

575

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE INGENIEROS

ESTUDIO HIDROLOGICO DEL SISTEMA  
DEL RIO TILOSTOC, EDO. DE MEXICO.

U N I C O

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

PRESENTA EL PASANTE

FRANCISCO IBÁÑEZ PARKMAN.

MEXICO, D.F.

1944.



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 esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

A mis maestros, camaradas y amigos que con sus enseñanzas y su ejemplo han educado y fortalecido mi espíritu en los principios vivificantes del Orden Católico, inculcándole un apasionado amor por la Verdad y la Justicia, quiero mostrarles mi grande reconocimiento con este insignificante trabajo, producto de unas horas de vigilia en la noche aterradora e interminable del cataclismo político y social de nuestra mutilada Patria. Para ellos, paladines del ideal y de la intransigencia patriótica, son mis primeras palabras de agradecimiento y amistad inquebrantables.

A mis padres, Sr. Dn. Francisco Ibáñez Zavala y Sra. Esther Parkman de Ibáñez, con el amor y la inmensa gratitud que les profeso.

A mi prometida, Srta. Alicia Rivero Blásquez.

A mis hermanos, Juan Ignacio, Roberto y Alicia Esther.

Al Pasante señor Francisco Ibáñez Parkman,  
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato -- transcribir a usted a continuación el tema que, aprobado por esta Dirección, propuso el señor profesor ingeniero Marco -- Aurelio TORRES H., para que lo desarrolle como tesis en su -- examen profesional de Ingeniero Civil.

"Antecedentes:

Está en proceso de construcción una planta hidroeléctrica en el lugar llamada Ixtapantongo, Municipio de Valle de Bravo, Estado de México.

Dicha planta aprovechará las aguas del río Tilostoc.

El tema de la tesis, fundándose en el plano adjunto de la Compañía de Fuerza del Suroeste de México, S. A., deberá ser:

"Estudio del sistema fluvial del río Tilostoc, para determinar las obras hidráulicas necesarias para el -- total aprovechamiento de sus aguas, en la generación de energía eléctrica en tres grandes plantas que se -- construirán en los lugares denominados: "El Durazno", Ixtapantongo y Santa Bárbara".

Existen dos grandes vasos de almacenamiento en los -- tributarios del río Tilostoc: uno en Villa Victoria y otro en Valle de Bravo. Se deberán determinar, -- fundándose en el estudio general del sistema:

- 1o.- La capacidad de la presa de Valle de Bravo.
- 2o.- La capacidad de un canal que derive las aguas del río Malacatepec, al propio vaso de Valle de Bravo, y
- 3o.- El gasto medio máximo aprovechable en el sistema".

Se dispone de los datos de aforos de los ríos, realizados tanto por la Compañía de Fuerza del Suroeste, cuanto por la Comisión Federal de Electricidad.

2.

UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE MEXICO

Se acepta además, que la capacidad de la presa de -  
Villa Victoria, ha quedado determinada por estudios anteriores  
res, y que es de 200 millones de metros cúbicos útiles."

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

México, D. F., a 23 de septiembre de 1943.

EL DIRECTOR

Ing. Pedro Martínez Tornel.

PMT/TB/mr.

## GENERALIDADES.

- I.-- ANTECEDENTES.
- II.-- DESCRIPCION GENERAL DE LAS OBRAS DEL PROYECTO DE IXTAPANTONGO.
- III.-- DATOS HIDROMETRICOS, PLUVIOMETRICOS Y DE EVAPORACION.
- IV.-- DETERMINACION DEL GASTO CONSTANTE UTILIZABLE EN LA PRESA DE VILLA VICTORIA, CONSIDERANDO EVAPORACION Y LLUVIAS.
- V.-- CAPACIDAD DEL CANAL DERIVADOR DEL RIO SAN JOSE MALACATEPEC.
- VI.-- CAPACIDAD DE LA PRESA DE VALLE DE BRAVO.
- VII.-- GASTO MEDIO MAXIMO APROVECHABLE EN EL SISTEMA.

## I.- ANTECEDENTES.

Al Suroeste del Estado de México, en el Distrito de Valle de Bravo, existen los ríos Valle de Bravo y San José Malacatepec que al unirse en un punto denominado Valle de Tilostoc dan origen al Río Tilostoc, el cual es afluente del Río Cutzamala. La Compañía de Fuerza del Suroeste de México, S. A., inició desde el año de 1921 estudios hidrométricos, con el propósito de aprovechar la energía que pudiera generarse con el caudal de los ríos arriba nombrados, utilizando el desnivel existente entre un punto situado aguas abajo de la confluencia de los ríos Valle de Bravo y San José Malacatepec, y el valle de San Pedro Ixtapantongo, que fué el lugar elegido para la instalación de la Casa de Máquinas.

Por diversos motivos los estudios hidrométricos y de proyecto fueron abandonados por la Compañía de Fuerza del Suroeste, S. A., en el año de 1936.

En el mes de marzo del año de 1937, por iniciativa del Ejecutivo Federal fué creada la Comisión Federal de Electricidad, con la finalidad fundamental de incrementar la producción de energía eléctrica en la República, avocándose inmediatamente al estudio de los inúmeros problemas que implica la electrificación del país, descollando por su primordial importancia el de solucionar la demanda de energía eléctrica de la Ciudad de México, en vista de que las fuentes de energía en funcionamiento eran ya, en ese tiempo, notoriamente insuficientes para proveer una demanda cada vez más creciente del fluido eléctrico. Estudiadas detenidamente las

diversas posibilidades que presentaba la solución del anterior problema, se llegó a la conclusión que la más conveniente era, en tesis general, la que estudió la Cía. de Fuerza del Suroeste de México. Basada en lo anterior, la Comisión Federal de Electricidad continuó los estudios hidrométricos de los ríos mencionados, e inició los levantamientos topográficos de la región, dando como resultado el cambio de localización de las obras hidráulicas, que la Cía. del Suroeste había proyectado a lo largo de la margen derecha del Río Tilostoc, y que la C.F.E. proyectó definitivamente sobre la margen izquierda de dicho río. En el plano 39-C-320-2236 se muestra la localización de las cuencas de los ríos: Valle de Bravo, San José Malacatepec, Ixtapan del Oro y Verde. Al hacerse el cambio de localización de las obras, se proyectó construir en la boquilla de la cuenca del río Valle de Bravo una presa de almacenamiento para transformar el régimen variable de la corriente del río Valle de Bravo, en un régimen constante que proveyera los caudales de agua necesarios para satisfacer la demanda de las máquinas hidráulicas instaladas una vez terminado el proyecto. Como la cortina de Valle de Bravo que da situado aguas arriba de la confluencia de los ríos Valle de Bravo y Malacatepec, se impuso la construcción de un canal que derivara las aguas del Malacatepec, desde un punto denominado "El Caracol", situado a un nivel superior a la altura del máximo embalse, y de manera que permitiera conducir un gasto por determinar a la presa de Valle de Bravo. Por otra parte al realizarse el reconocimiento de la región, pudo comprobarse la posibili-



dad de regularizar parte del gasto del río Malacatepec por medio de la erección de una cortina en un punto llamado "El Caballote", Municipio de Villa Victoria, Edo. de México. En el plano 39-0-320-2236 se dibujaron anotadas con los números (1), (2) y (3) respectivamente, las cuencas correspondientes a la porción de la cuenca del río Malacatepec relativa al almacenamiento de Villa Victoria, a la parte de la cuenca en que el río Malacatepec continúa con su régimen ordinario, y la cuenca correspondiente al almacenamiento de Valle de Bravo.

El aprovechamiento hidroeléctrico se realizará en tres fases. En la primera se construirán las obras inherentes al aprovechamiento de una caída artificial de 323 m., existente entre una presa de Regularización con capacidad de 4 000 000 m<sup>3</sup>, denominada de Colorines y el Valle de Ixtapantongo donde se localizó la Casa de Máquinas. A su vez esta primera fase se subdivide en dos etapas; la primera que comprende la instalación y el funcionamiento de una primera unidad, que consiste en una turbina Francis de eje vertical, con una capacidad de 39 000 H.P.; siendo su gasto normal de 7.5 m<sup>3</sup>/s y su gasto máximo de 10.72 m<sup>3</sup>/s. En esta etapa se aprovechará el gasto sin regularizar del Río Valle de Bravo y el gasto del río Malacatepec, una parte del cual se regularizará mediante la presa de almacenamiento de Villa Victoria.

En la segunda etapa se instalarán en la misma Casa de Máquinas otras dos unidades de las mismas características de la primera, y que trabajarán con el caudal regularizado del río Va-

lle de Bravo por la presa de almacenamiento del mismo nombre, y cuya capacidad se determinará en este estudio, y el gasto aportado por el canal derivador del río San José Malacatepec al vaso de Valle de Bravo, proyectándose también desviar las aguas del río Verde Temascaltepec y del Ixtapan del Oro de sus respectivas cuencas, marcadas con los números (4) y (5) en el plano 39-C-320-2236, a la cuenca del río Valle de Bravo.

La segunda fase del aprovechamiento hidroeléctrico consiste en la construcción de las obras necesarias para utilizar el gasto regularizado por la presa de Valle de Bravo, en una caída de 122 metros existente entre dicha presa y un punto denominado El Durazno situado aguas arriba de la planta de Ixtapantongo y de una presa derivadora llamada de El Durazno, la cual enviará por medio de un canal, el caudal necesario para el funcionamiento de las tres unidades hidroeléctricas instaladas en la Casa de Máquinas de Ixtapantongo durante la primera fase del Proyecto.

La tercera y última fase comprende la construcción de las obras hidráulicas que implica el aprovechamiento de una caída de 252 metros, existente entre el Valle de Ixtapantongo y un lugar denominado Santa Bárbara, situado aguas abajo de la planta de Ixtapantongo.

Se anexa el plano 39-C-343-2406 en el cual aparece el perfil de los desarrollos hidroeléctricos en el río Tilostoc.

II.- DESCRIPCION GENERAL DE LAS OBRAS DEL -  
PROYECTO HIDROELECTRICO DE IXTAPANONGO.

Vaso de Valle de Bravo.

Como el régimen del sistema fluvial no permite obtener - en cualquier momento el gasto de 30 m<sup>3</sup>/s. necesario para el desarrollo total del Proyecto, fué indispensable crear un vaso almacenador en Valle de Bravo, tanto para regularizar el régimen del río del mismo nombre, como para almacenar las aguas procedentes de los Ríos Malacatepec, Ixtapan del Oro y Verde. Se anexa la curva de áreas y capacidades del vaso de almacenamiento, así como las tablas que dieron origen a dichas curvas.

El tipo de cortina elegido, fué el flexible. Estará formada por un corazón de tierra apisonada con taludes aguas arriba 1.2:1 y aguas abajo con 0.5:1; este núcleo impermeable estará protegido por dos cuñas formadas con el material menor obtenido de la excavación del vertedor de demasías; los taludes de estas cuñas serán: aguas arriba 2.25:1 y 1.75:1 aguas abajo. A su vez estas dos cuñas se protegerán con un espaldón aguas arriba formado de enrocamiento acomodado con talud 3:1, y aguas abajo otro espaldón semejante con talud 2:1. El ancho del coronamiento se proyectó de 8 mts. y servirá para que por él pase el camino Toluca-Colorines.

Se adjunta la tabla y la curva de elevaciones y volúmenes de la cortina.

Para dar salida a las crecientes que no puedan ser almacenadas, se construirá un vertedor en la margen izquierda, aprovechando un puerto natural a inmediaciones de la cortina, y con una

capacidad que se determinará en este estudio.

#### Río Malacatepec.

El río Malacatepec, se desviará a la presa de Valle de Bravo desde un punto llamado El Caracol, por medio de un canal de 6.0 Kilómetros de desarrollo. La capacidad conveniente de este canal también se fijará en el presente estudio.

#### Río Tilostoc.

Construido el vaso almacenador de Valle de Bravo, las aguas procedentes de la presa seguirán en la primera fase de queya se habló, por el cauce del río Tilostoc, haciendo un recorrido de 6.5 kilómetros hasta el lugar llamado El Durazno, donde se construyó una presa derivadora de concreto con capacidad para enviar un gasto de 30 m<sup>3</sup>/s. hacia el resto del Proyecto.

#### Presa de El Durazno.

Esta presa está formada por una cortina vertedora de sección de gravedad, de 20 metros de longitud de cresta, hecha de mampostería de cemento. La cresta del vertedor queda a 11 metros sobre el lecho del río, teniendo en su extremo izquierdo, viendo hacia aguas abajo, la estructura de concreto en la que se instalaron dos compuertas radiales gemelas que cubren dos claros de 4 metros de largo por 2.50 metros de altura y que constituyen los orificios de la Obra de Toma, y una compuerta también del tipo radial de 3.5 mts. x 3.5 mts. que sirve para obturar el orificio desarenador de la bocatoma.

En la margen derecha se construyó un túnel perforando la roca basáltica, con el fin de dar paso a las aguas del río du-

rante el tiempo de la construcción. La sección del túnel es circular con un diámetro de 2.3 mts. y una longitud total de 92 mts. El túnel no se taponó, con objeto de que en caso de presentarse una creciente extraordinaria, pueda utilizarse el túnel de desviación además de la capacidad vertedora de la cortina. En el portal de entrada se construyó una torre de concreto reforzado de 14 metros de altura para el manejo de las compuertas de control.

### Canal de Conducción.

De la presa derivadora parte un canal con una capacidad de 30 m<sup>3</sup>/s. Dadas las peculiaridades topográficas y las clases de terreno por donde cruza, se hizo necesario proporcionar el canal con diversas secciones, y de esta manera lo podemos clasificar en cinco tramos:

1er. Tramo: Sección en cajón: Está excavado totalmente en roca, con una sección rectangular de base igual a 3.60 metros para un tirante de 2.75 mts. Su longitud es de 300 metros. En este tramo se construyó un vertedor lateral con el fin de limitar el tirante del agua durante las grandes crecientes.

Al final de este tramo se construyó una transición para que las aguas entraran en un túnel que fué necesario construir en vista de la excesiva pendiente transversal del terreno.

2o. Tramo: Sección en túnel: El túnel es de forma de herradura con un diámetro medio de 3.60 metros y una longitud de 340 metros. El túnel fué totalmente revestido de mampostería con mortero de cemento, ya que la roca que constituía las paredes del túnel presentaba numerosas fracturas que originarían cuantiosas -

filtraciones.

3er. Tramo: Sección en Balcón: A la salida del túnel el canal continúa con sección trapezoidal en una longitud de 650 metros, por la margen izquierda del río Tilostoc, en un terreno cuya pendiente transversal hizo necesaria la construcción del canal en Balcón, teniendo un ancho de plantilla de 3.64 metros y un tirante de 2.75 metros. El muro que forma la pared derecha del canal, tiene una sección de gravedad, y está hecho de mampostería de piedra con mortero de cemento. Las numerosas filtraciones que fueron observadas una vez que se probó el canal, obligaron a revestir la plantilla y la pared izquierda formada por roca basáltica.

4o.- Tramo: Canal en Cajón: A partir del término del canal en balcón, la pendiente transversal no exige la construcción en balcón, por lo que la excavación es en cajón. La sección es rectangular de 3.60 metros de plantilla y un tirante de 2.75 metros. El canal está totalmente revestido de mampostería, siendo la longitud de este tramo de 1 270 mts.

5o. Tramo: Canal en Tierra: A partir del K 2 + 620, el canal ha sido excavado en tierra con sección trapezoidal de 7.5 mts. en la base con taludes de 5 x 1 y para un tirante de agua de 2.95 mts. La longitud en este último tramo es de 760 metros, descargando en el vaso de Colorines. Para evitar la erosión del terreno a la entrada del almacenamiento, hubo necesidad de construir una rápida que sirviera de transición para pasar el caudal de agua del nivel del canal al nivel de aguas mínimo en el

embalse.

### Vaso de Colorines.

Al término del canal, se encuentra el vaso regulador — de este nombre, con una capacidad de 4 000 000 de m<sup>3</sup>. Este vaso tiene como finalidad regularizar las extracciones del agua necesarias para el funcionamiento de la Planta Hidroeléctrica de Ixtapantongo. Con este almacenamiento puede lograrse un funcionamiento continuo de la planta durante 100 horas, en el supuesto que — el canal del Durazno no funcionara.

### Cortina de Colorines:

La Cortina de Colorines es del tipo de enrocamiento — sueldo, con taludes de 1.4 x 1 en el paramento de aguas arriba y — de 1.3 x 1 en el de aguas abajo. El paramento mojado está constituido por una pantalla de concreto reforzado que se continúa hacia dentro del terreno por medio de un dentellón vertical de 0.8 metros de espesor medio con profundidad variable entre 6 y 16 metros. La altura de la cortina es de 29 metros, y la corona tiene un ancho de 6 m.

Para dar salida a las aguas por otro lugar que no sea — el túnel alimentador, se perforó un túnel en la margen derecha de la presa, con capacidad para dar salida a un gasto de 53 m<sup>3</sup>/s. La longitud de este túnel es de 57 metros y su diámetro interiores de 2.20 metros.

### Tajo de Colorines.

La extracción del agua del Vaso de Colorines se hará — por medio de un tajo excavado en la margen izquierda de la boqui-

lla de Colorines. El tajo es de sección trapezoidal con un ancho en la base de 4.50 mts. y con taludes de  $1/4 \times 1$  y profundidad de 10 mts. La plantilla del tajo se encuentra a 10 metros sobre el lecho del arroyo de Colorines, quedando esta diferencia de nivel disponible para los azolves. El tajo está totalmente revestido de concreto para impedir las filtraciones.

### Túnel a Presión.

En seguida de la obra descrita, se perforó un túnel en la montaña, a la entrada del cual se construyó la obra de control. El túnel es de sección circular, con un diámetro interior de 3.20 metros, y conducirá a presión el agua del Vaso de Colorines a las tuberías de acero que alimentarán las turbinas. El terreno cruzado por dicho túnel en su mayor parte es de andesita, roca fija, cuya estructura garantiza plenamente la estabilidad de la obra. A pesar de esto, el túnel se revistió con un anillo de concreto reforzado, cuyo refuerzo varía en espesor y espaciamiento de acuerdo con la naturaleza del terreno; la presión en el interior del túnel y el espesor del terreno arriba de él.

Para la construcción del túnel se utilizó un crucero de 70 metros de longitud, a 250 metros del portal de entrada, de manera que pudo atacarse la excavación en tres frentes simultáneamente.

### Pozo de Oscilación.

A 190 mts. antes del portal de salida del túnel a presión, se ha construido un pozo de oscilación de forma tronco-cónica de 37 mts. de profundidad con un diámetro máximo en el extremo



superior de 20 metros y de 4,40 metros en el extremo inferior, o sea en su unión con el túnel. El pozo se revistió totalmente de concreto reforzado.

Este pozo permite durante el funcionamiento de la Planta en su etapa final, una oscilación total del nivel del agua de 23 mts., considerando que instantáneamente varían las demandas de agua en la planta de 0 a 30 m<sup>3</sup>. por segundo para diversas elevaciones del agua en el Vaso regulador de Colorines.

### Tuberías de Acero:

Del extremo inferior del túnel a presión parte directamente un tubo de acero de tres metros de diámetro interior, al extremo del cual se trifurca para alimentar individualmente a cada una de las tres turbinas.

La conexión del túnel con el tubo fué hecha por medio de un bloque de concreto reforzado.

Para la instalación de la tubería fué necesario excavar una rampa de 1000 mts. de largo con un ~~pendiente~~ en la plantilla de 6 mts. en el tramo correspondiente al tubo de 3 mts. de diámetro, y de 12 metros de plantilla en el tramo en que irán alojados los tres tubos, cuyos diámetros varían entre 1,80 mts. y 1,50 mts.

Para hacer la excavación tan corta como fuera posible de acuerdo con la topografía del terreno y las pendientes transversales, fué necesario hacer 9 inflexiones verticales o codos en los que serán construídos unos blocks de concreto para anclar la tubería la que estará apoyada en silletas de deslizamiento construídas también de concreto entre dichos machones y bloques.

de anclaje.

Abajo de cada machón de anclaje, cada tubo irá provisto de una junta expansión que absorberá los cambios de longitud de cada tubo debidos a las variaciones de temperatura.

Inmediatamente después de la trifurcación del tubo de 3 mts. de diámetro, se instalarán tres válvulas de ventilación cuyo objeto es el de proteger a cada tubo contra posibles aplastamientos cuando un incremento rápido en la demanda de las turbinas pudiera crear un vacío de dichos tubos.

Antes de esas válvulas de aire serán instaladas tres — válvulas de mariposa que en caso necesario, ya sea por una rotura en uno de los tubos o por cualquier reparación que sea preciso llevar a cabo olturarán el paso del agua en los tubos.

En seguida de las válvulas de aire será instalado en cada tubo un medidor Venturi que tendrá por objeto registrar desde la casa de máquinas el gasto individual de cada tubería.

Tanto las válvulas de ventilación, como las de mariposa quedarán protegidas por medio de una caseta a la que se tendrá acceso por un camino que partiendo del Campamento de Colorines, situado en la margen derecha del Vaso del mismo nombre, irá a lo largo de la rampa de la tubería de presión hasta la casa de máquinas.

### Malacate.

Para facilitar la instalación de la tubería y conducir hasta la casa de máquinas el equipo de la misma, así como para tener fácil acceso a los diversos machones de anclaje, juntas de ex

pansión y a la misma planta, se instaló paralelamente a los tubos a presión y en la misma rampa un malacate capaz de transportar hasta 30 toneladas, debiendo entrar el carro en la parte inferior de la rampa a un espacio situado al frente de la casa de máquinas a donde deberán descargarse las turbinas y otros materiales destinados ya sea a la casa de máquinas o a la subestación intemperio, los que podrán ser descargados por la grúa de la casa de máquinas.

#### Casa de Máquinas.

En la margen izquierda del río Tilostoc aguas abajo del 2o. Salto de Ixtapantongo y al pie de unos cantiles que tienen aproximadamente 200 mts. de altura, fué construída la casa de máquinas en la que se instalarán tres unidades formadas por una turbina de 39 000 caballos acoplada a un generador de 31 000 KVA con todos los equipos e instalaciones adicionales necesarias en una planta hidroeléctrica de esta capacidad, como son reguladores, equipos para aire comprimido, bombas y depósitos de aceite, etc.

Las turbinas serán de eje vertical del tipo de reacción, cuyo tubo de descarga estará aproximadamente a 8 mts. abajo del nivel normal del agua en el río Tilostoc al que serán conducidas las aguas, procedentes del desfogue de las turbinas por medio de un canal de sección trapezoidal con un ancho en la plantilla de 16 mts., taludes de  $1\frac{1}{2}$  x 1 para un tirante de agua de 3.0 mts.

#### Línea de Transmisión.

La línea de transmisión, sale de Ixtapantongo, y sigue -

paralelamente a la tubería de presión hasta el Campamento de Colorines, de donde se desvía hacia la margen derecha del río Valle de Bravo en las inmediaciones de la cortina del mismo nombre y de ahí siguiendo siempre hacia el Oriente pasando por Amanalco de Becerra y Zinacantepec llegará a unos 500 mts. al Sur de la Ciudad de Toluca de donde sigue hacia Lerna, el Puerto de las Cruces, La Venta, haciendo en ese lugar una inflexión para continuar hasta El Olivar a inmediaciones de la población de Tizapán, D. F. La longitud de la línea de transmisión es de 118 Km.

#### Obras Auxiliares.

Para la realización del Proyecto de Ixtapantongo fué necesario emprender la construcción de diversas obras auxiliares entre las que pueden citarse caninos con longitud total cercana a 200 Kms., campamentos de construcción, puentes, alcantarillas, etc.

En la margen derecha del arroyo de Colorines, se construyó el Campamento del mismo nombre en el que están las Oficinas de esta Comisión compuestas de: Superintendencia, Residencia, Administración, Pagaduría, Laboratorios, Almacenes, Hospital, Comedor Casas para Empleados, Escuela y Casas para Obreros.

Para facilitar las construcciones de concreto fué necesario instalar plantas quebradoras y clasificadoras de piedra y para la perforación de los túneles, compresoras de aire, sistemas de ventilación y abastecimiento de agua.

Con el objeto de contar con la energía necesaria durante la construcción del Proyecto, haciendo uso de un túnel y boca-

toma que construyó la Cía. de Fuerza del Suroeste, S. A., se instaló una Planta Hidroeléctrica provisional en la margen derecha del Río Tilostoc, aguas abajo del ler. Salto de Ixtapantongo con capacidad de 250 KW. La energía de dicha planta se reparte a lo largo de las obras en ejecución por medio de una línea de transmisión -- sobre postes de madera que abastece igualmente al Campamento de Colorines.

### III.- DATOS HIDROMÉTRICOS, PLUVIOMÉTRICOS Y DE EVAPORACION.

#### A.- Datos Hidrométricos.

##### Río San José Malacatepec.

Como ya expresé en la parte I, se cuenta con datos hidrométricos completos de los ríos Valle de Bravo, San José Malacatepec y Tilostec, obtenidos por la Compañía de Fuerza del Sur-oeste de México, S. A., en el período comprendido del mes de Julio de 1921 al mes de diciembre de 1936.

El sistema del río Tilostec queda dividido, como en seña el plano anexo 39.-C-320-2236, en las siguientes cuencas hidrográficas:

Cuenca # 1: Del río San José Malacatepec o Salitre correspondiente al Vaso de Villa Victoria, con una área de 725.20 Km<sup>2</sup>.

Cuenca # 2: Del río San José Malacatepec, aguas abajo de la cortina de la presa de Villa Victoria, hasta el lugar denominado El Caracol, donde se construirá una presa derivadora que permita enviar por un canal el gasto conveniente a la presa de Valle de Bravo. La cuenca tiene una área de 353.76 Km<sup>2</sup>.

Cuenca # 3: Del río Valle de Bravo, correspondiente al Vaso del mismo nombre.

Como se carecían de datos hidrométricos del río de San José Malacatepec relativos al sitio en que se construye la Presa de Villa Victoria, se hizo la suposición de que los escurremientos en las cuencas 1 y 2, eran proporcionales al área de

las cuencas.

Si designamos:

$a_1$  = Area de la Cuenca # 1

$a_2$  = Area de la Cuenca # 2

$v_1$  = Volumen escurrido en la boquilla de Villa Victoria, correspondiente a la Cuenca # 1.

$V$  = Volumen escurrido en las Cuencas # 1. y 2.

$v_2$  = Volumen escurrido en la Cuenca # 2, correspondiente al volumen escurrido en toda la cuenca del Malacatepec descontando el volumen  $v_1$ .

Tendremos:

$$V = v_1 + v_2$$

Por la suposición hecha:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{v_1}{v_2} \text{ y } \frac{a_1 + a_2}{a_2} = \frac{v_1 + v_2}{v_2}$$

$$\text{°°} \text{ si } a_1 + a_2 = A, \quad \frac{A}{a_2} = \frac{V}{v_2}$$

$$v_2 = \frac{a_2}{A} V = \frac{353.76}{1078.96} V$$

$$\text{°°} \quad \underline{v_2 = 0.32787 V}$$

Por otra parte:

$$v_1 = \frac{a_1}{a_2} v_2 = \frac{a_1}{a_2} - \frac{a_1^2}{A} V$$

de donde:

$$v_1 = \frac{a_1}{A} V = \frac{725.90}{1078.96} V$$

$$\text{°°} \quad \underline{v_1 = 0.67213 V}$$

De manera que los escurrimientos en la cuenca # 1 -- los obtendremos multiplicando los escurrimientos conocidos del Malacatepec, por el factor 0.67213, y los de la cuenca # 2 por el factor 0.32787.

En el cuadro siguiente aparecen los volúmenes mensuales escurridos en el río San José Malacatepec y en la cuenca número 1.

VOLUMENES MENSUALES ESCURRIDOS EN EL RÍO MALACATEPEC Y EN LA CUENCA # 1 EN MILES DE METROS CUBICOS.

TABLA # 1

AÑO	M E S	Río Malacatepec -- Cuenca # 1	
		Volúmenes en miles de m <sup>3</sup> .	Volúmenes en miles de m <sup>3</sup> .
1921	J	18654	12538
	A	19283	12967
	S	32867	22091
	O	20088	13502
	N	10644	7154
	D	7595	5105
1922	E	4156	2793
	F	722	1830
	M	1633	1098
	A	2048	1377
	M	4873	3275
	J	16848	11324
	J	21280	14303
	A	27959	18792
	S	45697	30714
	O	36197	24269
	N	14412	9687
	D	8744	5877
1923	E	5435	3653
	F	4588	3084
	M	3024	2033
	A	2860	1922
	M	4977	3345
	J	13141	8632
	J	20088	13502
	A	43701	29373
	S	34776	23374
	O	33437	22473
	N	13522	9089
	D	6528	5732



VOLUMENES MENSUALES ESCURRIDOS EN EL RIO MALA  
CATEPEC Y EN LA CUENCA # 1 EN MILES DE METROS  
CUBICOS.

TABLA # 1

AÑO	M E S	Río Mala .. catepec. Volúmenes -- en miles m <sup>3</sup>	Cuenca # 1 Volúmenes en miles de -- m <sup>3</sup> .
1924	E	6428	4320
	F	4493	3020
	M	4018	2701
	A	5115	3438
	M	5331	3583
	J	12424	8351
	J	34249	23020
	A	39865	26794
	S	66925	44982
	O	31476	21155
	N	9755	6557
	D	7050	4739
1925	E	4812	3834
	F	4717	3170
	M	4795	3223
	A	5426	3647
	M	5616	3775
	J	16744	11254
	J	27043	18176
	A	28814	19367
	S	39528	26568
	O	35251	23693
	N	31916	21452
	1926	E	24051
F		8364	5622
M		7327	4925
A		7465	5017
M		7033	4727
J		18818	12648
J		48833	32822
A		67332	45256
S		112030	73954
O		49801	33473
N		24088	16190
D		15474	10401

VOLUMENES MENSUALES ESCURRIDOS EN EL RIO MALA  
 CATEPEC Y EN LA CUENCA # 1 EN MILES DE METROS  
 CUBICOS.

Tabla # 1

AÑO	M E S	Río Mala .. ' catepec. Volúmenes - en miles m <sup>3</sup>	Cuenca # 1 .. Volúmenes en miles de - m <sup>3</sup> .
1930	E	6939	4664
	F	5209	3501
	M	6279	4220
	A	5264	3538
	M	6038	4058
	J	15154	10185
	J	27113	18223
	A	31252	21005
	S	25885	17398
	O	18558	12473
	N	13541	9101
	D	7768	5221
1931	E	6490	4362
	F	4605	3096
	M	4244	2853
	A	5254	3531
	M	5458	3658
	J	20969	14094
	J	40391	27148
	A	78578	52815
	S	68660	46148
	O	27846	18716
	N	14065	9454
	D	9985	6711
1932	E	7049	4738
	F	5085	3418
	M	6186	4158
	A	4933	3316
	M	5246	3526
	J	6879	4624
	J	17419	11708
	A	20606	13850
	S	37384	25127
	O	16287	10947
	N	8384	5635
	D	5667	3809

VOLUMENES MENSUALES ESCURRIDOS EN EL RIO MALA  
CATEPEC Y EN LA CUENCA # 1 EN MILES DE METROS  
CUBICOS.

Tabla # 1

AÑO	MES	Río Mala -- catepec, Volúmenes -- en miles de m <sup>3</sup>	Cuenca # 1 Volúmenes en -- Miles de -- m <sup>3</sup>
1933	E	2753	1850
	F	2410	1620
	M	1749	1176
	A	2953	1965
	M	2069	1391
	J	5132	3449
	J	10733	7214
	A	28434	19111
	S	34385	23111
	O	29039	19518
	N	11083	7449
	D	7047	4737
1934	E	6257	4206
	F	3992	2683
	M	3527	2371
	A	4097	2754
	M	6605	4439
	J	8086	5435
	J	18214	12242
	A	28141	18914
	S	45808	30789
	O	30825	20718
	N	11560	7770
	D	7579	5034
1935	E	5626	3781
	F	8805	5918
	M	5480	3683
	A	3828	2573
	M	5574	3746
	J	33133	22270
	J	58535	39343
	A	79728	53588
	S	101087	67944
	O	41116	27635
	N	17305	11631
	D	10750	7225

VOLUMENES MENSUALES ESCURRIDOS EN EL RIO MALA  
CATEPEC Y EN LA CUENCA # 1 EN MILES DE METROS  
CUBICOS

Tabla # 1

AÑO	M E S	Río Mala - catepec. Vo- lúmenes en- miles de m <sup>3</sup>	Cuenca # 1 Volúmenes en- miles de - m <sup>3</sup> .
1936	E	9154	6153
	F	7216	4850
	M	6127	4118
	A	5884	3955
	M	6030	4053
	J	8086	5435
	J	25927	17426
	A	33792	22713
	S	30401	20433
	O	33547	22548
	N	20374	13694
	D	11182	7516
Volúmenes - Totales en- miles de m <sup>3</sup> .		3551289	2386928

No. de días transcurridos = 5 663

No. de segundos transcurridos = 5663 x 86400 =  
= 489 283 200

Gasto medio en el período =  $\frac{2386928000}{489283200}$  m<sup>3</sup>/s.

Gasto medio = 4.88 m<sup>3</sup>/s.

Conociendo los escurrimientos habidos en la cuenca (1) y el gasto medio correspondiente, se procedió a formular la tabla para construir el Diagrama Diferencial de Masas, tomando como gasto base el gasto medio de la corriente. Se anexa el plano No. 39-C-501-3491, en el cual se representó el Diagrama Diferencial de Masas. La escala de volúmenes está dada en millones de metros cúbicos, y en las abscisas están representadas

los tiempos.

Río Valle de Bravo.

Con datos tomados de la Carpeta de Aforos de la Cía. de Fuerza del Suroeste de México, fué formulado el cuadro siguiente que muestra los volúmenes mensuales escurridos en el río Valle de Bravo.

VOLUMENES MENSUALES ESCURRIDOS EN EL RIO VALLE DE BRAVO.

AÑO 'MESES' RIO VALLE DE BRAVO  
Volúmenes en miles  
m<sup>3</sup>.

1921	J	28115
	A	38258
	S	41740
	O	35899
	N	24157
	D	17556

RIO VALLE DE BRA  
AÑO 'MESES' VO. Volúmenes --  
en miles m<sup>3</sup>.

1922	E	13660
	F	11007
	M	11759
	A	10921
	M	10973
	J	14152
	J	18317
	A	27337
	S	48254
	O	29186
	N	29436
	D	24650

RIO VALLE DE BRA  
AÑO 'MESES' VO. Volúmenes --  
en miles m<sup>3</sup>.

1923	E	18688
	F	14429
	M	13945
	A	12079
	M	13470
	J	20460
	J	30707
	A	33497
	S	35934
	O	38068
	N	23981
	D	22801

VOLUMENES MENSUALES ESCURRIDOS  
EN EL RIO VALLE DE BRAVO.

RIO VALLE DE BRA-  
A N O 'MESES' VO. Volúmenes en  
miles m<sup>3</sup>.

RIO VALLE DE -  
A N O 'MESES' BRAVO. Volúme-  
nes en milles m<sup>3</sup>

1924 E 15682  
F 12372  
M 11007  
A 9945  
M 11647  
J 18878  
J 30888  
A 36720  
S 59426  
O 40280  
N 24814  
D 19578

1927 E 19355  
F 15984  
M 14195  
A 12632  
M 14869  
J 17436  
J 26862  
A 33920  
S 53206  
O 45714  
N 28253  
D 21798

1925 E 16399  
F 12070  
M 11915  
A 10359  
M 11776  
J 21401  
J 26119  
A 32841  
S 60601  
O 53715  
N 41939  
D 40159

1928 E 18661  
F 13212  
M 12306  
A 10776  
M 13849  
J 14611  
J 19431  
A 25500  
B 33739  
O 36295  
N 28184  
D 20585

1926 E 30378  
F 17436  
M 15906  
A 13141  
M 15759  
J 21496  
J 35234  
A 42621  
S 68187  
O 51581  
N 35165  
D 26741

1929 E 15472  
F 11334  
M 10837  
A 9339  
M 11717  
J 13272  
J 21330  
A 27907  
S 31494  
O 22948  
N 17883  
D 15301

VOLUMENES MENSUALES ESCURRIDOS  
EN EL RIO VALLE DE BRAVO.

RIO VALLE DE BRAVO.			RIO VALLE DE BRAVO.		
AÑO	MESES	Volúmenes en miles m <sup>3</sup> .	AÑO	MESES	Volúmenes en miles m <sup>3</sup> .
1930	E	12107	1933	E	15109
	F	9435		F	11947
	M	8924		M	11462
	A	7634		A	9367
	M	10556		M	9931
	J	17270		J	11525
	J	26954		J	17801
	A	29341		A	25844
	S	28504		S	33887
	O	30819		O	35043
	N	23329		N	20427
	D	17778		D	15503
1931	E	14904	1934	E	12530
	F	11171		F	8984
	M	10089		M	8682
	A	8432		A	7725
	M	10605		M	9296
	J	18480		J	13684
	J	28788		J	17962
	A	43485		A	29436
	S	46317		S	43175
	O	34724		O	34995
	N	25626		N	23654
	D	20071		D	18332
1932	E	15679	1935	E	13979
	F	11836		F	12328
	M	11518		M	10713
	A	9235		A	8794
	M	9959		M	9959
	J	10803		J	21569
	J	19888		J	29289
	A	22991		A	38931
	S	31923		S	50095
	O	32347		O	37808
	N	21887		N	27172
	D	17818		D	21360

VOLUMENES MENSUALES ESCURRIDOS  
EN EL RIO VALLE DE BRAVO.

RIO VALLE DE BRAVO		
AÑO	MESES	Volúmenes en miles de m <sup>3</sup> .
1936	E	15812
	F	12163
	M	11051
	A	9764
	M	11157
	J	12770
	J	25135
	A	27873
	S	34213
	O	42034
	N	29248
	D	24331

B).-- Datos pluviométricos.

1.- Presa de Villa Victoria.

Los datos de precipitación para el Vaso de Villa Victoria para el período 1921-1936, fueron obtenidos de la Dirección de Geografía, Meteorología e Hidrología. Los datos faltantes fueron deducidos de acuerdo con el Sistema Deductivo Racional de las lluvias y evaporaciones, expuesto en la revista Ingeniería en el número correspondiente a los meses de febrero y marzo de 1936, por el Ing. Manuel Mendiola, en el estudio hidrológico relativo al Proyecto para regularizar la corriente del río Lerma en El Salto, Distrito de Contepec, Michoacán. A continuación se presentan los datos de precipitaciones medias mensuales para el lapso de tiempo considerado.



PRECIPITACIONES EN MM.

VASO DE VILLA VICTORIA

Período 1921 - 1936.

Tabla # 3.-

MES	Precipitaciones en mm.
E	24.4
F	9.3
M	10.2
A	13.0
M	109.7
J	129.8
J	211.7
A	190.5
S	172.6
O	73.5
N	48.9
D	15.4
Total	1009.0

2.- Fresa de Valle de Bravo.

Al examinar la tarjeta de precipitaciones de la población de Valle de Bravo que está situada a unos cuantos metros de distancia de la zona que inundará el embalse, se encontró que existían observaciones completas durante 3 años, e incompletas durante otros cuatro del período, para el cual se tienen datos hidrométricos.

Para completar los datos faltantes, se aplicó el Sistema Deductivo Racional citado más arriba, con el fin de obtener la ley de variaciones de las precipitaciones anuales y mensuales en el período 1921-1936, y para lograrlo se eligieron otras 10 estaciones pluviométricas rodeando la cuenca, y se clasificaron en 4 grupos.

1er. Grupo.- Estaciones Copándoro, Zitácuaro, Zitácuaro y Sultepec, con datos completos en 7, 14 y 9 años respectivamente.

2o. Grupo.- Estaciones de El Oro y Toluca, (México), Maravatío, Morelia y Ciudad Hidalgo, con un número de años suficientes para obtener la ley de variación mensual y completar los datos faltantes en ellas.

3er. Grupo.- Estaciones de Ixtlahuaca y Almoloya de Juárez.

4o. Grupo.- Estación de Valle de Bravo.

Para obtener la ley de variación mensual de la lluvia de cada una de las estaciones durante el período, es necesario deducir las precipitaciones faltantes por el sistema ya aludido y que consiste en determinar las precipitaciones mensuales desconocidas de cada año del período, en función de las precipitaciones conocidas del año al que pertenece la precipitación buscada, y del porcentaje medio correspondiente, que se obtiene promediando la suma de los porcentajes relativos a los años de observaciones completas. La ley de variación mensual se determina tomando el promedio de la suma de los porcentajes conocidos y los deducidos.

Este procedimiento consiste en lo siguiente:

		1935	
ME.	Precipitación		
SES'	en mm.	'	%
En.	$p_1$		$K_{x1}$
Feb.	$p_2$		$K_{x2}$
Mar.	$p_3$		$K_{x3}$
Abr.	$p_4$		$K_{x4}$

X = suma de las precipitaciones desconocidas.

$$P_m = \text{precipitación media} = \frac{P + X}{12}$$

$$K_{x1} = \frac{P_1}{P_m} \times 100 ; \quad K_{x2} = \frac{P_2}{P_m} \times 100 ; \text{ etc.}$$

es decir:

$$\frac{P_1}{K_{x1}} = \frac{P_2}{K_{x2}} = \dots = \frac{P_{x12}}{K_{12}} = \frac{P_m}{100}$$

entonces:

$$\frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6}{K_{x1} + K_{x2} + K_{x3} + K_{x4} + K_{x5} + K_{x6}} =$$

$$\frac{P_{x7} + P_{x8} + P_{x9} + \dots + P_{x12}}{K_7 + K_8 + K_9 + \dots + K_{12}}$$

$$\therefore \frac{P}{1200 - S} = \frac{X}{S}$$

despejando a X :

$$X = \frac{PS}{1200 - S}$$

Esta fórmula da la precipitación total desconocida.

Las precipitaciones desconocidas se calculan de la manera siguiente:

Tenemos que:

$$\frac{P}{1200 - S} = \frac{P_{x7}}{K_7} \dots = \frac{P_{x12}}{K_{12}} = \frac{P_m}{100}$$

$$\therefore P_{x7} = \frac{K_7 P}{1200 - S} = \text{precipitación buscada.}$$

Como la relación  $\frac{-P}{1200 - S}$  es constante para cada año, -

la hacemos igual a M y tendremos:

$$P_x = KM$$

Calculadas las precipitaciones desconocidas, los porcentos se determinan en la misma forma:

$$M = \frac{P_1}{K_{x1}} = \dots = \frac{P_6}{K_{x6}} = \frac{P_m}{100}$$

$$\dots \quad K_{x1} = \frac{P_1}{M} \text{ y en general}$$

$$K_x = \frac{P}{M} = \frac{\text{precipitación conocida}}{M}$$

Conocidas las precipitaciones mensuales de cada estación se procede a determinar las precipitaciones anuales desconocidas usando el mismo método aplicado a las mensuales.

Las tablas que muestran la secuela de los cálculos no se adjuntan debido a que aumentarían ociosamente el volumen de la Tesis, anexándose únicamente la tabla de precipitaciones medias mensuales en el período.

PRECIPITACIONES EN MM.

VASO DE VALLE DE BRAVO

Período 1922 - 1936

Tabla # 4

MES	Precipitaciones en mm.
E	21.7
F	5.0
M	14.5
A	7.9
M	71.8
J	383.4
J	456.4
A	431.5
S	327.8
O	166.3
N	54.3
D	77.9
<b>Total</b>	<b>2018.5</b>

0).-- Datos de evaporación.

1.-- Presa de Villa Victoria.

Como se carecían de datos de evaporación en la población de Villa Victoria y en otros lugares cercanos al Vaso, se decidió adoptar los datos de evaporación registrados en Toluca que era la estación más cercana y cuyas condiciones climatológicas se acercaban más a las del almacenamiento en estudio.

EVAPORACION EN MM.

VASO DE VILLA VICTORIA

Período 1922-1936.

Tabla # 5

MES	Evaporaciones en mm.
E	169.9
F	187.6
M	256.0
A	255.8
M	231.3
J	174.2
J	155.0
A	162.1
S	133.7
O	159.6
N	156.5
D	160.0
Total	2201.7

2.-- Presa de Valle de Bravo.

Al igual que para el Vaso de Villa Victoria, como no se contaba con datos, se tomó la evaporación en Morelia para aplicársela a la presa de Valle de Bravo, considerando que de las estaciones estudiadas era ésta donde las condiciones climatológicas se acercaban más a las del vaso en estudio.

EVAPORACION EN MM.

VASO DE VALLE DE BRAVO

Período 1922-1936

Tabla # 6

MES	Evaporaciones en mm.
E	190.0
F	217.9
M	314.7
A	324.8
M	325.4
J	235.1
J	198.5
A	191.0
S	158.1
O	177.1
N	161.0
D	161.1
Total	2654.7

IV.- DETERMINACION DEL GASTO CONSTANTE UTILIZABLE EN LA PRESA DE VILLA VICTORIA, CONSIDERANDO EVAPORACION Y LLUVIAS.

Habiendo encontrado que el gasto medio de la cuenca # 1 correspondiente al Vaso de Villa Victoria es de 4.68 m<sup>3</sup>/s. sin considerar pérdidas por evaporación, para determinar el gasto medio de extracción teniendo en cuenta la evaporación, fué indispensable hacer varios tanteos.

Los tanteos se hicieron sujetándose a las condiciones siguientes:

- 1.- El almacenamiento útil sería de 200 millones de m<sup>3</sup>.
- 2.- No debería presentarse ningún déficit.

La primera condición fué fijada por el hecho de haberse elegido la capacidad del almacenamiento con antelación, entre otras razones, porque con esa capacidad se regularizaban casi totalmente los aportes de agua de la cuenca # 1, ya que el plano 39-G-501-3491 del Diagrama Diferencial de Masas se puede comprobar que a un almacenamiento de 227 millones de m<sup>3</sup> corresponde un gasto medio de extracción de 4.68 m<sup>3</sup>/s., y además porque el nivel de máximo embalse quedaba limitado por la carretera Nacional México-Morelia.

Como el gasto medio utilizable sin considerar evaporación, relativo a una capacidad de 200 millones de m<sup>3</sup>, es de 4.75 m<sup>3</sup>/s., se supuso que al intervenir la influencia de la evaporación se reduciría a 4.00 m<sup>3</sup>/s., y con este valor se hizo el primer tanteo. Como se presentaron déficits, fué necesario dis

minuir el valor del gasto medio hasta aceptar, después de otro tanteo, el valor de 3.85 m<sup>3</sup>/s.

Los cálculos definitivos están consignados en la tabla # 7, correspondiente al análisis numérico del vaso, del cual únicamente se acompaña la hoja correspondiente a los años de 1921 y 1922, con el objeto de ilustrar acerca del procedimiento seguido.

Columna # 1.- Almacenamiento inicial.

Columna # 2.- Escurrimientos en el Río Malacatepec correspondientes a la Cuenca # 1.--(Tabla #1)

Columna # 3.- Suma de las columnas 1 y 2.

Columna # 4.- Extracciones al Vaso, correspondientes a un gasto constante de extracción igual a 3.85 m<sup>3</sup>/s.

Columna # 5.- Columna # 3 menos Columna # 4.

Columna # 6.- Promedio de las columnas 1 y 5.

Columna # 7.- Area inundada correspondiente a la columna # 6.

Columna # 8.- Alturas de evaporación en milímetros, relativas al Vaso de Villa Victoria (Tabla # 5).

Columna # 9.- Alturas de precipitación en milímetros (Tabla # 3).

Columna #10.- Suma algebraica de la columna 8 y la 9.

Columna #11.- Producto de la columna # 7 por la # 10.

Columna #12.- Columna # 3 -- (Columna # 4 + columna # 11 + 200 millones de m<sup>3</sup>).



# COMISION FEDERAL DE ELEC

Estudio del Vaso de VILLA VICERO LA con extracción de 3.65 m<sup>3</sup>/

Año	Mes	Almacén	Entradas	Almacén	Salidas	Almacén	Almacén	Ar
		inicial		total (1+2)	$Q = 3.65 \text{ m}^3/\text{seg}$	final	medio	
		miles de m <sup>3</sup>	miles de m <sup>3</sup>	miles de m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	miles de m <sup>3</sup>	miles de m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
		1	2	3	4	5	6	
2001	ENE.							
	FEB.							
	MAR.							
	ABR.							
	MAY.							
	JUN.							
	JUL.	120 000	12 538	132 538	10 312	122 226	121 113	
	AGO.	123 524	12 957	136 481	10 312	126 169	124 857	
	SEP.	126 652	22 091	148 743	9 979	138 764	132 908	
	OCT.	130 959	13 592	154 551	10 312	144 239	141 504	
	NOV.	140 546	7 154	147 700	9 979	137 721	139 534	
	DIC.	135 453	5 105	140 558	10 312	130 246	132 650	
2002	ENE.	126 815	2 793	129 608	10 312	119 296	123 096	
	FEB.	115 949	1 070	117 019	9 314	108 465	112 207	
	MAR.	104 522	1 098	105 620	10 312	95 308	99 635	
	ABR.	90 191	1 377	91 568	9 979	81 589	85 800	
	MAY.	76 953	3 275	80 228	10 312	69 916	73 365	
	JUN.	67 677	11 324	79 001	9 979	69 022	68 350	
	JUL.	68 254	14 303	82 557	10 312	71 245	69 950	
	AGO.	72 643	18 792	91 435	10 312	81 123	75 623	
	SEP.	81 654	30 714	112 368	9 979	102 389	92 222	
	OCT.	103 167	24 269	127 436	10 312	117 124	110 216	
	NOV.	115 238	9 687	124 925	9 979	114 946	113 692	
	DIC.	112 547	5 877	118 424	10 312	108 112	110 330	

Almacenamiento: 2 000 000 m<sup>3</sup>

Notas:

# 2AL DE ELECTRICIDAD

racción de 3.85 m<sup>3</sup>/seg. considerando evaporación

Almacén final m <sup>3</sup>	Almacén medio miles de m <sup>3</sup>	Area de Embalse en km. <sup>2</sup>	Altura Evap. m.m.	Altura Lluvia m.m.	Altura Final m.m.	Pérdida Evap. miles m <sup>3</sup>	Derrames miles de m <sup>3</sup>
5	6	7	8	9	10	11	12
222 226	121 113	22.9	255.0	211.7	+ 56.7	+ 1298	
126 119	124 852	23.7	262.1	190.9	+ 26.4	+ 673	
138 964	132 908	24.3	233.7	172.6	+ 38.9	+ 945	
143 099	141 504	25.0	259.6	73.5	-86.2	- 2133	
135 121	139 574	24.7	256.5	48.9	-107.6	- 2658	
139 256	132 860	23.6	260.0	15.8	-214.6	- 3441	
119 296	123 056	23.0	269.9	24.4	-245.5	- 3347	
108 465	112 207	22.8	267.6	9.3	-178.3	- 3923	
95 328	99 935	20.9	256.0	10.2	-245.6	- 5137	
81 589	85 890	19.3	255.8	13.0	-242.8	- 4686	
69 866	73 385	16.0	231.3	109.7	-121.6	- 2189	
69 022	68 350	17.3	274.2	129.8	- 44.4	- 768	
71 645	69 950	17.6	255.0	211.7	+ 56.7	+ 998	
81 123	76 883	18.7	262.1	190.9	+ 28.4	+ 531	
102 389	92 022	20.0	233.7	172.6	+ 38.9	+ 778	
117 124	110 146	21.9	259.6	73.5	- 86.1	- 1886	
114 946	115 092	22.3	256.5	48.9	-107.6	- 2399	
108 112	110 330	21.9	260.0	15.8	-144.6	- 3167	

Para iniciar el estudio se contó con la curva de áreas y capacidades del Vaso que se adjunta al presente estudio.

Se aceptó para principiar el análisis que existía, un almacenamiento inicial de 120 millones de m<sup>3</sup>. No se principió con presa llena porque solo se hubiera logrado un derrame mayor en el año de 1926.

Con los volúmenes de la columna # 1 como ordenadas, y los tiempos correspondientes como abscisas, se formó el plano 39-C-545-3778 anexo, que muestra la Curva Diferencial de Masas de Villa Victoria considerando evaporación. Puede observarse que la presa derrama únicamente dos veces en el período, vertiendo un volumen de 78 millones de m<sup>3</sup>. El mínimo para el almacenamiento se registra en el mes de mayo de 1935, siendo de 5.7 millones de m<sup>3</sup>, que corresponde aproximadamente a la capacidad destinada a los azolves.

V.- CAPACIDAD DEL CANAL DERIVADOR DEL  
RIO SAN JOSE MALACATEPEC.

Para fijar como una primera aproximación la capacidad del Canal derivador, se supuso que el volumen de agua almacenado en el Vaso de Villa Victoria durante el período de lluvias (5 meses) deberá verterse al vaso de Valle de Bravo durante la época de estiaje (7 meses).

En la parte IV, se encontró que el gasto constante de extracción de la presa de Villa Victoria durante el período estudiado, es de 3.85 m<sup>3</sup>/s., considerando evaporación y lluvias. El volumen anual representado por el gasto de 3.85 m<sup>3</sup>/s. deberá ocurrir en 7 meses, y en consecuencia el gasto correspondiente será de:

$$q = \frac{3.85 \times 12}{7} = 6.60 \text{ m}^3/\text{s.}$$

En el hidrógrafo del río San José Malacatepec cuenca abajo de la presa de Villa Victoria, plano 39-C-676-3880, se observa que en la época de estiaje el gasto medio máximo mensual es aproximadamente de 2.0 m<sup>3</sup>/s.

Por lo anterior, puede establecerse que la capacidad del canal debe ser igual o mayor que la suma del gasto medio máximo en tiempo de estiaje relativo a la Cuenca # 2 y del gasto de extracción de la presa de Villa Victoria correspondiente al mismo período.

$$\text{Capacidad del Canal} = 2.00 + 6.60 = 8.60 \text{ m}^3/\text{s.}$$

Por el examen del hidrógrafo se decidió dividir el año

en dos períodos: el de estiaje que abarca los meses de diciembre, enero, febrero, marzo, abril, mayo y junio; y el de lluvias comprendiendo los meses de julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre.

Para poder fijar definitivamente la capacidad del canal, fué necesario realizar un estudio económico comparativo del costo del canal para diversas capacidades y los ingresos anuales obtenidos por concepto de producción de energía.

La secuela del procedimiento para llegar a esa comparación fué el siguiente:

- 1.- Determinar los volúmenes de agua derramados considerando que la capacidad del canal varía de 9 a 14 m<sup>3</sup>/s.
- 2.- Obtener los volúmenes aprovechados por incremento de capacidad y sus gastos medios para el período de 15 años.
- 3.- Determinación de la energía generada en KWH, considerando las tres caídas del proyecto y las utilidades anuales obtenidas por concepto de venta de energía.
- 4.- Costos del Canal Derivador para las capacidades previstas.
- 5.- Elección de la capacidad por el análisis de los costos de construcción e ingresos por producción de energía.

Mediante la gráfica del Hidrógrafo del Malacatepec (Plano 39-C-576-3880) y la tabla V-C-153-3872 que sirvió para dibujarlo, se obtuvieron los gastos medios mensuales que en tiempo de estiaje exceden a 2.40, 3.40, 4.40, 5.40, 6.40 y 7.40 m<sup>3</sup>/s., siendo estos los caudales que debe conducir el canal suponiendo una extracción constante de 6.60 m<sup>3</sup>/s., en la presa de Villa Victoria y además se encontraron para el tiempo de lluvias los gastos medios mensuales que excedían de 9 m<sup>3</sup>/s. Con estos gastos se obtuvieron los volúmenes mensuales correspondientes, que representan las cantidades derramadas si el canal tiene una capacidad de 9 m<sup>3</sup>/s. En forma similar se operó para determinar los volúmenes derramados para las otras capacidades.

VOLUMENES DERRAMADOS (DESPERDICIOS) PARA DIFERENTES CAPACIDADES DEL CANAL DERIVADOR.

AÑO	MES	9 m <sup>3</sup> /s.		10 m <sup>3</sup> /s.		11 m <sup>3</sup> /s.		12 m <sup>3</sup> /s.	
		Gasto en m <sup>3</sup> /s.	Volumen en 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	Gasto en m <sup>3</sup> /s.	Volumen en 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> .	Gasto en m <sup>3</sup> /s.	Volumen en 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> .	Gasto en m <sup>3</sup> /s.	Volumen en 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
1925	Dic.	1.67	4473	0.67	1795				
1926	Ene.	0.54	1446						
	Sept.	4.92	12753	3.92	10161	2.92	7569	1.92	4977
1927	Sept.	2.04	5288	1.04	2696	0.04	104		
1931	Junio	0.25	648						
	Ag. -	0.62	1661						
1935	Junio	1.79	4640	0.79	2048				
	Ag. -	0.76	2036						
	Sept.	3.79	9824	2.79	7232	1.79	4640	0.79	2048
Volúmenes - totales en- miles de m <sup>3</sup> .			42769		23932		12313		7025

VOLUMENES DERRAMADOS (DESPERDICIOS) PARA DIFERENTES CAPACIDADES DEL CANAL DERIVADOR.-

AÑO	MES	13 m <sup>3</sup> /s.		14 m <sup>3</sup> /s.	
		Gasto en m <sup>3</sup> /s	Volumen en 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	Gasto en m <sup>3</sup> /s	Volumen en 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
1926	Sept.	0.92	2385	8.00	0

Volúmenes totales en miles de m<sup>3</sup>. 2385

Conocidos el tiempo transcurrido en segundos en el período 1921-1936 y los volúmenes derramados para cada capacidad de canal, se calcularon los gastos medios equivalentes a los incrementos de volúmenes aprovechados.

Capacidad en m <sup>3</sup> /s.	Volúmenes que se derraman en 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	Incremento en 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	Acumulativo en 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	Gasto en m <sup>3</sup> /s.	Gasto en m <sup>3</sup> /s. con F = 0.75
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
9.0	42 769				
10.0	23 932	18 837	18 837	0.039	0.029
11.0	12 313	11 619	30 456	0.062	0.047
12.0	7 025	5 288	35 744	0.073	0.055
13.0	2 385	4 640	40 384	0.083	0.062
14.0	0	2 385	42 769	0.087	0.065



La primera columna del cuadro anterior muestra las diversas capacidades del canal derivador; la segunda, los volúmenes desperdiciados correspondientes; la tercera, las ganancias en volúmenes relativas a cada capacidad; la cuarta, el acumulativo de los incrementos; la quinta, el gasto continuo equivalente a los volúmenes de la cuarta columna sabiendo que el número de segundos del período es de 489283200 y la última columna los gastos de la quinta multiplicados por el factor de corrección 0.75, que involucra las pérdidas en la conducción y en el funcionamiento del Vaso de Valle de Bravo (filtraciones y evaporaciones).

Fijados los gastos utilizables, se procedió a calcular la potencia generada en el período conociendo los datos siguientes:

Número de horas en el período = 135912

H = Caída Bruta = 122 + 323 + 252 = 697 m.

$\epsilon$  = Eficiencia de la tubería y del grupo Turbo-Generador = 0.60

Número de años del período = 15.5

ENERGIA PRODUCIDA

Capacidad en- m <sup>3</sup> /s.	Gasto en- m <sup>3</sup> /s.	Kgm/s.	K W	KWH producidos 'en el período	KWH produ- cidos en 'año.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
10	0.029	16 170	158.676	21 565 973	1 391 351
11	0.047	26 207	257.169	34 952 353	2 254 986
12	0.055	30 668	300.945	40 902 037	2 638 836
13	0.062	34 571	339.245	46 107 466	2 974 669
14	0.065	36 244	355.662	48 338 734	3 118 622

Energía en Kgm/s =  $q \times H \times e$

$q$  = gasto útil

Energía en KW =  $\frac{q \times H \times e}{75} \times 0.736$

KWH en el período = Columna (4)  $\times$  135 912

KWH en un año =  $\frac{\text{Columna (5)}}{15.5}$

Suponiendo una utilidad de \$ 0.0075 por KWH generado, -  
se formó el cuadro siguiente:

Capacidad del canal m <sup>3</sup> /s	Utilidades a- nuales en \$
10	10 435
11	16 912
12	19 791
13	22 310
14	23 390

Conocido el monto de las utilidades que producirán los volúmenes aprovechados con las diferentes capacidades, es preciso conocer aproximadamente el costo de la construcción del canal derivador para las distintas capacidades supuestas.

El plano 39-C-320-2236, dentro de la cuenca # 2, muestra con tinta verde la localización aproximada del canal, el cual tendrá según los estudios realizados una longitud cercana a los 6.5 kilómetros. El punto de la derivación fué elegido conociendo la cota del máximo embalse, así como la pendiente media aproximada del canal necesaria para conducir el gasto de

do teniendo en cuenta que la velocidad media del agua será -  
de 0.80 m/s.

Para fijar con cierta aproximación los volúmenes de ex-  
cavación correlativos a la construcción de los canales de dife-  
rente capacidad, procedemos de la manera siguiente:

Datos:

$$v = \text{Velocidad} = 0.80 \text{ m/s.}$$

$$= \text{Gasto} = 10 \text{ m}^3/\text{s.}$$

Incógnitas:

$$A_T = \text{Area de la sección del canal.}$$

C. Leví en su obra "Construcciones Civiles",  
recomienda que para canales de sección trapecial, exista la -  
siguiente relación entre la anchura media de la sección y el -  
tirante:

$$\frac{b}{h} = 4 + 0.075 A$$

siendo:

b = anchura media del canal

h = tirante

$$A = \text{Area} > 0.50 \text{ m}^2.$$

Calcularemos el valor de la relación  $\frac{b}{h}$  para los datos -  
del problema.

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{10}{0.80} = 12.50 \text{ m}^2$$

$$\frac{b}{h} = 4 + 0.075 \times 12.50 = 4.94$$

$$\therefore b = 4.94 h.$$

pero:

$$A = bh = 4.94 h^2$$

##

do teniendo en cuenta que la velocidad media del agua será -  
de 0.80 m/s.

Para fijar con cierta aproximación los volúmenes de ex-  
cavación correlativos a la construcción de los canales de dife-  
rente capacidad, procedemos de la manera siguiente:

Datos:

$$v = \text{Velocidad} = 0.80 \text{ m/s.}$$

$$= \text{Gasto} = 10 \text{ m}^3/\text{s.}$$

Incógnitas:

$$A_T = \text{Area de la sección del canal.}$$

C. Leví en su obra "Construcciones Civiles",  
recomienda que para canales de sección trapecial, exista la -  
siguiente relación entre la anchura media de la sección y el -  
tirante:

$$\frac{b}{h} = 4 + 0.075 A$$

siendo:

$$b = \text{anchura media del canal}$$

$$h = \text{tirante}$$

$$A = \text{Area} > 0.50 \text{ m}^2.$$

Calcularemos el valor de la relación  $\frac{b}{h}$  para los datos -  
del problema.

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{10}{0.80} = 12.50 \text{ m}^2$$

$$\frac{b}{h} = 4 + 0.075 \times 12.50 = 4.94$$

$$\therefore b = 4.94 h.$$

pero:

$$A = bh = 4.94 h^2$$

##

sustituyendo el valor de A;

$$12.50 = 4.94 h^2.$$

$$\therefore h = \frac{12.50}{4.94} = 1.59$$

$$y b = 4.94 \times 1.59 = 7.95$$

Consideremos la figura # 1 que representa la sección del canal en estudio:

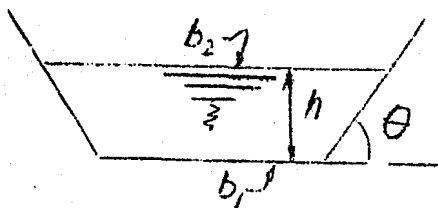


Fig No. 1

$$A = b_1 h + h^2 \cotg \theta$$

$$\text{de donde } b_1 = \frac{A - h^2 \cotg \theta}{h}$$

La velocidad fijada para el agua de 0.80 m/s. corresponde a un canal excavado en tierra ya que el terreno por donde cruzará está constituido por tie-

rra y tepetate, eligiéndose el canal en tierra porque produce la excavación máxima. En este caso los taludes de las paredes del canal serán de 1.5:1

$$\cotg \theta = 1.5 ; \quad \theta = 33^\circ 40'$$

$$\text{sen } \theta = 0.5544$$

sustituyendo los valores de A, h y  $\cotg \theta$  en la ecuación anterior:

$$b_1 = \frac{12.50 - 1.59^2 \times 1.5}{1.59} = \frac{6.70}{1.59} = 5.47$$

$$b_2 = b_1 + 2 h \cotg \theta = 5.47 + 2 \times 1.59 \times 1.5$$

$$b_2 = 5.47 + 4.77 = 10.24$$

Comprobación:

$$b = \frac{b_1 + b_2}{2} = \frac{5.47 + 10.24}{2}$$

$$b = 7.855 \text{ m.}$$

Además si consideramos un libre bordo de 0.50m el área adicional será para este caso particular (Fig. 2).

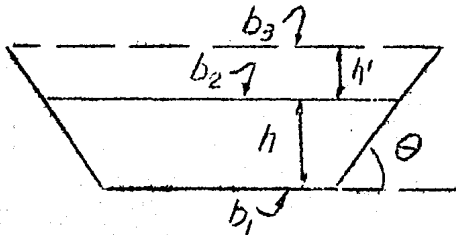


Fig No 2.

$$A' = \frac{b_2 + b_3}{2} \times h'$$

$$h' = 0.50$$

$$b_2 = 10.24$$

$$b_3 = b_2 + 2 h' \cotg \theta' = 10.24 + 2 \times 0.50 \times 1.5$$

$$b_3 = 10.24 + 1.5 = 11.74$$

$$\therefore A' = \frac{b_2 + b_3}{2} \times h' = \frac{10.24 + 11.74}{2} \times 0.5$$

$$A' = \frac{21.98}{4} = 5.50 \text{ m}^2$$

Area total de Excavación para un canal con capacidad de 10 m<sup>3</sup>/s.:

$$A + A' = \text{Area total excavada} = 12.50 + 5.50$$

$$A_T = \text{Area total} = \underline{18.00 \text{ m}^2}$$

Para facilitar el cálculo de las áreas de las secciones de los canales con capacidad de 11, 12, 13 y 14 m<sup>3</sup>/s., deter --

minamos algebraicamente las variables que intervienen en las funciones de las áreas: la de la sección mojada y la del bordo libre.

$$\text{Area de la sección mojada} = A = \frac{Q}{V} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{Area de la sección bordo} \\ \text{libre} \end{aligned} = A' = \frac{b_2 + b_3}{2} \times h' \quad (2)$$

En la Fig. 2 observamos que :

$$\begin{aligned} A &= b_2 h - h^2 \cotg \theta \\ \therefore b_2 &= \frac{A + h^2 \cotg \theta}{h} \quad (3) \end{aligned}$$

por la relación  $\frac{b}{h} = 4 + 0.0775A$  encontramos el valor de  $h$ .

$$b = (4 + 0.075 A) h$$

$$A = bh = (4 + 0.075A) h^2$$

de donde:

$$h = \sqrt{\frac{A}{4 + 0.075 A}} \quad (4)$$

$$b_3 = b_2 + 2 h' \cotg \theta \quad (5)$$

$$\text{Area total} = A_T = A + A'$$

Se anexa la tabla # 3 con los cálculos que sirvieron para encontrar las diversas áreas de excavación.

(Tabla en la hoja siguiente).

TABLA # 8  
 AREAS DE LAS SECCIONES DEL CANAL DERIVADOR PARA DIFERENTES  
 CAPACIDADES.

Q en m <sup>3</sup> /s'	A en m <sup>2</sup> .	4+0.075A'	h en m.'	b <sub>2</sub> en m <sup>2</sup> .	b <sub>2</sub> en m <sup>2</sup> .	2h'cotgθ' en m.	b <sub>3</sub> en m.	A' en m <sup>2</sup> '	A <sub>T</sub> en m <sup>2</sup> .'
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
9	11.25	4.84	1.52	2.32	9.69	1.5	11.19	5.22	16.47
10	12.50	4.94	1.59	2.53	10.25	1.5	11.75	5.50	18.00
11	13.75	5.03	1.65	2.73	10.82	1.5	12.32	5.79	19.54
12	15.00	5.13	1.71	2.92	11.33	1.5	12.83	6.04	21.04
13	16.25	5.22	1.76	3.11	11.89	1.5	13.39	6.32	22.57
14	17.50	5.31	1.82	3.30	12.34	1.5	13.84	6.55	24.05

Q = Gasto

v = velocidad del agua = 0.80 m/s.

A = Area mojada =  $\frac{Q}{v}$

h = tirante =  $\sqrt{\frac{A}{4 + 0.075A}}$

b<sub>2</sub> =  $\frac{A + h^2 \cotg \theta}{h}$

h' = bordo libre = 0.50 m.

cotg θ = 1.5

b<sub>3</sub> = b<sub>2</sub> + 2h'cotg θ

A' =  $\frac{b_2 + b_3}{2} \times h'$

A<sub>T</sub> = A + A'



Los volúmenes de excavación se obtuvieron multiplicando las áreas deducidas por 6500 m., que como ya se dijo más arriba es la longitud probable del canal.

El costo de la construcción se determinó para las seis posibilidades, fijando en \$3.00 el m<sup>3</sup> de excavación. Este precio inutario incluye los diversos cargos que deben tenerse en cuenta desde el origen al término de la obra (excavaciones, obras de arte, etc.)

En la tabla # 9 aparecen los incrementos de costos para cada canal.

TABLA # 9

Capa - cidad- en m <sup>3</sup> /s' (1)	Sec - ción- en m <sup>2</sup> . (2)	Volúmen en m <sup>3</sup> . (3)	Costo en \$ (4)	Incremento en \$ (5)	Acumulado en \$ (6)
9	16.47	107 055	321 165		
10	18.00	117 000	351 000	29 835	29 835
11	19.54	127 010	381 030	30 030	59 865
12	21.04	136 760	410 280	29 250	89 115
13	22.57	146 705	440 115	29 835	118 950
14	24.05	156 325	468 975	28 860	147 810

Conocidos por una parte las utilidades anuales por concepto de producción de energía y por la otra los incrementos en los costos de construcción, se procedió a formular un análisis económico que permitiera juzgar sobre la capacidad de conducción más conveniente.

El análisis económico se realizó tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

Se supuso que la cantidad que representa la inversión aplicada a incrementar la capacidad del canal se capitaliza al 6% anual en un período de 25 años, y los intereses producidos en este lapso de tiempo se compararon con el capital formado por las utilidades anuales percibidas por incremento de energía al colocarse en forma de anualidades de imposición durante el mismo período de tiempo y a la misma tasa.

En el interés compuesto, el monto o capital final se obtiene aplicando la fórmula siguiente:

$$A = a ( 1 + r ) ^ n$$

siendo:

A = Capital final

a = Capital primitivo

r = Tasa o interés de \$1 en un período

n = número de períodos durante los cuales -

"a" produce interés.

Calculo de los intereses producidos por el Capital representativo del costo por incremento de la capacidad del canal.

Datos:

n = 25 años

r = 6 % anual

Capacidad en m <sup>3</sup> /s.	a en \$	(1 + r) <sup>n</sup>	A en \$	Utilidad Δ = a en \$
10	29 835	4.292	128 052	98 217
11	59 865	4.292	256 941	197 076
12	89 115	4.292	382 482	293 367
13	118 950	4.292	510 533	391 583
14	147 810	4.292	634 401	486 591

El capital formado por las utilidades anuales obtenidas mediante el incremento de la energía generada se calculan teniendo presente que las entregas tienen una periodicidad de un año, durante los 25 años que dura el período.

La fórmula del Capital constituido es la siguiente:

$$C = a S_n$$

siendo:

C = suma de los valores adquiridos por cada anualidad.

a = cantidad colocada anualmente.

$$S_n = \frac{(1 + r)^{n+1} - (1 + r)}{r}$$

n = número de anualidades.

r = tasa

Datos:

r = 6 % anual

n = 25 años.

Capacidad en m <sup>3</sup> /s.	a	S <sub>n</sub>	C
10	10 435	58.156	606 858
11	16 912	58.156	953 534
12	19 971	58.156	1161433
13	22 310	58.156	1297460
14	23 390	58.156	1360269

Para encontrar una relación objetiva entre las capacidades diversas supuestas al canal derivador, las erogaciones por construcción y las utilidades por venta de energía, se integró el siguiente cuadro, en cuya segunda columna se anotaron las diferencias entre el valor "C" y el "A".

Capacidad en m <sup>3</sup> /s.	C - A en \$
10	508 641
11	786 458
12	868 066
13	905 877
14	873 678

Con los datos de esta tabla se dibujó la gráfica de la Fig. 3, que demuestra que la capacidad adecuada del canal es la de 13 m<sup>3</sup>/s.

VI.- CAPACIDAD DE LA PRESA DE VALLE  
DE BRAVO

El estudio referente a la determinación de la capacidad conveniente que deba dársele a la Presa de Valle de Bravo se ordenó en la forma que abajo se indica:

- 1.- Investigación del régimen de escurrimiento en el canal derivador del río San José Malacatepec.
- 2.- Conocidos los regímenes de escurrimiento en el Canal Derivador y en el río Valle de Bravo, se preparó la tabla que sirvió para construir el Diagrama Diferencial de Masas.
- 3.- Construido el Diagrama Diferencial de Masas de las corrientes mencionadas en el inciso 2, se obtuvieron gráficamente los gastos constantes de extracción correlativos a diferentes capacidades sin considerar lluvias ni evaporación.
- 4.- Cálculo de los gastos constantes de extracción teniendo en cuenta el factor lluvia- evaporación y construcción de la curva correspondiente de capacidades y extracciones.
- 5.- Análisis económico comparativo de los ingresos obtenidos por concepto de venta de la energía relativa a los incrementos de gastos correspondientes a incrementos del almacenamiento y las erogaciones representadas por los aumentos en el costo de la cor-

tina para cada uno de los almacenamientos estudiados y por los terrenos inundados respectivos.

6.-- Determinación de la Capacidad más conveniente y del gasto constante de extracción aprovechable.

1.-- Régimen del Escurrimiento en el Canal Derivador.

En la parte V de este trabajo se estableció que la Capacidad adecuada del Canal Derivador era de 13 m<sup>3</sup>/s. Conociendo esta capacidad, el régimen de las entradas a la presa de Villa Victoria y el régimen del escurrimiento de la cuenca # 2 -- (Cuenca del Río Malacatepec aguas abajo de la Fresa de Villa -- Victoria), se hizo necesario formular las tablas # 10 y # 11, -- con el fin de fijar el régimen de las extracciones para la presa antes aludida.

La tabla # 10 muestra el funcionamiento del almacenamiento de Villa Victoria bajo una condición un tanto rigorista, pero que se ajusta a la finalidad, apuntada en el Capítulo V, -- para la que principalmente se erigió el embalse. En efecto, -- el vaso tiene una función reguladora, es decir es una presa de avenidas, cuyo fin es el de aprovechar las aguas del tiempo de lluvias, para verterlas regularizadas al río Malacatepec durante la temporada de estiaje. Para formular la citada tabla, fué preciso estudiar el hidrógrafo del río Malacatepec relativo a -- la Cuenca # 2 así como la tabla que sirvió para dibujarlo, pues

TABLA # 10.

REGIMEN DE EXTRACCIONES PARA EL ALMACENAMIENTO DE VILLA VICTORIA, MEXICO

PERIODO	Almac. — inicial en miles m <sup>3</sup>	Entradas al vaso en miles m <sup>3</sup>	Almac. disponible en miles m <sup>3</sup>	Extraccio nes en mi les de m <sup>3</sup>	Almac. final en miles m <sup>3</sup>	Almac.— medic en miles m <sup>3</sup>	Area— medic en Km <sup>2</sup>	Lluvia — Evap. en mm.	Lluvia — Evap. en miles m <sup>3</sup>	DERRAMES
( 1 )	( 2 )	( 3 )	( 4 )	( 5 )	( 6 )	( 7 )	( 8 )	( 9 )	( 10 )	( 11 )
Jul. 921 a Oct. 921 ---	110 000	61 098	171 098		171 098	140 549	24.5	+ 37.9	+ 929	
Nov. 921 a May. 922 ---	172 027	22 632	194 659	170 935	10 000	91 014	20.0	- 1186.2	- 23724	
Jun. 922 a Oct. 922 ---	0	99 402	99 402	0	99 402	49 701	15.0	- 6.5	- 98	
Nov. 922 a Jun. 923 ---	99 304	38 433	137 737	118 047	10 000	54 682	16.0	- 1230.6	- 19690	
Jul. 923 a Oct. 923 ---	0	88 722	88 722	0	88 722	44 361	14.4	+ 37.9	+ 546	
Nov. 923 a Jun. 924 ---	89 268	40 234	129 502	111 043	10 000	49 634	15.0	- 1230.6	- 18459	
Jul. 924 a Oct. 924 ---	0	115 952	115 952	0	115 952	57 976	16.4	+ 37.9	+ 622	
Nov. 924 a Jun. 925 ---	116 574	39 599	156 173	135 253	10 000	63 287	17.0	- 1230.5	- 20920	
Jul. 925 a En. 926 ---	0	147 724	147 724	0	147 724	73 862	18.3	- 359.8	- 6584	
Feb. 926 a Jun. 926 ---	141 140	32 939	174 079	152 410	21 669	81 405	19.0	- 832.9	- 15825	
Jul. 926 -----	5 844	32 822	38 666	18 802	19 864	12 854	8.0	+ 56.7	+ 454	
Ag. 926 -----	20 318	45 255	65 573	12 803	52 770	36 544	13.4	+ 28.7	+ 385	
Sept. 926 -----	53 155	73 954	127 109	0	127 109	90 132	20.0	+ 38.9	+ 778	
Oct. 926 -----	127 887	33 473	161 360	18 841	142 519	135 203	24.2	- 86.1	- 2084	
Nov. 926 a Jun. 927 ---	140 435	64 831	205 266	182 623	10 000	75 218	18.4	- 1230.6	- 22643	
Jul. 927 -----	0	20 412	20 412	0	20 412	10 206	7.7	+ 56.7	+ 437	
Ag. 927 -----	20 849	33 787	54 636	0	54 636	27 318	11.4	+ 28.7	+ 327	
Sept. 927 -----	54 963	58 659	113 622	0	113 622	84 293	19.3	+ 38.9	+ 751	
Oct. 927 -----	114 373	33 089	147 462	0	147 462	130 918	23.7	- 86.1	- 2041	
Nov. 927 a Jul. 928 ---	145 421	83 972	229 393	207 445	10 000	77 711	18.7	- 1173.7	- 21948	
Ag. 928 a Nov. 928 ---	0	77 113	77 113	0	77 113	38 557	13.7	- 126.4	- 1732	
Dic. 928 a Jun. 929 ---	75 381	40 140	115 521	97 923	10 000	42 691	14.3	- 1230.6	- 17598	
Jul. 929 a Sept. 929 ---	0	83 199	83 199	0	83 199	41 600	14.2	+ 124.2	+ 1764	
Oct. 929 a Jun. 930 ---	84 963	56 357	141 320	121 965	10 000	47 232	14.7	- 1316.7	- 19355	
Jul. 930 a Oct. 930 ---	0	69 099	69 099	0	69 099	34 550	13.0	+ 37.9	+ 493	
Nov. 930 a May. 931 ---	69 592	31 832	101 424	84 817	10 000	39 796	14.0	- 1186.2	- 16607	
Jun. 931 a Oct. 931 ---	0	158 921	158 921	0	158 921	79 461	18.8	- 6.5	- 122	
Nov. 931 a Jul. 932 ---	158 799	51 653	210 452	187 800	10 000	84 400	19.3	- 1173.7	- 22652	
Ag. 932 a Sept. 932 ---	0	38 977	38 977	0	38 977	19 489	9.7	+ 67.3	+ 653	
Oct. 932 a Jul. 933 ---	39 630	39 076	78 706	64 846	10 000	24 815	11.0	- 1260.0	- 13860	

PERIODO	Almac. - inicial en miles m <sup>3</sup>	Entradas al vaso en miles m <sup>3</sup>	Almac. disponible en miles m <sup>3</sup>	Extraccio nes en ml les de m <sup>3</sup>	Almac. final en miles m <sup>3</sup>	Almac. medio en miles m <sup>3</sup>	Area media- en Km <sup>2</sup>	Lluvia - Evap. en mm.	Lluvia - Evap. en miles m <sup>3</sup>	DERRAMES
( 1 )	( 2 )	( 3 )	( 4 )	( 5 )	( 6 )	( 7 )	( 8 )	( 9 )	( 10 )	( 11 )
Ag. 933 a Oct. 933 —	0	61 740	61 740	0	61 740	30 870	12.1	- 18.8	- 227	
Nov. 933 a Jun. 934 —	61 513	34 074	95 587	79 474	10 000	35 757	13.1	- 1230 0	- 16113	
Jul. 934 a Oct. 934 —	0	82 663	82 663	0	82 663	41 332	14.0	+ 37.9	+ 531	
Nov. 934 a May. 935 —	83 194	32 565	115 759	98 322	10 000	46 597	14.7	- 1186.2	- 17437	
Jun. 935 a Oct. 935 —	0	210 780	210 780	78 125	132 655	66 328	17.4	- 6.5	- 113	
Nov. 935 a Jun. 936 —	132 542	37 420	179 962	158 057	10 000	71 271	17.8	- 1230.6	- 21905	
Jul. 936 a Dic. 936 —	0	104 330	104 330	103 194	10 000	5 000	5.3	- 214.3	- 1136	

VOLUMEN TOTAL EXTRAIDO ----- 2202 365 000 m<sup>3</sup>

NUMERO DE DIAS TRANSCURRIDOS -- 5 663

NUMERO DE SEGUNDOS TRANSCURRI  
DOS - 489 238 200

GASTO MEDIO DE EXTRACCION CONSI  
DERANDO UN ALMACENAMIENTO INI  
CIAL DE 110 000 MILES DE M<sup>3</sup> ---  $\frac{2202\ 365\ 000}{489\ 238\ 200} = 4.50\ m^3/s.$



era conveniente realizar el análisis numérico del vaso en forma sencilla y concordante con la finalidad de la Obra.

TABLA # 10

Columna # 1.- Aparecen en esta columna los períodos de lluvias y los períodos de estiaje. Se consideraron incluidos en el período de secas, aquellos meses cuyos gastos medios mensuales eran iguales o inferiores a  $3.00 \text{ m}^3/\text{s.}$ , y formando parte de la temporada de lluvias los meses que tenían un gasto medio-mensual superior a  $3.00 \text{ m}^3/\text{s.}$

Columna # 2.- Están representados los almacenamientos al principio de cada período. Se supuso, arbitrariamente, que al iniciarse el funcionamiento del vaso en el lapso de tiempo estudiado, existía un almacenamiento de 110 millones de  $\text{m}^3$ .

Columna # 3.- Los escurrimientos de la corriente relativos a la Cuenca # 1 (Escurrimientos del río San José Malacatepec por el factor 0.67213) se anotaron en esta columna.

Columna # 4.- Es la suma de las columnas 2 y 3, y representa el almacenamiento disponible.

Columna # 5.- El régimen de extracciones periódicas se anotó en esta columna. Para formular la ley de las demandas se hizo necesario calcular la tabla # 11.

Columna # 6.- Almacenamiento al final del período. Pueden presentarse 3 casos:

a) Aprovechamiento total de lo almacenado en el período, tomando en cuenta la evaporación y las lluvias. En este caso el almacenamiento final se consideró de 10 000 miles de m<sup>3</sup>, o sea la capacidad destinada a los azolves, y la extracción se obtuvo sumando algebraicamente el almacenamiento disponible el volumen correspondiente de Lluvia - Evaporación. El almacenamiento inicial del período siguiente es igual a cero, pues se supone que el almacenamiento de 10 millones de m<sup>3</sup> destinado a los azolves es afectado totalmente por la evaporación.

Este período de extracciones corresponde al estia

je.

b) El almacenamiento final es igual al anotado en la columna 4. La extracción es nula y por consiguiente la Lluvia-Evaporación se aplica íntegramente al almacenamiento disponible.

Este período corresponde al de lluvias.

c) En los períodos muy abundantes fué preciso extraer agua de la presa aún en los meses lluviosos para evitar derrames. En este caso el almacenamiento final es la diferencia entre las columnas 4 y 5. El almacenamiento inicial para el período siguiente se obtuvo sumando algebraicamente el término Lluvia-Evaporación al almacenamiento final,

TABLA # 11.

REGIMEN DE EXTRACCIONES PARA LA PRESA DE VILLA VICTORIA Y FUNCIONAMIENTO DEL CANAL DE DERIVACION DEL RIO MALACATEPEC

PERIODO		Número de segundos.	Vol. extraído en V. Vic. en miles de m <sup>3</sup>	Vol. escurrido en Cuenca # 2 en miles m <sup>3</sup>	Gasto de extracción en m <sup>3</sup> /s.	Gasto de la Cuenca #2 en m <sup>3</sup> /s.	Gasto en el canal en m <sup>3</sup> /s.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	
Jul. 921 a Oct. 921	10627200	0	29 804	0	2.80	2.80	
Nov. 921 a May. 922	18316800	170 935	11 039	9.33	0.60	9.98	
Jun. 922 a Oct. 922	13219200	0	48 489	0	3.67	3.67	
Nov. 922 a Jun. 923	20908800	118 047	18 748	5.65	0.90	6.55	
Jul. 923 a Oct. 923	10627200	0	42 617	0	4.01	4.01	
Nov. 923 a Jun. 924	20995200	111 043	19 625	5.29	0.93	6.22	
Jul. 924 a Oct. 924	10627200	0	56 512	0	5.32	5.32	
Nov. 924 a Jun. 925	20908800	135 253	29 448	6.47	1.41	7.88	
Jul. 925 a En. 926	18576000	0	72 058	0	3.88	3.88	
Feb. 926 a Jun. 926	12960000	152 410	16 017	11.76	1.24	13.00	
Jul. 926	2678400	18 802	16 011	7.02	5.98	13.00	
Ag. 926	2678400	12 803	22 022	4.78	8.22	13.00	
Sept. 926	2592000	0	33 696	0	13.00	13.00	
Oct. 926	2678400	18 481	16 328	6.90	6.10	13.00	
Nov. 926 a Jun. 927	20908800	182 623	7 898	8.73	3.05	11.78	
Jul. 927	2678400	0	9 957	0	3.72	3.72	
Ag. 927	2678400	0	16 481	0	6.15	6.15	
Sept. 927	2592000	0	28 614	0	11.04	11.04	
Oct. 927	2678400	0	16 141	0	6.03	6.03	
Nov. 927 a Jul. 928	23673600	207 445	40 962	8.76	1.73	10.49	
Ag. 928 a Nov. 928	10540800	0	37 616	0	3.57	3.57	
Dic. 928 a Jun. 929	18316800	97 923	19 583	5.35	1.07	6.42	
Jul. 929 a Sept. 929	7948800	0	40 586	0	5.11	5.11	
Oct. 929 a Jun. 930	23587200	121 965	27 492	5.17	1.17	6.34	
Jul. 930 a Oct. 930	10627200	0	33 709	0	3.17	3.17	
Nov. 930 a May. 931	18316800	84 817	15 529	4.63	0.85	5.48	
Jun. 931 a Oct. 931	13219200	0	75 192	0	5.69	5.69	
Nov. 931 a Jul. 932	23673600	187 800	25 194	7.93	1.06	8.99	
Ag. 932 a Sept. 932	5270400	0	19 013	0	3.61	3.61	

P E R I O D O	Número de segundos.	Vol. extraí - Vol. escurrido en V. Vic. do en la		Gasto de extracción en m <sup>3</sup> /s.	Gasto de la Cuenca # 2 en m <sup>3</sup> /s.	Gasto en el canal en m <sup>3</sup> /s
		en miles de m <sup>3</sup>	Cuenca # 2 en miles m <sup>3</sup>			
( 1 )	( 2 )	( 3 )	( 4 )	( 5 )	( 6 )	( 7 )
Oct. 932 a Jul. 933 —	26265600	64 846	19 061	2.47	0.73	3.20
Ag. 933 a Oct. 933 —	7948800	0	30 118	0	3.79	3.79
Nov. 933 a Jun. 934 —	20908800	79 474	16 620	3.80	0.79	4.59
Jul. 934 a Oct. 934 —	10627200	0	42 659	0	4.01	4.01
Nov. 934 a May. 935 —	18316800	98 322	15 887	5.37	0.87	6.24
Jun. 935 a Oct. 935 —	13219200	78 125	93 783	5.91	7.09	13.00
Nov. 935 a Jun. 936 —	20995200	158 057	23 132	7.53	1.10	8.63
Jul. 936 a Dic. 936 —	15897600	103 194	50 893	6.49	3.20	9.69

Columna # 7.- El almacenamiento medio es el promedio de las columnas 2 y 6.

Columna # 8.- Area de la superficie del embalse correspondiente a la columna # 7. Se expresa en Km<sup>2</sup>.

Columna # 9.- Altura neta de Lluvia-Evaporación. Se obtuvo por medio del uso de las tablas # 3 y # 5 de precipitaciones y evaporaciones del vaso de Villa Victoria.

Columna # 10.- Producto de los datos correspondientes que se anotaron en las columnas # 8 y # 9.

Columna # 11.- Destinada a la consignación de los derrames. En esta columna no se anotó ningún derrame, pues se fijó como condición para el funcionamiento el evitar los derrames.

#### TABLA # 11.

Columna # 1.- Aparecen los períodos de tiempo anotados en la columna # 1 de la Tabla # 10.

Columna # 2.- Se anotó el número de segundos transcurridos en el período apuntado en la columna #1.

Columna # 3.- Volumen extraído en Villa Victoria siguiendo los lineamientos establecidos para el funcionamiento de la Presa de Villa Victoria. Las extracciones hechas en temporada de lluvias, estuvieron limitadas por los escurrimientos de la Cuenca # 2 y la capacidad del Canal Derivador.

Columna # 4.- Volúmenes escurridos en la Cuenca # 2 en cada período.

Columna # 5.- Gastos de extracción de la Presa de Villa

Victoria, Se obtuvieron dividiendo los volúmenes de la columna # 3 entre el número de segundos correspondientes.

Columna # 6.- Gastos relativos a la Cuenca # 2. Se obtuvieron dividiendo los volúmenes de la columna # 4 entre el número de segundos transcurridos.

Columna # 7.- Suma de los gastos anotados en las columnas 5 y 6. Representa el régimen del escurrimiento en el Canal Derivador.

Al realizar un examen detenido de las tablas números 10 y 11, puede comprobarse que el funcionamiento de la Presa de VILLA Victoria se apegó lo más posible al concepto teórico que lo normó, y que el régimen proyectado solo se alteró durante los años de 1926, 1935 y 1936, en que fué preciso extraer agua en tiempo de lluvias para evitar que la presa derramara. En estas condiciones el Canal trabaja a toda su capacidad durante dos épocas del período considerado, la primera que comprende un lapso de 9 meses (Febrero de 1926 a Octubre del mismo año) y la segunda durante 5 meses (Junio de 1935 a Octubre de 1935). En el resto del período por el Canal escurren gastos inferiores a su máxima capacidad.

El gasto medio constante de extracción considerando un almacenamiento inicial de 110 millones de metros cúbicos, es de 4.50 m<sup>3</sup>/s., como puede verse al final de la tabla # 10. Bajo esta condición los porcentajes de aprovechamiento son:

$$\% \text{ aprovechamiento} = \frac{2\ 202\ 355}{2\ 496\ 928} \times 100 = \underline{\underline{88,2}}$$

$$\% \text{ evaporación} = \frac{294\ 203}{2\ 496\ 928} \times 100 = \underline{\underline{11.8}}$$

$$\% \text{ derrames} = \underline{\underline{0.0}}$$

Si no hubiésemos tomado en cuenta un almacenamiento inicial, el funcionamiento se hubiera alterado durante los períodos de Julio de 1921 a Octubre de 1921 y Noviembre 1921 a Mayo de 1922 y en el análisis numérico del funcionamiento del vaso se hubieran introducido las reformas que a continuación se exponen.

Período de Julio de 1921  
a Octubre de 1922.

Almacenamiento inicial:	0	miles de m <sup>3</sup> .
Entradas:	61 098	" " "
Lluvia-Evaporación :	↓ 462	" " "
Volumen extraído:	0	" " "
Almacenamiento disponible	61 560	" " "

Período de Noviembre de 1921  
a Mayo de 1922

Almacenamiento inicial:	61 560	miles de m <sup>3</sup> .
Entradas:	22 632	" " "
Almacenamiento disponible:	84 192	" " "
Almacenamiento final:	10 000	" " "
Almacenamiento medio:	37 780	" " "
Area media:	13.8	Km <sup>2</sup>
Volumen evaporado:	16 370	miles de m <sup>3</sup> .
Evaporación neta :	1186.2	mm.

Volumen extraído: 67 822 miles de m<sup>3</sup>.

Volumen total extraído  
sin considerar almace-  
namiento inicial : 2 202 365 - 170 935 + 67 822<sup>m</sup>  
= 2 099 252 miles de m<sup>3</sup>.

Gasto medio de extrac -  $\frac{2099252000}{489238200} = 4.29 \text{ m}^3/\text{s}.$   
ción en el período:

Es decir se pierden 0.590 m<sup>3</sup>/s. por evaporación, ya que  
el gasto medio de la corriente es de 4.88 m<sup>3</sup>/s.

En estas condiciones la evaporación es de 287 316 miles  
de m<sup>3</sup>, y los porcentajes de aprovechamiento, evaporación y de -  
rrames, son:

$$\% \text{ aprovechamiento} = \frac{2\ 099\ 252}{2\ 386\ 928} = 87.9$$

$$\% \text{ evaporación} = \frac{287\ 316}{2\ 386\ 928} = 12.0$$

$$\% \text{ derrames} = 0.0$$

Las pérdidas por evaporación pueden disminuirse haciendo  
que el embalse funcione en lo posible acercándose a presa vacía,  
y esto se logra extrayendo agua durante todos los meses del año  
y bajo las condiciones que imponen la capacidad del canal, la -  
cantidad de agua contenida en el almacenamiento de Valle de -  
Bravo y la intensidad de las precipitaciones registradas en las  
cuencas 1, 2 y 3.



VASO DE VALLE DE BRAVO

TABLA PARA EL DIAGRAMA DIFERENCIAL DE MASAS.

PERIODO 1921-1936

Gasto Base = Gasto medio = 15.37 m<sup>3</sup>/s. Volumen medio  
mensual = 40 420

TABLA # 12.

		A P O R T A C I O N E S			Volumen	Volumen -	
AÑO	MES	Río Valle de Bravo - miles de - m <sup>3</sup> .	Cuenca #2 miles - de m <sup>3</sup> .	'Extrac-' V. Vic. - miles - de m <sup>3</sup> .	'Acu -' mula - do miles de m <sup>3</sup> .	'substracti vo acumula do miles -' de m <sup>3</sup> .	Ordenadas en mi -- les de -- m <sup>3</sup> .
1921	J	28 115	6 116	0	34 231	40 420	- 6 189
	A	38 258	6 326	0	78 825	80 840	- 2 025
	S	41 740	10 776	0	131 331	121 260	+10 071
	O	35 899	6 586	0	173 816	161 680	+12 136
	N	24 157	3 490	24 419	225 882	202 100	+23 782
	D	17 556	2 490	24 419	270 347	242 520	+27 827
1922	E	13 660	1 363	24 419	309 789	282 940	+26 849
	F	11 007	892	24 419	346 107	323 360	+22 747
	M	11 759	535	24 419	382 820	363 780	+19 040
	A	10 921	671	24 419	418 831	404 200	+14 631
	M	10 973	1 598	24 419	455 821	444 620	+11 201
	J	14 152	5 524	0	475 497	485 040	- 9 543
	J	18 317	6 977	0	500 791	325 460	-24 669
	A	27 337	9 167	0	537 295	565 880	-28 585
	S	48 254	14 983	0	600 532	606 300	- 5 768
	O	29 186	11 838	0	636 556	646 720	-10 164
	N	29 436	4 725	14 756	685 473	687 140	- 1 667
	D	24 650	2 867	14 756	727 746	127 560	+ 186
1923	E	18 688	1 782	14 756	762 972	767 980	- 5 008
	F	14 429	1 504	14 756	793 661	808 400	-14 739
	M	13 945	991	14 756	823 353	848 820	-25 467
	A	12 079	938	14 756	851 126	889 240	-38 114
	M	13 470	1 632	14 756	880 984	929 660	-48 676
	J	20 460	4 309	14 756	920 509	970 080	-49 571
	J	30 707	6 586	0	957 802	1010 500	-52 698
	A	33 497	14 328	0	1005 627	1050 920	-45 293
	S	35 934	11 402	0	1052 963	1091 340	-38 377
	O	38 068	10 301	0	1101 332	1131 760	-30 428
	N	29 981	4 433	13 880	1149 626	1172 180	-22 554
	D	22 801	2 796	13 880	1189 103	1212 600	-23 497
1924	E	15 682	2 108	13 880	1220 773	1253 020	-32 247
	F	12 372	1 473	13 880	1248 498	1293 440	-44 942
	M	11 007	1 317	13 880	1274 702	1333 860	-59 158
	A	9 945	1 677	13 880	1300 204	1374 280	-74 076

		A P O R T A C I O N E S				Volumen		Volumen		Ordenadas - en miles - de m3.
AÑO	MES	Rfo Valle	Cuenca #2	Extrac-	Acumu -	'substracti				
		de Bravo- miles de- m3	miles de- m3.	V. Vic., miles - de m3.	lado - miles - do m3.	vo acumula do en mi - les de m3.				
1924	M	11 647	1 748	13 880	1327	479	1414	700	- 87 221	
	J	18 878	4 073	13 880	1364	310	1455	120	- 90 810	
	J	30 888	11 229	0	1406	427	1495	540	- 89 113	
	A	36 720	13 071	0	1456	218	1535	960	- 79 742	
	S	59 426	21 892	0	1537	536	1576	380	- 38 844	
	O	40 280	10 320	0	1588	136	1616	800	- 28 664	
	N	24 814	3 198	16 907	1633	055	1657	220	- 24 165	
	D	19 578	2 311	16 907	1671	851	1697	640	- 25 789	
1925	E	16 399	1 578	16 907	1706	735	1738	060	- 31 325	
	F	12 070	1 547	16 907	1737	259	1778	480	- 41 221	
	M	11 915	1 572	16 907	1767	653	1818	900	- 51 247	
	A	10 359	1 779	16 907	1796	698	1859	320	- 62 622	
	M	11 776	1 841	16 907	1827	222	1899	740	- 72 518	
	J	21 401	5 490	16 907	1871	020	1940	160	- 69 140	
	J	26 119	8 866	0	1906	005	1980	580	- 74 575	
	A	32 841	9 447	0	1948	293	2021	000	- 72 707	
	S	60 601	12 960	0	2021	854	2061	420	- 39 566	
	O	53 715	11 557	0	2087	126	2101	840	- 14 714	
	N	41 939	10 464	0	2139	529	2142	260	- 2 731	
	D	40 159	10 892	0	2190	580	2182	680	+ 7 900	
1926	E	30 378	7 872	0	2228	830	2223	100	+ 5 730	
	F	17 436	2 742	30 482	2279	490	2263	520	+ 15 970	
	M	15 906	2 402	30 482	2328	280	2303	940	+ 24 340	
	A	13 141	2 447	30 482	2374	350	2344	360	+ 29 990	
	M	15 759	2 306	30 482	2422	897	2384	780	+ 38 117	
	J	21 496	6 170	30 482	2481	045	2425	200	+ 55 845	
	J	35 234	16 011	18 802	2551	092	2465	620	+ 85 472	
	A	42 621	22 022	12 803	2628	538	2506	040	+ 122 498	
	S	68 187	25 870	0	2722	595	2545	460	+ 176 135	
	O	51 581	16 328	18 841	2809	345	2586	880	+ 222 465	
	N	35 165	7 898	22 828	2875	236	2627	300	+ 247 936	
	D	26 741	5 073	22 828	2929	878	2667	720	+ 262 158	
1927	E	19 355	3 467	22 828	2975	528	2708	140	+ 267 388	
	F	15 984	3 080	22 828	3017	420	2748	560	+ 268 860	
	M	14 195	2 170	22 828	3056	613	2788	980	+ 267 633	
	A	12 632	2 016	22 828	3094	089	2829	400	+ 264 689	
	M	14 869	2 884	22 828	3134	670	2869	820	+ 264 850	
	J	17 436	5 037	22 828	3179	971	2910	240	+ 269 731	
	J	26 862	9 957	0	3216	790	2950	660	+ 266 130	
	A	33 920	16 481	0	3267	191	2991	080	+ 276 111	
	S	53 206	28 614	0	3349	011	3031	500	+ 317 511	
	O	45 714	16 141	0	3410	866	3071	920	+ 336 946	

		A P O R T A C I O N E S										Volumen		Volumen		Ordenadas	
AÑO	MES	Río Valle de Bravo	Cuenca #2	Extrac-V. Vic.	Acumulado	substractivo	Ordenadas										
		miles de m3.	miles de m3.	miles de m3.	miles de m3.	miles de m3.	en miles de m3.										
1927	N	28 253	7 082	23 049	3469	250	3112	340					4356	910			
	D	21 798	4 907	23 049	3519	004	3152	760					4366	244			
1928	E	18 681	4 636	23 049	3565	370	3193	180					4372	190			
	F	13 212	2 986	23 049	3604	617	3233	600					4371	017			
	M	12 306	2 897	23 049	3642	869	3274	020					4368	849			
	A	10 776	2 401	23 049	3679	095	3314	440					4364	655			
	M	13 849	4 606	23 049	3720	599	3354	860					4365	739			
	J	14 611	4 768	23 049	3763	027	3395	280					4367	747			
	J	19 431	6 679	23 049	3812	186	3435	700					4376	466			
	A	25 500	8 635	0	3846	321	3476	120					4370	201			
	S	33 739	12 054	0	3892	114	3516	540					4375	574			
	O	36 295	9 993	0	3938	402	3556	960					4381	442			
	N	28 184	6 934	0	3973	520	3597	380					4376	140			
	D	20 585	3 989	13 989	4012	083	3637	800					4374	283			
1929	E	15 422	3 033	13 989	4044	527	3678	220					4366	307			
	F	11 334	2 046	13 989	4071	896	3718	640					4353	256			
	M	11 837	2 263	13 989	4098	985	3759	060					4339	925			
	A	9 339	1 763	13 989	4124	076	3799	480					4324	596			
	M	11 717	2 639	13 989	4152	151	3839	900					4312	251			
	J	13 272	3 850	13 989	4183	262	3880	320					4302	942			
	J	21 330	11 801	0	4216	393	3920	740					4295	653			
	A	27 907	16 532	0	4260	832	3961	160					4299	672			
	S	31 494	12 253	0	4304	579	4001	580					4302	999			
	O	22 946	5 557	13 552	4346	636	4042	000					4304	636			
	N	17 883	4 020	13 552	4382	091	4082	420					4299	671			
	D	15 301	3 198	13 552	4414	142	4122	840					4291	302			
1930	E	12 107	2 275	13 552	4442	076	4163	260					4278	816			
	F	9 435	1 708	13 552	4466	771	4203	680					4263	091			
	M	8 924	2 059	13 552	4491	306	4244	100					4247	206			
	A	7 634	1 726	13 552	4514	218	4284	520					4229	698			
	M	10 556	1 980	13 552	4540	306	4324	940					4215	366			
	J	17 270	4 969	13 552	4576	097	4365	360					4210	737			
	J	26 954	8 890	0	4611	941	4405	780					4206	161			
	A	29 341	10 247	0	4651	529	4446	200					4205	329			
	S	28 504	8 487	0	4688	520	4486	620					4201	900			
	O	30 819	6 085	0	4725	424	4527	040					4198	384			
	N	23 329	4 440	12 117	4765	310	4567	460					4197	850			
	D	17 778	2 547	12 117	4797	752	4607	880					4189	872			
1931	E	14 904	2 128	12 117	4826	901	4648	300					4178	601			
	F	11 171	1 510	12 117	4851	699	4688	720					4162	979			
	M	10 089	1 391	12 117	4875	296	4729	140					4146	156			
	A	8 432	1 723	12 117	4897	568	4769	560					4128	008			

		A P O R T A C I O N E S			Volumen	Volumen		
AÑO	MES	Río Valle de Bravo - miles de - m3.	Cuenca #2 - miles de - m3.	Extrac- V. Vic. - miles de m3.	'Acumu - laço en - miles de m3.	'substracti - vo acumula- do en miles de m3.	Ordenadas - en miles de m3.	
1931	M	10 605	1 790	12 117	4922 080	4809 980	↓	112 100
	J	18 480	6 875	0	4947 435	4850 400	↓	97 035
	J	28 788	13 243	0	4989 466	4890 820	↓	98 646
	A	43 485	23 942	0	5056 893	4931 240	↓	125 653
	S	46 317	22 002	0	5125 212	4971 660	↓	153 552
	O	34 724	9 130	0	5169 066	5012 080	↓	156 986
	N	25 626	4 611	20 867	5220 170	5052 500	↓	167 670
	D	20 071	3 274	20 867	5264 382	5092 920	↓	171 462
1932	E	15 679	2 311	20 867	5303 239	5133 340	↓	169 899
	F	11 836	1 667	20 867	5337 609	5173 760	↓	163 849
	M	11 518	2 028	20 867	5372 022	5214 180	↓	157 842
	A	9 235	1 617	20 867	5403 741	5254 600	↓	149 141
	M	9 959	1 720	20 867	5436 287	5295 020	↓	141 267
	J	10 803	2 225	20 867	5470 212	5335 440	↓	134 772
	J	19 888	5 711	20 867	5516 678	5375 860	↓	140 818
	A	22 991	6 756	0	5546 425	5416 280	↓	130 145
	S	31 923	12 257	0	5590 605	5456 700	↓	133 905
	O	32 347	5 340	6 485	5634 777	5497 120	↓	137 657
	N	21 887	2 749	6 485	5665 898	5537 540	↓	128 358
	D	17 818	1 858	6 485	5692 059	5577 960	↓	114 099
1933	E	15 109	903	6 485	5714 556	5618 380	↓	96 176
	F	11 947	790	6 485	5733 778	5658 800	↓	74 978
	M	11 462	573	6 485	5752 298	5699 220	↓	53 078
	A	9 367	968	6 485	5769 118	5739 640	↓	29 478
	M	9 931	678	6 485	5786 212	5780 060	↓	6 152
	J	11 525	1 683	6 485	5805 905	5820 480	↓	14 575
	J	17 801	3 519	6 485	5833 710	5860 900	↓	27 190
	A	25 844	9 323	0	5868 877	5901 320	↓	32 443
	S	33 887	11 274	00	5914 038	5941 740	↓	27 702
	O	35 043	9 521	0	5958 602	5982 160	↓	23 558
	N	20 427	3 634	9 934	3992 597	6022 580	↓	29 983
	D	15 503	2 310	9 934	6020 344	6063 000	↓	42 656
1934	E	12 530	2 051	9 934	6044 859	6103 420	↓	58 561
	F	8 984	1 309	9 934	6065 086	6143 840	↓	78 754
	M	8 682	1 156	9 934	6084 858	6184 260	↓	99 402
	A	7 725	1 343	9 934	6103 860	6224 680	↓	120 820
	M	9 296	2 166	9 934	6125 256	6265 100	↓	139 844
	J	13 684	2 651	9 934	6151 525	6305 520	↓	153 995
	J	17 962	5 972	0	6175 459	6345 940	↓	170 481
	A	29 436	9 227	0	6214 122	6386 360	↓	172 238
	S	43 175	14 702	0	6271 999	6426 780	↓	154 781
	O	34 995	10 107	0	6317 101	6467 200	↓	150 099

AÑO	MES	A P O R T A C I O N E S			Volumen		Ordenadas en miles- de m3.
		Río Valle de Bravo- miles de- m3.	Cuenca #2 miles de- m3.	Extrac- V. Vic.- miles - de m3.	Acumu - lado en miles - de m3.	substracti- vo acumula- do en miles de m3.	
1934	N	23 654	3 790	14 046	6358 591	6507 620	- 149 029
	D	18 332	2 485	14 046	6393 454	6548 040	- 154 586
1935	E	13 979	1 845	14 046	6423 324	6588 460	- 165 136
	F	12 328	2 887	14 046	6452 585	6628 880	- 176 295
	M	10 713	1 797	14 046	6479 141	6669 300	- 190 159
	A	8 794	1 255	14 046	6503 236	6709 720	- 206 484
	M	9 959	1 828	14 046	6529 069	6750 140	- 221 071
	J	21 569	10 863	15 625	6577 186	6790 560	- 213 434
	J	29 289	19 192	15 625	6641 232	6830 980	- 189 748
	A	38 931	24 546	15 625	6720 334	6871 400	- 151 066
	S	50 095	25 849	15 625	6811 903	6911 820	- 99 917
	O	37 808	13 333	15 625	6878 669	6952 240	- 73 571
	N	27 172	5 874	19 757	6931 279	6992 660	- 61 381
	D	21 360	3 525	19 757	6975 914	7033 080	- 57 166
	1936	E	15 812	3 001	19 757	7014 484	7073 500
F		12 163	2 366	19 757	7048 770	7113 920	- 65 150
M		11 051	2 009	19 757	7081 587	7154 340	- 72 753
A		9 764	1 929	19 757	7113 037	7194 760	- 81 723
M		11 157	1 977	19 757	7145 928	7235 180	- 89 252
J		12 770	2 651	19 757	7181 106	7275 600	- 94 494
J		25 135	8 501	17 199	7231 941	7316 020	- 84 079
A		27 873	11 079	17 199	7288 092	7356 440	- 68 348
S		34 213	9 968	17 199	7349 472	7396 860	- 47 388
O		42 034	10 999	17 199	7419 704	7437 280	- 17 576
N		29 248	6 680	17 199	7472 831	7477 700	- 4 869
D		24 331	3 666	17 199	7518 027	7518 120	- 93

NOTAS: No. de Meses = 12 x 15 años + 6 meses = 180 + 6 = 186 meses.

$$\text{Volumen medio mensual} = \frac{7518027}{186} = 40\ 420$$

$$\text{Error medio mensual} = 0.5 \text{ miles de m3.}$$

$$\text{Error total} = 93 \text{ miles de m3.}$$

$$\text{Gasto medio en el período} = \frac{7518\ 027\ 000}{489\ 283\ 200} = 15.37 \text{ m3/s.}$$

$$\text{No. de días del Período} = 5\ 663$$

2.- Diagrama Diferencial de Masas para el Cálculo de la Capacidad del Vaso de Valle de Bravo.

Conocidos los regímenes del escurrimiento en el Canal Derivador y en el Río Valle de Bravo, se procedió a calcular la Tabla # 12 que sirvió para dibujar el Diagrama Diferencial de Masas correspondiente al vaso de Valle de Bravo. La tabla citada se ordenó de la manera siguiente:

Columna Primera.- Se inscribieron los años comprendidos en el período de estudio.

Columna Segunda.- Meses correspondientes a cada uno de los años.

Columna Tercera.- Volúmenes mensuales escurridos en el río Valle de Bravo en miles de metros cúbicos.

Columna Cuarta.- Volúmenes mensuales escurridos en la cuenca # 2 del Río San José Malacatepec en miles de  $m^3$ .

Columna Quinta.- Volúmenes extraídos de la Presa de Villa Victoria en miles de  $m^3$ . Fueron obtenidos dividiendo cada uno de los volúmenes que se anotaron en la Columna # 5 de la Tabla # 10 entre el número de meses que comprende el período de tiempo en el cual se consideró ese volumen de extracción.

Columna Sexta.- Acumulativo de los volúmenes que aparecen en las columnas tercera, cuarta y quinta.

Columna Séptima.- Volúmenes acumulados en miles de  $m^3$ , considerando un volumen medio mensual para el período de 40 420 miles de metros cúbicos.

Columna Octava.- Suma algebraica de las columnas sexta y séptima, tomando en cuenta que el signo de la séptima columna es negativo.

Los valores de esta columna representan las ordenadas del Diagrama Diferencial de Masas (39-C-804-5115) que se anexa en este estudio.

3.- Determinación de gastos constantes de extracción para diferentes capacidades.

Construido el Diagrama Diferencial de Masas, se dibujó la Escala de Gastos que sirvió para determinar los gastos de extracción relativos a diversas capacidades, sin que llegara a presentarse ningún déficit durante el período.

Las rectas representativas de los gastos constantes de extracción se dibujaron en el Diagrama Diferencial de Masas.

TABLA # 13

GASTOS Y ALMACENAMIENTOS SIN  
CONSIDERAR EVAPORACION.

Almacenamiento en millones de m <sup>3</sup> .	Gasto de extracción sin considerar eva- poración en m <sup>3</sup> /s.
250	13.65
275	13.78
300	13.90
320	14.00
340	14.08
360	14.20
380	14.28
396	14.38
400	14.43

4.- Gastos de extracción con -  
siderando evaporación y lluvias

Para abreviar el cálculo de los gastos utilizables teniendo en cuenta la evaporación y las lluvias, se admitió que el volumen evaporado en un año de 365.25 días resultaba de considerar para cada capacidad, durante el período, un área de embalse correspondiente a un almacenamiento equivalente a la mitad de la capacidad considerada.

Tomando en cuenta que el coeficiente del evaporómetro es de 0.70 para convertir la evaporación del evaporómetro a la del vaso, se formó la siguiente tabla en la que se anotaron las alturas de evaporación corregidas.

TABLA # 14

VASO DE VALLE DE BRAVO

- ALTURAS DE EVAPORACION-LLUVIA NETAS -  
EN MM.

	Evaporación MES' Evaporómetro en m'vaso	Evaporación en mm.	Lluvia en mm.	Altura 'neta en mm.
E	- 290.0	- 133.0	21.7	-111.3
F	- 217.9	- 152.5	5.0	-147.0
M	- 314.7	- 220.3	14.5	-205.8
A	- 324.8	- 227.4	7.9	-219.5
M	- 325.4	- 227.8	71.8	-156.0
J	- 235.1	- 164.6	283.4	+118.8
J	- 198.5	- 139.0	456.4	+317.4
A	- 191.0	- 133.7	431.5	+297.8
S	- 158.1	- 110.7	327.8	+217.1
O	- 177.1	- 124.0	166.3	+ 42.3
N	- 161.0	- 112.7	54.3	- 58.4
D	- 161.1	- 112.8	77.9	- 34.9
Totales	2654.7	1858.5	1918.5	60.0



El total de la última columna del cuadro anterior nos indica que en el año medio del período 1921-1936, los volúmenes de precipitación sobre el embalse se superan a la evaporación en el mismo, y que por consiguiente el volumen medio anual de extracción aumentará y correlativamente su gasto.

TABLA # 15

GASTOS LLUVIA-EVAPORACION PARA DIFERENTES CAPACIDADES.

Capacidades en millones de m <sup>3</sup> .	Columna (1) 2	Área en Hs. 3	Gasto lluvia-evaporación en lts/seg. 4
(1)	(2)	(3)	(4)
250	125	1340	0.025
275	138	1380	0.026
300	150	1420	0.027
320	160	1450	0.028
340	170	1472	0.028
360	180	1500	0.029
380	190	1522	0.029
396	198	1540	0.029
400	200	1542	0.029

$$\text{Gasto "lluvia-evaporación"} = \frac{60}{31\ 557\ 600} = 0.00001902 \text{ mm/seg.}$$

Los resultados de la columna 4, demuestran que las cantidades de agua aportadas al embalse por concepto de "lluvia-evaporación", son demasiado pequeños y no son dignos de tomarse en cuenta, por lo que se consideraron como buenos los gastos de extracción anotados en la Tabla # 15.

5.- Estudio Económico

Para fijar el almacenamiento conveniente, es preciso comparar el beneficio económico obtenido por incremento de ca-

pacidad y la inversión capitalizada por incremento en el costo de la obra.

Tomando en cuenta que la utilidad que se obtendrá por KWH vendido será aproximadamente de \$ 0.01 considerando un factor de venta de 0.75 se formó la tabla # 16 en la que se anotaron las utilidades anuales por concepto de venta de energía producida al incrementar la capacidad del almacenamiento y consecuentemente el gasto constante de extracción.

Número de horas de un año medio :  $365.25 \times 24 = 8766$ .

Carga total = 697 m. = H

Eficiencia de la tubería, turbina y generador :

0.80

Eficiencia de la transformación y transmisión :

0.92

Factor de venta : 0.75

KWH producidos en un año medio:

$$\frac{697 \times 0.80 \times 0.92 \times 0.75 \times 0.736 \times 8766}{75} \times q$$

Siendo q = gasto en Kgs.

KWH producidos en un año medio = 33 097.09 = q

##

TABLA # 16

UNIDADES ANUALES POR INCREMENTO DE  
LA CAPACIDAD DEL VASO DE VALLE DE  
BRAVO

Almac. útil on millo - nos m <sup>3</sup> .	Gasto ex- trao. en- m <sup>3</sup> /s.	Incrementos de gasto m <sup>3</sup> /s.	Incrementos acumulados- m <sup>3</sup> /s.	KWH pro- ducidos- por año.	Utilida- dos anua- los on \$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
250	13.65				
275	13.78	0.13	0.13	4302622	43026
300	13.90	0.12	0.25	8274273	82742
320	14.00	0.10	0.35	11583982	115840
340	14.08	0.08	0.43	14231749	142317
360	14.20	0.12	0.55	18203400	182034
380	14.28	0.08	0.63	20851167	208512
396	14.38	0.10	0.73	24160876	241609
400	14.43	0.05	0.78	25815730	258157

Suponiendo una duración para la planta de 50 años, calcu-  
laríamos el capital formado por las utilidades anuales obteni-  
das por la venta de los incrementos de energía generada, en el  
supuesto de que las entregas son periódicas con espaciamento  
de un año.

La fórmula del capital constituido es la siguiente:

$$c = a S_n \quad (\text{Ver la hoja } \# 52)$$

$$r = 6\% \text{ anual}$$

$$n = 5^0 \text{ años.}$$

TABLA # 17

Almac. util. en millones de m <sup>3</sup> .	a en \$	S <sub>n</sub>	c en \$
(1)	(2)	(3)	(4)
275	43 026	307.756	13 241 510
300	82 742	307.756	25 464 347
320	115 840	307.756	35 650 455
340	142 317	307.756	43 798 911
360	182 034	307.756	56 022 056
380	208 512	307.756	64 170 819
396	241 609	307.756	74 356 619
400	258 157	307.756	79 449 366

Conociendo los capitales formados con las utilidades colocadas a interés compuesto de tasa al 6% anual durante 5<sup>0</sup> años en forma de anualidades de Imposición, se procedió a calcular los costos de la Cortina de Valle de Bravo y de los terrenos inundados, correspondientes a los incrementos de los almacenamientos estudiados con anterioridad con el propósito de establecer una relación comparativa entre los capitales anotados en la columna (4) de la Tabla # 17, los ingresos por concepto de utilidades que se obtienen

drían si el dinero que importan las obras y los terrenos inundados al incrementar la altura de la cortina, se capitalizara a un interés del 6% anual durante 50 años.

Para fijar las alturas de cortina correspondientes a cada almacenamiento, así como la cuantía de los terrenos inundados para cada caso, es preciso determinar la capacidad para azolves, el bordo libre que preserve a la cortina del oleaje y la carga en el aliviadero cuando desagua la avenida máxima.

a) Capacidad para azolves

Durante el año de 1943 se realizaron observaciones diarias en el río de Tilostoo, para determinar la cantidad de sedimentos que transportaba el agua de dicha corriente.

TABLA # 18

RIO TILOSTOO

CARGAS DE SEDIMENTOS

AÑO DE 1943.

MES	Volúmenes ocurridos miles de m <sup>3</sup>	Peso sedimen- to/m <sup>3</sup> en gra- mos.	Pesos en Toneladas .
(1)	(2)	(3)	(4)
E	17 414	41.00	713.974
F	12 288	326.00	4 005.888
M	11 970	29.20	349.524
A	11 228	24.33	273.177
M	15 373	343.50	5 280.626
J	44 101	1 042.80	45 988.523
J	40 816	604.30	24 665.109
A	61 528	910.80	56 039.702
S	89 878	432.50	38 872.235
O	79 216	264.26	20 933.620
N	42 555	126.00	5 361.930
D	33 353	99.50	3 301.947
TOT.	459 720	4 243.69	205 786.255

El peso medio por m<sup>3</sup> del sedimento apreciado durante el año de 1943 es igual:

$$\text{Sedimento/m}^3 = \frac{205\ 786\ 255\ \text{Kgs.}}{459\ 720\ 000\ \text{m}^3} = 0.4476\ \text{Kg/m}^3.$$

Para fijar la capacidad destinada a retener los sedimentos en el vaso de Valle de Bravo, se tuvo presente que las fuentes de aprovisionamiento del embalse son tres, a saber:

- 1.- Vaso de Villa Victoria.
- 2.- Río Malacatepec, Escurrimiento correspondiente a la Cuenca # 2.
- 3.- Río Valle de Bravo.

Se supuso que los escurrimientos provenientes del Vaso de Villa Victoria carecen de sedimentos, pues se consideró que la enorme extensión de este embalse garantizaba el supuesto anterior, por lo que las únicas aportaciones de sedimentos provienen de las fuentes 2 y 3.

Para determinar las cargas de sedimento relativos a las corrientes 1, 2 y 3, se prorrateó la carga media por m<sup>3</sup> de sedimento entre los escurrimientos registrados en el año de 1943.

AÑO DE 1943

FUENTES	ESCURRIMIENTO EN MILES DE m <sup>3</sup> .
Vaso de Villa Victoria	173 702
Cuenca # 2	70 720
Río Valle de Bravo	<u>215 298</u>
T O T A L	459 720

Cargas de sedimento en Kg/m<sup>3</sup>:

$$\text{Villa Victoria: } \frac{0.4476}{459 \ 720} \times 173 \ 702 = 0.1691$$

$$\text{Cuenca \# 2 : } \frac{0.4476}{459 \ 720} \times 70 \ 720 = 0.0689$$

$$\text{Río Valle de - } \frac{0.4476}{459 \ 720} \times 215 \ 298 = 0.2096$$

Bravo :

Como antes se dijo, para el presente estudio se fijó un periodo de 5<sup>o</sup> años para la duración de las obras y para determinar la cantidad de azolve arrastrado por las corrientes enunciadas durante el lapso fijado, se multiplicó la carga unitaria de sedimento por el volumen total de los escurrimientos registrados en un periodo de 5<sup>o</sup> años, para cada una de las tres fuentes de aprovisionamiento. Además, para convertir el peso de sedimento total arrastrado, en volumen, se le consideró un peso volumétrico de 1120 Kg/m<sup>3</sup>, que es el aceptado por el Departamento de Estudios de la C.N.I.

Villa Victoria. Cuenca # 1.

Volumen escurrido desde Julio de 1921 a Diciembre de 1936: 2 386 928 miles de m<sup>3</sup>.

Número de mosas: 186

$$\text{Volumen medio anual} = \frac{2 \ 386 \ 928}{186} \times 12 = 153 \ 995 \text{ miles de m}^3.$$

Río San José Malacatepec. Cuenca # 2.

Volumen escurrido desde Julio de 1921 a Diciembre de 1936: 1 164 361 miles de m<sup>3</sup>.

$$\text{Volumen medio anual: } \frac{1 \ 164 \ 361}{186} \times 12 = 75 \ 120 \text{ miles de m}^3.$$

#

Río Valle de Bravo.

Volumen escurrido desde julio de 1921 a Diciembre de 1936: 4 049 088 milés de m<sup>3</sup>.

Volumen medio anual:  $\frac{4\ 049\ 088}{186} \times 12 = 261\ 231$  milés de m<sup>3</sup>.

Con los resultados anteriores se formó la tabla # 19, en cuya columna (6) se anotaron los volúmenes de azolve correspondientes a cada una de las fuentes 1, 2 y 3 .

TABLE # 19  
VOLUMEN DE AZOLVE PARA UN PERIODO DE 50 AÑOS. -

CORRIENTE	Volumen medio anual en milés de m <sup>3</sup> .	Volumen en 50 años en milés de m <sup>3</sup> .	Carga de Sedimen. en Kg/m <sup>3</sup> .	Sedimento en Tonela. das.	Sedimento en m <sup>3</sup> .
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.-Cuenca # 1 V. Victoria	153 995	7 699 750	0.1691	1 302 026	1 162 525
2.-Cuenca # 2 Río Malacatepec	75 120	3 756 000	0.0689	258 788	231 061
3.-Río Valle de Bravo.	261 231	13 061 550	0.2096	2 737 701	2 444 376

PESO VOLUMETRICO DE AZOLVE: 1120 Kg/m<sup>3</sup>.

De acuerdo con los resultados anotados en la columna (6) de la tabla # 19, la capacidad para azolves para cada uno de los almacenamientos es:



Vaso de Villa Victoria: 1,2 millones de m<sup>3</sup>.

Vaso de Valle de Bravo: 2,7 millones de m<sup>3</sup>.

Las cantidades de sedimentos calculadas para el lapso de 50 años resultan muy reducidas, probablemente debido a que el sistema seguido para la determinación de los sedimentos originó que los datos obtenidos fueran inferiores a los reales.

Con el fin de tener otro dato que nos pueda dar idea de la cantidad de azolve acarreado, se recurrió a la "Tabla de azolves en vasos de almacenamientos" de Henry M. Eakin, y publicada por la C.N.I. y clasificada bajo el número G-C-712. Cabe hacer notar que el resultado que se obtiene con el auxilio de esta tabla no nos da propiamente la seguridad de que el fenómeno se realizara, sino solamente un medio justificativo, hasta cierto punto, de la elección que se haga de la capacidad para azolve en una presa, de la cual no se tengan observaciones. Es preciso tener en cuenta, que el fenómeno de la erosión es sumamente complicado, pues depende de un sinúmero de factores, tales como las lluvias, constitución del terreno, vegetación, vientos, heladas, magnitudes de los gastos escurridos, profundidad y ancho de la corriente, pendiente de la misma, talas e incendios de los bosques, etc. W. E. Corfitzen publicó un artículo por demás interesante sobre los problemas de azolve; en una de las partes de su artículo se expresa así: "La erosión normal incluye el movimiento de rocas y suelos de las regiones montañosas arriba de la línea de los bosques. Las heladas --

tienden a agrietar y desintegrar las rocas; y el viento y la lluvia completan la acción. Sin embargo, en las regiones desérticas la erosión normal incluye el movimiento de la arena, la cual constantemente sufre remociones y durante las pocas frecuentes lluvias es acarreada hacia las corrientes de agua. En donde la vegetación es abundante, el suelo se mantiene en el lugar, mediante la intrincada trama de raíces, a menudo cubiertas con un manto o capa de humus, hojas y otras materias.

Este manto absorbe el agua durante los aguaceros o períodos de precipitación durante el deshielo, y evita que el suelo sea trasladado a otra parte. En las estaciones más secas, parte del agua previamente absorbida se filtra hacia abajo agregándose al depósito natural de aguas freáticas. El agua remanente se pierde por evaporación o por transpiración al ser utilizada por la vegetación, o bien se pierde a través de los poros de las hojas en forma de vapor. Estas fuerzas naturales opuestas tienden a reducir la erosión excesiva.

La erosión acelerada, por otra parte, se origina por la intromisión del hombre contra una o más de las fuerzas naturales, sin procurar trabajos que compensen sus efectos a fin de mantener el equilibrio. Una de las principales causas ha sido la desmedida práctica comercial de la tala de árboles. Troncos enormes son precipitados al terreno, aplastando y desonraizando pequeños árboles y arbustos y desgarrando la capa que cubre el suelo. Al ser removido este manto quedan expues-

tos directamente a la furia del empujo de las aguas de lluvia y del viento. Sin esta pantalla para retardar el deshielo, los escurrimientos más grandes atraviesan el terreno roto y pronto erosionan los canales que conducen enormes cantidades de material. El Servicio Forestal de los Estados Unidos ha encontrado que al ser talada una área forestal en Wagon Wheel Gap, en las altas montañas de Colorado, la carga de azolvo aumentó  $7\frac{1}{2}$  veces.

Los incendios no sofocados en los bosques pueden causar todavía más perjuicios que la tala, porque las ramas cortadas y la maleza, que retardan en parte el escurrimiento superficial, pueden ser consumidas totalmente con mucha parte del lecho, exponiendo de éste modo completamente la zona a los elementos. La erosión se clasificaría como normal, si los incendios son producidos por el rayo, pero en otros casos en que se han originado por las prácticas negligentes del hombre, la erosión resultante es definitivamente del tipo acelerado.

El pastoreo exagerado ha sido una de las principales causas de la erosión acelerada, particularmente en las altas regiones de vastas extensiones de terrenos para pastos. En la mayoría de los casos, mientras más abundante es el crecimiento natural de los pastos, más ganado se sostiene en esas extensiones de terreno. Esta práctica ocasionó la disminución de la

cubierta natural, particularmente en años de sequía, haciendo al suelo menos resistente a la erosión. En donde se marcan las huellas del ganado si la cubierta protectora queda rota, el agua, al chorrear, forma en muchos casos arroyos considerables.

En algunas partes del país, el humo y gases de las plantas industriales han acabado con toda la vegetación en varios kilómetros a la redonda. Entre las prácticas defectuosas de cultivo agrícola se incluyen: el barbecho de terrenos de fuerte pendiente que deberían conservarse como bosques; su empleo para siembras no cultivables; el cultivo exagerado y la falta de rotación de los cultivos. Otra causa de la acumulación de azolve en las corrientes, es la práctica seguida en algunos aserraderos, de arrojar los troncos al agua con el propósito principal de que las corrientes los acareen, sin tomar en consideración que esto puede afectar los derechos de los otros usuarios aguas abajo.

Aunque la mayoría del suelo acarreado como resulta de estos factores de erosión es fino, ha habido casos en que la precipitación en laderas desnudas de bosques, ha removido cantos o piedras pesando más de 250 toneladas."

De la página # 16 tomamos los siguientes datos acerca del área de las cuencas:

Cuenca # 1: 725.20 m<sup>2</sup>

Cuenca # 2: 353.76 Km<sup>2</sup>

Cuenca # 3: 600.00 Km<sup>2</sup>

Por otra parte, supondremos la capacidad del vaso de Valle de Bravo de 400 millones de m<sup>3</sup>, y el escurrimiento medio anual para dicho vaso, sin considerar la existencia del Vaso de Villa Victoria, es de 459 720 miles de metros cúbicos.

La relación capacidad-escurrimiento será:

$$\frac{\text{capacidad}}{\text{escurrimiento}} = \frac{400}{460} = 0.87$$

Esta relación es un tanto alta.

Aplicando el promedio de azolve por m<sup>3</sup> para 14 vasos americanos, el cual es de 108 m<sup>3</sup> por Km<sup>2</sup>, se obtuvo la siguiente capacidad para sedimentos:

$$\begin{aligned} \text{Volumen total de azolve} &= 1\ 679\ \text{Km}^2 \times 108\ \text{m}^3/\text{Km}^2 \times 50 = \\ &= 9\ 066\ 600\ \text{m}^3. \end{aligned}$$

Se tuvo presente que la construcción de la presa de Villa Victoria reduciría la aportación de sedimentos al vaso de Valle de Bravo, en cierta cantidad que para mayor sencillez — fuera proporcional al área de la cuenca de Villa Victoria.

Capacidad de azolve — 725 x 108 x 50 = 3 915 000 m<sup>3</sup>.  
para Villa Victoria : 4 millones de m<sup>3</sup>.

Capacidad de azolves —  
para el Vaso de Valle- 954 x 108 x 50 = 5 151 600 m<sup>3</sup>.  
Bravo : 5 millones de m<sup>3</sup>.

A la Presa de Villa Victoria se convino en darle una capacidad para azolves de 1<sup>o</sup> millones de m<sup>3</sup>; es decir, se consideró que la cantidad de azolve drenado por kilómetro cuadrado era de 276 m<sup>3</sup>., en vez de 108.

Para Valle de Bravo también se eligió la capacidad de 10 millones de m<sup>3</sup>, lo cual implica un margen de seguridad de 5 millones de m<sup>3</sup>.

b) Bordo Libre

Para impedir que el oleaje pueda volcar sobre la presa, a la coronación se le da una altura que sea cuando menos igual a la del máximo embalse, más la altura de la máxima ola que se pueda formar, más un bordo libre adicional que depende de la altura de la ola.

Stevenson propone la siguiente fórmula para determinar la altura "H" de la ola:

$$H = 0.36 \sqrt{L} + 0.76 - 0.27 \sqrt[4]{L} \quad (1)$$

siendo L = longitud máxima del embalse, en línea recta, a partir de la corona.

Hawksley sugiere la fórmula siguiente:

$$H = 0.47 \sqrt{L} \quad (2)$$

La fórmula de Henny es:

$$H = 0.014 (V - 13.7) \quad (3)$$

V = velocidad del viento en kilómetros por hora.

Fred H. Wolf, presenta una solución nueva del problema en un artículo que fue traducido y publicado por la C.

N.I. en el Memorándum Técnico # 25 bajo el título de: "Bor de Libro en Cortinas de Almacenamiento". La fórmula obtenida por el Sr. Wolf es la siguiente:

$$H = (.000 V - 0.068) \sqrt{L} \quad (4)$$

El autor hace notar que en ninguna de las fórmulas (1), (2) y (3) intervienen las tres variables, y que únicamente la variable "V" está representada en la fórmula (3), pero con el inconveniente de no poder emplear esta fórmula para vasos cuya "cola" sea diferente de 6 kilómetros.

La ventaja que presenta la fórmula (4) es que liga las tres variables, H, L y V, y el de haber sido comprobado en numerosas presas del tipo rígido y del tipo flexible.

Cálculo de la altura de la máxima ola.

Datos:

$$L = 6 \text{ Km.}$$

$$V = 130 \text{ Km/hr.}$$

Fórmula de Stevenson:

$$H = 0.36 \sqrt{6} + 0.76 = 0.27 \sqrt[11]{6}$$

$$= 0.36 \times 2.45 + 0.76 = 0.27 \times 1.57$$

$$= 0.88 + 0.76 = 0.42$$

$$H = \underline{1.22 \text{ m.}}$$

Fórmula de Hawksley:

$$H = 0.47 \times 2.45 = \underline{1.15 \text{ m}}$$

Fórmula de Henry:

$$H = 0.014 (13^0 - 13.7) = 0.014 \times 116.3$$

##

$$H = \underline{1.63 \text{ m}}$$

Fórmula de Wolf

$$H = (0.005 \times 130 - 0.068) \sqrt{6}$$
$$= (0.650 - 0.068) \times 2.45 = 0.582 \times 2.45$$

$$H = \underline{1.43 \text{ m}}$$

Como podemos comprobar, la fórmula de Honey da el mayor valor.

A mi parecer la fórmula de Wolf, es la que es más segura y por lo tanto tomaré como bueno el resultado de 1.43 m.

El bordo adicional se tomó de la tabla I -- Pág. -- # 5 del Memorándum Técnico antes aludido, que para las condiciones fijadas resultó un promedio igual a 1.02 m.

Por consiguiente el bordo libre total para la presa es igual:

$$H_T = 1.43 + 1.02 = 2.45 \text{ m.}$$

Tomaremos para el cálculo un Bordo Libre de 2.50 m.

c) Avenida Máxima.

En el Capítulo II, página 5, se indicó que para dar salida a las crecientes se construiría sobre la margen izquierda, un vertedor de cresta fija aprovechando un puerto natural.

Los estudios realizados para determinar el tipo y la longitud del vertedor llevaron a la conclusión de que el tipo conveniente era el Creager, y su longitud, en vista de



la topografía del terreno, debía ser aproximadamente de 70 metros.

La fijación de la Avenida Máxima probable para una cuenca depende de muchos factores: Extensión y forma de la cuenca; intensidad y duración de la lluvia, coeficiente de escurrimiento, etc., y la determinación de estos factores ha llevado a los estudiosos de la materia a estructurar diversas fórmulas matemáticas, apoyadas en observaciones, que pretenden fijar las crecientes máximas para una cuenca dada.

Los fracasos sufridos en muchas presas han demostrado, unas veces, la poca importancia que los proyectistas concedieron a la capacidad de las obras de alivio y otras la imprecisión de los cálculos matemáticos cuando se aplican a fenómenos naturales sumamente complicados y sujetos a variaciones imprevistas.

Muchas son las fórmulas usuales propuestas para resolver el problema. Para este caso particular se aplicaron las siguientes:

1.- Fórmula de Murphy.

$$q = \frac{1324.94}{A + 828.8} + 0.164$$

q = Gasto, en metros cúbicos por segundo, por kilómetro cuadrado drenado

A = Superficie del area drenada en kilómetros cuadrados.

El gasto total =  $Q = q \cdot A$  en  $m^3/s$ .

2.- Fórmula de Kuichling.

$$q = \frac{1245.45}{A + 440.3} + 0.219$$

$A$  = Superficie del área drenada en kilómetro <sup>2</sup> -  
tres cuadrados.

$q$  = Gasto en metros cúbicos por segundo por -  
kilómetro cuadrado.

Gasto total =  $q \cdot A$  en  $m^3/s$ .

3.- Fórmula de Metcalt y Eddy.

$$q = \frac{6.218}{A^{0.27}}$$

$A$  = Área drenada en  $Km^2$ .

$q$  = gasto en  $m^3/s./Km^2$ .

4.- Fórmula de Burkli-Ziegler

$$Q = Acr \sqrt[4]{\frac{s}{A}}$$

$Q$  = Gasto en  $m^3/s$ .

$A$  = Área drenada en hectáreas.

$c$  = Coeficiente que depende de la naturaleza  
del terreno.

$r$  = Precipitación media en metros cúbicos por -  
 $Ha/seg.$  durante el período de máxima inten-  
sidad de precipitación.

$s$  = Pendiente de la cuenca en tantos por mil.

Para el sistema métrico los valores del coeficiente "c" son como sigue:

- Para terrenos muy impermeables ..... 0,6
- Para terrenos impermeables ..... 0,5
- Para terrenos permeables ..... 0,4
- Para terrenos muy permeables ..... 0,3

5.- También se consultaron las curvas de Croagor y Fuller para riadas extraordinarias que fueron publicadas en el tomo II, de la Obra "Saltos de Agua y Presas de Embalse" de José Luis Gómez Navarro.

APLICACION

Datos:

Area de la cuenca: 600 Km<sup>2</sup> = 60 000 Hs.

Precipitación máxima en

24 horas (se tomó la má

xima registrada en Te

mascaltepec, Méx.) : 110.0 m.m.

Pendiente de la cuenca: 55 por 1 000

1.- Fórmula de Murphy

$$q = \frac{1324.94}{600 + 828.8} \rightarrow 0.164 = 1.091 \text{ m}^3/\text{s}/\text{Km}^2.$$

$$Q_{\text{máx}} = 600 \times 1.091 = \underline{655 \text{ m}^3/\text{s}.$$

2.- Fórmula de Kuichling

$$q = \frac{1245.45}{600 + 440.3} \rightarrow 0.219 = 1.084 \text{ m}^3/\text{s}/\text{Km}^2$$

$$Q_{\text{máx}} = 600 \times 1.084 \hat{=} 650 \text{ m}^3/\text{s}.$$

3.- Fórmula de Metcalf y Eddy:

$$q = \frac{6.218}{0.27} = \frac{6.218}{5.451} = 1.141 \text{ m}^3/\text{s}/\text{Km}^2.$$

$$\text{Log } 600^{0.27} = 0.27 \log 600 = 0.27 \times 2.7282 = 0.7366$$

$$\text{antilog } 0.7366 = 5.451$$

$$Q_{\text{máx}} = 600 \times 1.141 = 685 \text{ m}^3/\text{s}.$$

4.- Fórmula de Burkli-Ziegler

$$c = 0.5 \text{ (Para terreno impermeable)}$$

La precipitación media en metros cúbicos por Ha/sog., durante el período de máxima intensidad, la determinamos suponiendo que el tiempo de precipitación era de 6 horas en vista de las características de la cuenca.

$$r = \frac{0.110}{6} \times \frac{10\ 000}{3\ 600} = 0.0509$$

s = pendiente de la cuenca en tantos por millar = 55.

$$Q_{\text{máx}} = 60\ 000 \times 0.5 \times 0.0509 \times \sqrt[4]{\frac{55}{60\ 000}}$$

$$= 1527 \times \sqrt[4]{0.000917} = 1527 \times 0.174 \hat{=} 266 \text{ m}^3/\text{s}.$$

5.- Curvas de Creager y Fuller.

La curva de Creager para  $c = 6\ 000$ , una frecuencia de 100 años y una cuenca de  $600 \text{ Km}^2$ , de una viada extraordinaria de  $1\ 600 \text{ m}^3/\text{s}$ .

La curva de Fuller para  $N = 70$ , una frecuencia de

100 años, y una cuenca de 600 Km<sup>2</sup>, da una creciento de 600 m<sup>3</sup>/s.

A continuación se reproducen los resultados anteriores en la tabla siguiente:

TABLA # 29.-

VASO DE VALLE DE BRAVO

AVENIDA MAXIMA PROBABLE

- FORMULAS -

Murphy m <sup>3</sup> /s	Kuichling m <sup>3</sup> /s.	Metcalt m <sup>3</sup> /s.	Burkli Ziegler m <sup>3</sup> /s	Creager m <sup>3</sup> /s	Fuller m <sup>3</sup> /s	Promedio m <sup>3</sup> /s
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
655	650	685	266	1600	600	743

Como se expuso antes, existe verdaderamente la incertidumbre para fijar la capacidad de la obra de excedencias, pues en tanto que la curva de Creager acusa para los datos conocidos una avenida de 1600 m<sup>3</sup>/s., la aplicación de la fórmula de Burkli-Ziegler da origen a una de 266 m<sup>3</sup>/s. La avenida máxima observada en el período 1921-1943 ha alcanzado un caudal de 125 m<sup>3</sup>/s.

En mi concepto la capacidad del vertedor, en este caso, debería tender hacia el lado de la seguridad, pues debe tenerse en cuenta que la cortina es de materiales graduados y que su fracaso sería definitivo en el caso de que una avenida de proporciones superiores a la magnitud de alivio --

del vertedor hiciera volcar el agua sobre la cortina.

El promedio de los resultados obtenidos es de 743 m<sup>3</sup>/s. para la avenida máxima, pero tampoco sería improbable que se registrara en un período corto o largo una creciente cercana o igual a 1600 m<sup>3</sup>/s., por lo que estimo que una capacidad para el vertedor de unos 1300 m<sup>3</sup>/s., asegure la integridad de la cortina, ya que debe tenerse en cuenta la regulación propia del embalse. Creo de sumo interés transcribir unos párrafos que escribe en su libro de "Saltos de Agua y Presas de Embalse" el eminente catedrático español José Luis Gómez Navarro: " El ingeniero se cuenta con la incertidumbre de la fijación del caudal de máxima riada que sirva de base para el proyecto del aliviadero. Si, partiendo de las fórmulas de Creager o de Fuller, aumentamos el número de años de cómputo, crece el caudal probable, y con ello el coste de las obras, qué cómputo de años ha de tenerse en cuenta? Esto ha de depender de las circunstancias de la obra y del espíritu más o menos prudente del proyectista. Si se trata de una presa de tierra o de escollera en que la insuficiencia de aliviadero puede determinar que las aguas viertan sobre ella, con su segura destrucción, es necesario exagerar la prudencia. Si la presa es de fábrica cimentada en roca sólida, no se rán de temer grandes desastres en el caso en que se convierta en presa vertedero, si no lo es, o que alcance la lámina vertiente, si lo es, mayor espesor que el supuesto;

a no ser que se disponga la central y estación transformadora al pie deaquella, y la lámina vertiente pueda alcanzarlas y destruirlas. Así, pues, en presas de fábrica no hay necesidad de exagerar el caudal de máxima riada, salvo la excepción que se apunta. Puede ser más económico el partir de un caudal de riada probable en un lapso de 100 años y exponer las obras a los desperfectos que pueda ocasionar una riada probable en 1 000 años, corrigiéndolos cuando se produzcan, que el disponer de las obras con el coste consiguiente a esta última riada, ante el temor de que se produzca una vez, por término medio, en tal largo lapso de tiempo.

"Creager dice que cuando la rotura de la presa no pueda llevar en sí pérdidas de vidas humanas, puede partirse de un cómputo de 50 años en el cálculo de la riada. Pero en presas situadas agua arriba de poblaciones, este cómputo debe ser de 1000 y hasta de 10 000 años."

"En resumen, para fijar la capacidad del aliviadero de una presa aconsejamos lamayor prudencia, especialmente cuando se trata de presas de tierra o de escollera. Antes, al tratar de ellas, hemos citado las causas de rotura de 55 presas, que se indican en Transactions of American Society of Civil Engineers, de 1924, y de ellas resulta que el 50 por 100 de las reseñadas se destruyeron por insuficiencia de aliviadero.

"No deben bastar al ingeniero los datos, por fi -  
dedignos que sean, de observación directa de riadas, en nú  
mero de cortos años. Debe acudir a consultar los que arro  
jen las curvas antes citadas, y decidir, teniendo en cuen -  
ta los daños que una mayor riada que la supuesta puede oca  
sionar, el caudal base del cálculo del aliviadero, y dis -  
poner las obras para que estos daños sean los menores po -  
sibles, dentro de un cierto límite económico, que cada ca -  
so señalaré.

"Como hechos aleccionadores citaremos dos casos -  
de roturas de presas de fábrica ocurridas por insuficien -  
cia de aliviadero.

"En la presa de Sweetwater (E.U.) se proyectó el -  
aliviadero, al construirse, sólo para 50 metros cúbicos -  
por segundo, y a este caudal se añadía, para caso necesa -  
rio, el de los desagües, y esto, junto con el efecto regu -  
lador del vaso, se consideró suficiente. Cinco años des -  
pués sobrevino una riada de 148 metros cúbicos por segundo.  
Se aumentó entonces la capacidad del aliviadero, pero pocos  
años después otra riada llegó a un caudal de 500 metros cú -  
bicos por segundo, que causó graves averías en la presa. -  
Se aumentó nuevamente aquella capacidad, y aun años adelan -  
te otra riada sobrepasó la previsión, alcanzando un caudal  
de 1 274 metros cúbicos por segundo. Luego se ha amplia -  
do la capacidad hasta vez y media el caudal de la última -



riada. De modo que la capacidad que se ha considerado, finalmente, necesaria desaguar es de cerca de cuarenta veces la que primitivamente tenía el aliviadero.

"Otro ejemplo notable nos lo proporciona la presa del Habra (Argelia) de 35 m. de altura. Se proyectó un aliviadero de 125 m. de longitud, con un posible espesor de lámina vertiente de 1.60 m. (Barrages, Dumas, 1896), lo que daba una capacidad de desagüe de 430 metros cúbicos por segundo. El labio del aliviadero quedaba 3 m. por debajo de la parte más alta de la coronación. Se concluyó la presa en 1871, y al año siguiente una riada alcanzó 2 m. de espesor de lámina sobre el aliviadero, con un caudal de 640 metros cúbicos por segundo, sin contar con los que se evacuaban por los desagües de fondo. Esta riada destruyó el aliviadero en 50 m. de longitud, y no causó víctimas por estar deshabitado entonces el valle inferior. En 1881 sobrevino otra riada mayor, que alcanzó 2,25 m. sobre el aliviadero y que puede reputarse de caudal de 800 metros cúbicos por segundo. Entonces fué destruída la presa en 110 m. de longitud y 18 m. de altura, ocasionando 400 víctimas humanas y muchas pérdidas. La primera riada se consideró excepcional y no se admitió que pudiera reproducirse, y ni entonces, ni a consecuencia del desastre de 1881, se dió a la insuficiencia del aliviadero la importancia fundamental de la rotura, y en el informe de los

peritos, se insistió en defectos de proyecto y construcción del perfil de la presa. Se reconstruyó ésta, y en 1927 sobrevino una riada aún mayor que las anteriores, cuyo caudal en el Habra se calcula en 1 700 metros cúbicos por segundo, causando nueva rotura en la presa (que funcionó como vertedero), y no originando víctimas porque los habitantes del valle, avisados a tiempo, pudieron salvarse."

Sin embargo, la capacidad del vertedor de demasías se eligió de 750 m<sup>3</sup>/s., que corresponde con mucha aproximación al promedio de los resultados obtenidos mediante la aplicación de las fórmulas de Murphy, Kuichling, etc. Como margen de seguridad, no se consideró el efecto regulador del embalse.

La altura de la lámina de agua sobre la cresta del vertedor al pasar la riada máxima se calculó con los siguientes datos:

Vertedor tipo Creager.

Longitud de creste = 70 metros.

Coefficiente de gasto = 2.14

Gasto = 750 m<sup>3</sup>/s.

Fórmula empleada =  $Q = CLH^{3/2}$

de donde:

$$H = \frac{Q}{CL}^{2/3} = \frac{750}{2.14 \times 70}^{2/3}$$

$$H = 5.007^{2/3} = 2.93 \text{ m.}$$

Para el diseño de la cortina se eligió una carga de 3.00 m. para el vertedor desaguardo la avenida máxima.

Costos de la Cortina

Para determinar los costos de la cortina del embalse de Valle de Bravo, se adoptó para la estimación de los volúmenes y costos correspondientes, la cubicación relativa al anteproyecto formulado por el Ing. Antonio Sánchez Monroy, con el título de la. Alternativa.

T'BLA # 21

VOLUMENES DE LA CORTINA DE VALLE DE BRAVO

Elevaciones en m.	Volúmenes parciales - en m <sup>3</sup> .	Volúmenes acumulados en me.
1835.50		0
1828.00	22 439	22 439
1825.00	15 871	38 310
1820.00	36 912	75 222
1815.00	45 056	120 278
1810.00	49 728	170 006
1805.00	52 841	222 847
1800.00	50 968	273 815
1795.00	42 602	316 417
1790.00	23 257	339 674

La altura de la cortina queda fijada por los siguientes datos: altura correspondiente a la capacidad de azolve, altura relativa al almacenamiento útil, altura de la carga sobre el vertedor al desaguar la riada máxima y altura del bordo libre. De estas partes la única que varía

es la correspondiente a la capacidad de aprovechamiento, y las demás permanecen con los valores siguientes:

Capacidad para afluente 10	
millones de m <sup>3</sup> .....	10
Carga en el vertedor ...	3
Bordo Libre .....	<u>2.50</u>
TOTAL ....	15.50

Con auxilio de la gráfica de áreas y capacidades del Vaso de Valle de Bravo, plano 39-0-574-3871, y de la tabla # 21 se formó la tabla # 22.

TABLA # 22

COSTOS DE CORTINA POR INCREMENTOS DE CAPACIDADES. -

Capacidad en millones de m <sup>3</sup>	Altura de cortina en m.	Incremento de altura en m.	Volumen en m <sup>3</sup> .	Volúmenes acumulados en m <sup>3</sup> .	Costo en \$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
250	37.50				
275	39.00	1.50	12 780	12 780	76 680
300	40.50	1.50	12 780	25 560	153 360
320	41.50	1.00	4 651	30 211	181 266
340	42.50	1.00	4 651	34 862	209 172
360	43.50	1.00	4 651	39 513	237 078
380	44.70	1.20	5 580	45 093	270 558
396	45.50	0.80	3 721	48 814	292 884
400	45.80	0.30	1 395	50 209	301 254

El costo por metro cúbico de cortina se supuso de \$6.00, pues las informes tomados en el Departamento de Construcción de la C.N.I. acerca de los costos unitarios para -

cortinas de tierra se aproximan al valor escogido.

Los volúmenes apuntados en la columna (4) representan los volúmenes de cortina correspondiente a los incrementos de altura anotados en la columna (3).

La tabla # 23 se elaboró con el auxilio de la gráfica de áreas y capacidades ya citada, y se supuso un costo por hectárea inundada de \$350, que coincide aproximadamente con el valor medio real.

.. TABLA # 23  
.. VASO DE VALLE DE BRAVO  
COSTOS DE TERRENO INUNDADO POR  
INCREMENTOS DE CAPACIDAD

Capacidad en mil millones de m <sup>3</sup>	Superficies inundadas en Ha.	Incrementos de áreas en Ha.	Áreas inundadas acumuladas en Ha.	Costo en \$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
250	1670			
275	1700	40	40	14 000
300	1740	40	80	28 000
320	1774	34	124	43 400
340	1804	30	154	53 900
360	1830	26	180	63 000
380	1858	28	208	72 800
396	1878	20	228	79 800
400	1882	4	232	81 200

Conocidos los costos relativos a los incrementos de volumen de la cortina y de los terrenos inundados, se procedió a determinar el Capital constituido por cada uno de los renglones de la columna (5) de la Tabla # 23, bajo la suposición de que se colocó el dinero a un interés compuesto del 6% anual durante 50 años.

La fórmula empleada es:

$$A = a (1 + r)^n$$

A, a, r y n, tienen el mismo significado que se les dió en la hoja 51.

$$n = 50 \text{ años.}$$

$$r = 6 \%$$

Con los datos de la columna 6 y 5 de las tablas números 22 y 23 respectivamente se formó la tabla # 24, en cuya última columna se inscribieron los capitales formados por la inversión capitalizada del costo de cada volumen de cortina considerado más el costo de los terrenos inundados correspondientes.

TABLA # 24

Almac. Util. en millo - nos de m3e'	a en \$	(1+r) <sup>n</sup>	A en \$	Utilidad A-a en \$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
275	90 680	18.420	1 670 326	1 579 646
300	181 360	18.420	3 340 651	3 159 291
320	224 666	18.420	4 138 348	3 913 682
340	263 072	18.420	4 845 786	4 582 714
360	300 078	18.420	5 527 437	5 227 359
380	343 358	18.420	6 324 654	5 981 296
396	372 684	18.420	6 864 839	6 492 155
400	382 454	18.420	7 044 803	6 672 119

Una vez definidas las utilidades por cada uno de los conceptos: inversión de las utilidades por generación de energía eléctrica, y utilidades obtenidas por la inversión

capitalizada de los costos probables de la cortina, se pudo establecer la compración requerida en el párrafo 5 del ordenamiento de este estudio (Página # 54).

La Tabla # 25 demuestra que es costeable aumentar la capacidad del embalse mas allá de los 400 millones de metros cúbicos, y esta afirmación seguiría siendo verdadera aún en el caso de que el costo por metro cúbico de cortina aumentara racionalmente, y las utilidades por concepto de ventas de energía (Tabla # 17) disminuyeran en más de un 50%.

TABLA # 25

Almac. on nillo - nes - de m <sup>3</sup> .	Gasto constante de extracción en m <sup>3</sup> /s.	Utilidades ne tas. Q. (A-a) Col. (4) Tab. #17 Col. (5) Tab. #24
275	13.78	11 661 864
300	13.90	22 305 056
320	14.00	31 736 773
340	14.08	39 216 197
360	14.20	50 794 697
380	14.28	58 189 523
396	14.38	67 864 464
400	14.43	72 777 247

Sin con los datos de la Tabla anterior se construye una gráfica apoyada en un sistema de ejes rectangulares, y en el eje de las ordenadas se consideran a escala las utilidades anotadas en la tercera columna, y en el eje de las abscisas los gastos de extracción, se observará que la curva resultante se aproxima a una línea recta.

Lo cual puede interpretarse en el sentido de que las utilidades están en proporción directa de los gastos de extracción, confirmándose plenamente, que para las condiciones supuestas en el presente trabajo, lo conveniente es darle la mayor capacidad al embalse, de manera que se alcance la regularización total de la corriente.

En el caso de la Presa de Valle de Bravo, el nivel del máximo embalse queda definido por la población de Valle de Bravo. El levantamiento topográfico del Vase de Valle de Bravo demuestra que si el nivel del agua alcanza la cota 1833.00 se inundará la parte baja de la población, fijándose por esta razón la cota 1830.00 a la cresta del vertedor, con el fin de que el nivel del máximo embalse al pasar la avenida máxima por el labio del aliviadero alcanzara a lo sumo la cota 1833.00. De acuerdo con las consideraciones hechas la capacidad tal del almacenamiento (Ver plano 39-0-574-3871) es de 406 millones de m<sup>3</sup>, la cual permite un embalse útil de 396 millones de m<sup>3</sup>. y una capacidad para azolve de 10 millones de m<sup>3</sup>.

En la página # 72, Tabla 13, se encuentra que para un almacenamiento útil de 396 millones de m<sup>3</sup>, es posible obtener un gasto constante de extracción en el período de 14.38 m<sup>3</sup>/s.

El análisis del funcionamiento del vaso, consideran



de una extracción constante de 14.38 m<sup>3</sup>/s., se resolvió gráficamente en el plano 39-C-804-5115 que representa el Diagrama Diferencial de Masas del río Valle de Bravo.

El estudio se inició partiendo del supuesto de que el 1o. de Julio de 1921 el vaso tenía un almacenamiento de 10 millones de m<sup>3</sup>. Durante el período 1921-1936, la presa derrama tres veces.

El primer derrame se inicia el 6 de noviembre de 1926 y termina el 31 de marzo de 1927. El volumen derramado es de 53 millones de m<sup>3</sup>.

El segundo período de derrame empieza el 1o. de mayo de 1927 para dejar de derramar el día último del mes de febrero de 1928. El volumen derramado es de 133 millones de m<sup>3</sup>.

El tercer período de derrame se inicia el 18 de mayo de 1928 y finaliza el 31 de octubre de 1928. La cantidad derramada es de 31 millones de m<sup>3</sup>.

El total derramado en todo el período es de 217 millones de m<sup>3</sup>.

Con el fin de estudiar un segundo período semejante al primero, para determinar el probable funcionamiento del embalse en el futuro, se hizo la consideración de que el almacenamiento de 282 millones de m<sup>3</sup>. obtenido para el 31 de diciembre de 1936 se tenía al iniciarse de nueva cuen

ta el análisis gráfico del vaso. En estas condiciones, la presa, sufre un primer derrame en el período de 326 millones de m<sup>3</sup>, que se inicia el 5 de noviembre del 5o. año del período, para finalizar el 31 de marzo del 7o. año. A partir de esta fecha, el funcionamiento del vaso se repite de manera idéntica al primer ciclo.

En resumen, para el segundo ciclo considerado, los derrames suman un volumen total de 410 millones de m<sup>3</sup>.

Para determinar la eficiencia del funcionamiento del vaso, determinaremos los porcentajes de aprovechamiento y derrames.

De la Tabla # 12, página 70, tomamos el dato de la aportación total de la corriente en el período, que fue igual a 7 518 027 000 m<sup>3</sup>.

Para el primer ciclo se tomó en cuenta un almacenamiento inicial de 10 millones de m<sup>3</sup>., y para el segundo, uno de 282 millones de m<sup>3</sup>.

El volumen total extraído es igual al producto del gasto de extracción por el número de segundos del ciclo.

$$\begin{aligned} \text{Volumen total extraído} &= 14.38 \times 489\ 283\ 200 \\ &= 7035892 \text{ miles de m}^3. \end{aligned}$$

Volumen aportado en el

$$\text{primer Ciclo} \quad = 7\ 518\ 027 + 10\ 000 =$$

$$= 7\ 528\ 027 \text{ miles de m}^3.$$

Volumen aportado en

el segundo ciclo : 7 518 027 + 482 000 =

= 7 800 027 miles de m<sup>3</sup>.

(Primer Ciclo: 1921 - 1936)

% aprovechamiento =  $\frac{7\ 035\ 892}{7\ 528\ 027} = \underline{93.5}$

% derrames =  $\frac{217\ 000}{7\ 528\ 027} = \underline{2.9}$

% imprecisión = 3.6

Segundo Ciclo:

% aprovechamiento =  $\frac{7\ 035\ 892}{7\ 800\ 027} = \underline{90.2}$

% derrames =  $\frac{410\ 000}{7\ 800\ 027} = \underline{5.3}$

% imprecisión = 4.4

Los resultados obtenidos demuestran que a pesar de la magnitud de los desperdicios registrados por derrames, la eficiencia del almacenamiento es muy buena, ya que alcanza en el primer caso un 93.5% y en el segundo un 90.2%.

El almacenamiento capaz de regularizar totalmente el régimen variable de las aportaciones, es de 613 millones de m<sup>3</sup>, según puede comprobarse en el plano 39-C-804-5115.

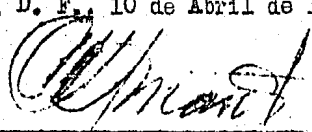
#### VII.- Gasto medio máximo aprovechable en el Sistema.

En el Capítulo anterior se llegó a la conclusión de que el gasto máximo aprovechable en el sistema formado por los -

ríos San José Malacatepec y Valle de Bravo, y por los vasos de Villa Victoria y Valle de Bravo, era de 14.38 m<sup>3</sup>/s. En esta estimación no se tuvieron en cuenta las aportaciones que se tendrían en el caso de que las corrientes de los ríos Verde, Temascaltepec e Ixtapan del Oro, se desviarán de sus cuencas - marcadas en el plano 39-G-320-2236 con los números 4 y 5 - a la cuenca del río Valle de Bravo.

Los estudios hidrométricos efectuados en los ríos Ixtapan del Oro y Verde Temascaltepec, demuestran que al desviar sus aguas al Vaso de Valle de Bravo se puede obtener un incremento en el gasto medio máximo de 3 m<sup>3</sup>/s., por lo que el gasto medio máximo aprovechable en el sistema sería de 17.38 m<sup>3</sup>/s.

México, D. F., 10 de Abril de 1944.



Francisco Ibáñez Parkman.

BIBLIOGRAFÍA: -

ESTUDIO HIDROLOGICO DEL VASO DE VALLE DE BRAVO CON  
SIDERANDO LA INFLUENCIA DEL VASO DE VILLA VICTORIA  
Ing. Marco Aurelio Torres H.- C.F.E.

DESCRIPCION GENERAL DE LAS OBRAS DEL PROYECTO HI ---  
DROELECTRICO DE IXTAPANTONGO.  
Ing. Carlos Tercero.- C.F.E.

MEMORIA DESCRIPTIVA DEL ESTUDIO HIDROLOGICO DE VA -  
LLE DE BRAVO.  
Ing. Adán Hernández.- C.F.E.

ANTEPROYECTO DE LA PRESA DE VALLE DE BRAVO.  
Ing. Antonio Sánchez Monroy.- C.F.E.

SALTOS DE AGUA Y PRESAS DE EMBALSE.  
José Luis Gómez Navarro.

PROYECTO PARA REGULARIZAR LA CORRIENTE DEL RIO LER-  
MA, GTO.  
Ing. Manuel M. Mendiola.

EL PROBLEMA DEL AZOLVE.  
J. C. Stevens.

INSTRUCTIVO PARA LA DETERMINACION DE LAS CANTIDADES  
DE SEDIMENTOS TRANSPORTADOS POR LOS RIOS.  
Ing. Alfonso de la O.- C.N.I.

MEMORANDUM TECNICO # 28 C.N.I. "BORDO LIBRE EN CORTI  
NAS DE ALMACENAMIENTO."  
Fred H. Wolf.

CONSTRUCCIONES CIVILES.  
Ing. C. Levi.

# INDICE

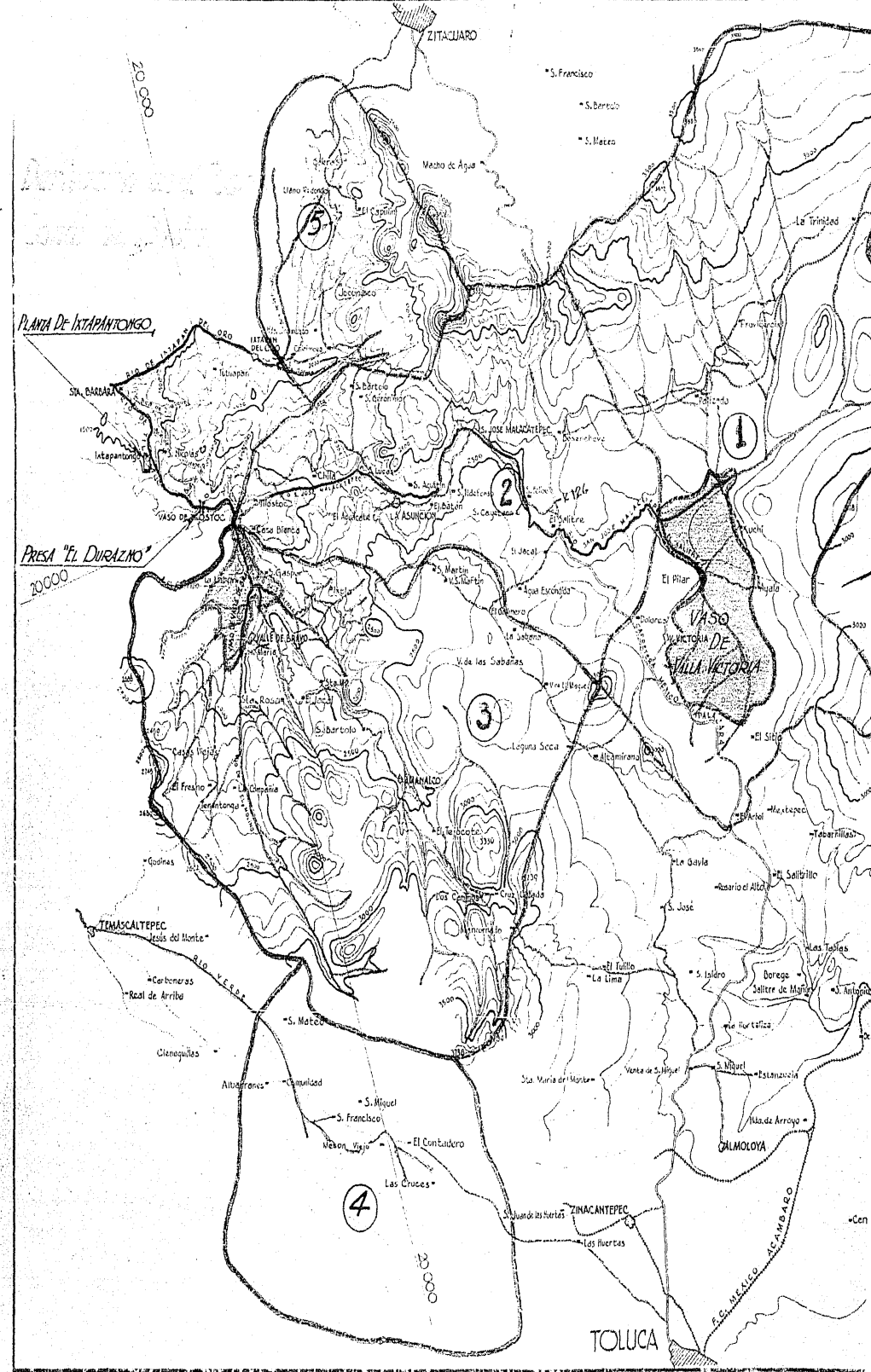
	Págs.
Antecedentes .....	1
Descripción general de las Obras del - Proyecto Hidroeléctrico de Ixtapanton- go .....	5
Datos Hidrométricos, Pluviométricos y de Evaporación .....	16
Volúmenes mensuales escurridos en el - Río Malacatepec y Cuenca # 1 .....	18
Volúmenes mensuales escurridos en el - río Valle de Bravo .....	24
Precipitaciones en mm. en el Vaso de - Villa Victoria .....	28
Precipitaciones en mm. en el Vaso de - Valle de Bravo .....	32
Evaporación en mm. Vaso de Villa Victo ria .....	33
Evaporación en mm. Vaso de Valle de -- Bravo .....	34
Gasto constante de extracción en la -- Presa de Villa Victoria .....	35
Capacidad del Canal Derivador del río - de San José Malacatepec .....	38
Capacidad de la Presa de Valle de Bravo	54
Régimen de escurrimiento en el Canal -- Derivador .....	55
Diagrama Diferencial de Masas del Vaso- de Valle de Bravo .....	66
Gastos Constantes de extracción del Va- so de Valle de Bravo considerando evapo ración y lluvias .....	73

## I N D I C E

Capacidad para Azolve. Vasos de Villa - Victoria y Valle de Bravo .....	76
Bordo Libre para el Vaso de Valle de Bra- vo .....	87
Avenida Máxima para el río Valle de Bra- vo .....	89
Volúmenes de la Cortina de la Presa de - Valle de Bravo .....	100
Capacidad de la Presa de Valle de Bravo.	105
Funcionamiento del Vaso de Valle de Bra- vo considerando una extracción de 14.38- m <sup>3</sup> /s.....	106
Gasto medio máximo aprovechable en el -- Sistema .....	108

**PLANIA DE ITAPANONGO**

**PRESA "EL DURAZNO"**



ZITACUARO

S. Francisco

S. Barro

S. Mateo

(15)

(1)

(2)

(3)

(4)

TOLUCA

VASO DE VILLA VICTORIA

TMASCALTEPEC

CAHMOLOYA

ZINACANTEPEC

P.C. MEXICO-AMBARO

SA BARBARA

Plan de Itapanongo

PRESA "EL DURAZNO"

AMANILCO

VILLA VICTORIA

Carboneras

S. Miguel

S. Francisco

El Cantadero

Las Cruces

San Maria del Monte

Vente de S. Miguel

S. Miguel

Aldea de Arroyo

Juana de las Huertas

Las Huertas

-Cen

Cieneguillas

Ahuacranas

Comunidad

S. Francisco

Nixon Vayo

El Tullio

La Lima

S. Isidro

Dorega

Salitre de Mojón

S. Antonio

Las Tablas

Estanzuela

San Juan de los Rios

San Mateo

Taboatillas

El Saltillo

El Asario

El Pilar

El Milero

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

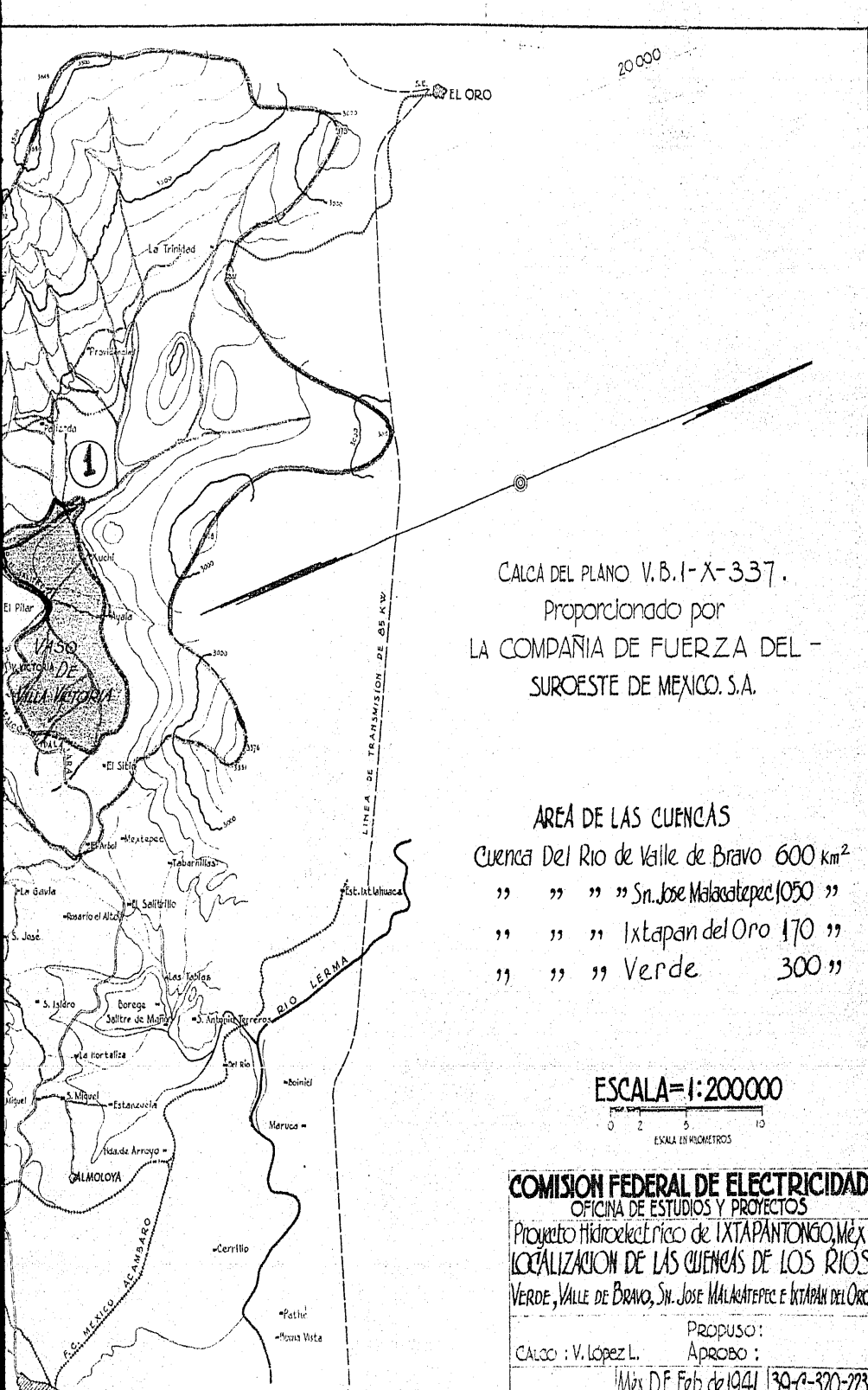
San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo

San Bartolo





20 000

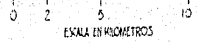
EL ORO

CALCA DEL PLANO V. B. I-X-337.  
 Proporcionado por  
 LA COMPAÑIA DE FUERZA DEL -  
 SUROESTE DE MEXICO. S.A.

ÁREA DE LAS CUENCAS

Cuenca Del Rio de Valle de Bravo	600 km <sup>2</sup>
" " " " Sn. Jose Malacatepec	1050 "
" " " " Ixtapan del Oro	170 "
" " " " Verde	300 "

ESCALA=1:200000



**COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD**  
 OFICINA DE ESTUDIOS Y PROYECTOS

Proyecto Hidroeléctrico de IXTAPANONGO, Méx.  
 LOCALIZACION DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS  
 VERDE, VALLE DE BRAVO, SN. JOSE MALACATEPEC E IXTAPAN DEL ORO.

Propuso:  
 Calco : V. López L.  
 Aprobó :

Méx. D.F. Feb. de 1941. 39-C-320-2236

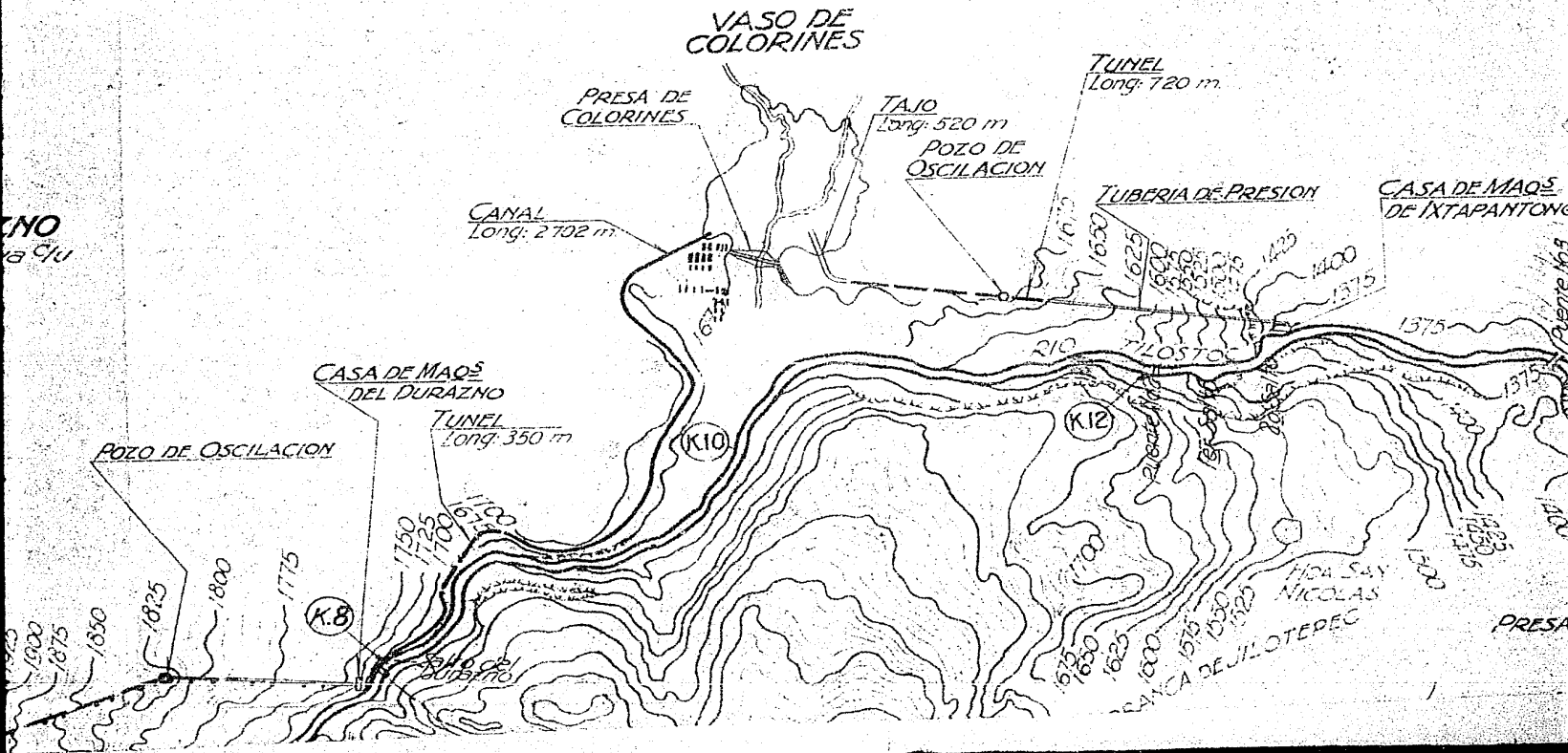


PLANTA D  
2 Unidades e  
2800

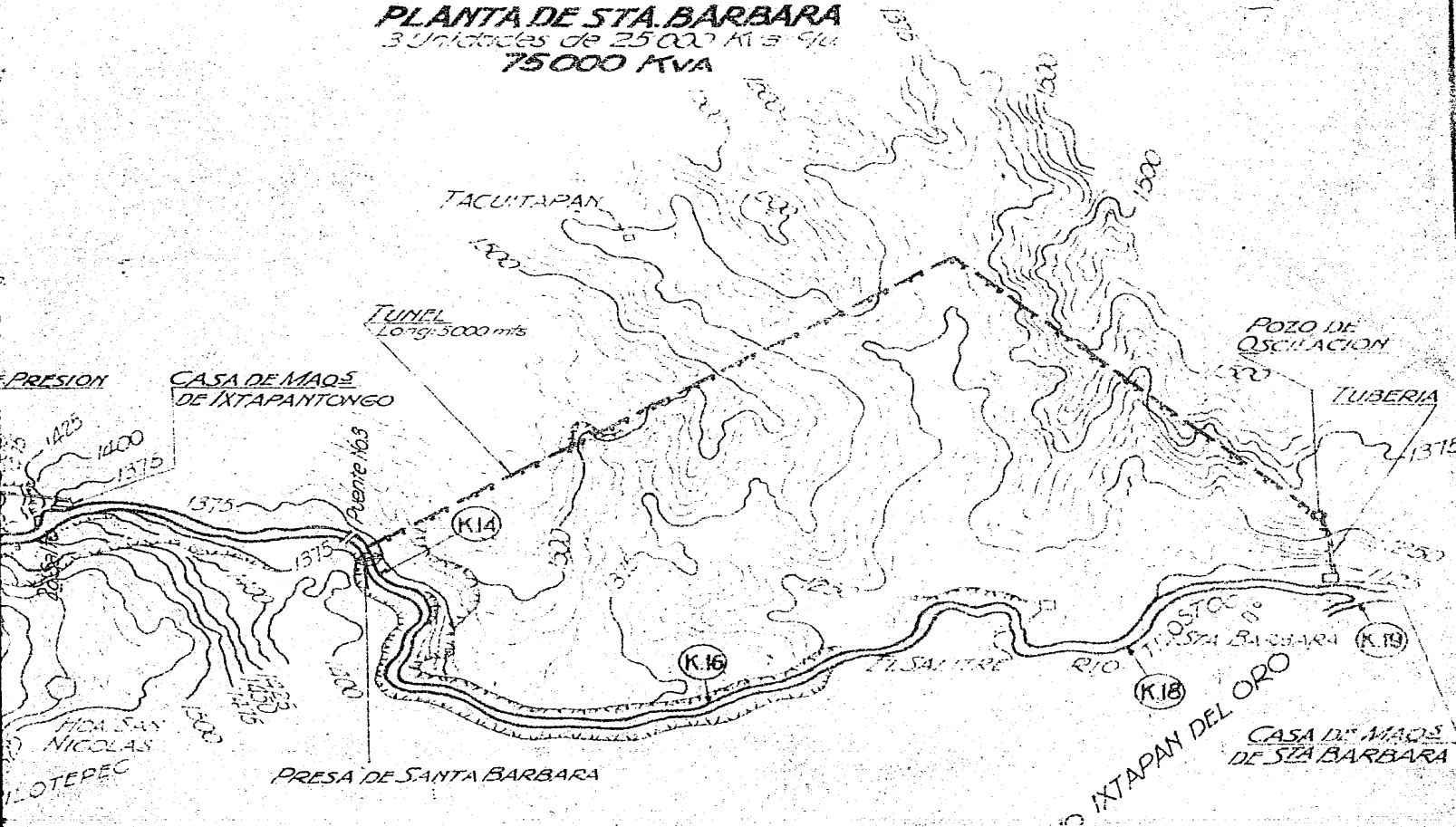
PRESA DE V. DE BRAVO  
Alm. cto: 400 mil B. m<sup>3</sup>

# PLANTA DE IXTAPANTONGO

3 Unidades de 31000 Kva c/u.  
93 000 KVA



**PLANTA DE STA BARBARA**  
3 Unidades de 25 000 Kw a 90  
**75 000 KVA**



14 K.15  
1700

K.16

K.17

K.18

K.19

1600

1500

1400

1300

1200

1100

Elevaciones en metros sobre el nivel del Mar

PRESA DERIVADORA  
DE SANTA BARBARA

Elev. Corona = 1352

Deflexión Túnel

POZO DE OSCILACION

Longitud del Túnel = 5000 m  
Diámetro = 3.20 m

OBRAS EN PROYECTO

PLANTA DE STA BARBARA

3 Unidades de 25000 KVA 9u

75000 KVA

Canal de 252 m

Elev. 106

Elev. 100

CONFLUENCIA con  
RIO DE TATAPAN

1100

Elevaciones en metros  
sobre el nivel del Mar

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD.-  
OFICINA DE ESTUDIOS Y PROYECTOS

PERFIL DE LOS DESARROLLOS  
HIDROELECTRICOS EN EL  
RIO TILOSTOC, MEX.

Formó:- Revisó:-  
Dibujó:- E.R. Propuso:-  
Calcó:- E.R. Aprobó:-

México, D.F. Jun 1941 39-C-343

1932

1933

1934

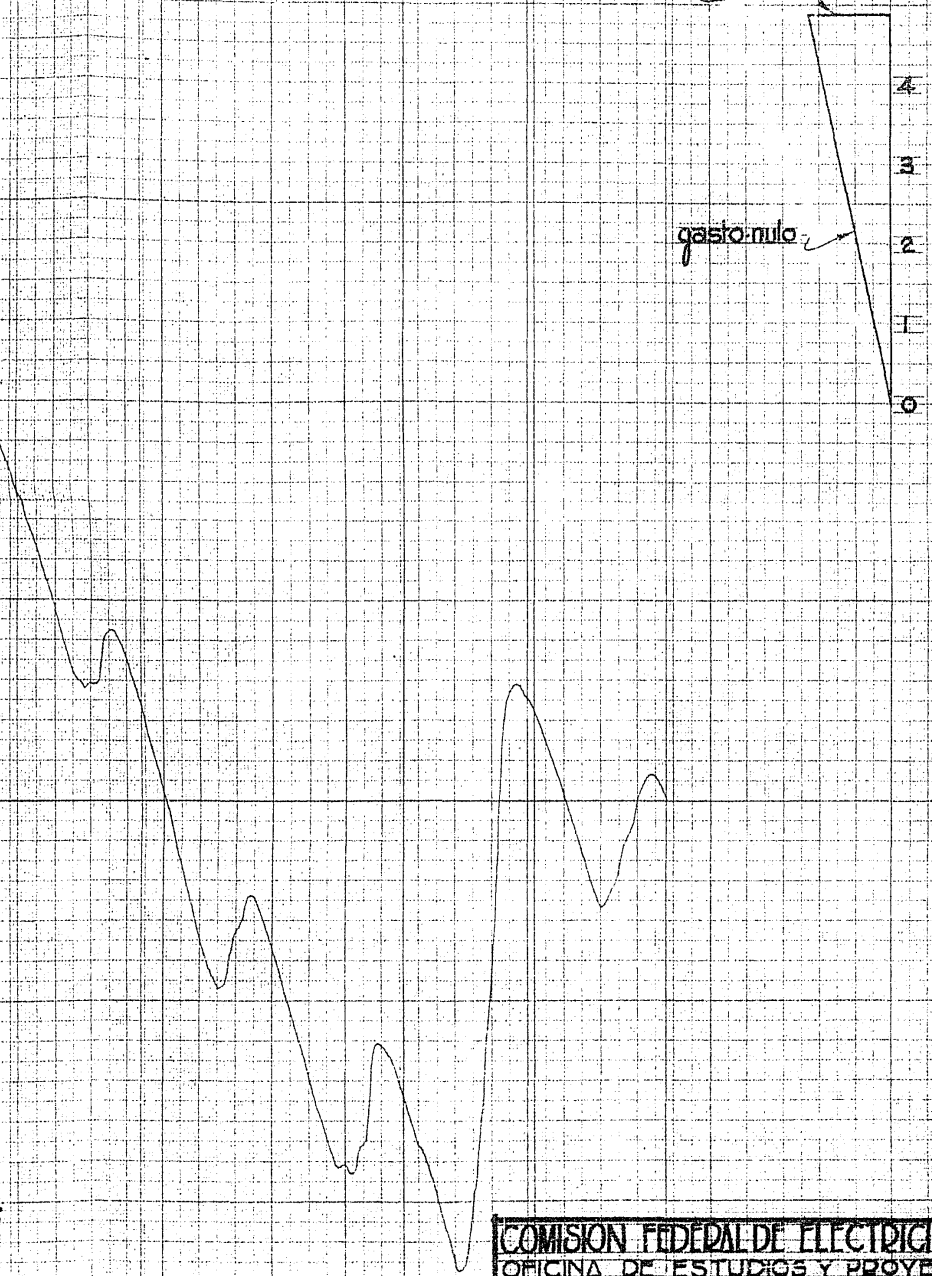
1935

1936

DE GASTOS

gasto base: 4.88 m<sup>3</sup>/seg

gasto nulo



COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD  
OFICINA DE ESTUDIOS Y PROYECTOS

Proyecto Hidroeléctrico de Ixtapantongo.

DIAGRAMA DIFERENCIAL DE MASAS  
VASO DE VILLA VICTORIA

Calculó: M.A.I.

Propuso:

Diseño: A.A.U.

Aprobó:

Revisó:

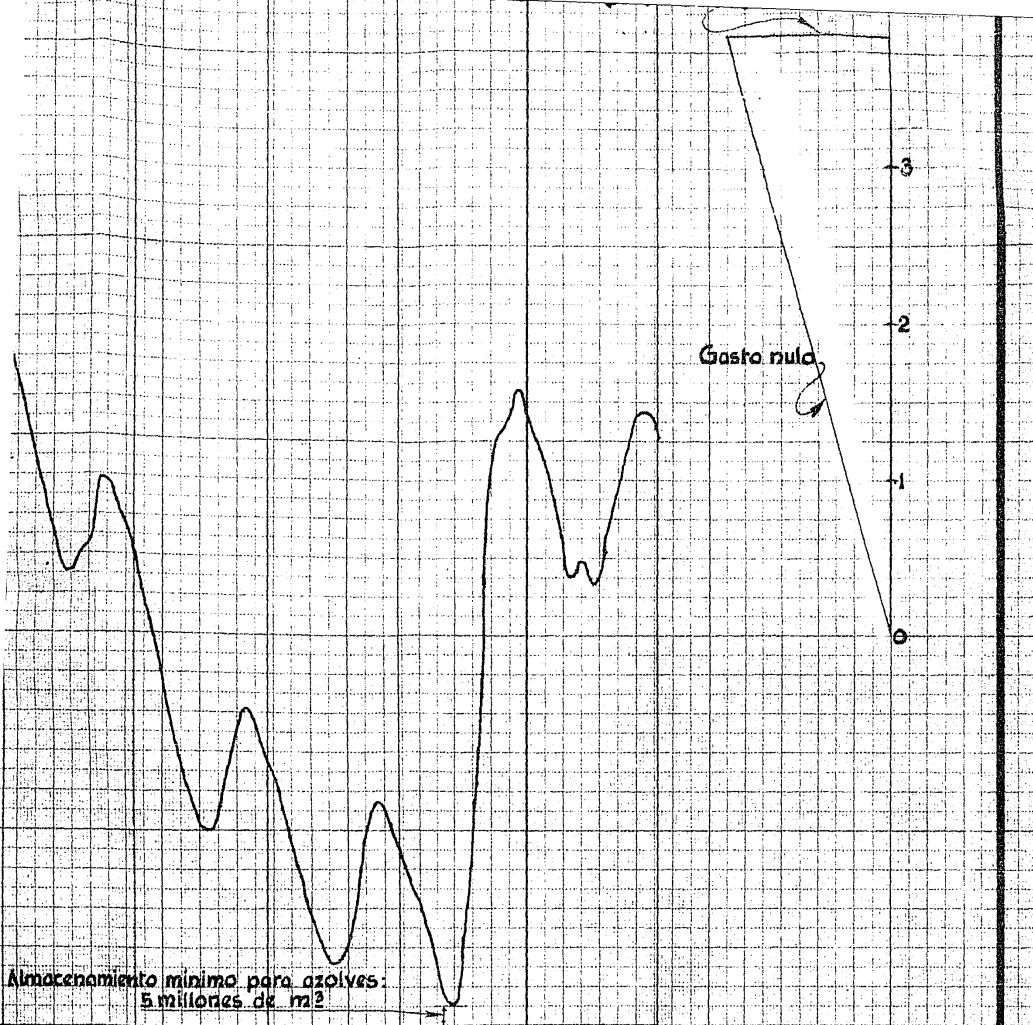
1932

1933

1934

1935

México, D.F. junio 1942 59 C-501-3491



1936

**COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD**  
**OFICINA DE ESTUDIOS Y PROYECTOS -**

Proyecto Hidroeléctrico de Ixtapantongo.  
**VASO DE VILLA VICTORIA**  
**CURVA DIFERENCIAL DE MASAS**  
**CONSIDERANDO EVAPORACION.**

Calculó: M.A.T.-E.Z.  
 Dibujó: A.G.C.-E.Z.  
 Revisó:

Propuso:  
 Aprobó:

1932 1933 1934 1935

México, D.F. Sept. 1942 139-C-545-3778.