

**CONDICIONES GEO-  
LOGICAS DE LAS  
BOQUILLAS DE NE-  
JAPA SOBRE EL RIO  
DE TEHUANTEPEC,  
O A X A C A**

POR EL



BIBLIOTECA

**ING. PAUL WAITZ**  
del Dep. Consultivo Técnico

"IRRIGACION EN MEXICO"

VOL. XIII Nos. 5 y 6

PAG: 309-342

MEXICO 1936

MULTIGRAFO DE LA C.N.I.

SOBRETIRO DE 250 EJEMPLARES

MEXICO, D. F.

1937

# **Sobretiros de "IRRIGACION EN MEXICO":**

## **REGLAMENTO E INSTRUCTIVO**

para el control de tierras y  
su consolidacion en la cons-  
trucccion de presas de tierra

POR EL ING. FEDERICO BARONA

\$ 2.00

\*

## **AFORO DE CORRIENTES**

### **POR LOS METODOS**

**DE**

### **SECCION Y VELOCIDAD**

POR EL ING. HECTOR A.  
TELLEZ, CON ALGUNAS MO-  
DIFICACIONES Y ADICIONES  
DEL ING. ALFONSO DE LA O.

## **2a. EDICION**

\$ 1.50

★

## **ESTUDIO AGROECONOMICO**

### **PRELIMINAR DEL PROYECTO**

### **DE RIEGO DEL RIO**

### **TARECUATO, MICH.**

\$ 2.00

**CONDICIONES GEO-<sup>273</sup>  
LOGICAS DE LAS  
BOQUILLAS DE NE-  
JAPA SOBRE EL RIO  
DE TEHUANTEPEC,  
O A X A C A**



BIBLIOTECA

POR EL

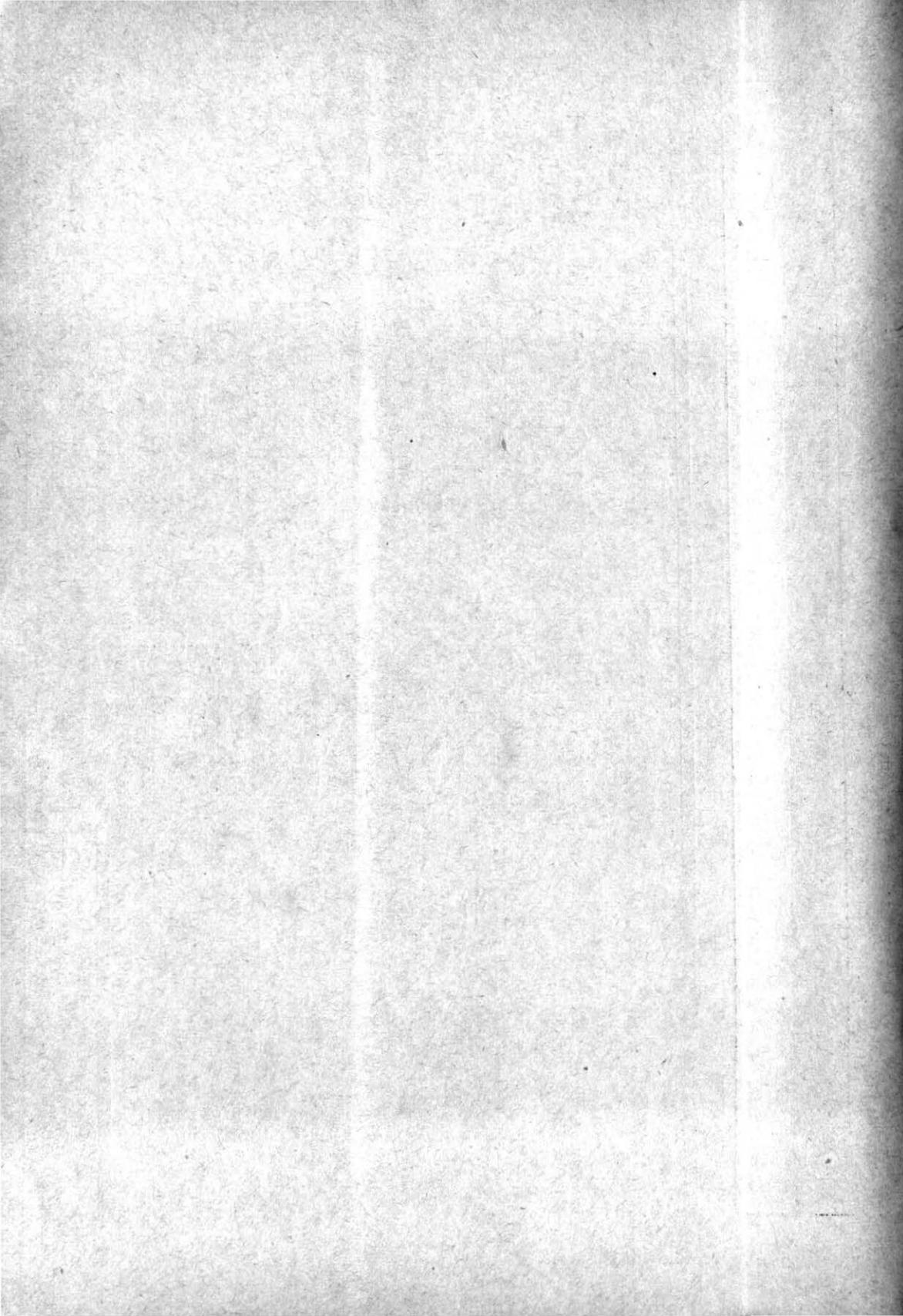
**ING. PAUL WAITZ**  
del Dep. Consultivo Técnico

"IRRIGACION EN MEXICO"  
VOL. XIII Nos. 5 y 6  
PAG. 309-342  
MEXICO 1936

**MULTIGRAFO DE LA C.N.I.**  
SOBRETIRO DE 250 EJEMPLARES

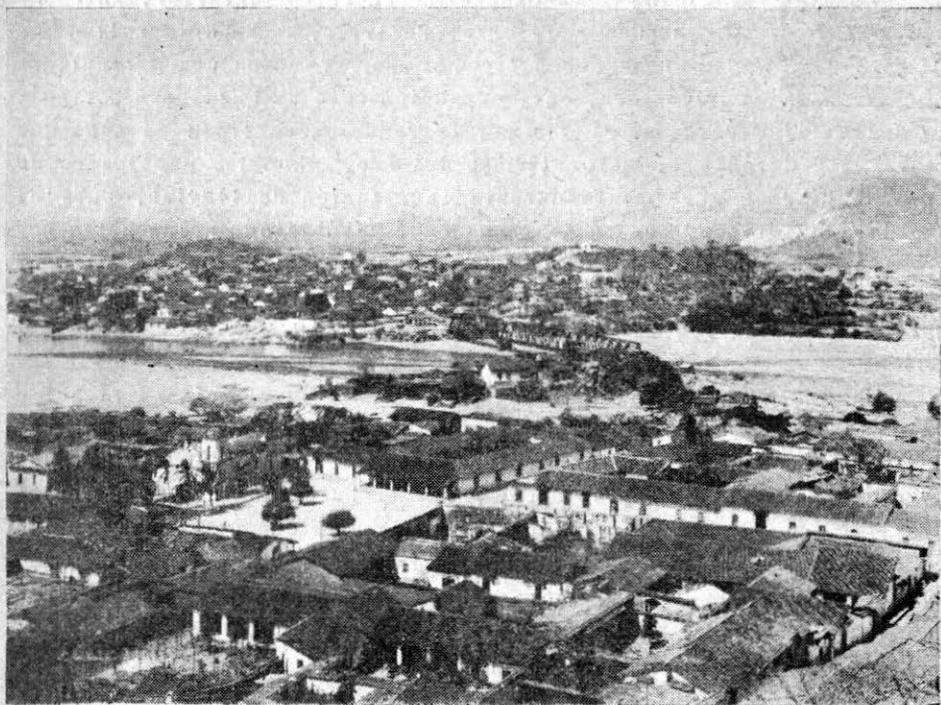
MEXICO, D. F.

1937



# CONDICIONES GEOLOGICAS DE LAS BOQUILLAS DE NEJAPA SOBRE EL RIO DE TEHUANTEPEC, OAXACA

POR EL ING. PAUL WAITZ



VISTA PANORAMICA DE LA CIUDAD DE TEHUANTEPEC

## SUMARIO

**ANTECEDENTES**  
**UBICACION DEL VASO Y DE**  
**LAS BOQUILLAS DE NEJAPA**  
**TOPOGRAFIA E HIDROGRAFIA**  
**GEOLOGIA**

**A.-GEOLOGIA EN GENERAL Y DES-**  
**ARROLLO MORFOLOGICO**

**B.-CONDICIONES GEOLOGICAS DE**  
**LAS BOQUILLAS DE NEJAPA**

**1.-BOQUILLA SUPERIOR**

**2.-INFERIOR**

**PERFORACIONES**  
**SEISMICIDAD**  
**RESUMEN**

## ANTECEDENTES



causa de las magníficas condiciones topográficas, agrológicas y climatológicas de las llanuras que atraviesa el río de Tehuantepec en su curso inferior, antes de su desembocadura en el Pacífico, se ha desarrollado en esta zona desde tiempos muy remotos una agricultura muy intensa, cuya expansión sólo ha quedado restringida a las fajas cercanas al río por la reducida cantidad de agua que lleva éste durante el mayor tiempo del año. Enormes cantidades de agua se pierden anualmente durante la estación de lluvias, pues el río de Tehuantepec, con su gran cuenca de captación en las altas serranías de la parte austral del Estado de Oaxaca, es una de las más caudalosas corrientes torrenciales de la vertiente del Pacífico en el Sur de la República.

Nada más natural que, al desarrollarse en el país el riego de extensas zonas por medio de las aguas broncas retenidas y almacenadas en grandes presas, se pensara también en la captación de las avenidas del río de Tehuantepec, y que se buscaran lugares apropiados para este objeto en la cañada profunda en que atraviesa el río el macizo de las montañas de la Sierra Madre del Sur, inmediatamente aguas arriba de las llanuras costeras, destinadas a ser regadas con sus aguas.

De hecho se encontraron en esta cañada dos sitios favorables respecto a su topografía y ubicados a una distancia relativamente corta de dichos terrenos, el primero e inferior en la angostura de las Cuevas y el segundo más aguas arriba en el estrecho del Tablón.

En la boquilla de las Cuevas un saliente de la ladera derecha cierra la cañada que inmediatamente aguas arriba es bastante amplia por la confluencia del arroyo de Guigoveo que se junta aquí con el río de Tehuantepec, formando este ensanchamiento un receptáculo muy favorable para el almacenamiento de las aguas.

Si de esta manera las condiciones topográficas del sitio son muy atractivas, por desgracia, no son favorables las condiciones geológicas pues, aunque en el cauce del río y en el pie de las laderas afloran rocas graníticas y pizarras cristalinas, ambas muy resistentes e impermeables, las partes más altas de las laderas de la boquilla están formadas por calizas cavernosas del Cretácico. Sobre todo el macizo del saliente de la margen derecha está constituido por estas calizas, en las que se encuentran no sólo abras y otros conductos abiertos, sino verdaderas cuevas que han dado el nombre a este sitio.

Condiciones muy semejantes existen en el sitio superior del Tablón. El amplio valle de Jalapa, en el que se reúnen los ríos de Tehuantepec y de Tequisistlán se cierra en este lugar, en que principia la cañada angosta en que corre el río unido hasta Mixtequilla, donde desemboca a las llanuras de Tehuantepec.

La boquilla es bastante angosta aunque algo más abierta que la de las Cuevas, y el vaso de almacenamiento es amplio y de poca pendiente, y por lo tanto muy favorable. Pero también en este lugar afloran las calizas cavernosas del Cretácico, en la ladera derecha desde el cauce del río en toda la ladera; en la margen izquierda aparece en la parte inferior de la ladera el granito, sobre el cual descansan, de unos 15 a 20 m. arriba, también las mismas calizas permeables.

Si añadimos a estas condiciones, de por sí prohibitivas para la construcción de una presa de almacenamiento, la circunstancia de que toda la cañada del río de Tehuantepec desde el Tablón hasta Mixtequilla ha sido considerada por los geólogos como correspondiente a una falla o dislocación de grandes dimensiones, se comprende que el suscrito se viera obligado a rechazar el proyecto de construir en los sitios aludidos una cortina de gran altura.

Pero no por eso debía abandonarse la idea de la construcción de una obra de almacenamiento en el río de Tehuantepec, sino convenía explorar su curso medio para ver si en él se encontrara un sitio mejor acondicionado. Por desgracia no existe ningún mapa bueno del Estado de Oaxaca, y los informes que en la Ciudad de Tehuantepec se podían obtener sobre las condiciones topográficas y sobre la accesibilidad de este tramo medio del río, en el que no existen



PANORAMICA DE LA CIUDAD DE TEHUANTEPEC

ningunas poblaciones, eran muy deficientes. En vista de esto el suscrito propuso que, en vez de organizar una expedición dilatada y difícil por tierra, se hiciera un reconocimiento aéreo para localizar los sitios más ventajosos, con el objeto de explorar estos después por tierra sin gastar tiempo y dinero en recorrer todo el curso del río.

En los días 9 y 10 de julio de 1935 se hizo el vuelo, tomando parte en él el Ing. Adolfo Orive Alba, entonces Director del Departamento de Ingeniería, el Ing. Manuel Anaya, Jefe del Proyecto de Tehuantepec y el suscrito, piloteando el aeroplano el Sr. Capitán Severiano Pulido Ortíz.

En esta exploración nos pudimos dar cuenta que el río de Tehuantepec corre, arriba del amplio valle de Jalapa, por un tramo de unos 30 a 40 Km. en dirección de NW-SE en una cañada profunda y angosta en su fondo, en la que, de hecho, existen varios estrechamientos que pudieran aprovecharse para construir cortinas, pero en

la que no hay ningunos ensanchamientos que ofrecieran condiciones buenas para un almacenamiento en gran escala.

Este carácter de la cañada cambia en el punto donde el curso del río sufre una inflexión muy pronunciada, casi de  $90^{\circ}$ , cerca de Narro. En este lugar el río de Tehuatepec recibe un afluente de importancia por su lado izquierdo y a esta afluencia corresponde un ensanchamiento bastante grande de la cañada. Inmediatamente aguas abajo del valle de Narro vimos además un estrechamiento muy pronunciado que probablemente es un buen sitio para una cortina. Pero mejores sitios y más accesibles pudimos observar más aguas arriba en la parte superior de la cañada, entre Narro y Nejapa, ofreciendo especialmente el gran ensanchamiento del río alrededor de Nejapa, desde luego condiciones especialmente buenas para un gran almacenamiento. Pudimos localizar dos estrechamientos, al parecer favorables, uno inmediatamente abajo del vaso en la entrada al cañón angosto y otro más alto, unos 3 Km. aguas abajo del primero.

Localizados así de una manera provisional los sitios más indicados para un estudio formal, se organizó éste, y se procedió luego con el levantamiento topográfico de las boquillas y del vaso de Nejapa, sin descuidar al mismo tiempo el estudio de la presa de derivación cerca de Tehuatepec.

El sitio de la Pila, en el que desde un principio se había fijado la Comisión para este objeto, por estar más cercano a las tierras de riego, por lo que el tramo de canal muerto resultaría aquí muy corto, fué abandonado por el costo excesivo que tendría aquí una cortina a causa de lo ancho del cauce del río y por lo grueso del acarreo que cubre su fondo rocalloso, y se dió preferencia a la boquilla de las Cuevas, donde la cortina resultaría mucho más corta y más fácil su cimentación, aunque habrá que construirse un canal muerto bastante más largo que en la Pila. Otro sitio en estudio está situado aguas abajo de las Cuevas en frente del Cerro de Salazar.

## **UBICACION DEL VASO Y DE LAS BOQUILLAS DE NEJAPA**

El pequeño pueblo de Nejapa que está situado en el vaso de la presa en proyecto, se encuentra precisamente a la mitad de la dis-

tancia entre Oaxaca y Tehuantepec, cuyas poblaciones distan entre sí en línea recta sólo 180 Km., pero por falta de caminos, la comunicación entre ellas resulta bastante difícil y dilatada. Sin embargo, en los últimos años ha habido cierto mejoramiento a este respecto por la construcción de la Carretera Panamericana en su tramo de Oaxaca hasta adelante de Totolapa, y de la comunicación del presente punto terminal de aquella carretera con las minas del Cerro Colorado por medio de un camino transitable para automóviles, que hacen el recorrido desde Oaxaca a la mina en unas 4 a 5 horas.

Desde Oaxaca hasta el pueblo de Matatlán se desarrolla el camino, atravesando el densamente poblado valle de Tlacolula, en terrenos que pertenecen a la cuenca del Atoyac-Río Verde, otro de los ríos importantes de la vertiente del Pacífico. Entre Matatlán y San Dionisio se pasa la línea de parte-aguas entre aquella cuenca y la del río de Tehuantepec, quedando Totolapa, el próximo y único pueblo que se encuentra en este tramo del camino, ya en la orilla del ramal principal del río. La estrechez de su cañón y la fuerte pendiente de las laderas bajas obligaron a los constructores del camino a llevar éste por la parte más alta de la cañada y a aprovechar para su trazo las incisiones de varios afluentes, entre los cuales la profunda cañada de San Luis y el cañón estrecho del Chacal son los más importantes. Del fondo de este último sube la actual carretera, en peligrosas curvas y con pendiente considerable, el campamento principal de la mina del Cerro Colorado, para bajar al otro lado de la montaña a la Mina del Aire donde actualmente termina la carretera. De aquí en adelante sigue un camino de herradura en lo alto de la falda escarpada del lado izquierdo de la cañada, para bajar después al río en Boquerón, estrechamiento por el cual el río entra a la depresión de Nejapa y al vaso de la presa en proyecto.

De la Mina del Aire a Boquerón se necesitan unas 3 horas, y de Boquerón a Nejapa, atravesando el plan del mismo nombre, casi otras 2.

El camino de Nejapa a Tehuantepec es de pura herradura y se hace generalmente en unas 3 jornadas. Hay que franquear en él la sierra que separa el valle de Nejapa del de Tequisistlán, macizo al que el río de Tehuantepec rodea en su enorme curva hacia el N. pasando por Narro.

## TOPOGRAFIA E HIDROGRAFIA

El Estado de Oaxaca, montañoso por excelencia, está atravesado por dos sistemas de cordilleras de primer orden geográfico: la cordillera central, cuya parte más alta es conocida con el nombre de la sierra de los Mijes, y que se puede considerar como la porción austral de la Sierra Madre Oriental, y el conjunto de sierras que acompaña la costa del Pacífico al Sur de la anterior, y que se designa con el nombre de la Sierra Madre del Sur.

Estos dos grandes elementos geográficos parecen ser ramificaciones de una sola cordillera que viene del Estado de Chiapas, pasa por la parte central del Istmo de Tehuantepec separándose después de la parte principal, que sigue su curso en la mencionada sierra de los Mijes, la sierra de Laollaga que se dirige hacia el SW. y que parece ser el origen de la Sierra Madre del Sur que queda separada de la Sierra de los Mijes por la depresión central del Estado, o sea la cuenca del río de Tehuantepec y, más al W., por los valles de Tlacolula, Zimatlán y Etla que por su lado forman la cuenca del Atoyac, afluente principal del Río Verde.

Mientras que la sierra de los Mijes, cerca de su origen en el Istmo, tiene una dirección de ESE-WNW, la Sierra Madre del Sur al W. de Tehuantepec, es decir en la continuación del elemento de liga que es la sierra de Laollaga, tiene una dirección EW. bien definida en las diferentes cadenas que la componen. Cerca de Oaxaca la sierra de los Mijes, o mejor dicho sus continuaciones, las de Juárez, San Felipe, etc. toman un rumbo hacia el NNW., mientras que de la Sierra Madre del Sur principian a desprenderse en los alrededores de Mihuatlán-Ejutla algunas de sus cadenas septentrionales y tornarse también hacia el N.

La parte oriental de la depresión mencionada, situada entre estos elementos orográficos, forma la cuenca del río de Tehuantepec, cuya extensión llega probablemente a unos 9,000 Km<sup>2</sup>. sin que fuera posible precisar sus límites por la falta de un mapa geográfico medianamente bueno de esta parte de la República.

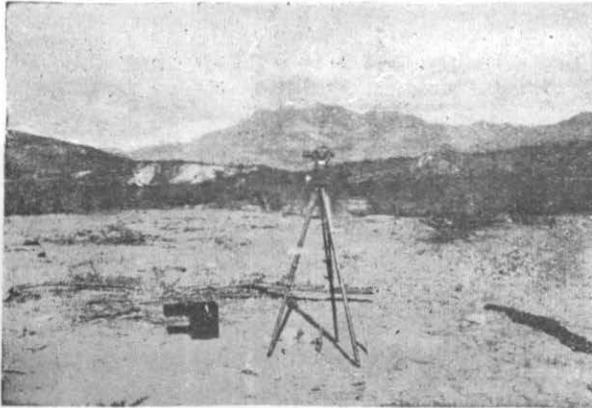
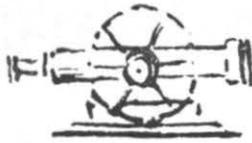
En el Norte la cuenca llega a la línea de parte-aguas continental en lo alto de la sierra de los Mijes; en el Sur sube hasta las

crestas de la Sierra Madre del Sur que forman la línea de parte-aguas entre ella y las pequeñas cuencas de los ríos de la vertiente sur de la sierra que desembocan directamente al Pacífico. Mientras que en estas dos zonas laterales la cuenca llega a alturas respetables que pasan de 2,500 m. en la Sierra Madre del Sur, y que alcanza en la sierra de los Mijes probablemente en largos tramos alturas cercanas a 3,000 m.; la línea que divide la cuenca del río de Tehuantepec de la del Atoyac se sostiene a niveles mucho menores y se eleva en algunas partes sólo a unos centenares de metros arriba del plan de los valles de Tlacolula, Ocotlán, Ejutla y Miahuatlán.

Sin embargo de que, de esta manera, la división entre las porciones superiores de estas dos cuencas, es decir, entre la del río de Totolapa y de Mijangos, que son los que forman el Río Grande, o sea el curso del río de Tehuantepec, y los valles de Tlacolula y Ocotlán, es tan poco pronunciada, el carácter topográfico de las dos cuencas es muy distinto: profundas cañadas con laderas sumamente inclinadas y pendiente hidráulica muy fuerte por el lado de la cuenca del río de Tehuantepec, y valles abiertos, casi planos y poco accidentados del lado de la cuenca del Atoyac. El valle de Tlacolula, Oaxaca se sostiene a una altura de 1,600 m.; el de Ocotlán de 1,550 a 1,500 m. y Ejutla se encuentra a unos 1,500 m. sobre el nivel del mar. En cambio se da para Totolapa, que está al pie de la cuesta del Cascajal en el fondo de la cañada y sólo a unos 2 Km. en línea recta del parte-aguas entre San Dionisio y Mitatlán, una altura menor que 1,000 m. sobre el mar.

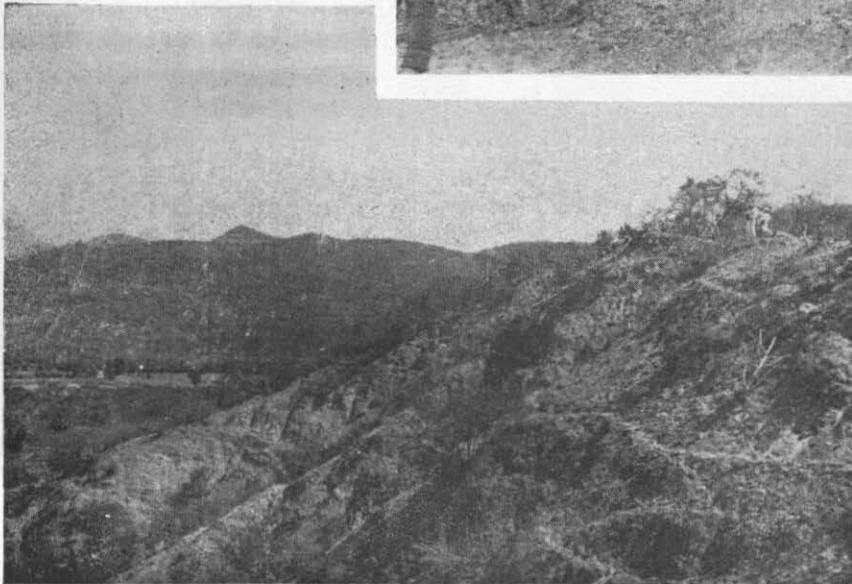
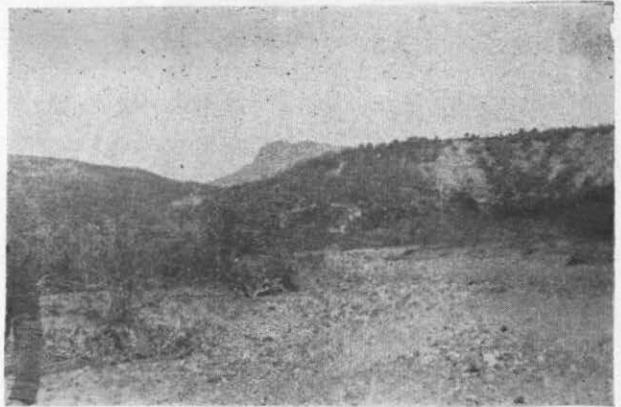
Este carácter accidentado de la topografía de la parte superior de la cuenca del río de Tehuantepec continúa más o menos en la misma forma en su porción media e inferior sobre todo en sus zonas marginales que están surcadas por los incontables afluentes pequeños del río. En cambio, existen en este mismo tramo medio de la cuenca dos ensanchamientos amplios en los que una erosión prolongada y enérgica, ayudada por condiciones geológicas especiales, ha borrado en algo el carácter abrupto de las formas del terreno. Son estos dos ensanchamientos, el del valle de Nejapa en el que se junta al Río Grande (o de Totolapa) el del valle de San Carlos (arroyo o río de la Virgen), formando el río de Tehuantepec, y el valle de Jalapa en el que recibe el río el afluente caudaloso de Tequisistlán.

Un gran número de pequeños arroyos que vienen de la zona de parte-aguas cerca de Ocotlán, Ejutla y Miahuatlán forman el río de Mijangos o de Totolapa. En el lugar donde está situado en el fondo de la cañada el pueblo de este nombre, el río recibe la afluencia del



Vista de los alrededores de la boquilla superior. A la izquierda del teodolito la ladera del espolón del lado derecho - con las capas blancas de los depósitos lacustres expuestas a la erosión. Detrás del aparato el puerto y a la derecha un acantilado formado por riolita. (Foto N<sup>o</sup> 1.)

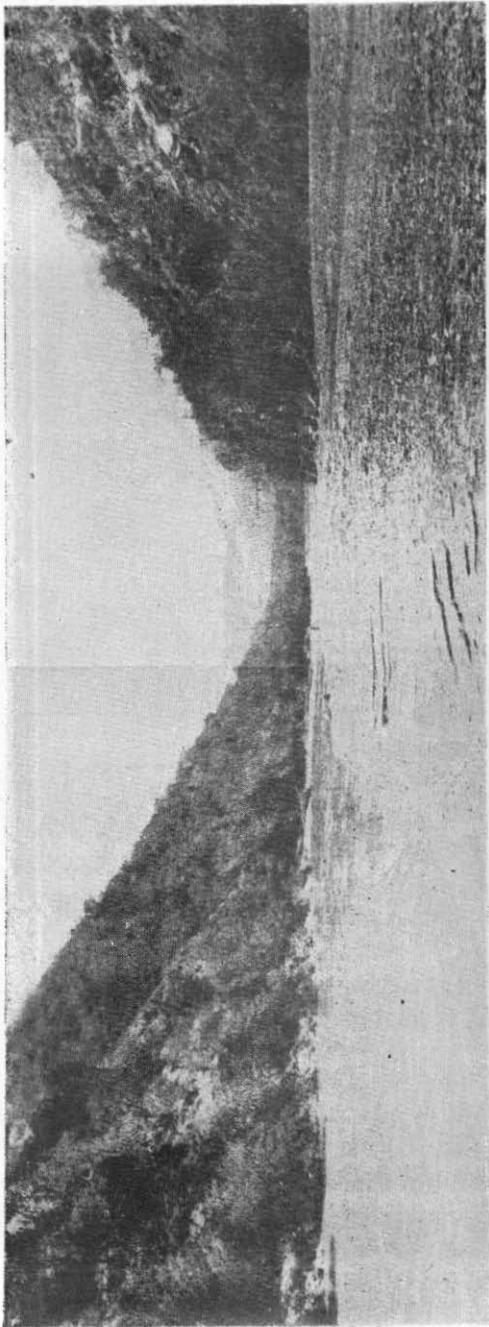
Los depósitos lacustres del espolón vistos de frente. (Foto N<sup>o</sup> 2.)



Los mismos vistos de lado. Nótese los fuertes efectos que sobre estos depósitos ejerce la erosión. (Foto N<sup>o</sup> 3.)

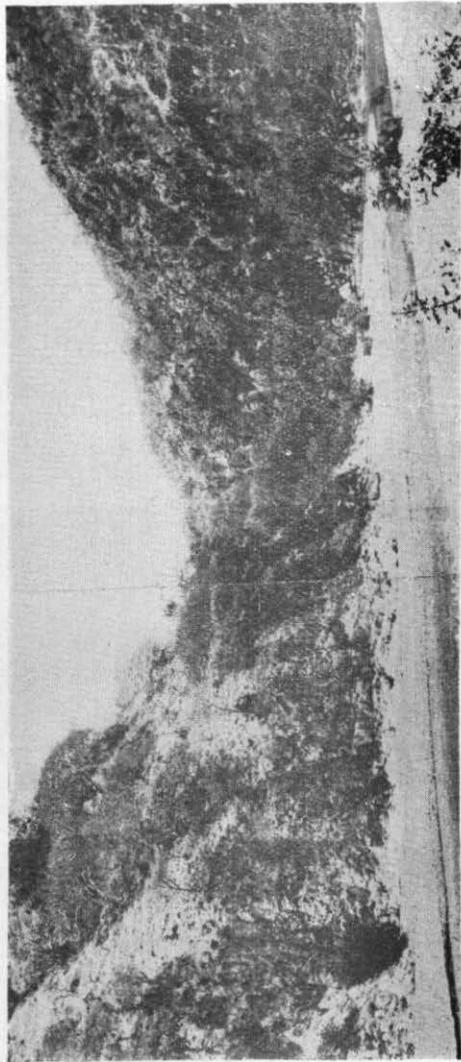
[FOTO NUM. 4.]

LA BOQUILLA SUPERIOR  
VISTA DESDE AGUAS  
ARRIBA, A LA DERECHA  
ROCA RIOLITICA MACIZA  
FORMANDO EL ACANTILA-  
DO, A LA IZQUIERDA LA  
LADERA ESTA FORMADA  
POR TOBAS SOBRE LAS  
CUALES DESCANSAN UNOS  
BLOQUES DE RIOLITA RES-  
BALADOS DESDE ARRIBA.



[FOTO NUM. 5.]

LA BOQUILLA INFE-  
RIOR VISTA DESDE  
AGUAS ARRIBA.



arroyo del Cascajal por el lado izquierdo. Más adelante se le junta por el mismo lado el de San Luis, cuya cuenca grande drena una parte muy extensa de la vertiente sur de la sierra de los Mijes, lo mismo que el siguiente afluente, el de Chacal, que se le junta cerca de Cerro Colorado.

En todo este tramo y más adelante hasta el lugar denominado "El Boquerón", donde entra el río al valle de Nejapa, la cañada del río principal y las de todos sus afluentes son angostas, de laderas muy empinadas y su fondo es de fuerte pendiente hidráulica. Las alturas de las montañas a los lados de la cañada principal son marcadamente uniformes y se sostienen aproximadamente a unos 1,600 m. sobre el mar y corresponden a una superficie antigua de la depresión central, entre la sierra de los Mijes en el Norte y de la Sierra Madre del Sur en frente, cuyas cordilleras se elevan a alturas mucho mayores y alcanzan y pasan 3,000 y 2,500 m. respectivamente.

Los ensanchamientos de los valles de Nejapa y Tequisistlán están separados por un macizo de montañas que se ha llamado la sierra de Jilotepec y que culmina al NE. de Nejapa en el Cerro Grande o del Capulín, aunque algunos cerros al Sur del pueblo llegan también a respetables alturas correspondiendo también éstas a la altura general de la depresión central, pero con cierto desnivel referente a la zona más al W.

El río de Tehuantepec rodea este macizo del Cerro Grande en una curva cuyo primer tramo está dirigido hacia el NE. hasta Narro donde cambia, en ángulo casi recto, hacia el SE., es decir, a la dirección que el río conserva en todo su curso siguiente hasta su desembocadura en el Golfo de Tehuantepec.

A unos 5 Km. abajo del pueblo de Nejapa se estrecha el valle rápidamente y se presenta la primera boquilla (Boquilla Superior de Nejapa). Después de un pequeño ensanchamiento de unos 3 Km. de largo, se cierra la cañada definitivamente y sigue como cañón en múltiples meandros hasta el ensanchamiento de Narro, donde recibe el río dos afluentes de importancia del lado izquierdo o sea de las vertientes de la sierra de los Mijes.

En este ensanchamiento el río, como dijimos, cambia su rumbo en ángulo recto hacia el SE. y se cierra su cañada notablemente

continuando así hasta su desembocadura en el valle abierto de Jalapa en el que recibe la afluencia del río de Tequisistlán cuyo curso inferior es un valle abierto y por lo tanto muy diferente en su forma a la cañada angosta del río de Tehuantepec, arriba de Jalapa. Esta depresión del río de Tequisistlán es paralela al sistema montañoso de la Sierra Madre del Sur, mientras que la dirección de la cañada del río de Tehuantepec es transversal al rumbo de aquella cordillera a la que atraviesa en la cañada entre Jalapa y Mixtequilla más o menos perpendicularmente.

Con la construcción de una presa de almacenamiento en el valle de Nejapa, quedará de esta manera bajo control sólo la parte superior del sistema fluvial del río de Tehuantepec, mientras que los tributarios inferiores del río, sobre todo los dos que recibe cerca de Narro y el río de Tequisistlán, no serán aprovechados.

Todavía no existen datos que permitieran calcular la relación que guarda el escurrimiento de la cuenca superior y que pasa por las boquillas de Nejapa, con el escurrimiento total del río de Tehuantepec en su salida hacia las llanuras de la costa, pero es probable que corresponda a aquella parte superior, que quedará controlada con la presa de Nejapa, bastante más del 50% del escurrimiento total. Sin embargo, se puede suponer que más tarde pueda convenir la construcción de una presa más pequeña en el ensanchamiento de Narro, y es posible que se encuentre un lugar apropiado en el río de Tequisistlán para regularizar también, por lo menos, parte de este río caudaloso.

Como dato interesante se anota que el curso superior del río principal de Tehuantepec se desarrolla en una forma sensiblemente paralela al desarrollo de la costa del Pacífico, al Sur de la Sierra Madre y a la dirección de esta cordillera misma. Es éste un paralelismo que se repite también en el Atoyac al W., en su tramo entre Coatlán y el punto de la confluencia del Atoyac con el Río Verde. Otros ejemplos, más al poniente, son los ríos de Temisco y Omitlán en Guerrero y, más al interior de la República, la depresión del río Balsas.

# G E O L O G I A

## GEOLOGIA EN GENERAL Y DESARROLLO MORFOLOGICO

Nuestros conocimientos sobre la geología de esta parte del Estado de Oaxaca son sumamente raquíticos. Existen algunos estudios de los valles centrales del Estado, alrededor de la Capital, y otros de unos cortes a través de la Sierra Madre del Sur desde Oaxaca a Pochutla y a lo largo del Atoyac y Río Verde desde Oaxaca hasta el mar. Algunas observaciones aisladas fueron hechas además en la Mixteca en los alrededores de Tlaxiaco. Por el otro lado tenemos algunos conocimientos sobre las condiciones geológicas del Istmo y de los alrededores inmediatos de Tehuantepec y Salina Cruz, pero la zona media, es decir, la que abarca la cuenca del río Tehuantepec y las sierras al Norte y al Sur, son hasta la fecha completamente inexploradas.

Así es que, más bien por analogía y extrapolación, se admite que, tanto la Sierra de los Mijes como la Sierra Madre del Sur están constituidas por pizarras cristalinas fuertemente plegadas y metamorfizadas por el metamorfismo regional (y en algunas zonas también por el de contacto), predominando en ellas los orto- y paragneises en sus diferentes formas (gneises de granito, de biotita, de muscovita; de piroxena, amfibola, granate y grafito), las cuarzitas, granulitas, las amfibolitas y piroxenitas, y las fíldes de biotita y clorita, en cuya serie de rocas se encuentran con cierta frecuencia intercalaciones de calizas metamórficas en forma de mármoles, chipolines y rocas de wolastonita, zoisita y escapolita.

Este complejo de rocas metamórficas fué considerado como de edad arcaica, sin que para ello existiera una prueba convincente. Lo único que podemos decir con seguridad es, que deben ser pre-mesozoicas porque sirven de base a las rocas mesozoicas que no están metamorfizadas y que descansan encima de aquéllas en discordancia muy pronunciada; sin embargo, por analogía se puede suponer para ellas una edad pre-carbonífera. Las rocas mesozoicas abarcan sedimentos marinos desde el Jurásico hasta el Cretácico Medio y Superior, y han experimentado todavía fuertes trastornos tectónicos en la época cuando sufrieron su último y definitivo plegamiento y levantamiento los dos sistemas de cordilleras, la sierra de los Mijes con sus cadenas paralelas y la Sierra Madre del Sur. Entre estos

dos sistemas que forman dos anticlinorios quedó entonces un amplio sinclinorio en que los sedimentos mesozoicos resultan ahora mejor conservados, mientras que en lo alto de ambas cordilleras al lado, esta cubierta ha sido destruída por una erosión intensa y prolongada.

Desde que empezara el movimiento a que deben su origen los dos anticlinorios y el sinclinorio entre ellos, principió a establecerse en este último un sistema de drenaje que fué desarrollándose más y más en tiempos subsecuentes, sin que hasta la fecha fuera posible precisar hacia qué dirección desaguaba esta depresión central que, sin duda, en aquel tiempo resultó profundamente erosionada quedando el fondo de las cañadas de aquel sistema fluvial, al parecer por lo menos en ciertas zonas, a niveles inferiores a los que llegan los ríos actuales. A este período de erosión seguían otros dos diferenciados de actividad volcánica bastante intensa aunque restringida a ciertas zonas. A uno de ellos corresponden, por un lado, las erupciones antiguas andesíticas de la región minera de Taviche y, a otro período de volcanismo, las efusiones más modernas de corrientes riolíticas y la acumulación de tobas riolíticas que se encuentran rellenando el antiguo relieve en una vasta región desde Etna, pasando por Oaxaca, el valle de Tlacolula y la cuenca media del río de Tehuantepec, hasta el valle de Tequisistlán. La erupción de estas rocas riolíticas es sin duda bastante más reciente que la de las andesitas, aunque la relación entre las dos todavía no está estudiada.

Estos depósitos de corrientes y tobas riolíticas tienen en la parte media de la cuenca del río de Tehuantepec un espesor sumamente grande y forman, por ejemplo en el valle de Nejapa, las montañas alrededor, desde su cúspide hasta el fondo, sin que en éste apareciera la base de estas acumulaciones. Por otro lado se observa en la cañada aguas arriba de Boquerón, en diferentes lugares entre Cerro Colorado y Totolapa y entre San Dionisio y Matatlán, la sobreposición de estas rocas riolíticas sobre eminencias del antiguo relieve de erosión, constituidas por rocas sedimentarias plegadas.

Es difícil explicar la formación de estas acumulaciones volcánicas cuyo espesor de seguro por lo menos en algunas zonas del área ocupada por este relleno, pasa de 1,000 m. No cabe duda que la gran masa de las tobas debe haberse depositado bajo el agua, porque se observan en ellas con frecuencia indicaciones de una estratificación horizontal que difícilmente puede tomarse como sobreposición de ma-

teriales en seco, y además no se concibe la acumulación de tal relleno en una región expuesta a la erosión y a un drenaje abierto.

Se pudiera pensar que este drenaje hubiera sido obstruido por algunos acontecimientos locales, tectónicos o volcánicos, o por un derrumbe local. Un derrumbe tan enorme que pudiera haber cerrado la cañada antigua hasta altura tan formidable a que se encuentran las capas superiores de las tobas parece inverosímil, y de acontecimientos tectónicos locales de esta época no tenemos indicios hasta la fecha. En cambio, pudiera pensarse que por el mismo volcanismo que produjo las corrientes y tobas riolíticas y que, al parecer, se concentró en la zona del sinclinorio, haya quedado obstruido el antiguo drenaje en un punto desconocido, lo que no parece difícil porque, como dijimos arriba, todavía no nos es posible indicar la forma y la dirección del antiguo régimen fluvial, hoy día cubierto por los productos de aquellas erupciones. Existe, finalmente, también la posibilidad de que el efecto de una obstrucción local volcánica del antiguo drenaje haya sido aumentado por una fase de hundimiento regional de esta parte del continente, pues hay indicios de tales movimientos de sumersión y emersión, aunque su escala parece haber sido en los últimos tiempos geológicos relativamente pequeña.

A la época de las acumulaciones de las tobas seguía un período de fuerte erosión, a que deben en general sus formas los accidentes del actual relieve, no sin que también en este período haya habido una ligera interrupción en tiempos bastante recientes, aunque ésta probablemente fué debida a causas netamente locales.

Es que en las orillas del valle de Nejapa se observan restos de terrazas bastante recientes, compuestas de material generalmente fino de acarreo, que muestra una ligera estratificación que lo caracteriza como de origen lacustre con intercalaciones de materiales de acarreo fluvial. Estos depósitos descansan en forma discordante sobre una superficie irregular de erosión, cortada en las tobas y rocas riolíticas.

Los depósitos de estas terrazas llenan en algunos puntos antiguas cañadas del río, que éste ha dejado a un lado en su curso moderno. Puede ser que por derrumbes que se efectuaron en la cañada angosta y profunda en la que corre el río aguas abajo de las boquillas de Nejapa, se haya transformado el valle de Nejapa temporal-

mente en un lago en el que se depositara todo el material arrastrado por el río en sus avenidas. Al llenarse el vaso con estos productos, el río estableció encima de la superficie plana de ellos su nuevo curso meándrico, el que se profundizó posteriormente al quedar destruída la barrera que originó la formación del lago temporal. Este curso nuevo, desarrollado sobre la superficie plana del relleno estaba naturalmente por completo independiente del curso anterior cubierto por los depósitos lacustres, y al profundizarse el cauce nuevo, el río llegó en algunos puntos a cortar en las laderas de la antigua cañada, dejando el curso antiguo a un lado. Así vemos que el actual río se ha abierto paso a través de rocas duras en las antiguas laderas, mientras al lado y a poca distancia queda la cañada anterior rellena con material suelto y fácil erosionable de los depósitos lacustres que se han conservado por no estar expuestos a una erosión directa del río. Este es el caso en la parte inferior del lago desaparecido, donde éste se prolongaba dentro de la cañada angosta entre las dos boquillas de Nejapa; en la parte ancha del valle, en cambio, la erosión lateral del río divagante ha destruído los depósitos del antiguo relleno del lago en gran escala, quedando actualmente sólo restos de ellos en las terrazas marginales cuya superficie uniforme queda de unos 30 a 50 m. arriba del actual cauce del río.

El antiguo cauce parece haber sido más profundo que el actual, sin que nos hubiera sido posible averiguar el monto de esta diferencia que, al parecer, sólo es de pocos metros.

Actualmente el régimen del río parece más o menos equilibrado, y más bien se nota una ligera tendencia de acumulación que de erosión; sin embargo, es de suponerse que la capa de acarreo que existe en el fondo de las boquillas de Nejapa, sea relativamente corta.

#### **CONDICIONES GEOLOGICAS DE LAS BOQUILLAS DE NEJAPA**

Al abandonar el río de Tehuantepec el ensanchamiento del valle de Nejapa, entra luego al estrechamiento de la Boquilla Superior formado por un promontorio de la margen derecha. Aguas abajo se abre la cañada de nuevo, y más o menos a 1 Km. de la boquilla desemboca a este ensanchamiento el arroyo de Bitiguini que viene del lado derecho. La cañada sigue abierta hasta la Boquilla Infe-

rior, no obstante que en un corto tramo corre el río aquí por un pequeño cañón epigenético abierto en roca, quedando al lado una depresión que corresponde a un curso antiguo que todavía se conserva medio rellenado con los depósitos lacustres del antiguo lago.

La distancia entre las dos boquillas es de unos 2 Km. en línea recta y de unos 3 Km. siguiendo el río que, como su cañada, forma en el ensanchamiento entre las dos un medio círculo con el lado cóncavo viendo hacia el N.

Los ejes de ambas boquillas son prácticamente paralelos y tienen una dirección de NW. hacia el SE. correspondiendo a tramos paralelos de dos, en lo demás muy diferentes, meandros del río.

#### LA BOQUILLA SUPERIOR DE NEJAPA

Como ya se dijo antes, el estrechamiento de la Boquilla Superior es originado por un espolón angosto y bajo que sale de la ladera derecha y que se acerca a la ladera empinada del lado izquierdo.

Sólo en su punta que forma el lado derecho de la boquilla, está constituido este espolón por la roca riolítica maciza que aflora también en la parte inferior de la ladera en frente (véase perfil Núm. 1). Más alejado de esta parte avanzada forman el espolón las tobas blancas riolíticas sobre las cuales en la parte más alta descansa, como un copete, el resto de una corriente riolítica maciza, diferente en su aspecto a la riolita inferior. Pero las riolitas y las tobas blancas no constituyen más que una parte reducida del espolón, formando la mayor parte de él los depósitos lacustres sueltos del relleno del lago que, en época geológica muy reciente, ocupó el valle de Nejapa y cuyos restos todavía existen, como vimos, en las terrazas que se observan en las orillas de aquel antiguo vaso.

Estos depósitos lacustres forman el subsuelo en el puerto o cuello que separa el espolón de la ladera derecha. Aquí los encontramos a la cota de 690 m. pero en la parte central más elevada del espolón afloran todavía a la altura de 710 o 714 m., es decir, a una altura que corresponde muy bien a la superficie de las terrazas del valle.

Como se ve, representa el actual cauce del río en la boquilla un ejemplo claro del tipo de río epigenético o superpuesto que debe su formación, como ya lo hemos indicado en páginas anteriores, a la profundización de un río que desarrolló su curso meándrico sobre la superficie del relleno del lago temporal y que, al hondonarse, cortó en la ladera de la antigua cañada, dejando el cauce antiguo relleno a un lado.

En realidad el espolón es de esta manera, en su gran masa, sólo un resto del antiguo relleno del lago de Nejapa que se extendía hasta la Boquilla Inferior, y el ensanchamiento entre las dos boquillas es por lo mismo una parte de la gran depresión del valle de Nejapa, del cual, sólo accidentalmente y en su parte más profunda, está hoy día separada por aquel espolón insignificante.

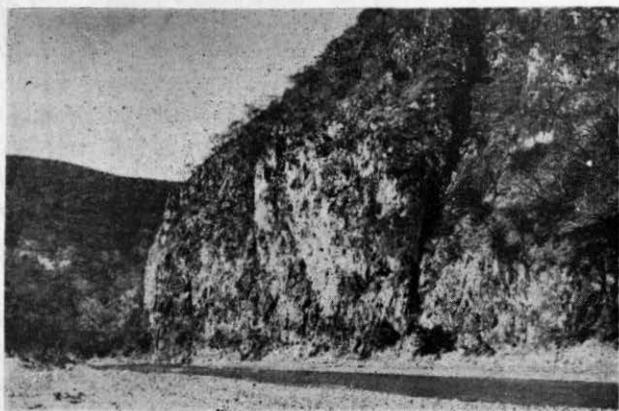
El fondo de la antigua cañada no está a la vista y se encuentra probablemente a un nivel un poco inferior que el del actual cauce del río. En los pozos que se han abierto en el puerto o cuello por el que pasa el camino, sólo se ha encontrado el relleno moderno, sin embargo de que uno de ellos ya llevaba 7 m. de profundidad el día de nuestra visita (27 de mayo). Estos depósitos están a la vista en la ladera occidental del espolón donde han sufrido una fuerte erosión, porque el pie de la ladera es atacado por el río con cierta frecuencia durante avenidas fuertes. A causa de esto, la ladera está expuesta a frecuentes derrumbes que desarrollaron en ella una pendiente fuerte en la que no se puede sostener ninguna vegetación, lo que, por su lado, la hace más propensa a nuevos derrumbes, (Foto Núm. 3).

Hay que tomar en cuenta esta circunstancia, si se constituyera la cortina en la Boquilla Superior, en cuyo caso el espolón sólo sería una continuación natural de la construcción con que se cierra la boquilla, y esta continuación resultará ser un dique de tierra impermeable y de una anchura suficientemente grande para garantizar su estabilidad contra la presión de la presa llena. Pero el talud de esta cortina natural en su lado mojado es demasiado fuerte y al llenarse el vaso, se efectuarán en esta ladera deslizamientos y derrumbes hasta que se establezca el talud equilibrado que corresponda a este material terroso. Además producirá el oleaje del lago una erosión enérgica en este terreno poco resistente.

Estos efectos sólo se podrán subsanar con un revestimiento de la ladera en toda la extensión en que el espolón está formado por este material del antiguo relleno, extensión muy grande que hará las obras de defensa sumamente costosas.



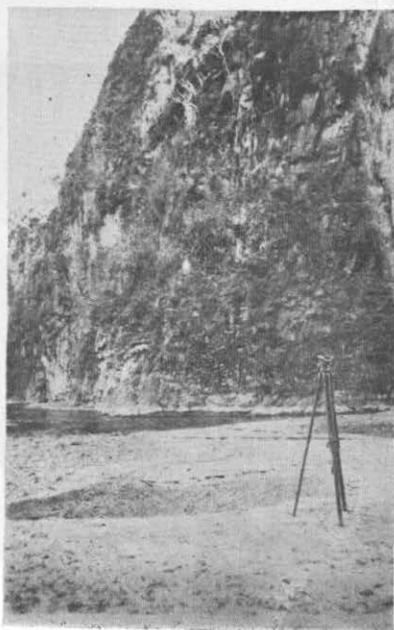
*La boquilla inferior vista desde aguas abajo. (Foto N° 6)*



*El acantilado de la margen izquierda-  
aguas abajo de la boquilla con la falla de que  
se habla en este estudio (Foto N° 7)*



*Detalle de la falla en el pie del acantilado.*



*El acantilado del lado derecho.*

Pero no sólo este defecto tiene la Boquilla Superior, sino también las condiciones geológicas de su lado izquierdo son bastante sospechosas.

En realidad, sólo la parte inferior de esta ladera izquierda está constituida por roca riolítica dura y resistente, que forma una especie de escalón de unos 10 m. de alto y que parece la continuación de la roca del paredón enfrente donde esta riolita alcanza mayor altura.

Arriba de dicho escalón aflora en la ladera izquierda una toba blanca poco resistente, aunque naturalmente no desmoronable, como por ejemplo la tierra arcillosa del relleno del espolón.

La relación que existe entre el escalón de riolita y la toba arriba no es clara. Puede ser que la toba esté al contacto con la riolita a causa de una falla en la forma como lo enseña el perfil Núm. 2; pero también puede ser que las tobas cubran la roca riolítica en la misma forma como sucede enfrente en el espolón. En este caso figurado en el perfil Núm. 3 la boquilla atraviesa casualmente una pequeña eminencia riolítica rodeada y cubierta por las tobas. Con las exploraciones a cielo abierto y con máquina perforadora que se han ordenado en el lugar y que se están haciendo actualmente, se aclarará cuál de las dos suposiciones es la correcta.

De todas maneras, se puede decir que las condiciones geológicas de esta boquilla son bastante desfavorables por la presencia de dos rocas de muy diferente resistencia, como lo son la riolita maciza y las tobas; pero, sobre todo, sería peligrosa naturalmente la existencia de una falla cuya dirección perpendicular al eje de la cortina puede causar especialmente dificultades serias.

La boquilla es relativamente angosta, pero el espolón del lado derecho es bastante bajo, por lo que se tendrán que construir en esta zona diques adicionales bastante altos y de una longitud considerable, si la corona de la presa se elevara a la cota de 720 como se propone.

En un principio se consideraba favorable el puerto o cuello tantas veces mencionado, para la construcción del vertedor. Pero dada la naturaleza de este puerto y del espolón en general, esta locali-

zación del vertedor probablemente debe ser abandonada, tanto por la dificultad y lo costoso de la cimentación de una estructura tan importante en terreno poco resistente, como por el revestimiento con que se necesitará proteger el canal de descarga que conduce las aguas hacia el cauce del río aguas abajo de la presa.

Fuera de este puerto, no hay otro lugar topográficamente apropiado para la localización del vertedor, por lo que, si no se puede utilizar éste será necesario acondicionar la cortina misma o parte de ella para el objeto. Una construcción de esta naturaleza tendrá que ser proyectada de acuerdo con las condiciones geológicas locales de la boquilla, las que, como se dijo antes, según lo que se ve a simple vista, en general no son del todo satisfactorias. Las exploraciones que se están haciendo aclararán en detalle estas condiciones.

No se sabe todavía qué espesor tiene el acarreo en el fondo del río, pero ya se han dado instrucciones para que se proceda luego a las exploraciones respectivas mediante pulseta.

#### LA BOQUILLA INFERIOR

La boquilla inferior es un poco más ancha que la superior, en cambio es más favorable por la altura y la pendiente de sus paredes, y aunque si se construyera en ella una cortina alta con la corona a la cota de 720 m. (como se ha proyectado en la boquilla superior), no será necesario completar el cierre con diques adicionales. Por otra parte hay que tomar en cuenta que entre ambas boquillas hay un desnivel de unos 13 m. por lo que la cortina en el sitio inferior, al llevarla a la cota de 720 m. resultaría 13 m. más alta que en el superior. Pero en cambio se añadiría en estas condiciones al vaso de almacenamiento en el valle de Nejapa, el de la hondonada que existe entre las dos boquillas, cuya capacidad es nada despreciable.

Las condiciones geológicas de la boquilla inferior son también incomparablemente más favorables que la de la superior. Ambas lateras están formadas por una riolita muy maciza y sana, y no afloran en todo el estrechamiento las tobas riolíticas y el material suelto del relleno, que en la boquilla superior abundan, como hemos visto.

La riolita maciza es naturalmente algo quebrada en la superficie de los paredones, pero las fracturas que se observan en ellos, de seguro, generalmente no se profundizan mucho cerro adentro. En cambio, existe en la entrada a la boquilla un sistema de unas pequeñas fallas de dirección N 30-40° W (mag.) con echado de unos 80° hacia el SW., de las cuales sobre todo dos están muy bien marcadas en la ladera izquierda, formando los respaldos de una especie de tajo abierto en la roca desde lo alto de los acantilados hasta el río. En estas dos fallas se observa sólo un movimiento muy ligero, en cambio son algo más pronunciados los movimientos de dislocación a lo largo de otras paralelas a las anteriores que se ven a unos 20 m. más hacia el E.; pero también en estas fallas los movimientos han sido muy pequeños y sólo de unos cuantos metros (véase fotos, 7 y 8).

Todas estas fallas atraviesan la boquilla en dirección perpendicular a la dirección del río y su importancia como factores peligrosos para el proyecto es por lo tanto bastante reducida. No hay que temer que afecten la estabilidad de la construcción o la resistencia de la roca en que ésta quedará cimentada, y no existe ningún peligro que a lo largo de ellas se efectúen filtraciones, porque todas estas fallas quedarán aguas arriba de la cortina y no comunican a ninguna incisión aguas abajo de ella.

No se observan en estas dislocaciones ningunos indicios de movimientos recientes y ningunas indicaciones de circulación de agua a lo largo de ellas.

El sitio más indicado para la cortina en proyecto (véase plano), se encuentra en o inmediatamente aguas abajo del punto donde existe, en la ladera derecha, una entrada hacia la cual está dirigido el golpe del río que viene del NW., para cambiar en este punto su curso hacia el NE. El paredón casi vertical del lado derecho tiene en este tramo una altura de unos 60 m. La ladera izquierda, enfrente, es menos empinada, pero siempre también ella tiene en general una pendiente de unos 45°.

La resistencia de esta riolita contra la presión es muy grande y no hay inconveniente para exponer esta roca a una fatiga de 25 a 30 Kg/cm<sup>2</sup> y hasta algo más, siempre que las exploraciones del subsuelo, que hay que hacer y de las cuales se hablará adelante, prue-

ben que no existen zonas locales de fracturamientos intensos y profundos.

La forma de la boquilla es, como vimos, asimétrica, por lo que se podría proyectar en ella una cortina de arcos del tipo de la del proyecto de la Angostura de Teras. La roca riolítica que aflora en ambas laderas es, al parecer, bastante sana y resistente para un tipo de arco, aunque su fracturamiento superficial obligará a llevar los cortes para el empotramiento del arco en el paredón del lado derecho y los para el del contrafuerte en la ladera izquierda, a ciertas profundidades.

El vertedor puede ser localizado en lo alto del paredón derecho y es probable que este lugar se preste para desviar económicamente las aguas sobrantes a la cañada que se le junta al río más o menos medio kilómetro aguas abajo, por la margen derecha.

Parece preferible la localización de la cortina en el sitio indicado y no más aguas abajo, en la parte más estrecha del cañón, porque la roca del contrafuerte del lado izquierdo que origina esta angostura local, es bastante quebrada por lo que gran parte de él se tendrá que quitar. Otro inconveniente de este sitio de mayor estrechamiento es, que el paredón del lado derecho aquí ya es bastante más bajo, por lo que, para llevar la cortina a la cota 720, se necesitaría además una construcción adicional en este lado.

No hay ningunos indicios que nos puedan servir para calcular la profundidad a que se encuentre la roca maciza debajo del acarreo del río, por lo que se recomienda la exploración provisional de este depósito con una serie de sondeos mediante pulseta, a reserva de que más tarde, y una vez pasada la temporada de aguas, se hagan las perforaciones respectivas con máquina perforadora.

En resumen, hay que repetir que la boquilla inferior de Neja-pa ofrece condiciones geológicas y topográficas mucho mejores que la boquilla superior, no obstante que esta última es algo más estrecha.

## PERFORACIONES

Las condiciones geológicas de ambas boquillas necesitan un estudio más detallado, y este estudio debe ser completado con exploraciones tanto en forma de pozos a cielo abierto y socavones, como por medio de perforaciones con corona de diamantes.

Ya hemos indicado la conveniencia de explorar el espesor del acarreo en ambas boquillas con pulseta y es de suponerse que estas investigaciones ya se están llevando a cabo.

En la BOQUILLA SUPERIOR se han fijado varios pozos y un socavón en la ladera izquierda para determinar la forma y posición del contacto de las tobas con la riolita. Además, se aconsejan para el mismo lado una perforación vertical y una inclinada en  $45^{\circ}$ , dirigida hacia el cerro en el escalón de riolita, arriba de la escala de aforo.

En el lado derecho de la boquilla se proponen dos perforaciones con máquina, en la orilla del cauce aguas abajo del paredón, donde se puede acondicionar el terreno para hacer una exploración inclinada en dirección hacia el río, para investigar el subsuelo de éste. Si fuera posible hacer esta perforación con solo  $30^{\circ}$  de inclinación, respecto al horizonte, fuera mejor, pero para determinar el ángulo de inclinación conveniente, necesitamos los datos de las exploraciones con pulseta en el río.

Al pie del paredón conviene hacer en este lado una perforación vertical hasta unos 10 a 15 m. de profundidad.

Otra perforación vertical se propone en lo alto del paredón de la boquilla debiendo llegar ésta a algunos metros abajo del cauce. Una perforación de  $45^{\circ}$  de inclinación en dirección hacia el cerro y de unos 15 m. de longitud, servirá para explorar la roca del interior del paredón.

En lo alto de la loma no se necesitarán exploraciones con máquina perforadora, porque se pueden hacer en esta zona algunos pozos a cielo abierto, lo que resultará más económico y de mayor provecho.

Conviene hacer, finalmente, unas tres perforaciones con máquina en el propio cauce del río en el eje de la cortina en proyecto, para explorar el subsuelo rocalloso debajo del acarreo, cuyo grueso ya se habrá determinado entonces con pulseta. Estas últimas perforaciones en el río, sólo se podrán hacer después de la estación de aguas,, cuando el peligro de avenidas en el río ya queda reducido a un mínimo.

Las exploraciones con máquina en la BOQUILLA INFERIOR, van a ser algo más difíciles por lo accidentado del terreno, en el cual la instalación de la perforadora y el manejo del varillaje exigen en algunos puntos la construcción de plataformas especiales.

En la ladera izquierda se pueden hacer algunos pozos a cielo abierto, pero además convienen exploraciones, más profundas con máquina y se recomienda establecer cuatro estaciones en las cuales, en cada una, se hará una perforación vertical y una de inclinación de  $45^{\circ}$  hacia el cerro (véase plano y perfil).

La exploración del subsuelo del cauce, debajo del depósito de acarreo, se hará, después de haber sondeado con pulseta el espesor de este material de arrastre, con unas tres perforaciones verticales. Pero además se necesitarán unas dos exploraciones inclinadas debajo del río, para las que se deberá escoger puntos especialmente acondicionados del terreno. La inclinación que se debe dar a éstas, (si fuera posible no mayor de  $30^{\circ}$  con el horizonte), depende del grueso del acarreo por un lado, y por otro, de las condiciones del lugar donde puede establecerse la máquina y donde no estorba el terreno el manejo del varillaje.

Al pie de la ladera izquierda, acaso se podrá hacer esta perforación inclinada a unos 30 m. aguas arriba del lugar donde pasa la línea de la sección marcada en el plano, en el punto y con la dirección indicada en dicho plano. En el lado derecho probablemente será necesario construir una plataforma en el rincón en que cambia el curso el río. Se indica en el plano adjunto este punto y la dirección de la perforación. La inclinación que se podrá dar a estas dos exploraciones depende de la profundidad a que se encuentre la roca maciza en el río en el trazo en que se hará la perforación. Hay que procurar que esta inclinación sea muy pequeña por ejemplo de  $30^{\circ}$  con el horizonte, por una parte, para que la perforación no

resulte demasiado larga, por otra, para que la exploración quede lo más posible en la parte cercana a la superficie y que no llegue a profundidades que ya no son de interés para la cimentación de la cortina.

Se proponen dos perforaciones al pie del paredón del lado derecho, una vertical y otra inclinada en  $45^\circ$  hacia el cerro. Otra estación se prevé a media altura del paredón. No es necesario que ésta quede en la propia sección sino puede escogerse un punto apropiado a cierta distancia de ésta, en un lugar donde resulte más fácil la instalación y la manipulación. También en esta estación se recomienda una perforación vertical y otra de  $45^\circ$  hacia el cerro, y en la misma forma se procederá en la última estación arriba del acantilado.

Para facilitar el transporte de la máquina se propone que se hagan las perforaciones en el orden inverso al que hemos seguido en los párrafos anteriores, es decir, se recomienda principiar con las perforaciones altas del lado derecho para seguir con las a medio paredón y después con las del fondo del río. En la margen izquierda el transporte se dificultará menos, por ser la ladera menos empinada.

En lo alto del paredón del lado derecho, es decir, en la zona donde se propone la localización del vertedor, deben hacerse algunas exploraciones a cielo abierto, tanto para investigar el carácter de la roca en que se construirá este vertedor, así como para ver si esta misma roca se podrá utilizar en la construcción de la cortina.

## SEISMICIDAD DE LA REGION

Es conocido que tanto el valle de Oaxaca como la región de Tehuantepec, y la costa del Pacífico de los Estados de Oaxaca y Guerrero, son zonas de una sismicidad muy grande. Todavía se ven en Oaxaca las ruinas del último terremoto del 14 de enero de 1931 que hizo tantos estragos en la capital y en poblaciones cercanas.

La región en que se encuentran el vaso y las boquillas del proyecto de Nejapa es muy poco habitada y la única población de relativa importancia es la de Nejapa que queda a unos cuantos kilóme-

tros arriba de las boquillas (4.5 Km. y 6.5 Km. respectivamente en línea recta). Es una población antigua con construcciones relativamente buenas que, no obstante de que están sentadas sobre el material incoherente del relleno del valle, no han sufrido desperfectos serios por los muchos temblores que deben haberse registrado en la zona desde la fundación del pueblo. Según los datos que pude obtener en la Estación Seismológica de la Universidad, en Tacubaya, se supone la existencia de algunos focos sísmicos en la región aludida, sin que hasta la fecha hubiera sido posible localizarlos con exactitud.

Como ya se dijo en capítulo anterior, no existen en las boquillas fallas que mostraran señales de movimientos recientes, y las pequeñas dislocaciones que se han podido localizar en la boquilla inferior, muy al contrario, tienen todo el aspecto de fallas antiguas e inactivas desde mucho tiempo. Tampoco se pueden observar derrumbes modernos en el cañón de la boquilla inferior y aguas abajo de ella, donde la fuerte pendiente de las laderas facilitaría el desprendimiento de rocas a causa de movimientos sísmicos, como lo ha sucedido por ejemplo durante el temblor de 1887 en el cañón de la Angostura de Teras en el río Bavispe, Sonora.

Si de esta manera, por una parte, debemos considerar la comarca como una región en que se registran temblores frecuentes y bastante fuertes, podemos asegurar, por otra parte, que las boquillas no están situadas en ninguna zona epifocal, sino sólo están afectadas por temblores que emanan de focos débiles cercanos y por movimientos sísmicos que provienen de focos más activos, pero más alejados.

La circunstancia de que esta zona es conmovida con cierta frecuencia por temblores de una intensidad bastante considerable, deben tomar en cuenta los ingenieros al proyectar las obras de almacenamiento en el valle de Nejapa.

## R E S U M E N

La BOQUILLA SUPERIOR de Nejapa tiene en su parte baja una sección más reducida que la Boquilla Inferior, pero el espolón que forma el lado derecho del estrechamiento es bajo, por lo que se ne-



DETALLE DE LA  
FRACTURA AGUAS  
ARRIBA DE LA  
SECCION

[FOTO NUM.10]

cesitaría construir en él varios diques adicionales. Esta boquilla es además más accesible que la inferior, ventaja de poca importancia.

Las condiciones geológicas son bastante deficientes:

1).-Existe en la ladera izquierda de la boquilla un contacto de la riolita maciza, que forma la parte inferior del estrechamiento, con la toba riolítica que constituye la ladera arriba. La posición que guardan las dos rocas se aclarará con las exploraciones propuestas, pero de todas maneras es desfavorable la existencia de este contacto.

2).-La mayor parte del espolón del lado derecho detrás del acantilado de riolita de la boquilla, está formado por los depósitos sueltos de un antiguo relleno. Este material es desmoronable y será propenso a derrumbes y a deslaves que se efectuarán cuando se llenará el vaso, por lo que, al llevar el embalse a una altura cercana a la cresta del espolón, la ladera de éste tendrá que ser protegida por un revestimiento, que por su extensión resultará muy costoso.

3).-El puerto que liga este espolón con las laderas detrás no es apropiado para construir en él el vertedor, tanto porque se dificultará su cimentación en el material suelto de relleno que constituye el subsuelo hasta una profundidad que pasa probablemente de 10 m., como por tenerse que revestir el canal de descarga en la ladera que conduce al río y que está formada también por el material suave del relleno y de tobas.

LA BOQUILLA INFERIOR es algo más abierta en la parte baja de su sección que la anterior, pero las laderas del lado izquierdo y el paredón vertical del lado derecho son altos, por lo que, aunque elevando la corona de la cortina a la misma cota de 720 que se ha fijado de una manera provisional para la cortina en la boquilla superior, no se necesitarían aquí diques adicionales. El desnivel entre las dos boquillas es de unos 13 m. y de acuerdo con esto, la cortina elevada a la cota 720, tendría en la boquilla inferior 13 m. más de altura. Pero con ella se almacenaría una gran cantidad de agua mayor, porque la capacidad de la hondonada que existe entre las dos boquillas y que se añadiría al almacenamiento del valle de Nejapa, es bastante considerable.

Las laderas de la boquilla inferior están formadas, de una manera homogénea, por una riolita muy resistente que en la superficie está algo quebrada en la ladera izquierda, y fracturada en el paredón del lado derecho. Pero es seguro que este resquebrajamiento no continúa hasta mayores profundidades.

Aguas arriba de la sección fijada en el plano adjunto, existe una serie de pequeñas fallas que corren N. 20-30° W. y que tienen un echado de unos 80° hacia el SW. Como estas fallas atraviesan el cañón más o menos en dirección paralela a la del eje de la cortina, se considera que no tendrán ninguna influencia desfavorable respecto a la construcción, ni pueden originar fugas de agua del vaso.

El vertedor se puede construir en lo alto del paredón del lado derecho, en roca maciza y servirá, acondicionando debidamente su canal de descarga, para desviar las aguas sobrantes a un arroyo que se junta al río bastante más aguas abajo.

La sección de la boquilla es asimétrica, pero su roca es tan resistente que puede pensarse en construir en ella una presa de arco semejante al tipo que se ha proyectado para la Angostura de Teras sobre el río Bavispe.

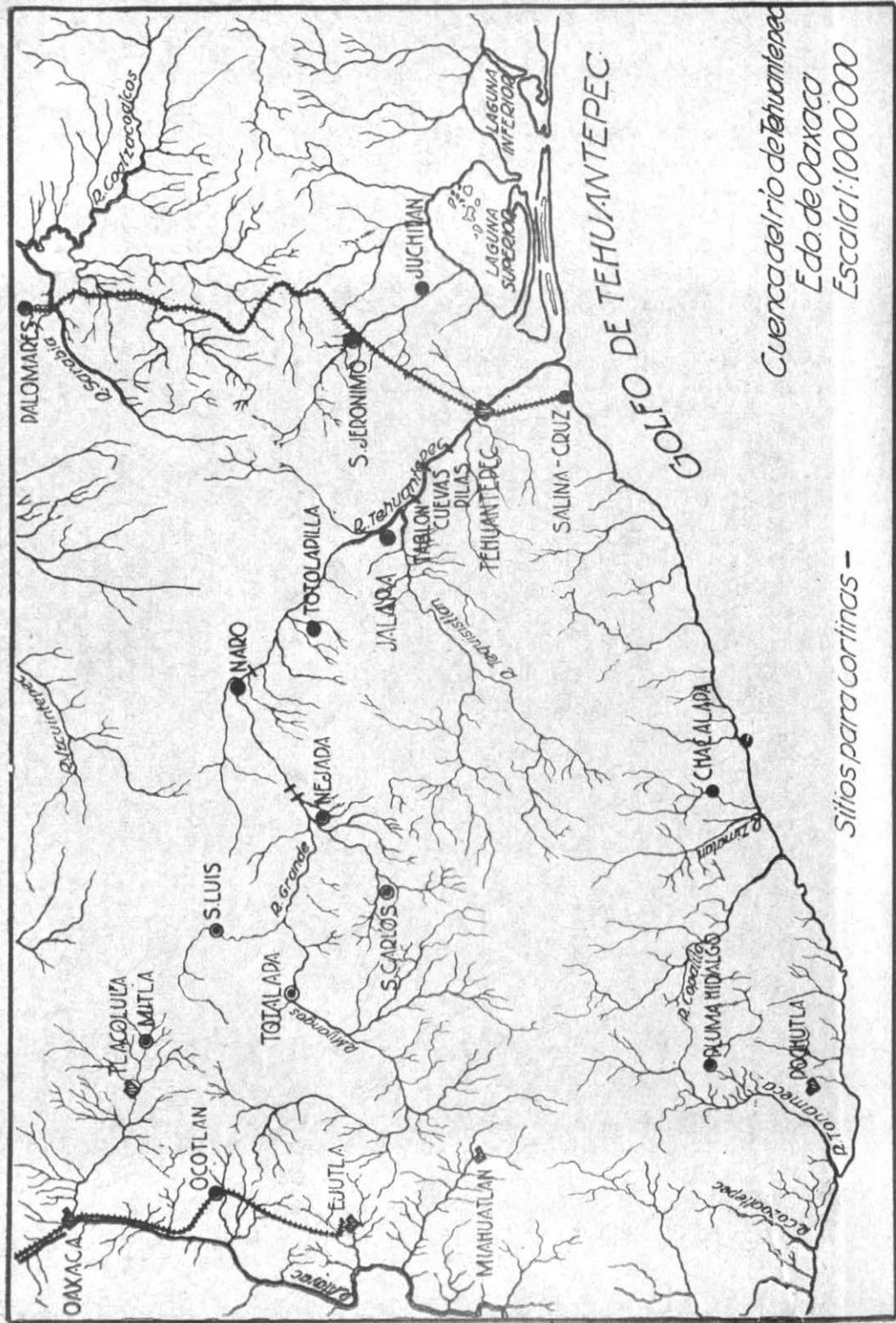
Se necesitan exploraciones de ambas boquillas tanto con pozos a cielo abierto y socavones, como con máquina perforadora.

La comarca está afectada con frecuencia por temblores de cierta intensidad, pero en las boquillas y en su cercanía inmediata no hay fallas ni focos sísmicos activos.

Material de construcción como roca, grava y arena hay en los alrededores inmediatos, sobre todo en la boquilla inferior.

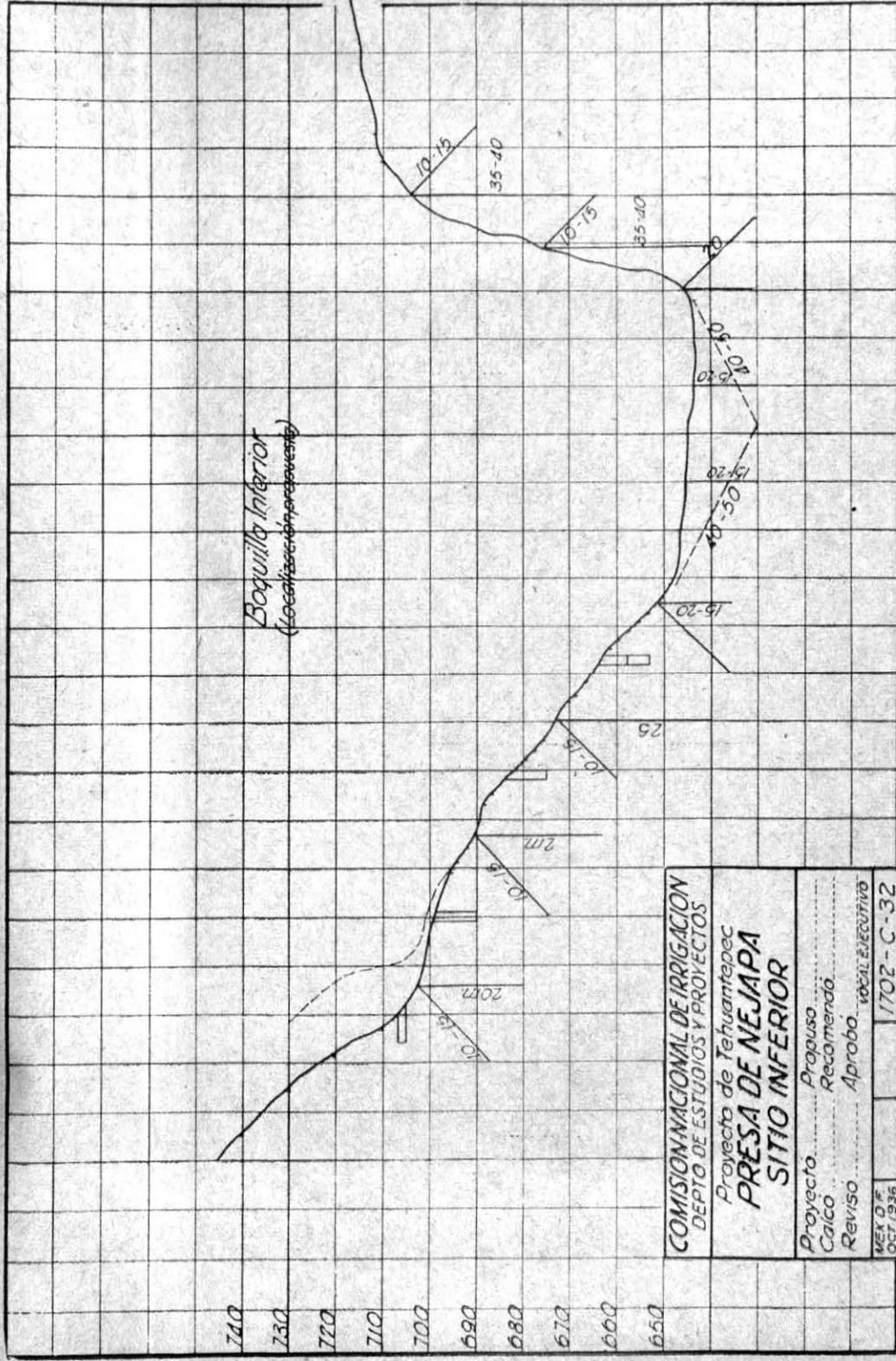
Se necesita construir un camino bastante largo y en terreno muy accidentado para dar acceso al valle de Nejapa y a las boquillas. Esta comunicación será con la ciudad de Oaxaca.

MEXICO, D.F. JUNIO DE 1936



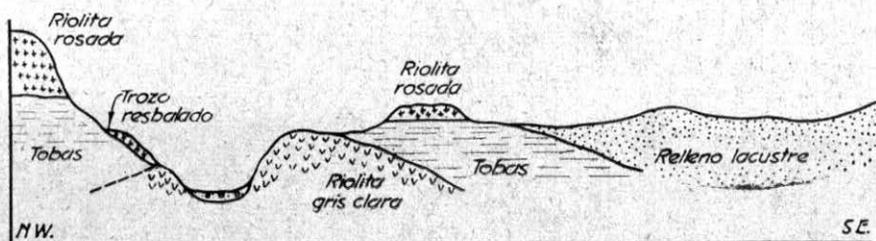
Cuenca del río de Tehuantepec  
 Edo. de Oaxaca  
 Escala 1:1000000

Sitios para Cortinas -

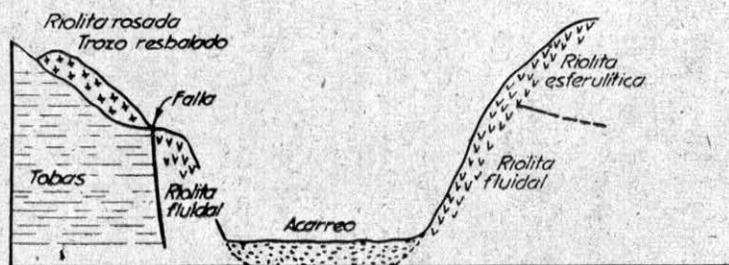


Boquilla Inferior  
(Localización provisional)

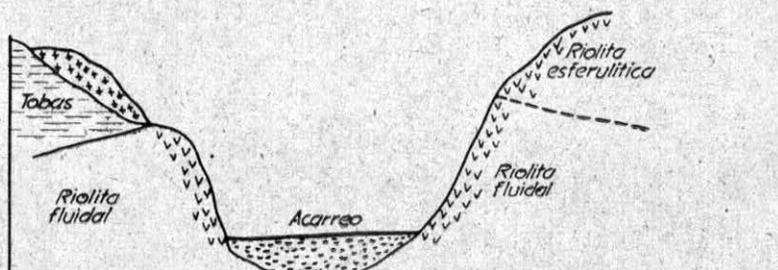
<b>COMISION NACIONAL DE IRRIGACION</b> DEPTO. DE ESTUDIOS Y PROYECTOS Proyecto de Tehuantepec <b>PRESA DE NEJAPA</b> <b>SITIO INFERIOR</b>	
Proyecto ..... Calco ..... Reviso .....	Propuso ..... Recomendado ..... Aprobado .....
MEX O F OCT/1936	1702 - C-32



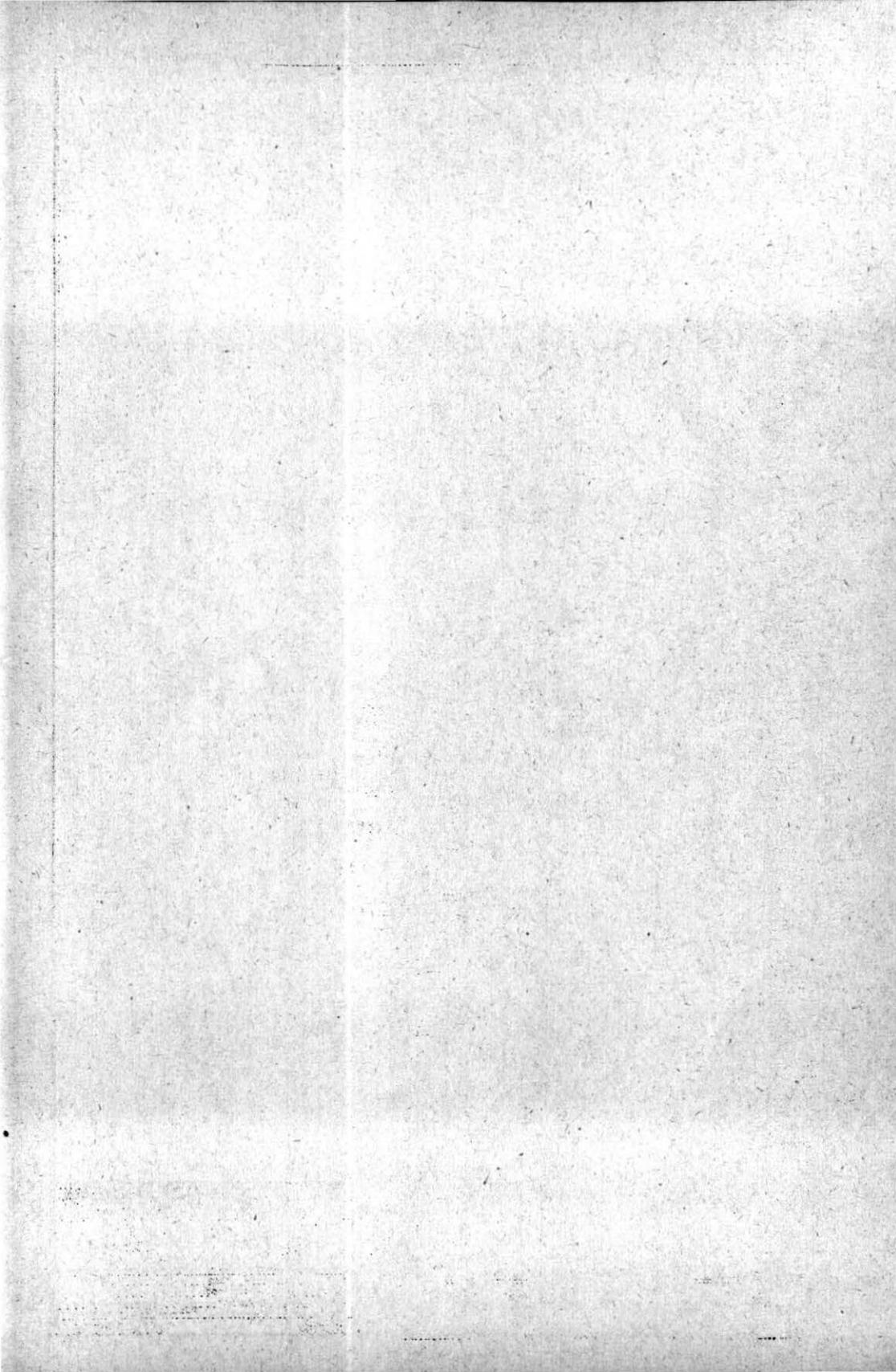
**PERFIL N°1**

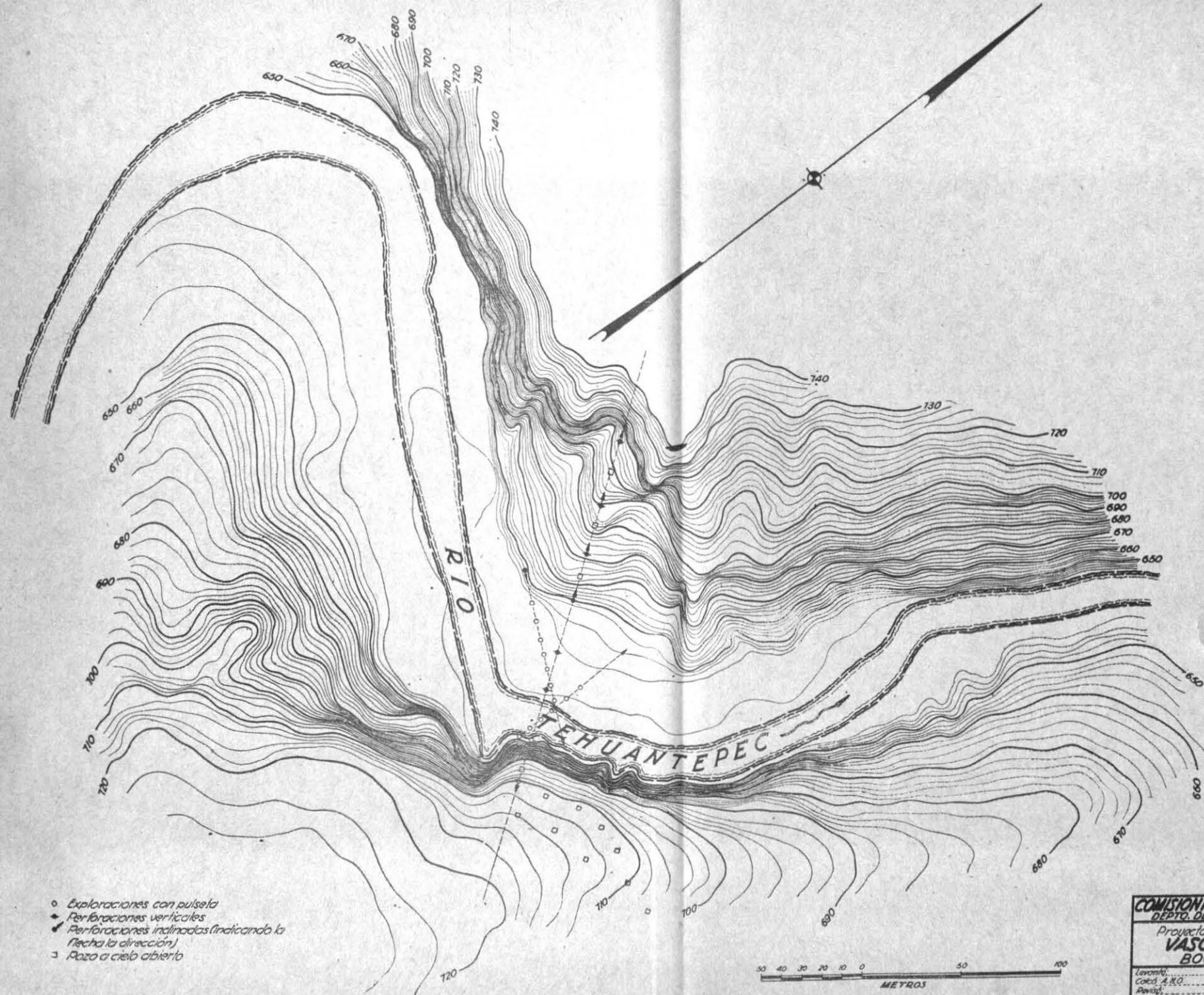


**PERFIL N°2**



**PERFIL N°3**





- Exploraciones con pulseza
- Perforaciones verticales
- ◐ Perforaciones inclinadas (indicando la flecha la dirección)
- Pozo a cielo abierto

30 40 50 60 70 80 90 100  
METROS

<b>COMISION NACIONAL DE IRRIGACION</b>	
DEPTO. DE ESTUDIOS Y PROYECTOS	
Proyecto de Tehuantepec, Oax	
<b>VASO DE NEJARA</b>	
BOQUILLA N.º 2	
Trabajo:	Propuso:
Cobro A.R.O.	Recomendó:
Revisó:	Aprobó:
MEXICO, D.F.	1702-C-21

