

242



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**“ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL
PROYECTO DERIVADOR SAN AGUSTIN, MPIO.
DE OCOSINGO, CHIAPAS**

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO GEOLOGO
P R E S E N T A :
MARIO MIGUEL ANGEL BUTRON SILVA**

Mexico, D. F.

1987



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

INDICE

RESUMEN

PAGINA

I.- INTRODUCCION

I.1 Objetivos del Trabajo 5

II.- GEOGRAFIA

II.1 Localización y Vías de Comunicación 7

II.2 Fisiografía 9

II.2.1 Geomorfología 11

II.2.2 Hidrografía 13

II.2.3 Descripción General del Proyecto 15

II.4 Clima y Vegetación 17

II.5 Población y Actividades Economicas 19

III.- GEOLOGIA GENERAL

III.1 Estratigrafía 26

Sistema Cretácico 26

Formación Angostura 26

Sistema Terciario 29

Caliza Sin Nombre 29

Formación El Bosque 30

	Depósitos Marinos	32
	Terciario Indiferenciado	33
	Cuaternario	34
III.2	Geología Estructural	35
	Geología Estructural del Area	35
	Fallas Regionales	35
	Anticlinales y Sinclinales	39
III.3	Geología Historica	42
IV.-	GEOLOGIA DEL AREA DEL PROYECTO	
IV.1	Geología del Area del Proyecto	46
V.-	GEOPECNIA	
V.1	Geotecnia	51
	Embalse	51
	Boquilla	53
	Riesgo Sísmico	63
	Geofísica	67
	Geotécnia en las Obras de la	71
	Boquilla	
VI.-	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
VI.1	Conclusiones	75
VI.2	Recomendaciones	79
	BIBLIOGRAFIA CITADA	80

PLANOS

NUMERO	TITULO	ESCALA
1	GEOLOGIA DEL P. D. SAN AGUSTIN Y ALTAMI- RANO	1:50,000
2	GEOLOGIA A DETALLE BOQUILLA SAN AGUSTIN	1:2000
3	SECCION EJE CORTINA BOQUILLA SAN AGUSTIN	1:1000
4	GEOLOGIA A SEMIDETA- LLE	1:10,000
5	SECCION VENTANA DE LA M. I. RIO JATATE AGUAS ABAJO	1:5000

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

	PAGINA
Figura No. II-1	8
Figura No. II.2	9
Figura No. II.3	11
Figura No. II.4	12
Figura No. II.5	14
Figura No. II.6	16
Figura No. II.7	18
Tabla No. II.1	20
Tabla No. II.2	21
Tabla No. II.3	22
Figura No. III.1	24
Figura No. III.2	25
Figura No. III.3	36
Figura No. III.4	37
Figura No. III.5	44
Figura No. IV.1	48
Figura No. IV.2	49
Figura No. V.1	52
Tabla No. V.1	57
Figura No. V.2	58
Tabla No. V.2	60

Figura No. V.4	64
Figura No. V.5	65
Figura No. V.6	66
Tabla No. V.3	70
Tabla No. V.4	73

RESUMEN

El presente trabajo pretende integrar los estudios de exploración realizados en el Proyecto San Agustín, para tener un conocimiento geológico del sitio propuesto y poder prever los problemas geotécnicos que se pudieran presentar en la etapa de construcción.

El Proyecto Derivador San Agustín se localiza a 48 km en línea recta al noroeste de la ciudad de San Cristóbal de las Casas y pertenece al municipio de Ocosingo, Chiapas.

Está ubicado en la Provincia Fisiográfica de Tierras Altas de Chiapas, pudiendo observarse dos tipos de drenaje en el área de estudio: dendrítico y cárstico. Se considera que la región se encuentra en una etapa de intensa erosión, pudiéndose reconstruir la forma original de las estructuras.

Los ríos Azul y Jataté son los rasgos hidrológicos más importantes en la zona del proyecto. Se encuentran formando parte de los escurrimientos nororientales de la Mesa Central de Chiapas, teniendo como su nivel base local el Río Usumacinta, a cuya cuenca pertenecen.

El Proyecto Derivador San Agustín forma la parte central del Sistema Cancuc, cuyo objetivo consiste en transferir las aguas de la Cuenca del Río Usumacinta a la del Río Grijalva, con un gasto medio de $23 \text{ m}^3/\text{seg}$.

La estratigrafía en el Proyecto San Agustín, comprende rocas sedimentarias de origen marino y continental del

Cretácico Superior hasta el Reciente.

Los rasgos estructurales más importantes son: las fallas Chacté-Ocosingo, Oxchuc, Huixtán-San Cristóbal y Buenos Aires, así como los anticlinales Nazareth, Oxchuc y sinclinales Tenango y Huixtán.

El vaso del P.D. San Agustín quedará alojado en rocas de la Formación El Bosque, rodeada por rocas poco permeables de la Caliza Sin Nombre y rocas de la Formación Angostura, de carácter permeable. Existen dos tipos de acuíferos, uno libre y el otro confinado.

Se considera crítica la margen izquierda, ya que las rocas de la Formación El Bosque (impermeables) no cubren en su totalidad el embalse a la elevación 1230 msnm, ocasionando que el agua embalsada se pueda fugar hacia su nivel base, el cauce del río en el Valle de Ocosingo.

La margen izquierda de la boquilla está formada por rocas muy fracturadas que pudieran ocasionar problemas en la estanqueidad, por lo que se necesitaría tratamiento de impermeabilización, como inyecciones de lechadas de cemento.

El sitio de la boquilla se encuentra a 200 m de la confluencia de los ríos Jataté y Azul. En sección tiene la forma de "U", en donde afloran rocas de las formaciones Angostura y El Bosque, así como el Terciario Indiferenciado.

Por medio de un socavón, en la Margen Derecha, se observo que la roca se encuentra afectada por fallas y muy fracturada. Las fracturas están rellenas de calcita, acompañada o no por arcilla plástica, provocando el deslizamiento

de bloques y ocasionando derrumbes.

La margen izquierda se encuentra afectada por intenso fracturamiento.

La zona central del eje se caracteriza por ser una zona plana cubierta por un material del Terciario Indiferenciado, de poca cohesión y espesor irregular.

Se estableció la actividad sísmica de las fallas que convergen en la zona del Proyecto San Agustín, por medio de datos: históricos, geológicos, tectónicos y sismológicos. De la información obtenida por los datos anteriores, se concluyó que no hay actividad sísmica.

Los métodos geofísicos empleados tuvieron como objetivo conocer las condiciones mecánicas de las rocas y la compacidad de los materiales en los sitios de emplazamiento de las obras. Se aplicaron sondeos eléctricos verticales de arreglo tetrapolar Schulumberger, el método de refracción sísmica y la testificación eléctrica de barrenos, con lo cual se concluyó que las rocas en que quedarían alojadas las estructuras son de muy baja calidad.

I. INTRODUCCION

I. - INTRODUCCION

I.1 OBJETIVOS DEL TRABAJO

Con este estudio se pretende integrar la información aportada durante los trabajos de exploración, a fin de tener un pleno conocimiento de las condiciones geológicas que presenta el sitio propuesto y, con ello, prever los problemas geotécnicos que se puedan presentar durante la construcción y, de esta manera, hacer las recomendaciones pertinentes.

Es también objetivo de este trabajo, el que la información que aquí se presenta sirva de base para estudios posteriores.

II. G E O G R A F I A

II.- GEOGRAFIA

II.1 LOCALIZACION Y VIAS DE COMUNICACION

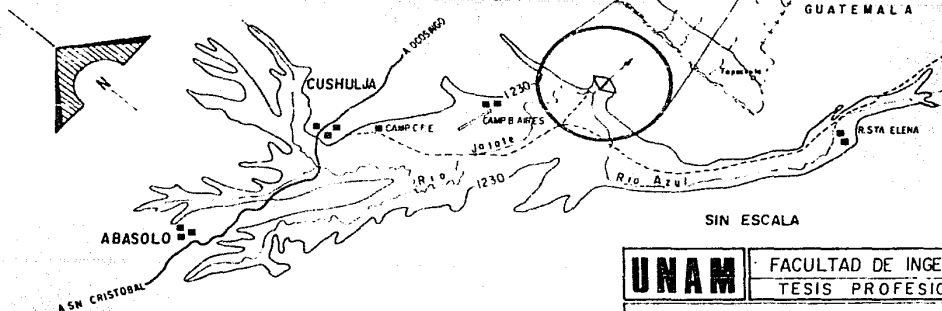
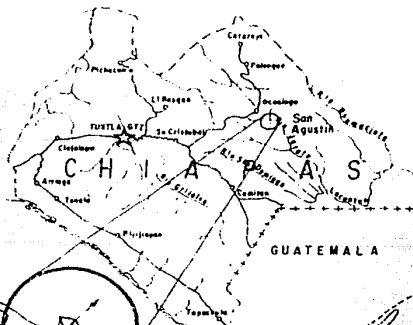
El Proyecto Derivador San Agustín se localiza a ---
48 Km en línea recta al noroeste de la ciudad de San Cristó-
bal de las Casas, y esta situado entre las coordenadas:

16° 46' 25" de latitud norte, y

92° 07' 20" de longitud oeste del meridiano de Green-
wich.

El acceso al proyecto se realiza por la carretera es-
tatal, con dirección noreste, que comunica la ciudad de San-
Cristobal con Palenque, pasando por los poblados de Huixtán-
y Oxchuc, hasta el paraje Cushuljá; la distancia a este si-
tio es de 74 Km, tramo que en su mayor parte se encuentra pa-
vimentado. Al llegar al paraje antes mencionado, el recorri-
do debe hacerse por la desviación al poblado Altamirano has-
ta la Boquilla San Agustín, con un desarrollo de 9 Km (ver -
Figura No. II.1).

Para la transportación aérea, ya sea en helicóptero -
o avioneta, se cuenta con una pista localizada en el campa -
mento Buenos Aires, a 3 Km de la Boquilla.



SIN ESCALA

SITIO SAN AGUSTIN
CROQUIS DE LOCALIZACION

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA	
	TESIS PROFESIONAL	
CROQUIS DE LOCALIZACION		
M. M A BUTRON S		FIG. No. II.1

II.2 FISOGRAFIA

El Proyecto San Agustín forma parte de la Provincia - Fisiográfica de Tierras Altas de Chiapas y Guatemala (RAISZ, 1964), que en la región se divide en dos subprovincias: la - Meseta Central de Chiapas y las Sierras Plegadas o Sierras - Frontales del Norte de Chiapas (ver Figura No. II.2).

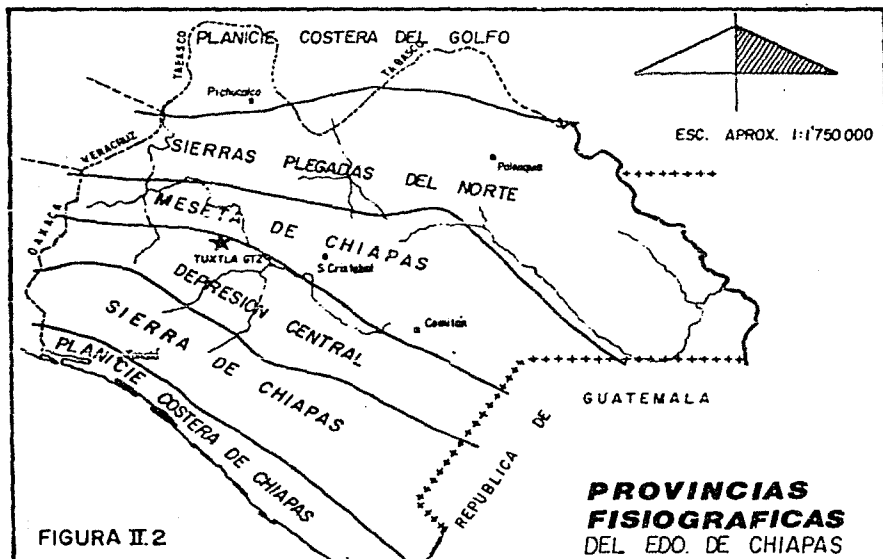


FIGURA II.2

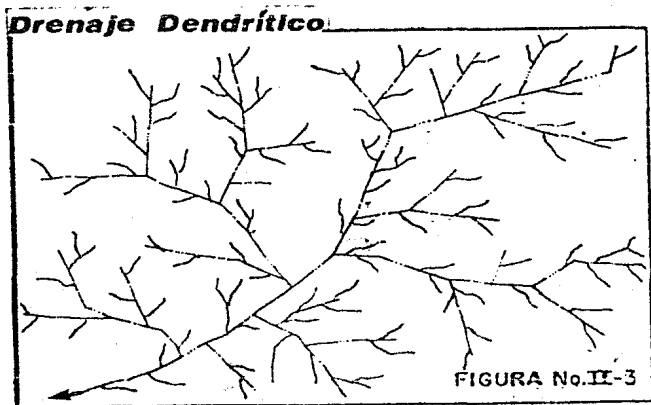
La subprovincia fisiográfica de la Meseta Central se caracteriza por sus altas elevaciones, que en promedio varían de 2, 000 a 2, 800 msnm y cuya parte intermedia está formada por largas mesetas. La forma del drenaje de esta subprovincia es variada, dada la naturaleza de las rocas aflorantes, como calizas en donde los arroyos, en la mayoría de las veces, no tienen los cauces integrados y una parte escurre por la superficie y otras se infiltra y corre por cavernas de disolución. En las partes bajas de la sierra estas corrientes salen a la superficie formando manantiales.

Vista en planta la subprovincia de las Sierras Plegadas de Chiapas, tienen la forma de largas canoas volteadas, orientadas al NW-SE. Estas sierras están compuestas principalmente por rocas sedimentarias, que al ser cruzadas por el cauce de los ríos han ido labrando angostos cañones con sierras altas y angostos valles.

II.2.1 GEOMORFOLOGIA

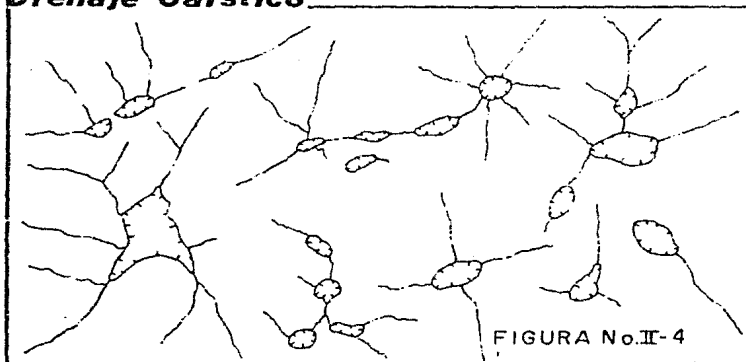
Los esfuerzos compresionales producidos por las orogé-
nias Laramida y Cascadiana originaron el relieve de la re --
gión, con la formación de plegamientos y afallamientos de --
los sedimentos, que produjeron sierras escarpadas, así como
ríos y arroyos con pendientes fuertes. El agua es el agente
erosivo más importante, pues los arroyos al ir descendiendo
fluyen a lo largo de rocas y en ocasiones a lo largo de frac-
turas, resultando dos tipos de drenaje que conforman el mode-
lo hidrográfico de la región.

Las rocas arcillosas de la Formación El Bosque que se
encuentran cubriendo los valles, originan un tipo de drenaje
dendrítico con aporte nulo o casi nulo de agua al subsuelo -
(ver Figura No. II.3).



El segundo grupo de drenaje que se reconoció es el cárstico; se encuentra en las partes altas del área, correspondiendo a los anticlinales constituidos por rocas calcáreas. Includo en este tipo de drenaje se observa un sistema menor de carácter intermitente formado por corrientes, tanto resescentescomo obsecuentes, que abastecen a las dolinas y a los sumideros (ver Figura No. II.4).

Drenaje Cárstico



Se considera que la región se encuentra en una etapa de intensa erosión, ya que a pesar del estado de en que se encuentran las estructuras es posible reconstruir su forma original.

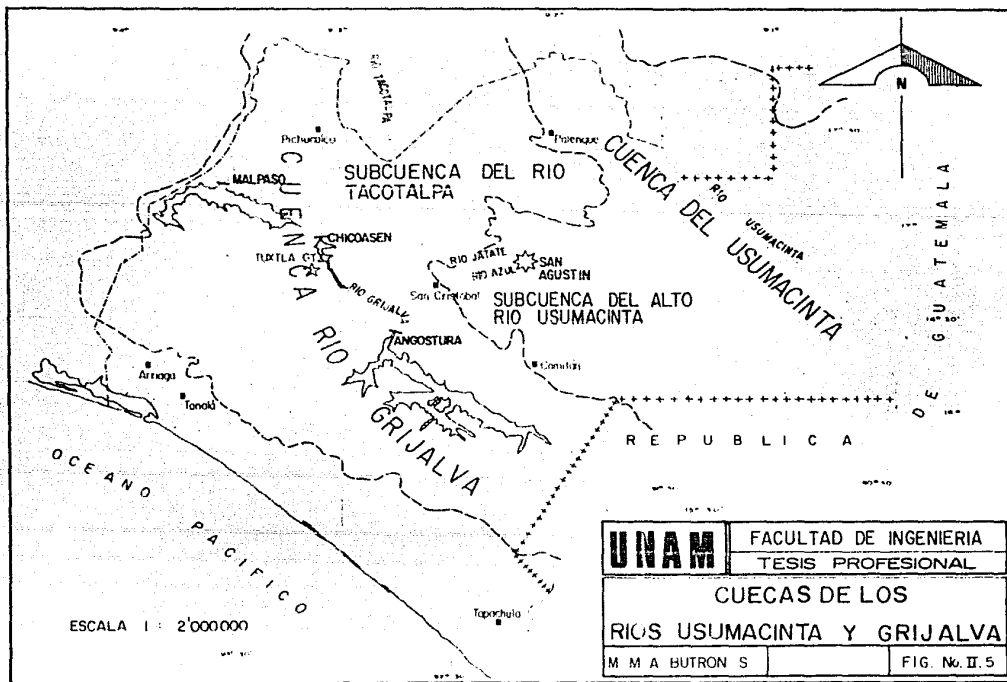
II.2.2 HIDROGRAFIA

Los cursos de agua más importantes en la zona del -- proyecto son los ríos Jataté y Azul. El primero de ellos se forma en las inmediaciones del paraje denominado Mesbiljá y fluye al SE hasta llegar al Cañón de San Agustín, en donde se le une al Río Azul, que nace aproximadamente a 8 Km al - SE del proyecto y se dirige a éste en un sentido NW.

El Río Jataté, después de recibir las aguas del Río-Azul a la elevación 1190 msnm, tiene un gasto de $10 \text{ m}^3/\text{seg}$ y cambia su dirección al NE, donde terminan las rocas suaves de la Formación El Bosque y comienzan las duras y solubles del Cretácico Superior y Paleoceno, lo que origina un cambio en el perfil hidráulico del río, que contrasta con - la pendiente suave que éste tiene aguas arriba.

El Río Jataté y sus afluentes forman parte de los escurrimientos nororientales de la Meseta Central de Chiapas y tienen complicadas trayectorias, para finalmente confluir a su nivel base local en el Río Usumacinta.

Por lo anterior el sistema hidrológico del área de - estudio se considera como dentro de la Cuenca Alta del Río-Usumacinta (ver Figura No. II.5)



II.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El Sistema Cancuc es un conjunto de obras que tienen por objeto transferir las aguas, con un gasto medio de $23 \text{ m}^3/\text{seg}$, de la cuenca del Río Usumacinta a la del Río Grijalva, más específicamente de la subcuenca del Alto Río Usumacinta a la subcuenca del Río Tacotalpa (ver Figura No. II.5).

El Sistema Cancuc estará constituido por las siguientes obras:

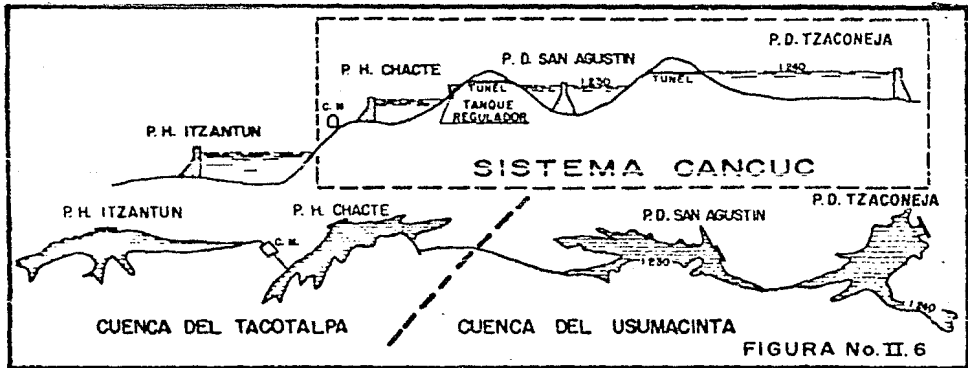
La Presa Derivadora Tzaconejá que almacenará las aguas aportadas por río del mismo nombre ($13 \text{ m}^3/\text{seg}$) y las derivará al vaso del P. D. San Agustín, objeto de esta tesis, a través de un túnel de 1276 m de longitud y 3.60 m de diámetro.

Por su parte el Proyecto San Agustín, además de recibir los $13 \text{ m}^3/\text{seg}$ del Proyecto Tzaconejá, embalsará otros $10 \text{ m}^3/\text{seg}$ provenientes de los ríos Jataté y Azul, por lo que transferirá $23 \text{ m}^3/\text{seg}$ a la cuenca del Río Tacotalpa por medio de un túnel de 5 Km que atravesará el parteaguas que la separa de la cuenca del Río Usumacinta. Estas aguas serán recibidas en un tanque regulador y turbinadas en una casa de máquinas denominada Cancuc, aprovechando una carga de 370 m. La generación media anual estimada en esta planta será de 1135 GW/h año, y la potencia instalada 81 MW.

Posteriormente estas aguas podrán ser aprovechadas en los Proyectos Chacté, Itzantún y Chinín, lo que implica-

rá un aumento en su generación de 50% en Chacté, es decir de 605 a 1211 GW h/año, así como un 24% en Itzantún que aumentará su generación de 1500 a 1865 GW h/año (ver planta y sección, figura No. II.6).

Como se podrá apreciar en el texto y en la figura el P. D. San Agustín es el centro del sistema, de ahí la importancia del proyecto.



II.4 CLIMA Y VEGETACION

CLIMA

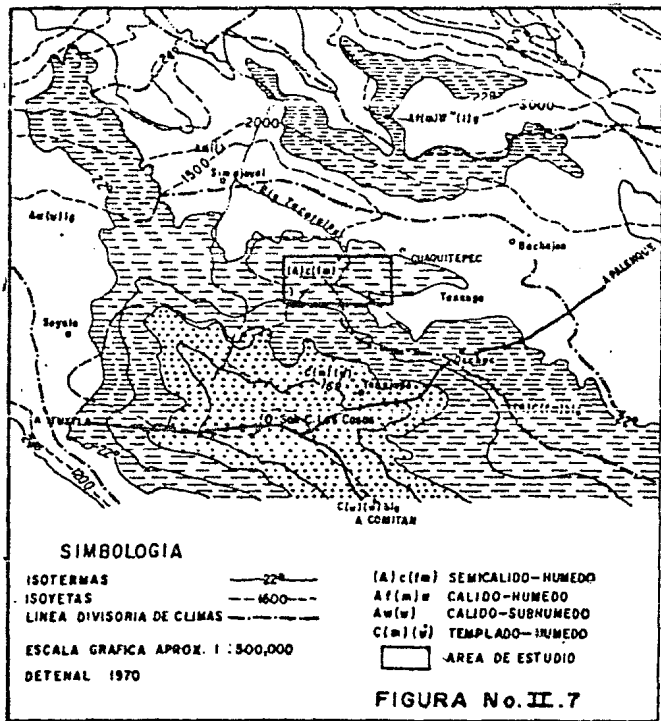
En la porción correspondiente a este estudio el clima en general es húmedo y la temperatura varía con la altitud, lo que origina gran variedad de microclimas. Se distinguen sólo dos tipos de estaciones: el verano o época de lluvias, de mayo a noviembre, y el invierno o época de estiaje, que comprende de diciembre a abril.

De acuerdo a la carta de climas de Köppen, modificada por Enriqueta García (1964) para las condiciones particulares de la Republica Mexicana, en la región de Ocosingo predomina un clima cálido húmedo con lluvias en verano, temperatura media anual de 22°C y precipitación anual de 1900 mm. En San Agustín, el clima es semicálido húmedo con temperatura media anual de 21°C y precipitación anual de 1800 mm. (ver Figura No. II.7).

VEGETACION

La vegetación es un reflejo de las condiciones climáticas, topográficas y de precipitación pluvial de cada región. Todas las especies vegetales, que pertenecen a climas húmedos que van de templado a frío, dan origen a un bosque de tipo mixto (principalmente encinos) y de coníferas. La provincia biótica a la que pertenece esta región, según Tama

yo (1962), es la Chiapanense, zona de bosque mixto.



II.5 POBLACION Y ACTIVIDADES ECONOMICAS

El área de este trabajo se localiza dentro del Municipio de Ocosingo, Chiapas y los datos que se mencionan a continuación fueron recopilados del X CENSO GENERAL DE POBLACION Y VIVIENDA, 1980, SPP, Estado de Chiapas.

**POBLACION ECONOMICAMENTE
ACTIVA E INACTIVA**

MUNICIPIO	TOTAL	E C O N O M I C A M E N T E		
		ACTIVA		
		SUMA	OCUPADOS	DESOCUPADOS
O C O S I N G O		26070	2 6049	21
		INACTIVA		
		SUMA	ENQUEHACE- RES DOMES- TICOS Y O- TROS	ESTUDIANTES
	60375	34305	25651	8654

POBLACION TOTAL POR SEXO

MUNICIPIO	POBLACION TOTAL	HOMBRES	MUJERES
OCOSINGO	69 757	36 197	33 560

NUMERO DE LOCALIDADES POR MUNICIPIO, SEGUN EL TAMAÑO DE LA LOCALIDAD

MUNICIPIO Y GRUPO DE TAMAÑO DE LA LOCALIDAD SEGUN EL NUMERO DE HABITANTES	TOTAL DE LOCALIDADES
OCOSINGO	355
DE 1 - 99	213
100 - 499	119
500 - 999	23
1000 - 1 999	2
2000 - 2 499	2
2500 - 4 999	1
5000 - 9 999	1

POBLACION DE 15 AÑOS Y MAS POR MUNICIPIO Y EDAD.
SEGUN NIVEL DE INSTRUCCION Y GRADOS APROBADOS EN EL
NIVEL SUPERIOR

MUNICIPIO Y EDAD	POBLACION DE DE 15 AÑOS	SIN ENSEÑANZA SUPERIOR	TECNICO ESPECIALIZADO. (GRADOS)			LICENCIATURA (GRADOS)					NO ESPECI FICADO	POST GRADO	NO ESPECI FICADO
			1º	2º	3º	1º	2º	3º	4º	5º Y MAS			
OCOSINGO	34 305	25 742	4	10	12	5	7	7	17	30	7	8464	
15 16 AÑO	3 203	2 414										789	
17	1 199	1 010								1		188	
18	1 693	1 352								2		339	
19	1 084	884			2					1		197	
20	2 182	1 685	1	1		1				1		490	
21	738	581								6		148	
22	1 047	775			2		2			2	2	264	
23	875	691			3	1		1		1		178	
24	920	667	1	2	2					1		247	
25 29 "	5281	3882	1	2	1	2	2		5	5	1	380	
30 34	3698	2679		3			1	6	8	1	1	1092	
35 39	3193	2364		1	2		1		4	3	1	817	
40 44	2119	1585							1			533	
45 49	1694	1233		1						1	1	458	
50 Y MAS	5381	3940				1	1	1	1	2	1	1434	

III. GEOLOGIA GENERAL

TABLA DE CORRELACION ESTRATIGRAFICA

ERA		SECCIONES TIPO						
PERIODO	EPOCA	PISOS EUROPEOS	AREA DE ESTUDIO	AREA DE ALTAMIRANO	AREA CHACTE	AREA ITZANTUN Y (PARQUES GRIJALVA 1986)	AREA TENOSIQUE	
CENOZOICO	CRETACIO	RECIENTE	DEPOSITOS DE TALUD Y ALUVION	DEPOSITOS DE TALUD Y ALUVION	DEPOSITOS DE TALUD Y ALUVION	DEPOSITOS DE TALUD, ALUVION Y SUELOS	ALUVION	
		PLIOCENO						
		MIOCENO	SUP. TERCARIO	TERCIARIO	TERCIARIO		Fm. TULIJA	DEPOSITOS MARINOS
			INF. INDIFERENCIADO	INDIFERENCIADO				
		OLIGOCENO	SUP. Fm. SIMOJOVEL			Fm. SIMOJOVEL	Fm. SIMOJOVEL	
			INF. Fm. MAMPUYIL				Fm. MAMPUYIL	
		EOCENO	SUP. DEPOSITOS MARINOS			SECUENCIA ALTERNANTE DE ARENSCAS, COQUELAS Y CONGLOMERADOS	Fm. EL HOSQUE	Fm. EL HOSQUE
			INF. Fm. EL BOSQUE	Fm. EL HOSQUE				
		PALEOCENO	SUP. CALIZA SIN NOMBRE	CALIZA SIN NOMBRE	CALIZA SIN NOMBRE	Fm. EL BOSQUE	Fm. SUYALO	Fm. TENOSIQUE
			INF. Fm. AGOSTURA	Fm. AGOSTURA	Fm. AGOSTURA	Fm. AGOSTURA		
MESOZOICO	CRETACIO	CAMPANIANO					Fm. BUCA DEL CERRO	
		SANTONIANO			Gpa. SIERRA MADRE	Gpa. SIERRA MADRE		
		CONIACIANO			Fm. SIERRA MADRE			
		TURONIANO						
		CENOMANIANO			Fm. SIERRA MADRE	Fm. SIERRA MADRE		
		ALBIANO						

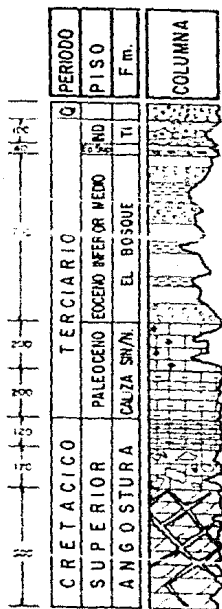


NO AFLORA

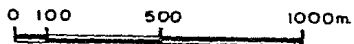


AUSENTE POR EROSION O NO DEPOSITO

FIGURA No. III. 1



ESCALA 1:16,666



UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

M. M. A. BUTRON S.

FIG. No. III.2

III.- GEOLOGIA GENERAL

III.1 ESTRATIGRAFIA

En el Proyecto San Agustín la litología está compuesta por rocas sedimentarias de origen marino y continental, - conforman una columna que va desde el Cretácico Superior hasta el Reciente.

Por lo que respecta a la actividad ígnea, no hay indicios de ella, ya que no se observaron afloramientos de rocas ígneas dentro del área de estudio (ver Figuras Nos. III.1,-- III.2 y Plano No. 1).

SISTEMA CRETACICO

CRETACICO SUPERIOR

FORMACION ANGOSTURA

DEFINICION.- El nombre de Formación Angostura fue propuesto por Sánchez Montes de Oca (1969); su localidad tipo es una sección expuesta en la Presa de la Angostura, situada en las márgenes del Río Grijalva, al sureste de Tuxtla Gutiérrez en la Depresión Central del Estado de Chiapas.

DISTRIBUCION.- Se encuentra en varias localidades, como son: El Anticlinal Nazareth, en donde se ubica la boquilla del Proyecto San Agustín y el Anticlinal Oxchuc, en el área de -

Chacté.

LITOLOGIA Y ESPESOR.- Esta rocas se han dividido en tres miembros diferentes, atendiendo a sus caracteres litológicos - que pudiesen tener alguna aplicación en la Geotécnia.

MIEMBRO M-1

Las rocas que se encuentran alrededor de San Agustín, con algunas excepciones, son de esta unidad. Tiene una litología compuesta de dolomías de estratificación de mediana a gruesa, muy compacta y densa, de color gris oscuro y textura sacaroides. Está muy fracturada y caolinizada en las zonas de mayor fracturamiento y la carsticidad que presenta no es muy importante. El espesor que aflora es de aproximadamente 500 m, pero por las dimensiones de las serranías en los alrededores del lugar se estima que es mayor.

MIEMBRO-2

Estas rocas se encuentran cubriendo a las del miembro M-1, son calizas fosilíferas, de color crema, duras y cársticas, muy fracturadas, de estratificación de mediana a gruesa. Su contacto inferior es difícil de reconocer, por ser -- transicional en alternancia con las dolomías. El contacto superior es nítido y se sitúa en el lugar donde se disipa la -- composición calcárea y fosilífera y se inician los horizontes margosos del miembro M-3. El espesor es de aproximadamen

te 170 m, medidos en la margen izquierda de la boquilla.

MIEMBRO M-3

La tercera unidad es de estratificación delgada, está compuesta por margas y calizas muy arcillosas y constituye -- el límite superior de los sedimentos del Cretácico Tardío -- que se encuentran en el área; son de color crema con laminillas de color ocre naranja. Son compactas y densas y su fracturamiento es despreciable. Se midieron aproximadamente 120-m en la margen izquierda de la boquilla.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS.- En la zona de estudio no se pudo observar su contacto inferior, mientras que su contacto superior con la Caliza Sin Nombre es concordante.

EDAD Y CORRELACION.- La fauna recolectada y reportada por -- Durham (1981), confieren a la Formación Angostura una edad -- Cretácico Superior (Campaniano-Maestrichtiano). La colección de fósiles es la siguiente: Alveolinidos sp; Stenosemellopsis; Dicyclina (???); Vaughanina (?), algas calcáreas y fragmentos de moluscos.

Esta formación se correlaciona en edad con la Lacandón (Campaniano-Maestrichtiano) del suroeste de Guatemala citada por Vinson (1962); con la Boca del Cerro, que aflora en el Río Usumacinta y con la Formación Ocozocuatla en el Estado de Chiapas.

AMBIENTE DE DEPOSITO.- La gran cantidad de algas y corales -
cálcareos indican que esta formación se pudo haber deposita-
do en un ambiente nerítico, de aguas poco profundas.

SISTEMA TERCIARIO

PALEOCENO

CALIZA SIN NOMBRE

DEFINICION.- Este grupo de rocas no cuenta con un nombre for-
mal, por lo que se le conoce como Caliza Sin Nombre.

DISTRIBUCION.- Aflora en el Sinclinal Tenango, Anticlinal Ox-
chuc y en el área de Chacté.

LITOLOGIA Y ESPESOR.- Se ha dividido en dos miembros:

MIEMBRO INFERIOR

Está constituido por calizas arcillosas, compactas y
resistentes de colores gris claro y gris blanquecino, frac-
turadas y con estratificación de delgada a mediana.

MIEMBRO SUPERIOR

Está formada por calizas cársticas fosilíferas, de -
color crema, estratificación gruesa, buena compacidad y du-
reza.

El espesor medido en ambos miembros, en el Sinclinal-Tenango, es de aproximadamente 400 m.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS.- El contacto inferior es concordante con la Formación Angostura, al igual que el superior - con la Formación El Bosque.

EDAD Y CORRELACION.- Por la fauna colectada en esta unidad - Rhapydionina miscellanea y Globorotalia se ubicó al final -- Paleoceno (Durham, 1980). Se correlaciona con la Formación - Soyaló, del poblado del mismo nombre, en la región norcen -- tral del Estado de Chiapas y la Formación Tenosique en el -- Río Usumacinta, en la parte nororiental del mismo estado.

AMBIENTE DE DEPOSITO.- Esta unidad pudo haberse depositado - en un ambiente nerítico, con una gran aportación de terrígenos de las áreas positivas.

EOCENO INFERIOR Y MEDIO

FORMACION EL BOSQUE

DEFINICION.- Böse definió esta formación en 1905, la que -- también fue estudiada por Benavides (1948), al sur de Palenque, Chiapas, quien le asignó la edad Eoceno Medio-Superior; López Vega (1962), la considero como unidad del Eoceno Inferior-Medio, sólo por relaciones estratigráficas, encontrándose la localidad tipo a 6.5 Km al sureste de la población El-Bosque, sobre el arroyo Tziziml.

DISTRIBUCION.- En el área de estudio esta formación aflora - en todo el vaso del Proyecto San Agustín, en los valles y zonas bajas del área y al oriente en Altamirano.

LITOLOGIA Y ESPESOR.- Esta unidad se compone de una serie alternante de lutitas, limolitas, areniscas y conglomerados.

Las lutitas son de color gris verdoso a pardo y se encuentran en capas laminares, mientras que las limolitas tienen coloración rojiza; ambas rocas presentan estratificación cruzada y alternan con areniscas y conglomerados.

Las areniscas tienen colores grises, violáceos y pardos rojizos, los tamaños de sus granos varían de finos a --- gruesos y se componen de cuarzos y feldespatos. Los estratos varían de 5 a 20 cm de espesor, que se conserva invariablemente por varios metros; en otras partes una capa puede cambiar de espesor, en donde la sección presenta estratificación cruzada. Alternan, como ya se explicó, con lutitas y limolitas de color gris verdoso y rojizo.

Los conglomerados están constituidos por clastos del tamaño de la grava, que varían de 3 a 5 cm de diámetro y son subangulosos a subredondeados. No presentan mucha cohesión, son deleznable y frágiles al golpe del martillo.

El espesor de esta formación es de 700 m aproximadamente, medidos en el Sinclinal Tenango, en donde se encuentra la sección tipo.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS.- Su contacto inferior es con la Caliza Sin Nombre, el cual es concordante y bien marcado y -

subyace al Terciario Indiferenciado, siendo su contacto discordante.

EDAD Y CORRELACION.-- Dado que estos sedimentos no presentan fósiles, su edad ha sido definida sólo por su posición estratigráfica con respecto a la unidad de la Caliza Sin Nombre - del Paleoceno, a la que cubre. Sin embargo, en su localidad-tipo y en otras áreas se la ha datado como del Eoceno Inferior-Medio.

Se correlaciona en edad con el Grupo Petén, del noroeste de Guatemala (Vinson, 1962).

AMBIENTE DE DEPOSITO.-- Esta unidad pudo haber sido depositada en un ambiente de litoral con gran aporte de sedimentos, debido a movimientos de un continente cercano que revelan -- una fase tectónica.

EOCENO SUPERIOR

DEPOSITOS MARINOS

DEFINICION.-- En el área, el Eoceno Superior está constituido por una alternancia de areniscas, coquinas y conglomerados.

DISTRIBUCION.-- Se encuentra aflorando en la vertana de la -- margen izquierda del Proyecto San Agustín y en el área de -- Chacté.

LITOLOGIA Y ESPESOR.-- Esta unidad está compuesta por horizon

tes de coquinas y areniscas de color pardo claro a amarillo-oscuro, que dan lugar a rocas blandas y poco compactas.

En la ventana de la margen izquierda del Proyecto San Agustín no se puede apreciar con toda claridad la estratificación.

En el Sinclinal Tenango se le midió un espesor de más de 40 m.

RELACIONES ESTRATIGRAFICAS.- Se encuentra cubriendo de modo concordante a la Formación El Bosque.

EDAD Y CORRELACION.- Dada la posición estratigráfica que guarda con respecto a la Formación El Bosque del Eoceno Inferior y Medio, se le ha asignado la edad Eoceno Superior.

AMBIENTE DE DEPOSITO.- Por la litología y fauna que presenta esta formación se sugiere que fue depositada en un ambiente nerítico, de alta energía, en donde la oxigenación de las aguas propició el desarrollo de la fauna.

TERCIARIO INDIFERENCIADO

Se da este nombre a un depósito de arenas, limos, arcillas y gravas arenosas que son el producto de la erosión de la Formación El Bosque.

Esta unidad tiene una distribución local, ya que se encuentra en la zona de la Boquilla de San Agustín, en el camino a Edén del Carmen.

Las arenas son líticas, carecen de matriz y cementan-

te, son porosas, blandas y su coloración es parda.

Las arcillas son plásticas y se encuentran formando - cuerpos gruesos de color rojizo.

La grava arenosa con matriz arcillosa no tiene cemen- tante, en ocasiones se vuelve muy arenosa y presenta pocos - clastos. Estos son de dolomías, calizas, areniscas, sílice - coloidal y rocas volcánicas. La estratificación y el espesor son muy irregulares.

Aparentemente esta unidad cubre de modo discordante - a las unidades subyacentes.

CUATERNARIO

DEPOSITO DE TALUD Y ALUVIO

Se estima que estos depósitos tienen una edad compren- dida entre el Plioceno y Reciente, ya que al cesar los movi- mientos orogenicos del Mioceno (Orogenia Chiapaneca), dan co- mienza los procesos de erosión e intemperismo. Los depósitos de talud se encuentran al pie de las laderas y en zonas de - fallamiento intenso, y están compuestos de clastos pequeños- de dolomías y calizas arcillosas, empacados en material arci- lloso.

Los depósitos aluviales están constituidos principal- mente de material mal clasificado, en tamaños desde arcillas y limos hasta areniscas gruesas y gravas, producto del aca- rreo de los ríos.

III.2 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

GEOLOGIA ESTRUCTURAL DEL AREA

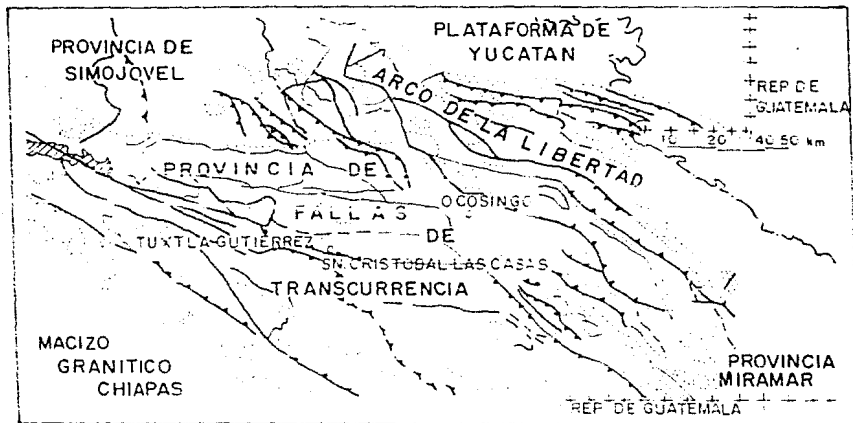
La Geología Estructural de la región es consecuencia de los esfuerzos compresionales provenientes del NE-SW y posteriormente de los tensionales, sucediéndose estos eventos en épocas diferentes del Terciario. Tales esfuerzos dieron lugar a la formación de anticlinales y sinclinales, que a su vez fueron truncados por fallas normales, inversas y de transcurrancia, dando a la región su relieve actual.

El Proyecto San Agustín se encuentra en las inmediaciones de la Provincia Tectónica de Fallas de Transcurrancia delimitada por las provincias tectónicas Arco de Libertad al noreste, Miramar al sureste y Macizo Granítico de Chiapas al sur (Sánchez Montes de Oca, 1978, Figura No. III.3). En la provincia de Fallas de Transcurrancia predominan los desplazamientos horizontales con rumbo preferencial NE-SW, que corren a fallas con desplazamientos del mismo tipo pero con rumbo E-W, cuyo bloque norte se desplaza hacia el oeste.

a) FALLAS REGIONALES (ver Figura No. III.4).

FALLA CHACTE-OCOSINGO

La Falla Chacté-Ocosingo puede considerarse mixta, ya que a lo largo de su trazo se observan dos tipos de rasgos diferentes. El primero de ellos, al poniente de la ciudad de



UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL

PROVINCIAS TECTONICAS

M. M. A. BUTRON S.	FIG. No. III. 3
--------------------	-----------------

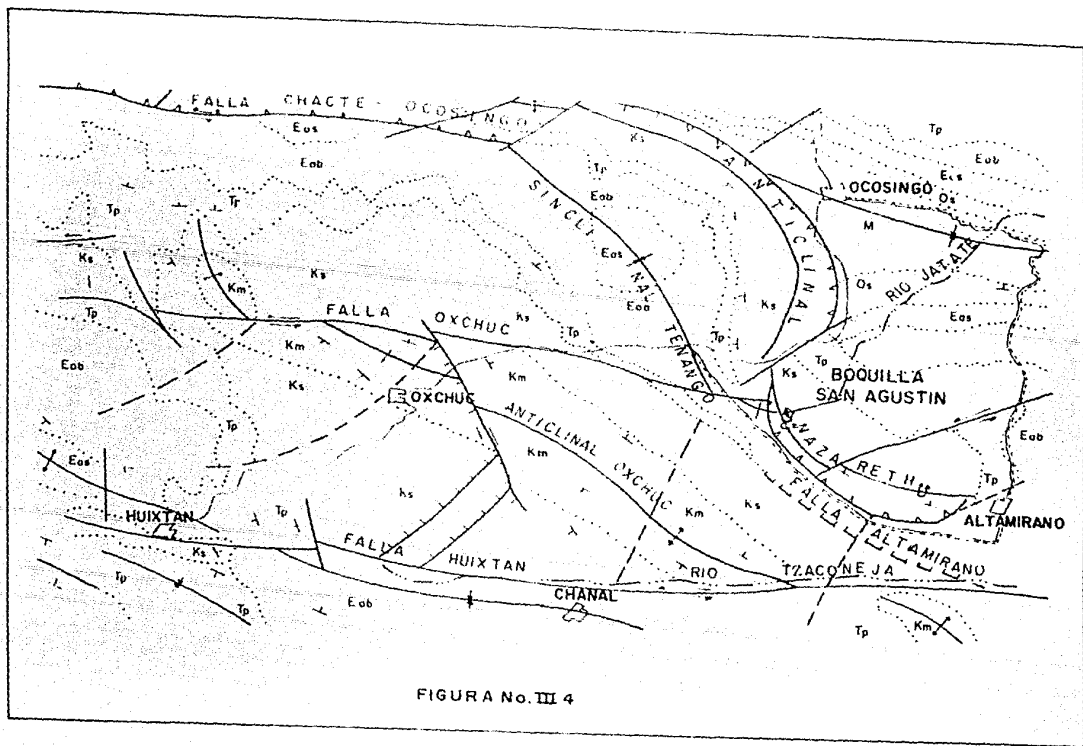


FIGURA No. III 4

Ocosingo, en donde la falla es de rumbo este-oeste y de tipo transcurrente, mientras que al sur de la misma ciudad, la falla cambia de dirección (hacia el sur) teniendo un rumbo norte-sur con cabalgamiento de rocas de Cretácico Superior sobre las del Terciario.

FALLA OXCHUC

Otra falla importante es la Falla Oxchuc, que es de tipo transcurrente, con rumbo este-oeste y que corre paralelamente a la Falla Chacté-Ocosingo. Esta falla corta ortogonalmente al Anticlinal Oxchuc, al norte del poblado del mismo nombre y al Sinclinal Tenango al poniente del proyecto -- San Agustín, lo que ocasiona en el área un fracturamiento -- bastante intenso.

Es probable que la Falla Oxchuc sea una de las causas de la apertura del Cañon de San Agustín en el flanco poniente del Anticlinal Nazareth, ya que después de haber sido cortado el eje del Sinclinal Tenango se proyecta hacia el Macizo Calcáreo.

FALLA HUIXTAN-SAN CRISTOBAL

Se localiza al sur del Proyecto San Agustín, en las inmediaciones de la Colonia La Laguna y forma el cañon sobre el que sigue su cauce el Río Tzaconejá, con dirección este-oeste; se extiende hacia la ciudad de San Cristóbal de las Casas, en donde se flexiona hacia el NW-SE, hasta unirse con la Falla Chicoasén-Malpaso, al oeste de San Cristóbal. Pasa-

al sur del poblado de Altamirano, al norte de Chanal y al sur de Huixtán (ver Figura No. III.7).

Es una falla de transcurrencia de 140 Km de longitud - aproximadamente, que corta ortogonalmente al Anticlinal Ox -- chuc y al Sinclinal Huixtán. El corrimiento medido, en el Proyecto Tzaconejá, es de aproximadamente 4 Km.

Se estima que las fallas anteriormente descritas son - de movimiento lateral siniestral, en las que el bloque norte- se desplaza hacia el oeste (ver Plano No.1).

b) ANTICLINALES Y SINCLINALES

En este inciso nos referiremos a los rasgos estructurales más significativos, pliegues y fallas, del área, enumerándolos de norte a sur (ver Figura No. III.4).

ANTICLINAL NAZARETH

Este anticlinal se localiza al poniente de la ciudad - de Ocosingo y al norponiente del poblado de Altamirano. Es -- una estructura de orientación general NW-SE y una longitud me dida de 90 Km, aunque en la zona estudiada sólo se involucran 40 Km de su parte norte.

Es un anticlinal recumbente en su porción central, en- donde esta constituido por la Formación Angostura, que se en- cuentra descansando sobre sedimentos del Terciario. La inten- sidad de los echados, en esta zona de estudio, varía de 20° a 65° predominando aquellos mayores de 30°. Esta afectado prin- cipalmente por dos fallas de tipo transcurrente, que se loca-

lizan al norte y sur de la Boquilla de San Agustín que lo ---
seccionan transversalmente.

ANTICLINAL OXCHUC

Se localiza al SW de la Boquilla de San Agustín y al -
oriente del poblado del mismo nombre, prolongandose por espa-
cio de 50 Km. El rumbo general de la estructura es de N 50° W
su plano axial es asimétrico y se inclina hacia el NE, con al-
gunas inflexiones E-W y N-S. En su parte axial afloran rocas
del Cretácico Medio y hacia sus flancos calizas del Cretácico
Superior y del Paleoceno. Los estratos tienen orientación pre-
ferencial N 30° W e inclinaciones del orden de 20 a 25° al NE
en el flanco NE; en tanto que en el flanco SW son, respectiva-
mente de N 55° E y 18 a 20° al SW. Está afectado directamente
por la falla Oxchuc en su extremo norponiente, y esta cortado
oblicuamente por una falla normal, que atraviesa al anticli-
nal en las inmediaciones del poblado de Oxchuc.

SINCLINAL TENANGO

Esta estructura se localiza al noroeste de la Boquilla
de San Agustín y al sureste del Cañon de Chacté, flanqueado -
por los anticlinales Oxchuc al sur y al norte por el de Naza-
reth, que sensiblemente tienen la misma orientación (NW-SE).-
Desde el punto de vista morfológico es un valle angosto y a--
largado que se extiende en una longitud de aproximadamente 25
Km, con una orientación general N 30° W. Las inclinaciones en
las capas en el flanco NE varían de los 5° a los 20° hacia el

SW, mientras que el flanco SW los echados son del orden de los $14 - 20^{\circ}$ al NE. Por tanto, se puede concluir que se trata de un sinclinal simétrico, que se encuentra flanqueado -- por un par de fallas, y además, está cortado por la Falla -- Chacté-Ocosingo, en tanto que el extremo suroeste, por las -- fallas Oxchuc y Chacté-Ocosingo, así como por una falla de -- transcurrencia y una inversa que lo atraviesan perpendicularmente a su eje. En el pliegue afloran sedimentos del Eoceno Superior, que en su mayor parte lo componen rocas de la Formación El Bosque, las que se encuentran flanqueadas por calizas del Paleoceno. El sinclinal está constituyendo los lugares topográficamente bajos.

SINCLINAL HUIXTAN

Tiene una longitud de aproximadamente 40 Km. Se localiza al noroeste del poblado de Huixtán y atraviesa al de -- Chanal. El rumbo general de la estructura es NW-SE y está -- afectado por la falla Huixtán, que lo divide en dos partes, -- desplazando la noroeste hacia el poniente, en tanto que la -- sureste hacia el oriente.

En el extremo NW de su eje axial afloran sobre todo -- sedimentos del Eoceno Superior, y en su extremo SE el núcleo está compuesto por la Formación El Bosque.

III.3 GEOLOGIA HISTORICA

Los eventos geológicos del área de estudio dan comienzo a fines del Cretácico, cuando toda la región estaba cubierta por aguas marinas que formaban un ambiente de plataforma; en este ambiente se depositó la Formación Angostura. A principios del Paleoceno, y debido a el cabalgamiento de la Placa Norteamericana sobre la del Pacífico, se propicia que los mares inicien regresiones con pequeñas transgresiones (Jiménez, 1979) dando lugar al depósito de calizas arcillosas.

Aparentemente a finales del Paleoceno tuvo lugar un incremento en la actividad tectónica, debido a la coalición de las placas Norteamericana y del Pacífico, que repercutiría en el depósito en el Eoceno Inferior y Medio de la Formación El-Bosque.

En el Eoceno Superior se presenta una nueva transgresión y en aguas favorables para el desarrollo de la fauna se forman los depósitos marinos del Eoceno Superior (ver Figura-No. III.5).

Durante el Mioceno se forman plegamientos y fallamientos, originados por los empujes procedentes del norte y noroeste, producidos por la actividad de la Placa Norteamericana sobre la de Cocos, manifestados por la Orogenia Chiapaneca. Estos sucesos dan lugar a que la Formación El Bosque se erosione y se formen depósitos que, por descansar en ocasiones sobre ella y estar cubiertos por aluvión se les ha designado como Terciario Indiferenciado. En el Cuaternario y Reciente,

los ríos Jataté y Azul van depositando a lo largo de su cauce materiales como: gravas, arenas y limos de espesor variable, materiales que actualmente cubren las partes de topografía suave.

IV. GEOLOGIA DEL AREA DEL PROYECTO

IV.1 GEOLOGIA DEL AREA DEL PROYECTO

El Cañon de San Agustín se localiza en el flanco suroeste del Anticlinal Nazareth y se compone de rocas del Cretácico Superior. Se ha reconocido en este sitio una ventana tectónica, que ha sido puesta al descubierto por fallamiento y la erosión del anticlinal antes mencionado, en que pone en evidencia el cabalgamiento de rocas cretácicas sobre las del Paleoceno y Eoceno, el cual tiene un rumbo noreste-suroeste. Hacia el extremo occidental, se emplazará la Boquilla San Agustín motivo de este estudio (ver Plano No. 3).

La apertura del Cañon de San Agustín probablemente -- fue producto de la intersección de las fallas Oxchuc, con -- rumbo local este-oeste, y Buenos Aires, de orientación en el sitio de estudio noroeste-sureste, provocando la ruptura del bloque y su posterior deslizamiento.

En la margen derecha se reconocieron tres sistemas de fallas y fracturamiento:

El primero es el sistema N 37° E - 82° SE, conformado por la mayoría de las fracturas de dimensiones variables. Se originó como resultado del ajuste de los bloques de roca al cesar los movimientos compresionales.

El segundo sistema es N 52° W - 82° NE, compuesto en su mayoría por fracturas de diferentes tamaños.

El tercero corresponde a fracturas que tienen orientación N 84° W - 79° NE.

En la margen izquierda, se pudieron apreciar dos sis-

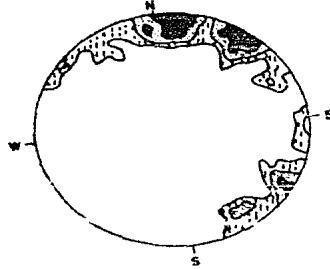
temas de fracturamiento: el sistema N 38° E, que es el dominante, con inclinaciones hacia el noroeste e intensidad de 86°, es el producto de la compresión y descompresión a que estuvo sujeta el área. Y otro sistema de fracturamiento importante es el que tiene rumbo general N 37° W, con intensidad de 80° al noreste (ver Diagramas de Fracturamiento, Figura No. IV.1).

Localmente el sitio propuesto para la boquilla se encuentra ubicado en una zona de pendiente suave, afectada por varias fallas, dando lugar a tres bloques (ver Figura No. -- IV.2). Los bloques 1 y 3 están compuestos por las rocas más antiguas de la Formación Argostura, en tanto que el bloque 2 está constituido por las rocas más jóvenes de la Formación El Bosque. Este hecho se puede interpretar como sigue:

Una de las partes del eje del Sinclinal Tenango sería desplazada hacia el sur por el movimiento de Falla Chacté-Ocosingo de rumbo norte-sur, hasta llegar al lugar que ocupa actualmente, emplazando los sedimentos de la Formación El Bosque entre los de la Angostura, por lo que tenemos un bloque alóctono, que se ha desplazado por varios centenares de metros desde su posición original hasta la que ocupa actualmente (ver Pla No. 4).

Lo anterior ha ocasionado que las zonas ubicadas cerca de las fallas presenten rocas fracturadas, según se aprecia en los barrenos, así como en el socavón 1 excavado en la margen derecha del Río Azul.

DIAGRAMA DE FRACTURAMIENTO DE
LA MARGEN DERECHA P.D. SAN AGUSTIN



FRACTURAMIENTO PREFERENCIAL

NW52°SE-82°NE
NW84°SE-79°NE
NE37°SW-82°SE

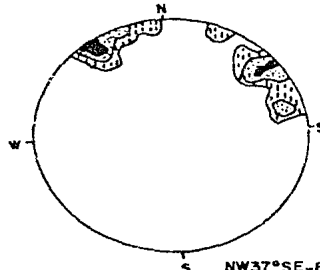
0.00-2.12%

2.12-19.14%

19.14-34.04%

34.04-44.08%

DIAGRAMA DE FRACTURAMIENTO DE
LA MARGEN IZQUIERDA P.D. SAN AGUSTIN



FRACTURAMIENTO PREFERENCIAL

NW37°SE-80°NE
NE58°SW-86°NW

0.00-11.11%

11.11-25.92%

25.92-29.62%

29.62-40.74%

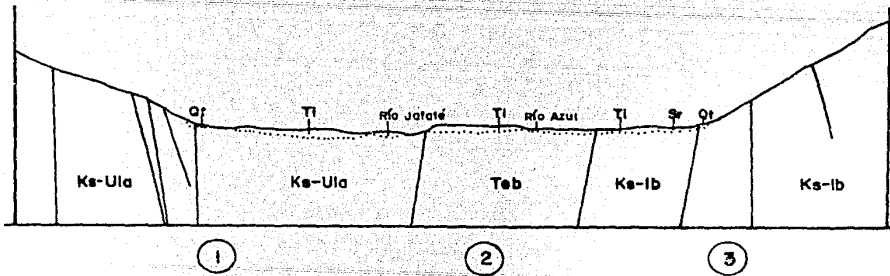
UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL

DIAGRAMAS DE
FRACTURAMIENTO

M.M.A. BUTRONS

FIG. No. IV.1



SIN ESCALA

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
ESQUEMA ESTRUCTURAL DE LABOQUILLA SAN AGUSTIN	
M. M. A. BUTRON S.	FIG. No. IV.2

V. GEOTECNIA

V.I GEOTECNIA

a) EMBALSE

El vaso del P. D. San Agustín quedará alojado en rocas de la Formación El Bosque, misma que se compone de lutitas y areniscas, lo que da un carácter impermeable. mientras que -- las rocas del Paleoceno (Caliza Sin Nombre) aparecen circun-- dando la curva del embalse. Estas rocas, por su composición -- calcárea y ligero fracturamiento se consideran como poco permeables, en tanto que la Formación Angostura, constituida por calizas y dolomías fracturadas y en ocasiones cársticas, se -- considera como permeable.

El subsuelo del Proyecto San Agustín presenta dos tipos de acuíferos:

Uno se encuentra como sistema saturado afectando a los sedimentos arcillo-arenosos (Formación El Bosque) y actuaría como un acuífero libre con su flujo paralelo a casi paralelo al cauce principal, el Río Jataté.

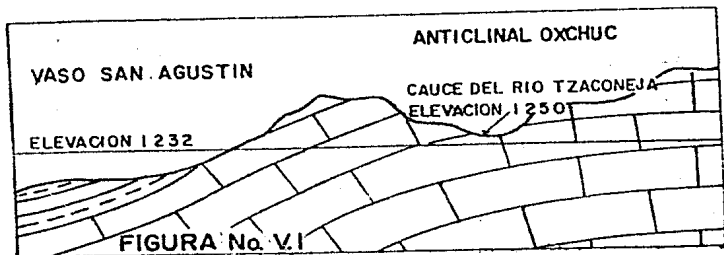
El segundo acuífero se encuentra en las rocas calcá -- reas de los anticlinales. Estos cuerpos acuosos, afectados -- por fracturamiento y cavernas de disolución, dan lugar a acuí -- feros por debajo de la capa de sedimentos arcillosos.

En los límites del embalse con el Anticlinal Oxchuc, -- los materiales ahí localizados se encuentran en sedimentos de la Formación El Bosque, en zona de supuesto fracturamiento, a florando en su mayoría por debajo de la cota de embalse. Sin--

embargo, en el otro flanco el cauce del Río Tzaconejá es sobre calizas por encima de la cota 1250 msnm, por lo que es de suponer que toda la masa calcárea es permeable y que la corriente del río marca el nivel freático, y las corrientes subterráneas ahí fluyen hacia el embalse (ver Figura No. V.1).

En el extremo poniente del vaso y en los límites de él con el cabalgamiento de Nazareth, en la margen derecha de la boquilla, no hay indicio alguno que pudiera impedir el embalsado, ya que en ambos lugares, por los manantiales censados se puede inferir que su nivel freático es el Río Jataté, y el flujo sería hacia el embalse.

Por otra parte, la ventana de la margen izquierda se considera como zona crítica, debido a que la Formación El Bosque no cubre su totalidad el embalse a la elevación 1250 msnm, dejándolo en calizas de la Formación Angostura, lo que ocasionaría que el agua embalsada se fugara hacia su nivel base, que es el cauce del río en el Valle de Ocosingo.



Mientras tanto, la margen izquierda de la boquilla está formada por rocas muy fracturadas, que pueden ocasionar -- problemas en la estanqueidad. En sitios como éste se necesitan tratamientos de impermeabilización, tales como inyecciones de lechadas de cemento (ver Planos Nos. 4 y 5).

En la Cañada Buenos Aires, la existencia de algunas dolinas que contienen agua no reportarían ningún problema, ya que algunas se encuentran sobre la curva del embalse, y aunque una está a 4 m por debajo de la cota 1232 msnm, el agua ahí almacenada fluiría hacia el embalse por un manantial que drene en esa dirección.

b) BOQUILLA

El sitio de la Boquilla San Agustín está a 200 m aproximadamente al oeste de la confluencia de los ríos Jataté y Azul, en donde el primero tiene un rumbo general NW a SE, enquanto que el segundo lo tiene de SW a NE. En sección tiene la forma de "U", manifestada por sus fuertes pendientes en ambos márgenes. Sobre la cota 1235 msnm, altura de la corona, tiene una amplitud de aproximadamente 710 m (ver Plano No. 2). Para fines de Geología, a las formaciones que se encuentran aflorando en la zona de la boquilla, se les ha dividido en unidades (ver Figura No. V.4), con las siguientes características:

UNIDAD Ks-Ula

Está integrada por una alternancia de dolomías y micritas, las dolomías de textura sacaroide y color pardo-grisa --

ceo, las micritas de color crema, que interperizan a blanquecino-amarillento en capas cuyos espesores varían de 0.40 a 1.00 m. Se le considera una roca dura y compacta.

UNIDAD Ks-Ulb

Se compone de calizas y dolomías arcillosas, duras y compactas de color amarillento, en estratos cuyo espesor varía de 0.40 a 1.00 m.

UNIDAD Ks-Ulc

Está formada por una alternancia de calizas y dolomías, las calizas presentan texturas "mudstone", en tanto que las dolomías son de grano grueso, color gris crema y en capas de 0.20 a 1.00 m.

No se ha estimado el espesor de estas unidades, ya que el contacto inferior de la unidad-KsUla no aflora. El contacto entre la unidad-Ks-Ula y la unidad-Ulb es normal, observándose en la cota 1240 msnm, mientras que el contacto entre las unidades Ks-Ulb y Ks-Ulc no se observa. Todas estas unidades corresponden al Miembro-M1 de la Formación Angostura (Ks).

Debido a sus características físicas se considera a la Formación El Bosque (Teb) como una sola unidad, compuesta por una alternancia de lutitas, limolitas, areniscas y conglomerados de color rojo ladrillo, de naturaleza deleznable. Se encuentra parcialmente cubierta por los materiales del --

Terciario Indiferenciado.

El Terciario Indiferenciado (Ti) consiste en depósitos de limos, arenas y gravas de color rojizo ocre, de espesor muy irregular que, no obstante, oscila entre 4.00 y 15.00 m. Carece de compacidad y por lo tanto es de mala calidad.

MARGEN DERECHA

Esta margen se caracteriza por tener una pendiente fuerte y una altura aproximada de 200.00 m; los echados de las capas convergen hacia el cauce del río con intensidades que varían de 65 a 80°, predominando los mayores de 75° al NE. La roca posee numerosas fracturas rellenas de calcita o arcilla plástica.

En esta margen afloran rocas de la unidad-Ks-Ulb de la cota 1225 a la 1390 msnm y de la cota 1225 a la 1305 msnm, depósitos de talud y suelo residual.

Para tener una idea más precisa acerca del comportamiento de la roca se efectuaron trabajos de exploración por medio de un socavón, observándose durante el desarrollo del mismo que la roca se encuentra muy fracturada y afectada por fallas; las fracturas están rellenas de calcita y arcilla plástica, predominando esta última, lo que provocó que los bloques se deslizaran, ocasionando derrumbes a lo largo del socavón. Es importante tomar en cuenta este hecho, dado que ello puede poner en peligro la estabilidad de la margen, así como dificultar el empotramiento de la cortina, debido a que

se tendría que remover la roca fracturada hasta encontrar la roca sana.

LEVANTAMIENTO DEL SOCAVON

El portal de entrada al socavón se encuentra en la orilla derecha del Río Azul, orientado 50° al noroeste, justamente en las coordenadas: X= 595,349.91; Y= 1'854,473.16 y Z= 1,208.55 msnm. Tiene un desarrollo total de 21.00 m habiéndose colapsado del tramo 12 al 21, provocando derrumbes que ocasionaron su posterior cierre (ver Figura No. V.2).

En general el socavón se desarrolló en su totalidad en calizas arcillosas de color crema-amarillento, en estratos cuyo espesor promedio es de 10-50 cm, rumbo de echado general N 30° E - 50° a N 57° E - 50° . Estas rocas pertenecen a la unidad-Ks-Ulb, y se les considera duras y compactas. En la Tabla V.1, se describe el levantamiento del socavón.

MARGEN IZQUIERDA

Tiene una altura aproximada de 300 m y morfológicamente es diferente de la margen derecha, debido a que en ésta la pendiente es mayor y el buzamiento de las capas es hacia dentro de la ladera al NE, variando de intensidad de 10 a 35° y el rumbo de la estratificación, de N 52° - 85° E a N 29° a 82° W, predominando el segundo. Esta zona está atravesada por 6 fallas locales, 3 de orientación general NE-SW y las otras 3 E-W.

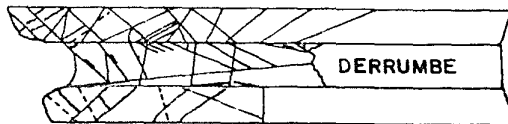
De la misma manera que en la margen contraria, la pre

LEVANTAMIENTO DE SOCAVON EJE CORTINA MARGEN DERECHA
TABLA No. V.1

TRAMO (M)	LITOLOGIA Y ESPESOR DE ESTRATOS (CM)	DATO: ESTRUCTURALES RUMBO ECHADO E INTENSIDAD DE CAPAS	RUMBO DE FRACTURA - MIENTO E INTENSIDAD-	CARACTERISTICAS DEL FRACTURAMIENTO	CONDICIONES MECANICAS MACROSCOPICAMENTE (REGULAR, MALA)
1-2	CALIZA ARCILLA EN ESTRATOS DE 20 - 50 cm.	N 30° E 46°	N 45° E 70 SW	CALIZA MUY FRACTURADA; -- FRACTURAMIENTO PERPENDICU LAR A LA ESTRATIFICACION; PRESENCIA DE ARCILLA INTERESTRATIFICADA Y RELLENANDO FRACTURAS.	MALA
2-3	CALIZA ARCILLOSA EN ESTRATOS DE 10 - 50 cm.	N 32° E - 45°	EN DOS DIRECCIONES:-- EL 1) N 40° E - 72SW. PERPENDICULAR A LA ESTRATIFICACION. EL 2) N 71° W 70SW.	SE ENCUENTRA ARCILLA INTERESTRATIFICADA Y RELLENANDO FRACTURAS.	MALA
3-4	CALIZAS ARCILLOSAS EN ESTRATOS DE 20 - 50 cm.	N 33° E 42°	N 44° E - 70SW	FRACTURAMIENTO PERPENDICU LAR A LA ESTRATIFICACION.	REGULAR
4-5	CALIZAS ARCILLOSAS DE ESPESOR 20 - 50 cm.	N 42° E 45°	FRACTURAMIENTO EN DOS DIRECCIONES: EL 1) - N 48 E 70SW. EL 2) - N 70 W 70 SW	FRACTURAS Y PEQUEÑAS CAVIDADES RELLENAS DE ARCILLA. PRESENCIA DE ARCILLA INTERESTRATIFICADA.	MALA
5-7	CALIZA ARCILLOSA CON ESTRATOS DE 10 - 50 cm. PRESENCIA DE ESTRATOS ONDULADOS. INTENSO -- FRACTURAMIENTO LO QUE PRODUJO LA FORMACION DE PSEUDO PLANOS DE ESTRATIFICACION.	N 51° E - 39	FRACTURAMIENTO EN DOS DIRECCIONES. EL 1) - N 44° E 70° SE. EL 2) N 68° E 78 NW	INTENSO FRACTURAMIENTO. -- PRESENCIA DE ARCILLA QUE SE ENCUENTRA INTERESTRATIFICADA E INTERCALADA, RELLENANDO PEQUEÑAS CAVIDADES.	MALA
7-9	CALIZA ARCILLOSA, MUY FRACTURADA SIN SER MASIVA NO SE ALCANZA A DISTINGUIR EN LOS PLANOS DE ESTRATIFICACION.		EN DOS DIRECCIONES: -- EL 1) N 44° W 70 SW. EL 2) N 44° E 70 SE	INTENSO FRACTURAMIENTO. -- PRESENCIA DE ARCILLA, QUE SE ENCUENTRA RELLENANDO A FRACTURAS Y PEQUEÑAS CAVIDADES.	MALA
9-10	CALIZAS ARCILLOSAS, -- MUY FRACTURADAS; SIMSER MASIVA NO SE APRECIAN LOS PLANOS DE ESTRATIFICACION.		N 69° W - 68° SW	NOTANDOSE LA PRESENCIA DE ARCILLA QUE SE ENCUENTRA RELLENANDO PEQUEÑAS CAVIDADES.	MALA
10-11	CALIZA ARCILLOSA, EN-ESTRATOS 50 cm.	N 49° E 42°	N 44 E - 68° SW	FRACTURAMIENTO PERPENDICU LAR A LA ESTRATIFICACION; PRESENCIA DE ARCILLA RELLENANDO FRACTURAS Y CAVIDADES.	MALA
11-12	CALIZA ARCILLOSA, EN-ESTRATOS DE 50 cm.	N 57° E 45	N 43° E 70 SW	FRACTURAMIENTO PERPENDICU LAR A LA ESTRATIFICACION. TAMBIEN APARECE ARCILLA -- RELLENANDO FRACTURAS Y PEQUEÑAS CAVIDADES.	MALA
12-13	SE OBSERVO UN COLAPSO DE BLOQUES, QUE PROVOCARON UN DERRUMBE QUE IMPIDEN EL PASO. SE PRESUME QUE EL COLAPSO FUE DEBIDO A LA PRESENCIA DE UNA FRACTURA Y A QUE LA ARCILLA SE PRESENTABA EN FORMA DE BOLSAS, LO QUE OCASIONO QUE LA ROCA PERDIERA -- SU COHESION, LO QUE AJUSTO AL INTENSO FRACTURAMIENTO ORIGINARON EL COLAPSO MENCIONADO.				

5 4 3 2 1 0 5 10 15 20 21m.

DETALLE I

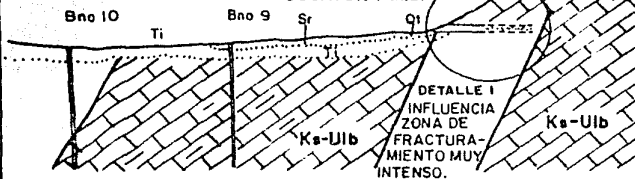


ESCALA 1:200

CORONA ELEVACION 1233.39 m.s.n.m.

NAME 1232.00 m.s.n.m.

SOCAVON I M.D.



ESCALA 1:1000

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL

SOCAVON No.1 MARGEN DERECHA

M. M. A. BUTRON S.

FIG. No. V.2

sencia de numerosas fallas ha provocada el desarrollo de un fracturamiento importante, lo cual se pudo observar al hacer varios intentos de exportalar un socavón y haber visto que la roca está conformada por bloques sueltos. Estas condiciones nos hacen pensar que si se quiere desplantar un empotramiento en este lugar habrá que limpiar hasta que se tenga la certeza de encontrar roca sana. Las rocas que afloran en esta margen pertenecen a la unidad-Ks-Ula.

ZONA CENTRAL Y CAUCE

La zona central del eje se caracteriza por ser un área casi plana, cuyas elevaciones en las margenes varían de la cota 1209 msnm en la derecha, a 1210 msnm en la izquierda. Está atravesada por los ríos Jataté y Azul, siendo la parte más angosta del lado de éste, pues mide 190 m, desde la ladera hasta el cauce medio del río, mientras que la más ancha se encuentra del lado del Río Jataté (264 m desde el cauce medio de la ladera). La distancia entre los cauces medios de ambos ríos es de 166 m.

El área se encuentra cubierta por material de la unidad T₁, que se caracteriza por tener poca cohesión y no presentar espesor uniforme; lo que se ha demostrado, por los espesores medidos en los barrenos 7, 8, 9, 10, 11, 12, con profundidades de 11.00, 4.00, 4.00, 6.50, 10.50, 4.50 m, respectivamente (ver Tabla No. V.2). Teniendo en consideración lo anterior, no representaría ningún problema para ser removido en el momento en que se inicien las obras de desplante de cortina. En tanto la ladera de la margen derecha, de la ele-

Tabla Cuantitativa de Barrinados

Tabla No. 2.2

BNO. No. 1	UBICACION	PROM. RECUR. %	PROM. RQD %	PROM. U.L. %	OBSERVACIONES Y COMENTARIOS
1	MARGEN DERECHA	77.	49.	6.	Barreno perforado a 200 m. No cortó a la Fm El Bosque.
2	MARGEN IZQUIERDA	75.	46.	8.	A los 145.00 m. se atravesó una franja de fragmentos de apariencia brechoidal. Zona de Falla.
3	MARGEN IZQUIERDA	81.	45.	7.	De los datos obtenidos por piezometría, determinó que el nivel freático se encuentra por debajo de los 1200 m.s.n.m.
4	MARGEN DERECHA	84.	34.	3.	No cortó sedimentos de la Fm. El Bosque, por lo que no se pudo confirmar el supuesto cabalgamiento de la estructura.
5	MARGEN IZQUIERDA	89.	63.	9.	Los niveles freáticos están por debajo del nivel del río, en la zona de la boquilla.
6	MARGEN IZQUIERDA	49.	28.	7.	Se detectó sedimentos de la Fm El Bosque con espesor de 5-15 m.
7	EJEÇ. BOQUILLA	81.	33.	1.	La Columna litológica está compuesta en su totalidad por la Fm. El Bosque, estando el contacto con el Paleoceno a mayor profundidad. El nivel freático se encuentra a 1205 m.s.n.m.
8	EJE BOQUILLA MARGEN DERECHA	41.	15.		Se corroboró la presencia de una Falla en la M.D. el nivel freático se encuentra a 1194.401 m.s.n.m.
9	EJE BOQUILLA MARGEN DERECHA	85.	55.	39.	El barrero no atraviesa fallas, el nivel freático está a 4.14 m abajo del nivel del Río Azul.
10	EJE BOQUILLA MARGEN DERECHA	56.	28.		La falla encontrada en el barrero número 8, no se observó en este barrero. El nivel freático se encontró 2.48 m por debajo del Río Azul.
11	EJE BOQUILLA MARGEN IZQUIERDA	52.	6.	51.	No se pudo establecer el nivel freático, encontrándose a mayor profundidad; se encuentra una caverna rellena de arena de río a 39.20
12-30*	BOQUILLA MARGEN IZQUIERDA	58.	8.		El material es de mala calidad. Se localizaron dos zonas de cavernas. El nivel freático está a mayor profundidad.
13	EJE BOQUILLA MARGEN IZQUIERDA	88.	53.		No se observó un nivel freático. No existen zonas cavernosas de importancia.

vacación 1205 a 1225 y de la izquierda, de la cota 1209 a 1210 mm, - están cubiertas por depósitos de talud y suelo residual.

BARRENACION

Se han ejecutado hasta la fecha, 13 barrenos con recuperación de núcleo con un total de 1654.27 m perforados, por lo cual se han - determinado los parámetros de recuperación (Rec) y calidad de roca-- (RQD) en todos ellos. La tubería empleada por la barrenación fue del diámetro NQ y NW. El objetivo principal de los sondeos fue dar un co nocimiento más exacto de las condiciones prevalecientes en el macizo rocoso en ambas márgenes y en el eje de la cortina.

La información generada por la exploración directa ha proporcionado los valores que se exponen en la Tabla No. V.2. En la margen los barrenos 1 y 4 presentan buenos porcentajes de recuperación, aun que la calidad de roca es mala. En la margen izquierda los porcentajes de recuperación en los barrenos 1, 3, 5, 6 y 13 se consideran -- buenos con excepción del número 6; los porcentajes de calidad de roca en los barrenos 2, 3, 6 son malos, mientras que en el 5 y 13 son regulares. En la zona de la boquilla los porcentajes de recuperación fueron los siguientes en los barrenos 7 y 9 fueron buenos, en tanto que en el 10, 11 y 12-30°, la recuperación que se obtuvo fue regular y por último el número 8 acusó mal porcentaje de recuperación. La ca lidad de roca para los barrenos 12-30°, 11 y 8, fue de muy mala, en tanto que para los números 7 y 10 fue mala y para el 9, regular.

El barreno 8 cortó 4.00 m de material arcilloso, perteneciente a la unidad T1 y 66.00 m de calizas y dolomías brechadas y alteradas de la unidad-Ks-U1b. El barreno 9 localizó a 4.00 m de profundi-

dad el contacto entre las unidades Ti (arcillas y limos) y la Ks-Ulb (calizas dolomitizadas y arcillosas). En el barreno 10 el espesor -- del material arenco-limoso (Ti) fue de 6.50 m, el que se encuentra en contacto con las calizas arcillosas de grano medio de la unidad-Ks-U lb. En la margen izquierda, el barreno 11 corto los 10.50 m de material formado por gravas, arenas y limos (Ti) los restantes 59.50 m -- fueron dolomías de la unidad-Ks-Ula. El barreno 12 se programo con -- 30° grados de inclinación con respecto a la vertical, hacia la lade-- ra; observándose que los primeros 4.50 m están compuestos de arenas, limos y arcillas del Ti, mientras que los 75.50 m restantes de dolo-- mías de la unidad-Ks-Ula (ver Plano No. 4). El barreno 7 se localiza entre los cauces de los ríos Jataté y Azul y corto 9.00 m de arenas, limos y arcillas, pertenecientes a la unidad Ti, mientras que los -- restantes 114.05 m, consisten de areniscas, limolitas y lutitas de -- la unidad Teb, no pudiendo atravesar el contacto entre la unidad Teb y las calizas del Paleoceno.

El método empleado para determinar la permeabilidad fue el ti po Lugeon. Estas pruebas fueron aplicadas en los barrenos 1, 2, 3, -- 4, 5, 6, 7, 9, y 11; y los resultados obtenidos se ilustran en la Ta bla No. V.2. Así tenemos, que en el barreno 7 las pruebas de permea-- bilidad nos han dado valores de 0-3 U. L., mientras que en los barre-- nos 1, 2, 3, 4, 5, 6, los valores han sido de 3-11 U. L; en el barre-- no 9 los valores son de 23-44 U. L; y solo en el número 13 los valo-- res son superiores llegando a pasar 44 U. L. Por lo que podemos esta-- blecer que la roca va de impermeable a poco permeable para los 7 pri-- meros barrenos, en tanto que en los barrenos 9 es permeable y 13 es-- tamente permeable.

Por otra parte, el cauce del río esta labrado en rocas de las unidades Ks-Ulb y Teb, que se encuentran al poniente y en la entrada del Cañon San Agustín, respectivamente, mientras que el Río Jataté lo hace en dolomías de la unidad-Ks-Ula (ver Figuras Números V.4 y V.5).

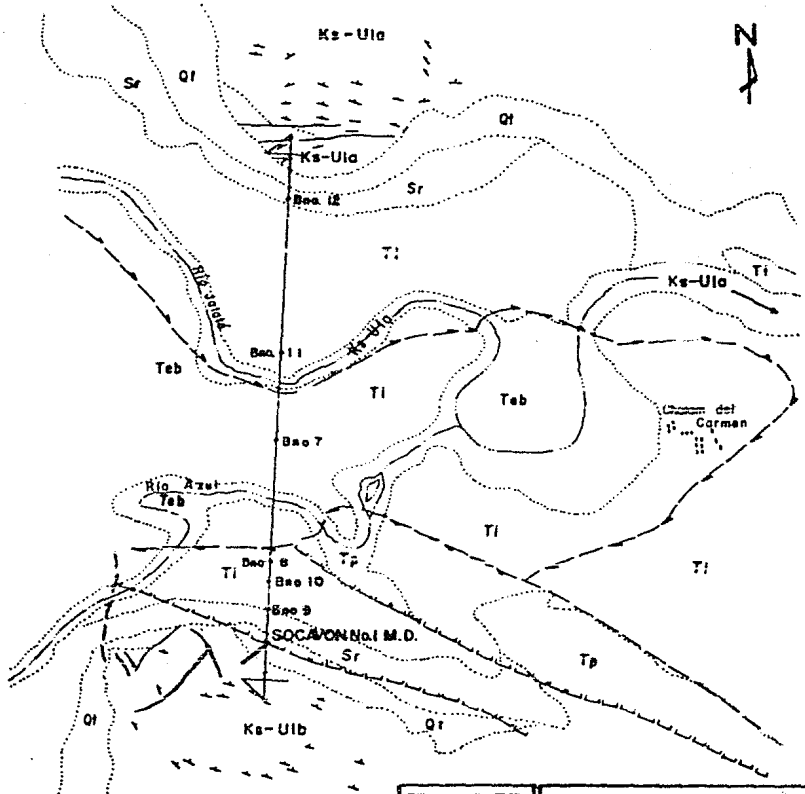
c) RIESGO SISMICO

El Estado de Chiapas se destaca por estar en una zona de gran actividad sísmica, debido a los temblores generados en la interfase de las placas Norteamericana y la de Cocos. Y como el sitio del Proyecto San Agustín se halla justamente en la intersección de las fallas Chacté-Ocosingo con las de Oxchuc y Buenos Aires, es de importancia fundamental determinar el riesgo sísmico para la evaluación del proyecto (ver Figura No. V.6).

Dado que las fallas Chacté-Ocosingo, Oxchuc y Huixtán son de carácter regional y están asociadas a las fallas Chiccoasén y Muñoz, que cruzan la Central Hidroeléctrica Chiccoasén y su embalse, se puede contar con elementos que permitan hacer una estimación real del riesgo sísmico de la zona del Proyecto San Agustín, en base a los estudios realizados por Rivapalacios (1979) para determinar el riesgo sísmico del Proyecto Hidroeléctrico Chiccoasén; para ello se contó con datos históricos, geológicos, tectónicos y sismológicos, que se resumen a continuación:

La permanencia de construcciones en pie cerca de las fallas, que datan de la segunda mitad del siglo XVI, no han-

-Bao. 13



SIN ESCALA

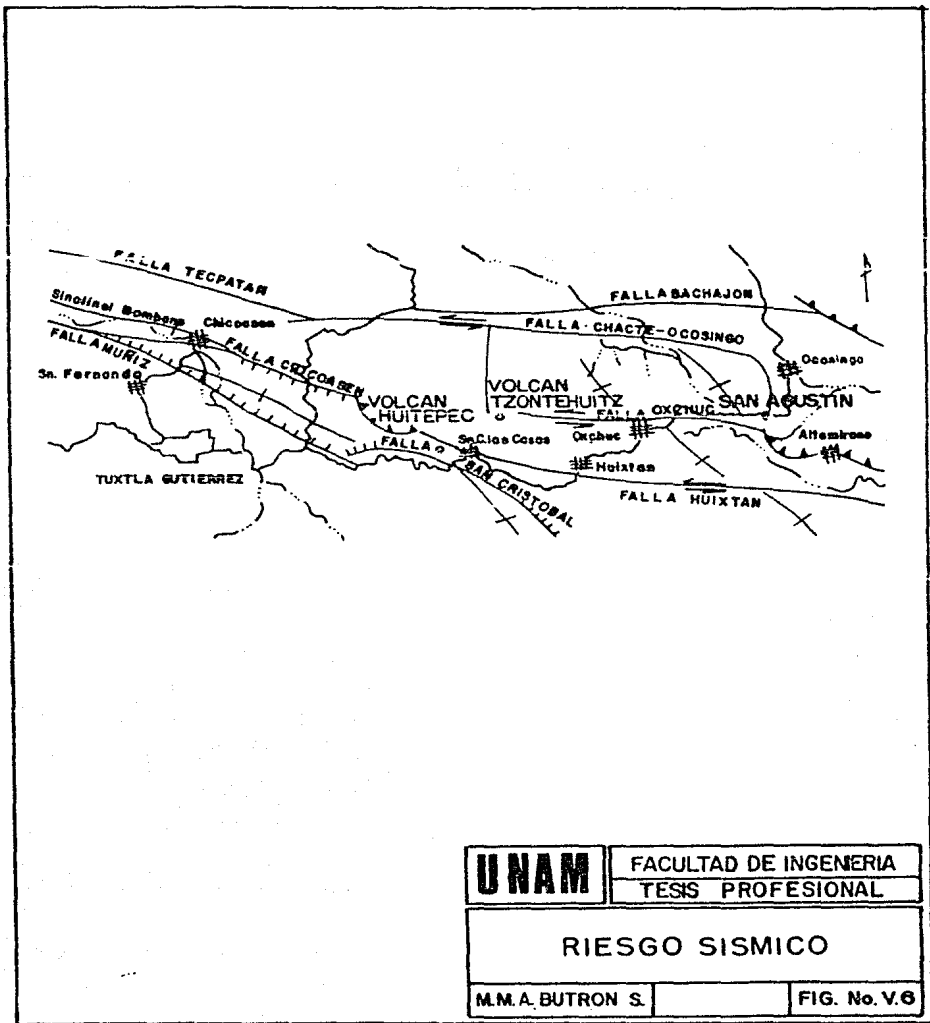
UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL

ESQUEMA DE LA BOQUILLA
DE SAN AGUSTÍN

M. M. A. BUTRON S.

FIG. No. V. #



sufrido alteraciones en los 450 años.

Las fallas Chicoasén-Malpaso y Muñiz están cubiertas por cenizas volcánicas, cuya edad se ha fijado por el método K-Ar en 500,000 años. Estas cenizas no han sufrido movimiento alguno, lo que permite concluir que las fallas han permanecido inactivas en los últimos 500,000 años. La ausencia de cambios en los rasgos geomorfológicos, como la modificación en el curso del drenaje, que pudiera demostrar una actividad moderna de estas fallas, confirman la conclusión anterior.

La información disponible acerca de la sismicidad, en la parte central del Estado, denota que es de profundidad intermedia (70-100 Km), en tanto que en la región costera es de poca profundidad. Con todo ello, el autor antes mencionado concluye que no existen estructuras tectónicas, en las intermedias al proyecto, que lo pudieran poner en peligro, - con aceleraciones mayores de 0.156.

En análisis estadísticos realizados por el Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M., de datos de sismología instrumental de 1900 a 1974, se muestra que para la región existe la probabilidad de una aceleración mayor de 0.156, cada 500-años.

En base en la información anterior, se pudo establecer que las fallas Chicoasén y Muñiz son inactivas.

d) GEOFISICA

Es invaluable el apoyo que presta la geofísica en la exploración geológica para proyectos de ingeniería civil, --

que de una manera indirecta auxilia en la determinación de las características geotécnicas de los materiales que conforman el macizo rocoso donde se pretende emplazar las obras y la posición de los niveles freáticos. Por otra parte, analiza la información obtenida y la integra a la geología y, de esta forma, establece una serie de parámetros físicos que minimizan costosos ensayos de campo y laboratorio.

En el sitio San Agustín, la geofísica tuvo como objetivo conocer las condiciones mecánicas de las rocas y sus controles estratigráficos, previamente estudiados por geología, concentrándose en áreas a la estanqueidad, estabilidad de taludes de ambas márgenes y a problemas en la compacidad de los materiales en los sitios de emplazamiento de obras. Para ello se aplicaron sondeos eléctricos verticales con arreglo tetrapolar Schulumberger, el método de refracción sísmica y la testificación eléctrica en barrenos.

Con los valores obtenidos, se procedió a establecer el modelo geológico-geofísico, en el cual se puede apreciar la existencia de tres zonas diferentes a lo largo de la sección eje cortina (ver Plano No. 3), de acuerdo a sus características geoelectricas.

El cuerpo No. 1 se localiza en la margen derecha y hasta una anomalía resistiva tomada como frontera bajo el Río Jataté; litológicamente se compone de calizas de la Formación Angostura, observando resistividades de $R = 290$ a 1250 ohms-m y 90 ohms-m inclusive a medida que se acerca a zonas de posible fracturamiento y/o disolución; las velocidades ob

tenidas son de $V = 3.0$ Km/seg en promedio, encontrándose velocidades de $V = 5.0$ Km/seg a profundidad, únicamente en las calizas que se encuentran fuera de la zona del valle.

El segundo cuerpo se ubica entre el Río Jataté y la falla de desplazamiento lateral próxima al Río Azul, advirtiéndose que los valores de resistividad de $R = 110$ ohm-cm, pertenecen a sedimentos de la Formación El Bosque a profundidades mayores de 100 m. La velocidad promedio es de $V = 2.6$ Km/seg. Cabe señalar que este bloque presenta permeabilidad muy baja, hecho que es corroborado por la presencia de bajas resistividades.

El tercer y último cuerpo se extiende desde la falla de desplazamiento lateral hasta el macizo rocoso y se compone de calizas pertenecientes a la Formación Angostura. Las resistividades observadas son similares a las del cuerpo número 1.

Se estableció que los depósitos que se encuentran a lo largo de la sección tienen espesores que varían de 3 a 15 metros y permeabilidad baja, de acuerdo a las bajas resistividades del orden de $R = 10$ a 85 ohm-cm y velocidades $V = 0.7$ a 1.3 Km/seg.

Los trabajos realizados en las campañas de geofísica en el sitio San Agustín se presentan en forma condensada e integrada a la información geológica en la Tabla V.3, que resume las características geotécnicas del sitio.

LA BLA CONDENSADA GEOLOGICO - GEOFISICA

TABLA No. V.3

NOMENCLATURA LOCAL	LITOLOGIA	RESISTIVIDAD	VEL. SISMICA	MOD. DE YOUNG**	CALIDAD DE ROCA
		- m	Km/Seg	E en Kg/Cm ² x 10 ³	
Ks - U1a	Micritas y dolomías de textura fina, de color crema, duras y compactas, en estratos de 0.40 a 0.80 m.	290 - 1250	3.7 - 5.0	246.00 - 633.00	BUENA
		90 - 290	1.9 - 2.9	56.00 - 141.00	REGULAR
		30 - 130	1.1 - 1.4	14.00 - 24.00	MALA
Ks - U1b	Dolomías duras y competentes, de colores gris y pardo, en estratos de 0.40-1.20m.	70 - 1000	2.0 - 3.0	60.00 - 173.00	REGULAR
Ks - U1c	Calizas y dolomías arcillosas, duras y compactadas, de color crema amarillento, en estratos de 0.40 - 1.00m.	120 - 1200	3.4 - 5.0	181.00 - 492.00	BUENA
		300 - 560	3.0 - 3.2	173.00 - 181.38	REGULAR
		25 - 150	0.9 - 1.0	0.9 - 1.0	MALA
Tp	Calizas arcillosas, poco cársticas, duras, compactas y con alto contenido en microfósiles.		5.0	563.00	BUENA
Teb*	Areniscas, limolitas y lutitas, micáceas y fáciles formadoras de suelos.	20 - 110	2.6 - 2.9	128.00 - 141.00	BUENA*
		10 - 80	0.7 - 0.9	10.00 -	MALA

* Formación El Bosque consolidada.

** RELACION EMPIRICA APROXIMADA PARA ROCAS CONSOLIDADAS. ADFM Geophysical Memorandum 2/69.

e) GEOTECNIA EN LAS OBRAS DE LA BOQUILLA

CORTINA

Se construirá una cortina de materiales graduados, de 33.00 m de altura, 710.00 m de longitud y 10.00 m de anchura a la altura de la corona; el eje de la cortina es perpendicular a la boquilla y de rumbo N 2° E, encontrándose situado entre las coordenadas: Y= 1855150, Y= 1854425; X= 593300, -- X= 593450. La corona está ubicada en la elevación 1233 msnm, en tanto que el desplante lo está en la 1200 msnm. La obra descansará en calizas de la Formación Angostura, en las siguientes unidades de roca:

MARGEN IZQUIERDA

En esta margen las rocas pertenecen a la unidad ---- Ks-Ula y se encuentran muy fracturadas, por lo que se tiene que remover por lo menos 80.00 m, hasta encontrar roca sana.

MARGEN DERECHA

La cortina se va apoyar en rocas muy fracturadas de la unidad Ks-Ulb, por lo que se hace necesario limpiar esta zona por espacio de 40.00 m.

OBRAS ANEXAS

Antes de comenzar el desplante de la cortina se va a construir un canal de desvío y dos ataguías.

Las ataguías están situadas aguas arriba del eje de la cortina, una sobre el Río Azul y otra en el Jataté, en las elevaciones 1204 y 1205 msnm, respectivamente. Ambas atag

guías son del tipo de materiales graduados. La ataguía de la margen derecha tiene una altura de 4.50 m, 150.00 de longitud y 28.00 m de anchura máxima; se construirá en rocas de la unidad Ks-Ulc, en tanto que la otra, sobre el Río Jataté, tendrá una altura de 14.00, 100.00 de longitud y 60.00 m de ancho y va ser construida en rocas de la unidad Ks-Ulb. Ambos ríos se comunicarán por un canal de desvío que se encontrará aguas arriba del eje de la cortina, en la elevación -- 1200 msnm en el Río Azul, mientras que en el Jataté es de -- 1194 msnm; el canal tiene 620.00 m de largo, 5.00 m de ancho y una pendiente de 0.0085 y va estar alojado en material de la unidad Ti.

VERTEDOR

El vertedor se localiza en la margen derecha, encontrándose el canal de llamada en la cota 1228 msnm. Esta obra tiene a la entrada aproximadamente 35.00 m de ancho, para reducirse después, en forma de embudo, a 13.50 m. El canal de descarga tiene una longitud aproximada de 274.00 m, estando el lavadero terminal situado a la elevación 1212 msnm.

Esta obra quedará alojada en las rocas de la unidad Ks-Ulb y el Qt, cuyo contacto se encuentra en la elevación -- 1227 msnm.

En la Tabla No. V.4, se indican los datos generales del sitio San Agustín.

DATOS GENERALES DEL PROYECTO DERIVADOR SAN AGUSTIN

TABLA No. V.4

AREA DE LA CUENCA	:	362 Km ²
AREA DE EMBALSE	:	2560 Hectáreas.
NAMO	:	1230 msnm
NAME	:	1231.48 msnm
BORDE LIBRE	:	1.39 m diferencia entre la corona y el NAME
ELEVACION CRESTA	:	1230 msnm
ELEVACION DE LA CORONA	:	1233.41 msnm
NIVEL MAXIMO DE EMBALSE	:	1231.48 msnm

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VI.1 CONCLUSIONES

- 1.- Los depósitos que se encuentran en la zona de la Boquilla asignados al Terciario Indiferenciado, son el producto de la redepositación de la Formación El Bosque a la que se encuentra cubriendo.
- 2.- La presencia de calizas con coquinas en la zona de estudio nos sugiere que fueron transportadas desde su lugar de origen hasta el sitio que ocupan actualmente, por la Falla Chacté-Ocosingo.
- 3.- En la ventana de la margen izquierda se ha observado que la Falla Chacté-Ocosingo es de carácter transcurrente, ya que los barrenos números 2 y 5, ubicados en esta margen, cortaron rocas de la Formación Angostura, sin atravesar sedimentos de la Formación El Bosque, lo que constituye una prueba irrefutable del movimiento transcurrente de dicha falla, ya que las rocas del Cretácico Superior no se encuentran cabalgando a las del Eoceno.
- 4.- En el sitio propuesto para la boquilla se localiza un bloque de rocas pertenecientes a la Formación El Bosque entre dos macizos calcáreos constituidos por rocas de la Formación Angostura. Esto se debe a que una parte del Sinclinal Tenango fue desplazada hacia el sur por la acción de la Falla Chacté-Ocosingo, de rumbo norte-sur, hasta llegar al lugar que ocupa actualmente, emplazando los se-

dimentos de la Formación El Bosque entre los de la Formación Angostura.

5.- En la margen izquierda los datos obtenidos de piezometría de los barrenos números 2 y 5, han demostrado que el nivel freático de la zona se rige con el nivel base del Río Jataté en el Valle de Ocosingo, ocasionando que el área de saturación se encuentre por debajo del Río Jataté en la zona de la boquilla. Esto es debido a que los escarpes que se encuentran al oriente de la ventana actúan como pequeños parteaguas, dividiendo los flujos que inciden sobre él; por una parte las precipitaciones y aportes de base en la parte oriente de la ventana drenan por el subsuelo, de composición calcárea, hasta su nivel base, que es el cauce del río en el Valle de Ocosingo. En tanto, en el valle fluiría el agua de precipitación, sobre una superficie de rocas arcillosas de la Formación El Bosque, hacia el sur el hasta su nivel base en el Cañon San Agustín, produciendo una división de caudales -- que se observa por la diferencia de elevación de los niveles freáticos en ambas zonas, no obstante la cercanía entre ellas.

6.- En la margen izquierda se pueden presentar problemas con la estanqueidad del vaso, ya que en algunas zonas la elevación en que se encuentra el contacto entre las formaciones Angostura y El Bosque está por debajo de la elevación del embalse (1252 msnm).

- 7.- Debido a las confluencias de las fallas Chacté-Ocosingo, Oxchuc y Buenos Aires en el sitio de la boquilla, se ha provocado un intenso fracturamiento en los sedimentos, -- siendo poco plásticos no pudieron absorber los esfuerzos.
- 8.- En los trabajos exploratorios que se han realizado en la margen derecha se desarrolló un socavón, que puso de manifiesto el intenso fracturamiento de las rocas afectadas por las fallas. Las fracturas están rellenas de calcita o arcilla plástica, predominando esta última, lo -- que ha provocado el derrumbe del socavón por la poca cohesión de la roca.
- 9.- Debido al intenso fracturamiento de las rocas en la zona de la boquilla, por la convergencia de las fallas Chacté-Ocosingo, Oxchuc y Buenos Aires, y demostrado por los barrenos números 8, 11, 12-30^o, se han obtenido porcentajes bajos en recuperación y RQD.
- 10.- Al implantarse la campaña de geofísica en el sitio de la boquilla, se observó con el método sismológico de refracción que la velocidad de las ondas sísmicas, en el medio que atravesaban, eran lentas (de 1.1 a 1.4 Km/seg), lo -- que indica que el material se encuentra muy fracturado y por consiguiente es de mala calidad. Con el método de -- sondeos eléctricos verticales se pudo observar que las -- rocas, aparte del intenso fracturamiento, presentan con-

tenido de arcilla, por lo que se obtuvieron bajos valores en la resistividad.

- 11.-Debido al intenso fracturamiento y a la poca cohesión -- que presentan las rocas en el sitio de la boquilla, se ha estimado necesario reevaluar el área, dada las malas condiciones de la roca en que quedarían ubicadas las obras.

VI.2 RECOMENDACIONES

- 1.- El intenso fracturamiento en que se encuentra la roca en la margen izquierda de la boquilla puede ocasionar algún problema de estanqueidad, por lo que se recomienda se implementen tratamientos de impermeabilización, como inyeciones de lechadas de cemento.
- 2.- En la ventana de la margen izquierda la Formación El Bos que no alcanza a cubrir en su totalidad el embalse a la elevación 1230 msnm, dejándolo en calizas de la Formación Angostura; este hecho puede dar lugar a que el agua embalsada se fugue hacia su nivel base, por lo que sería recomendable que esta zona se trate con pantallas de inyeciones de cemento.
- 3.- Será preciso la remoción de la roca fracturada en ambas márgenes hasta encontrar roca sana que permita el empo--tramiento de la cortina.
- 4.- La zona central se encuentra cubierta por material de la unidad Ti, de poca cohesión y espesor irregular, por lo que será necesaria su remoción para el desplante de la cortina.
- 5.- Es necesario implementar una red sismológica en la zona, que aporte datos para determinar la actividad sísmica antes y después del llenado del embalse.

B I B L I O G R A F I A

ARVIZU LARA G., DAVILA SERRANO M., 1985

Trabajos de Exploración Desarrollados en el Sistema Cancú
(Transferencia Alto Usumacinta-Tacotalpa). Chiapas, 1984
Superintendencia de Estudios Zona Sureste, CFE.

BENAVIDES G. L., 1948

En Jimenez Ferrandez E., 1979

BILLINGS MARLAND P., 1974

Geología Estructural

Editorial Universitaria de Buenos Aires.

BÖSE E., 1905

Reseña acerca de la Geología de Chiapas y Tabasco
Boletín del Instituto de Geología de México, No. 20
Secretaría de Fomento, Colonización e Industria.

BRIZUELA VENEGAS M., 1981

Geología de semidetalle del área localizada al sur de
Tenosique, Tabasco y Noroeste del Edo. de Chiapas, entre
los paralelos $91^{\circ} 15'$ y $91^{\circ} 44'$ de longitud oeste de Green
wich y los $17^{\circ} 15'$ y $17^{\circ} 31'$ latitud norte
Tesis Profesional, Facultad de Ingeniería UNAM.

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

Estudio de Gran Visión de la Cuenca del Río Usumacinta
Inédito

DENGO GABRIEL, 1973

Estructura Geológica, Historia, Tectónica y Morfología de
America Central

Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología
Industrial

ICAITI, Guatemala.

DURHAM WYATT, 1981

Report on samples from P. H. Chacté area.

GARCIA ENRIQUETA, 1973

Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de
Köppen

Instituto de Geografía, UNAM.

GUERRA PEÑA F., 1980

Fotogeología

Facultad de Ingeniería, UNAM.

JIMENEZ FERNANDEZ E., 1979

Estudio Geológico del Proyecto Hidroeléctrico Itzantún,
Río Tacotalpa, Estado de Chiapas.

Tesis Profesional, Facultad de Ingeniería, UNAM.

KRUMBEIN W., SLOSS L. L., 1969

Estratigrafía y Sedimentación

Editorial U T E H A.

KRYNINE D. R., JUDD W. R., 1980

Principios de Geología y Geotécnica para Ingenieros
Ediciones Omega

LOBECK A. K., 1939

Geomorphology

Mc. Graw Hill Book Company Inc.

LOPEZ RAMOS E., 1982

Geología de México

Tomo III, 3a. Edición

Tecno Resendiz.

LOPEZ VEGA J., 1962

Informe Geológico del Area de Simojovel, Chiapas, PEMEX

Inédito

MARSAL R. J., RESENDIZ N. D., 1979

Presas de Tierra y Enrocamiento

Editorial Limusa.

PAREDES MEJIA M., GRIJALVA RUIZ J., 1980

Aspectos Geotécnicos del Proyecto Hidroeléctrico Itzantún,

Chiapas

Tesis Profesional, Facultad de Ingeniería, UNAM

RAISZ ERWIN, 1964

Landforms of Mexico

Geography Branch of the office of Naval Research

Second, corrected edition.

RIVAPALACIO CH. R., 1979

Geología y Geotécnia del Proyecto Hidroeléctrico de Chicoasén,

Chiapas

Comision Federal de Electricidad.

SANCHEZ MONTES DE OCA R., 1978

Geología Petrolera de la Sierra de Chiapas, PEMEX
Inédito.

SERVICIOS DE CONSERVACION DE SUELOS, 1983

Departamento de Agricultura, Estados Unidos

TAMAYO L. J., 1962

Geografía General de México

Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas, Tomo III

TRIGOS SUAREZ J. L., ESTEVA MARABOTO L., 1974

Riesgo Sísmico en el Cañon del Sumidero, Chiapas

Instituto de Ingeniería, UNAM

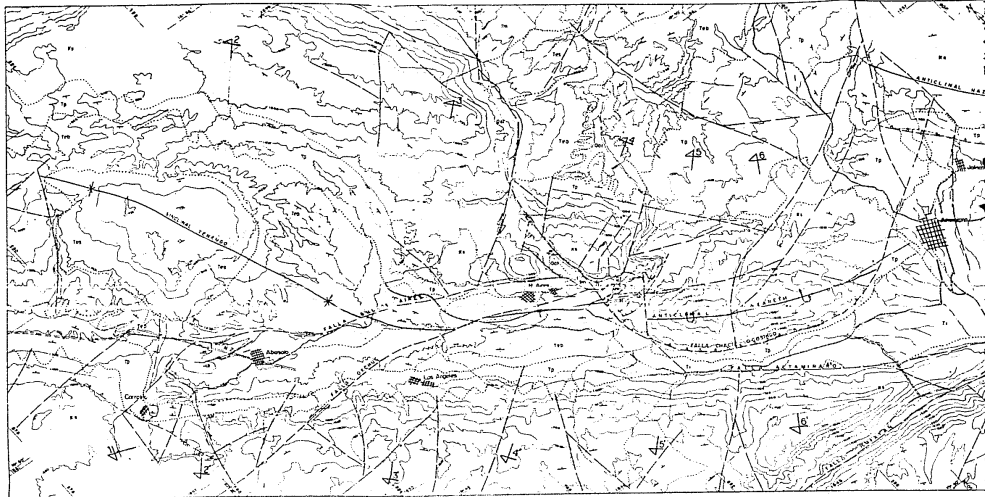
Inédito.

VINSON G. L., 1962

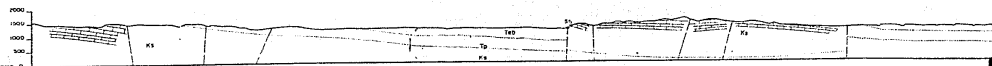
Upper Cretaceous and Tertiary Stratigraphy of Guatemala

Amer. Assoc. Petrol. Geol.

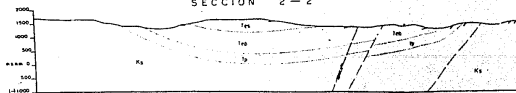
Vol. 46 No. 4



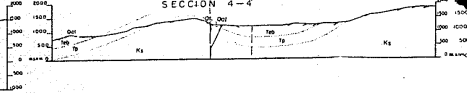
SECCION 1-1



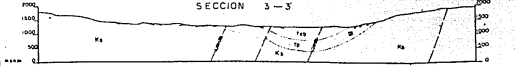
SECCION 2-2



SECCION 4-4

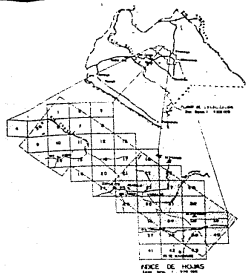
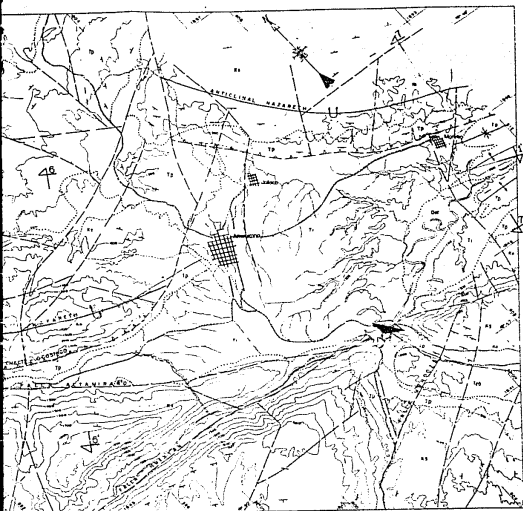


SECCION 3-3



SECCION 5-5





LITOLOGIA

Qs1	Coque de carbón
T1	Deposito de arena, limo y arcilla
Tm	Formacion de lutita y margas
D	Formacion de calcáreo, margas y margas
Tes	arenas, lutita y margas
Tco	arenas, lutita y margas
Tp	Esqueleto granítico, margas, lutita y margas
S1	Caliza y arenita

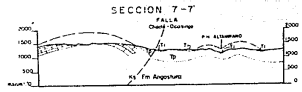
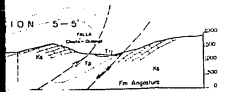
SIMBOLOGIA

TOPOGRAFICA

	Puntos
	Carreteras
	Ferrocarriles
	Arroyos
	Rios
	Camino Bravos
	Cercados

GEOLOGICA

	Esqueleto Granítico
	Lutita y margas
	Arenas, lutita y margas
	Formacion de calcáreo, margas y margas
	Formacion de lutita y margas
	Arenas, lutita y margas
	Esqueleto granítico
	Lutita y margas
	Formacion de calcáreo, margas y margas
	Camino Bravos
	Cercados

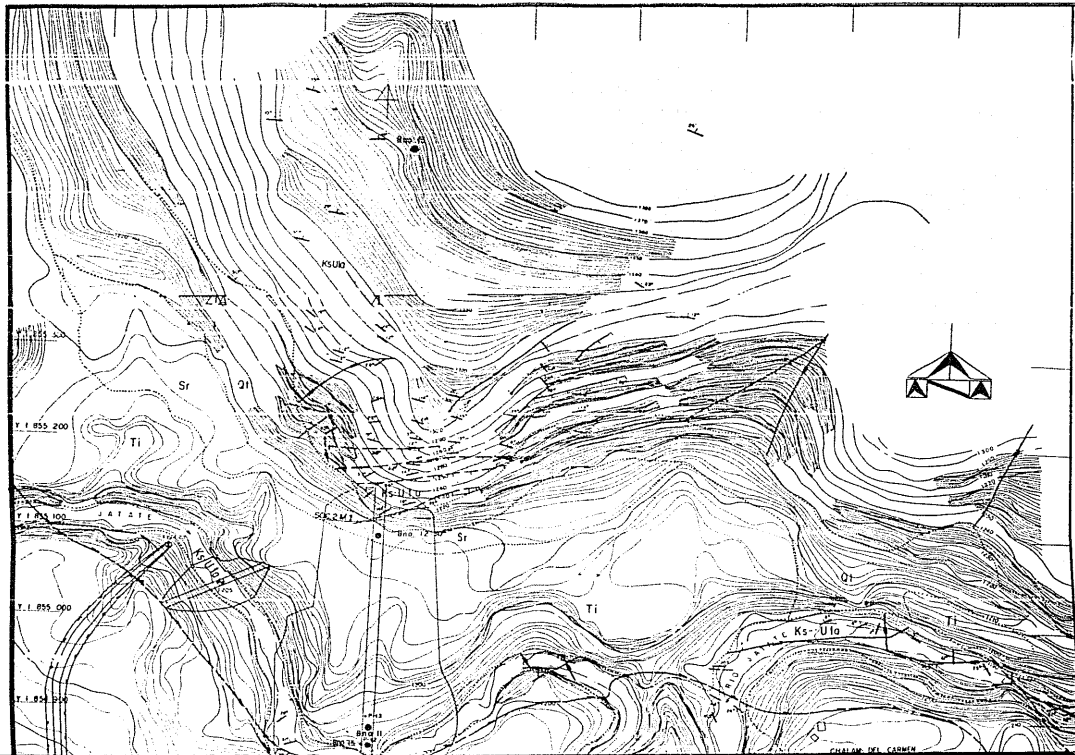


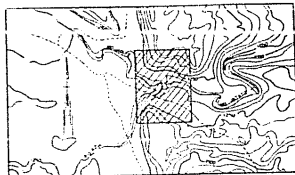
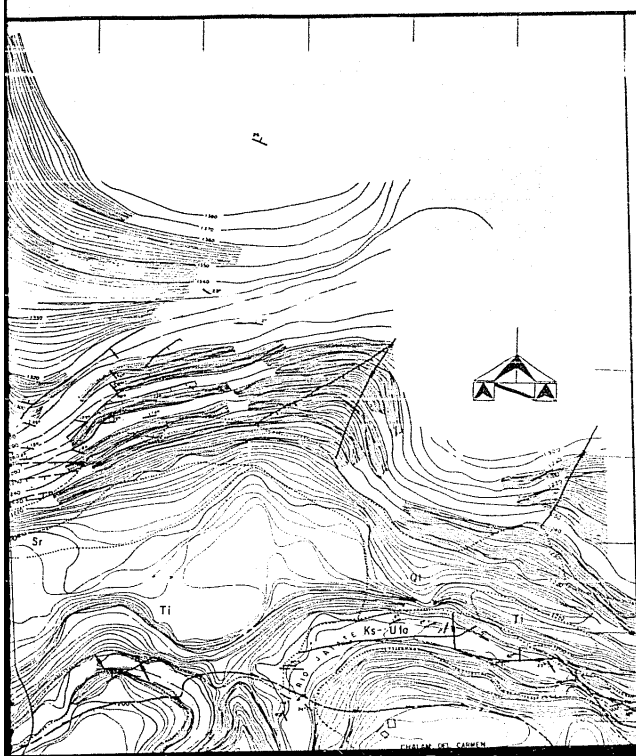
ESCALA 1:50,000

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL

GEOLOGIA DEL P. D.
SN AGUSTIN Y ALTAMIRANO

11 M. Z. OUTRON C PLANO N° 1

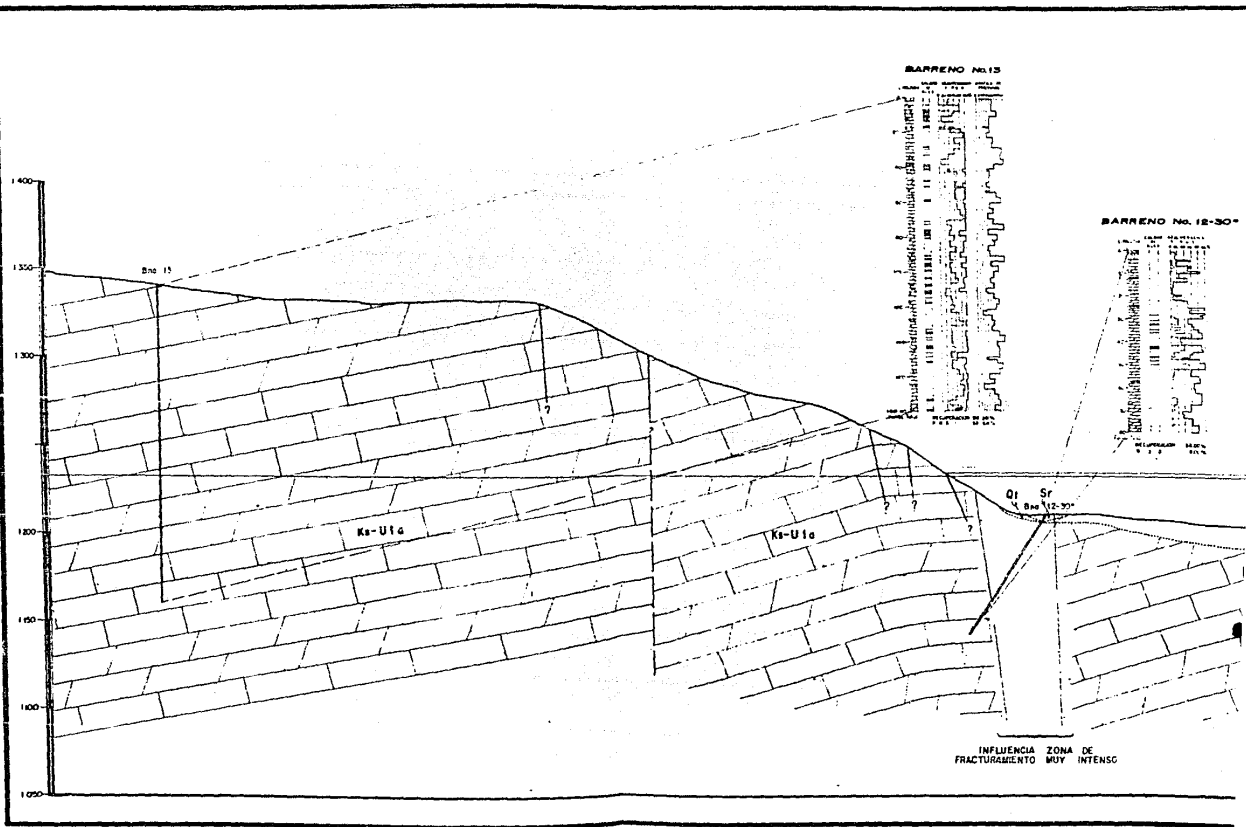




— CROQUIS DE LOCALIZACION —

— LITCLOGIA —

CENOZOICO	RECENTE	Sr	SUELO RESIDUAL
		Qol	ALUVION
		Ql	DEPOSITOS DE TALUD
		Tl	Fm. EL HUESO (MARGARITA) ARENISAS, CONGLOMERADOS Y CONGLOMERADOS TAJ ESTRAZ (KACHA), SIN COMPACTAD
	EOCENO	Teb	Fm. EL HUESO ARENISAS, LIMONITAS Y CULETRAS, MICACEAS Y FA CILES FENOLICAS DE SUELO
		PLEISTOCENO	Tp



BARRENO No. 12-30"

BARRENO No. 11

BARRENO No. 7

BARRENO No. 14-20"

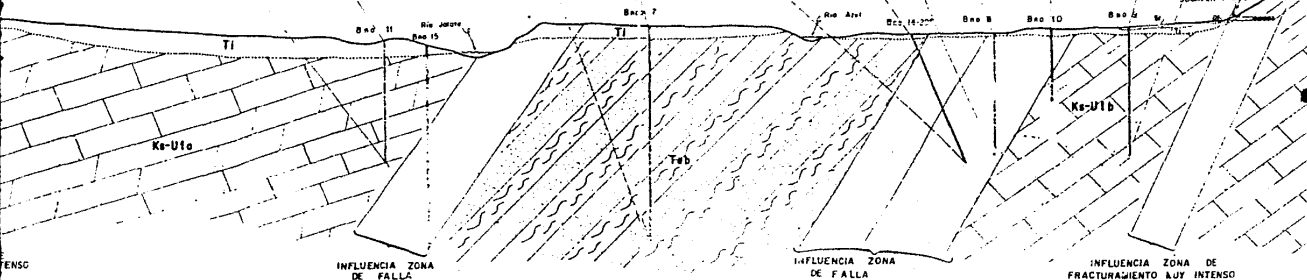
BARRENO No. 8

BARRENO No. 9

BARRENO No. 10

CORONA	ELEVACION	1233.39	M.S.M.
NAME	ELEVACION	1232.0	M.S.M.

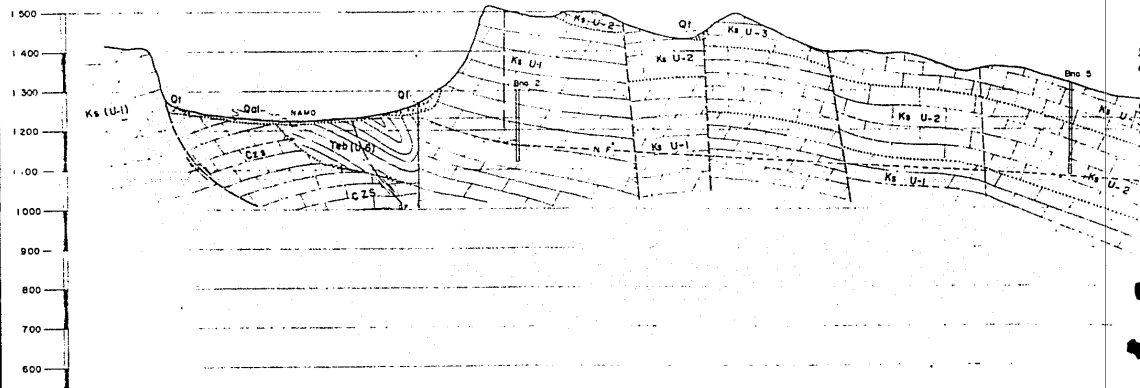
SOCAYON 1 M/D

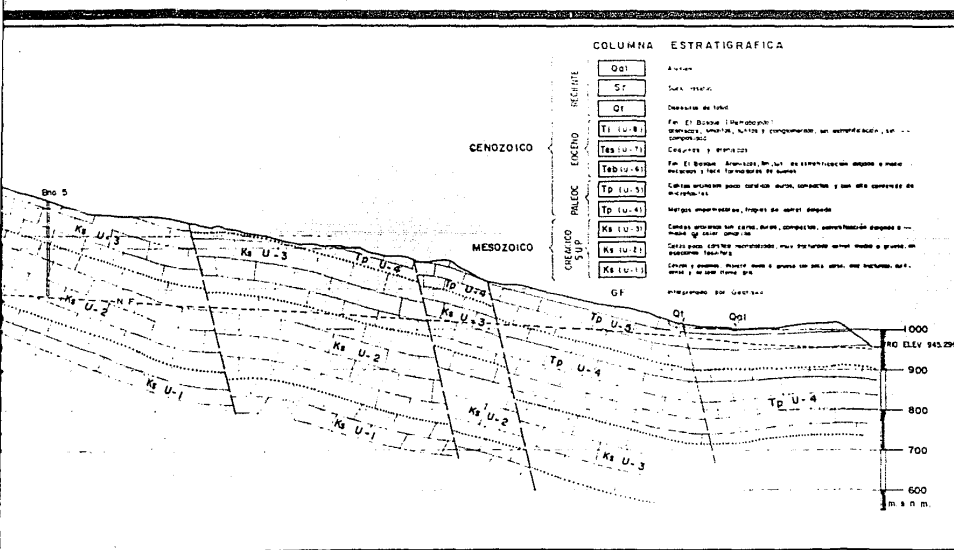


INFLUENCIA ZONA DE FALLA

INFLUENCIA ZONA DE FRACTURAMIENTO MUY INTENSO

INFLUENCIA ZONA DE FRACTURAMIENTO MUY INTENSO





COLUMNA ESTRATIGRAFICA

CENOZOICO	RECIENTE	Qo1
		S7
EBCENO	FALDAS	T1 (U-1)
		T2S (U-1)
		T2b (U-4)
		T2p (U-3)
CREACIO SUP.	SIP	T2p (U-4)
		Ks (U-3)
		Ks (U-2)
		Ks (U-1)
		Gf

Autón

Sed. recien.

Deposito de turb.

Fm. El Bosque (intermedio)
arenosa, arenosa, arcillosa y conglomerada, un interflujo, etc.
comp. calc.

Creacion 2 (M. 102)

Fm. El Bosque (Arcaica, M. 101) de interflujo con dep. a med.
resaca y poca turbidacion de aguas.

Caliza arenosa poco turbida, compacta y con alta capacidad de
retencion.

Margas arenosas, frietas de agua dulce.

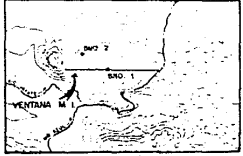
Calizas arenosas con arena, arena, compacta, arenosa, etc. dep. a
med. y poca turbid.

Caliza poco compacta arenosa, con turbidacion de agua y gran
cantidad de arena.

Caliza y arena, arenosa, con gran cantidad de arena, etc.
etc. y en sus flancos.

Interflujo con creacion 2.

CROQUIS DE LOCALIZACION



ESCALA 1:5,000



UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA TESIS PROFESIONAL
	SECCION VENTANA DE LA M. I. RIO JATATE AGUAS ABAJO
M.M.A BUTRON S.	PLANO No. 5