.1414)$$

$$Q = 86.166 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Tiempo de Concentración

$$T_o = \frac{10.2 \text{ Km.}}{(3.6) \text{ V}}$$

$$(3.6) \text{ V}$$

$$V = (1/n) (r 2/3) (S 1/2)$$

$$V = (1/.035) (1.84 2/3) (.02 1/2)$$

$$V = (28.57) (1.502) (.1414)$$

$$V = 6.06 \text{ m/seg.}$$

$$T_o = \frac{10.2}{(3.6)(6.06)} = \frac{10.2}{21.81} = .4677 \text{ Hrs.} = 0 \text{ Hrs. } 28'.06''$$

Tiempo de Receso:

$$T_r = 2.5 (T_o)$$

$$T_r = 2.5 (28'.06'')$$

$$T_r = 70.15'$$

$$T_r = 1.15'$$

Tiempo Total:

$$T_t = T_o + T_r$$

$$T_t = 70.15' + 28'.06''$$

$$T_t = 1.38.21'$$

CAPITULO XII

RESUMEN DEL ESTUDIO

HIDROLOGICO.

III RESUMEN DEL ESTUDIO HIDROLOGICO.

12.1.- Resumen del Estudio Hidrológico.

Proyecto Cuacuala.

Municipio Cuquico

Estado Jalisco.

Fecha _____

Area de la cuenca: 194.5 Has.

Precipitación media anual en la cuenca

935^{mm}

Porcentaje de variación de la precipitación:

28.11%

Coefficiente de Escurrimiento:

.17

Volumen escurrido medio anual:

10'634,070 M³.

Volumen aprovechable medio anual:

V.A.M.A. = $\frac{(\text{No. Años}) (\text{Demanda}) - \text{Deficiencias}}{\text{No. Años Observados}}$ = 6'394,200 M³.

No. Años Observados.

Porcentaje de aprovechamiento:

5.6%

% Aprov. = $\frac{\text{Vol. aprovechables}}{\text{Vol. Eso. medio anual}}$

60.09%

Vol. Eso. medio anual

Capacidad Total:

7'000,000 M³.

Capacidad Util:

6'606,540 M³.

Capacidad Anulves:

393,460 M³.

Volumen evaporado medio anual:	605,880 M ³ .
Porcentaje de evaporación:	5.6%
Volumen derramado medio anual:	3'634,073 M ³ .
Porcentaje de derrames:	34%
Demanda anual por Hectáreas:	3,531.6M ³ .
Beneficio (Has. netas):	1,810.5 Ha.
Demanda máxima mensual:	4'777,720 M ³ .
Porcentaje de deficiencias:	0%
Eficiencia del vaso:	
Ef. V = <u>Vol. aprov. medio anual:</u>	1.6
Capacidad útil.	
Período de Estudios:	10 años.
Gasto de la Avenida Máxima:	86.166 M ³ /seg.
Tiempo de concentración:	28.06'
Tiempo de recesos:	1 Hs. 10.15'
Tiempo total del paso de la avenida máxima:	1 Hs. 38.21'

CAPITULO XIII

CONCLUSIONES Y BIBLIOGRAFIA.

XIII CONCLUSIONES Y BIBLIOGRAFIA.

13.1.- Conclusiones.

Como podemos darnos cuenta, muchos de los conceptos enmarcados en el presente trabajo están eslabonados, es decir, que unos se derivan de otros, también se comprenderá que los resultados del estudio hidrológico no son determinantes para que se construya la obra, pues, ella está supeditada a los resultados de otros estudios, como el geológico y el agrológico. Podemos afirmar sin embargo que de todos ellos el estudio hidrológico es el más importante y el que nos dá una idea clara de la potencialidad hidrológica en determinada región.

13.2.- Bibliografía.

Apuntes de la Clase de Hidráulica de la Universidad de Guadalajara.

Boletín Meteorológico de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Pequeños Almacenamientos Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos 1976.