

30  
291



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"EXPLOTACION DE BANCOS DE MATERIALES  
PARA USO DE INGENIERIA CIVIL, EN LA REGION DE  
MAZATEPEC, ESTADO DE MORELOS"

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A :  
ALEJANDRO CASTAÑEDA MORALES



MEXICO, D. F.

1997

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVANZADA DE  
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-135/96

Señor  
**ALEJANDRO CASTAÑEDA MORALES**  
Presente.

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M. I. HUGO SERGIO HASS MORA, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

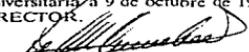
**"EXPLOTACION DE BANCOS DE MATERIALES PARA USO DE INGENIERIA CIVIL, EN LA REGION DE MAZATEPEC, ESTADO DE MORELOS"**

- I. INTRODUCCION
- II. ANTECEDENTES GEOLOGICOS
- III. LOCALIZACION DE BANCOS DE MATERIALES
- IV. CUANTIFICACION Y TIPOS DE MATERIALES DEL LUGAR
- V. EXPLOTACION DE BANCOS DE MATERIALES
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- BIBLIOGRAFIA

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**  
Cd. Universitaria a 9 de octubre de 1996.  
EL DIRECTOR.

  
ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLÍS

VJMCS/GMP\*Imf

## INDICE.

- INTRODUCCION
- I.- ANTECEDENTES GEOLOGICOS
  - I.1 FORMACION MORELOS
  - I.2 DISTRIBUCION
  - I.3 LITOLOGIA Y ESPESOR
  - I.4 FLANCO ORIENTAL DEL CERRO DE ACUITLAPAN
  - I.5 SIERRA DE TEACALCO
  - I.6 PORCION SURESTE DE LA SIERRA DE TETECALA
  - I.7 ESPESOR MEDIDO 372 m.
  - I.8 FLANCO OCCIDENTAL DE LA SIERRA DE CHILACACHAPA
  - I.9 SIERRA DE COCULA - LOS CEDROS
  - I.10 RELACIONES ESTRATIGRAFICAS
  - I.11 EDAD Y CORRELACION
  - I.12 SEDIMENTOLOGIA
  - I.13 SISMICIDAD
- II.- LOCALIZACION DE BANCOS DE MATERIALES
- III.- CUANTIFICACION Y TIPOS DE MATERIALES DEL LUGAR
  - III.1 CUANTIFICACION DE MATERIALES
  - III.2 TIPOS DE MATERIALES

- III.3 COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES
- III.4 COMPORTAMIENTO MECANICO DE LAS ARENAS
- III.5 COMPORTAMIENTO MECANICO DE GRAVAS Y ENROCAMIENTOS
- III.6 COMPORTAMIENTO MECANICO DE LAS ROCAS
- III.7 BANCO No. 2 DE RIOLITA ROSA
- III.8 BANCO No. 5 CANTERA DE LUTITA MULTICROMADA PARA DECORACION
- III.9 CANTOS RODADOS EN LA REGION DE MAZATEPEC
- IV.- EXPLOTACION DE BANCOS DE MATERIALES
- IV.1 MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE EXPLOTACION DE LOS BANCOS
- IV.2 LA ROCA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCION
- IV.3 CANTERAS
- IV.4 USO DE LOS BANCOS
- IV.5 FILTROS EN PAVIMENTOS
- IV.6 LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE
- IV.7 RESTRICCIONES PARA LA EXPLOTACION DE LOS BANCOS
- IV.8 POSIBILIDAD DE EXPLOTACION DE NUEVOS BANCOS EN LA REGION
- IV.9 MERCADO ACTUAL Y FUTURO DE CONSUMO DE MATERIALES TANTO A NIVEL INDUSTRIAL COMO HABITACIONAL

V. - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES  
BIBLIOGRAFIA

## INTRODUCCION.

## INTRODUCCION.

El objetivo fundamental de este trabajo, está encaminado a apoyar al constructor de obras de ingeniería civil que labora en esta región, proporcionándole información referente a las características, cantidad y calidad de los materiales existentes, para su empleo en la construcción de casas - habitación, terracerías, canales de riego, obras de agua potable y alcantarillado. Así como cualquier otro tipo de obra.

Se proporciona la ubicación de los bancos estudiados, su acceso, características, así como un plano general de localización. Los estudios realizados se presentan en forma de tablas y gráficas de los resultados de las pruebas de laboratorio de mecánica de suelos que se hicieron a los materiales provenientes de los bancos, además se incluye la explicación de cada muestra analizada, la identificación Geológica de las conteras tratadas que se usan en la construcción, sus propiedades ingenieriles, las recomendaciones técnicas para su uso en la construcción, los antecedentes geológicos de la región, así como algunas fotografías de los bancos de materiales estudiados.

Este trabajo puede servir como antecedente para investigaciones posteriores en esta área del país, dada su cercanía a las ciudades de Cuernavaca y México.

CAPITULO I  
ANTECEDENTES GEOLOGICOS

## "ANTECEDENTES GEOLOGICOS"

### FORMACION MORELOS

#### DEFINICION

CARL FRIES JR. en 1960 denominó formación Morelos a una potente sucesión de calizas y dolomías de edad Albiano - Cenomaniense que aflora en el estado de Morelos y los estados contiguos de México y Guerrero, considerando como localidad tipo los afloramientos que se tienen en el estado de Morelos.

#### DISTRIBUCION

Se encuentra ampliamente distribuida en el área. En la porción nororiental, aflora en las sierras de San Gaspar-Cocahuamilpe, Coatlán, Tetecala y Cerro de Acuitlapán; al oriente y sureste, esta expuesta en la sierra de Tlamacazapa y las sierras de Cocula, Apipiluco, Coacoyula y Zoyacingo-Zoquiapa, y al suroeste, se tiene en las sierras de Chilacachapa y Ahualetlán.

#### LITOLOGIA Y ESPESOR

En las secciones que se citan a continuación se observaron las siguientes características litológicas y paleontológicas:

En la sección 1, Acuitlapán-Acamixtla, presenta de la base a la cima las siguientes características: Mudstone y Wackestone de pellos y miliólidos, de color gris claro a obscuro, en alternancia con Wackestone-Packstone de pellos, biclastos, miliólidos, en partes se observan carpetas de algas, barrenos, bancos de rudistas (Monoplúridos), requemidos de la especie *Tocausia* y

ocasionales cephalópodos (actaeonella sp. y nerinea sp.) e intercalaciones de dolomías gris oscuro de textura media y gruesa; es común observar líneas estilolíticas y fracturas con calcita.

ESTRATOS DE 0.20 A 1.0 m. DE ESPESOR.

ESPESOR MEDIDO 932 m.

En la sección 2, Teacalco-carretera Taxco - Iguala, está constituida, de la base a la cima, como sigue: Mudstone gris claro a oscuro, con escasos miliólidos y horizontes dolomitizados, en alternancia con wackestone de pellos, miliólidos y bioclastos, de color gris claro, en parte ligeramente arcilloso y bandeado, con líneas estilolíticas, fracturas con calcita, horizontes con barrenos, carpetas de algas, bancos de requienidos (tocausia sp.), gasterópodos (actaeonella sp. y nerinea sp.) y con intercalaciones de dolomías gris oscuro de textura media y gruesa. En la porción media, se aprecia un cuerpo de aproximadamente 40 metros de espesor constituido por brechas calcáreas mal clasificadas.

ESPESOR MEDIDO 1430 m.

En la sección 3, cerro de Acuitlapan - sierra de Tatecala, se caracteriza por estar constituida por dos facies bien definidas, una de alta energía (arrafife) que se encuentra expuesta en el flanco oriental del cerro de Acuitlapan y la otra de baja energía (plataforma interna) que aflora en las sierras de Teacalco y Tatecala.

La descripción se hace de acuerdo a como fue observada en la localidad.

## FLANCO ORIENTAL DEL CERRO DE ACUITLAPAN

Esta constituida por boundstone de rudistas (caprinidos, escasos radiolitidos y requienidos), fragmentos de los mismos y escasas algas y corales, de color gris claro a crema; estratificado en capas de 2 a 4 metros de espesor, con fracturas rellenas de calcita y con ocasionales horizontes de mudstone gris claro a oscuro. En la base alterna con capas medianas y gruesas (0.50 a 1.0 metros de potencial) de wackestone-packstone de pellas y bioclastos con nodulos y lentes de pedernal negro, y en la cima, con estratos gruesos de grainstone de pellas, bioclastos, intraclastos y escasos miliolidos y dictyoconus sp.

ESPESOR MEDIDO: 798 m.

## SIERRA DE TEACALCO.

La constituyen mudstone y wackestone de pellas y miliolidos, de color gris claro a oscuro, en partes ligeramente arcillosos y bandeados; con carpetas de algas, barrenos, lentes de requienidos (*tocausia* sp.), fracturas con calcita, lineas estiloliticas, manchones dolomitizados y con horizontes de mudstone gris oscuro con microfauna planctonica (globigerinidos, calcisferulidos, etc.), nodulos y lentes de pedernal negro, estratificados en capas de 0.20 a 1.0 metros de espesor y en alternancia con dolomias gris oscuro de textura gruesa, y con wackestone-packstone de pellas, miliolidos y bioclastos, de color gris claro, con bancos de *tocausia* sp. y gasteropodos (*actaeonella* sp.) y horizontes de grainstone de miliolidos, pellas y bioclastos.

ESPESOR MEDIDO: 942 m.

#### PORCION SURESTE DE LA SIERRA DE TETECALA.

La constituyen dolomias gris claro a oscuro, de textura media y gruesa, con intercalaciones de mudstone-wackestone de bioclastos y miliólidos, y horizontes con *tocousia* sp., monopleuridos y bioclastos; estratificadas en capas de 0.30 a 1.0 metros de espesor y en partes con nódulos, lentes y bandas de pedernal negro y fracturas con calcita. Hacia la cima alterna con wackestone-packstone de bioclastos, intraclastos, pallas y escasos miliólidos, de color gris claro, en parte bandeada y recristalizado, con manchones dolomitizados y horizontes con *tocousia* sp. y bioclastos.

ESPESOR MEDIDO 372 m.

En la sección 4, Colostitlan - Chilacachapa - Cocula, se estudio con detalle en el flanco occidental de la sierra de Chilacachapa y en la sierra de Cocula-los Cedros, habiéndose encontrado en la primera localidad, las dos facies que la caracterizan (la de alta y baja energia), y en la segunda, se observo unicamente la facies de baja energia.

#### FLANCO OCCIDENTAL DE LA SIERRA DE CHILACACHAPA.

Esta comprendida por bancos de boundstone de rudistas (espiralidos, radialitidos, escasos monopleuridos y requionidos), fragmentos de los mismos, algas y corales de color gris claro a crema, de estratificacion patente (capas de 1.0 a 3.0 m. de espesor), con fracturas rellenas de calcita e intercalados con estratos mediante

y gruesos de grainstone-packstone de pellas, bioclastos, intraclastos y escasos miliólidos y dictyoconus; en partes dolomitizados, con líneas estilolíticas, fracturas con calcita, concreciones silicificadas y bancos pequeños de *locusis* sp. y monopleuridos. Lateralmente hacia el occidente varían a wackestone de pellas, bioclastos y miliólidos, de color gris claro a oscuro, con bancos de *locusis* sp., líneas estilolíticas, barrenos, fracturas con calcita y ocasionales horizontes de packstone-grainstone de miliólidos y bioclastos. Estratificado en capas de 0.20 a 1.0 m. de espesor e intercalado con mudstone y packstone de pellas, bioclastos, miliólidos y textuláridos, de color gris claro, bandeado, con bancos de *locusis* sp. Silicificado, carpetas de algas, barrenos y fracturas con calcita. Estas últimas en ocasiones tienen hasta un m. de espesor.

ESPESOR TOTAL MEDIDO: 1130 m.

#### SIERRA DE COCULA-LOS CEDROS.

La constituye una alternancia de mudstone y wackestone de pellas, bioclastos y miliólidos, de color gris claro, en partes ligeramente dolomitizados o recristalizados, con lentes y horizontes de packstone de miliólidos y textuláridos, líneas estilolíticas, fracturas con calcita y estratificados en capas de 0.40 a 1.0 m. de espesor.

ESPESOR MEDIDO: 540 m.

De los espesores antes expuestos, solamente se considera como correcto el de 1130 m. Observando en el flanco occidental de la sierra de Chilacachapa (sección

4), por ser la única localidad en donde afloran su base y su cima. El espesor de 1430 m. que presenta en la sierra de Tlamacazepe en la sección 2, se excluye como correcto por las perturbaciones tectónicas que presenta la formación y también por no haberse observado su contacto inferior.

#### RELACIONES ESTRATIGRAFICAS

La formación Morelos, en la porción nororiental (sierra de San Gaspar-Cacahuamilpa, Coatlán, Tetocala y cerro de Acuitlapan) generalmente subyace en secuencia normal a la formación agua nueva o en forma discordante a la formación mezcala del cretácico superior y no se observó a qué rocas cobroyeco. Hacia la localidad de las ruinas de Xochicalco, situada en la parte más nororiental del prospecto, y en el flanco occidental del cerro de Acuitlapan, localizado al norte del poblado de Acuitlapan, tiene su equivalente en facies de aguas profundas en los sedimentos calcáreos con pedernal y de estratificación delgada que constituyen la formación Tamaulipas superior.

Un ejemplo clásico del cambio de facies que existe entre las formaciones Morelos y Tamaulipas superior, se tiene sobre la carretera Alpuyece-Cacahuamilpa en un afloramiento localizado a 1.5 km. al occidente del poblado de Michapa, Mor.

#### EDAD Y CORRELACION

Las rocas sedimentarias de la formación Morelos, mediante el estudio de microfona que contiene, se determinaron como edad Aptiano superior-Albiano-

Cenomaniano. En este informe solamente se incluye la microfauna, la cual comprende foraminíferos bentónicos y planctónicos.

**Foraminíferos bentónicos:**

*Nummuloculina heimi* Bonet  
*Nummuloculina* sp.  
*Dictyoconus* sp.  
*Dictyoconus walnutensis* Carsey  
*Dicyclina schlumbergeri* Munier  
*Quinqueloculina* sp.  
*Dicyclina* sp.  
*Valvulammina* sp.  
Miliólidos.

**Foraminíferos planctónicos:**

*Colomiella recta* Bonet  
*Colomiella mexicana* Bonet  
*Microcalamoides diversus* Bonet  
*Globochaeta alpina* Lombard  
*Rugoglobigerina* sp.  
*Pithonella ovalis* Kauffman  
*Calciesphaerula innominata* Bonet  
*Stomiosphaera conoidea* Bonet  
*Nezzazata* sp.  
Textuláridos

Los cuatro primeros géneros de foraminíferos bentónicos pueden considerarse como fósiles índices del Albiano-Cenomaniano y los primeros cinco pelágicos, tienen un rango Aptiano-Albiano, pero fueron encontrados

en la parte superior de la formación Morelos, por lo tanto, en esta región su alcance estatigráfico, incluye también el Cenomaniano. El resto de los microfósiles que aparecen en las dos listas, son frecuentes en formaciones más jóvenes. También se observaron rudistas de la familia de los caprinidos que presentan ejemplares de los índices Albiano-Cenomaniano (caprinuloideis, caprinidos) y requenidos (toctausia sp.) y gasterópodos (actaeonella sp. y nerinea sp.), éstos últimos, por su estructura interna, bien pueden corresponder a esta edad.

#### SEDIMENTOLOGIA

Las características litológicas y paleontológicas que presentan los sedimentos de la formación Morelos, indican un depósito en ambientes de plataforma somera, sin aportes terrígenos, con mares abiertos de aguas cálidas y transparentes que presentaban condiciones de salinidad estable, permitiendo hacia sus bordes (zona de alta energía) el crecimiento inusitado de organismos constructores de arrecifes formando barreras que protegieron zonas de baja energía, donde se originó el depósito de evaporitas, lodos calcáreos y desarrollos de foraminíferos bentónicos, rudistas de ambiente tranquilo y gasterópodos que construían bancos arrecifales tipo "Biostroma" de espesor reducido y extensión considerable.

#### SISMICIDAD

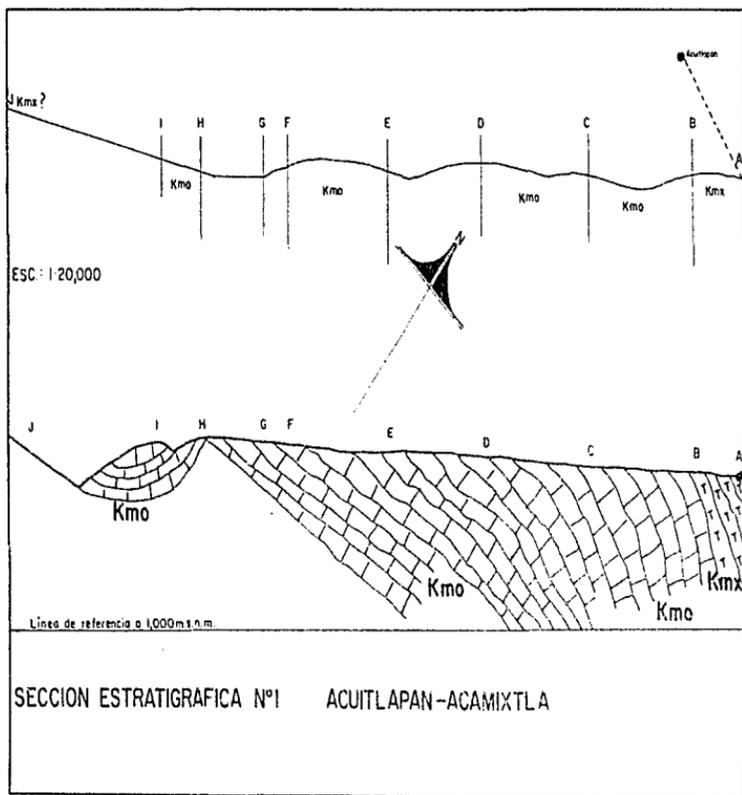
De acuerdo con los datos proporcionados por el Servicio Sismológico Nacional del Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México, durante el

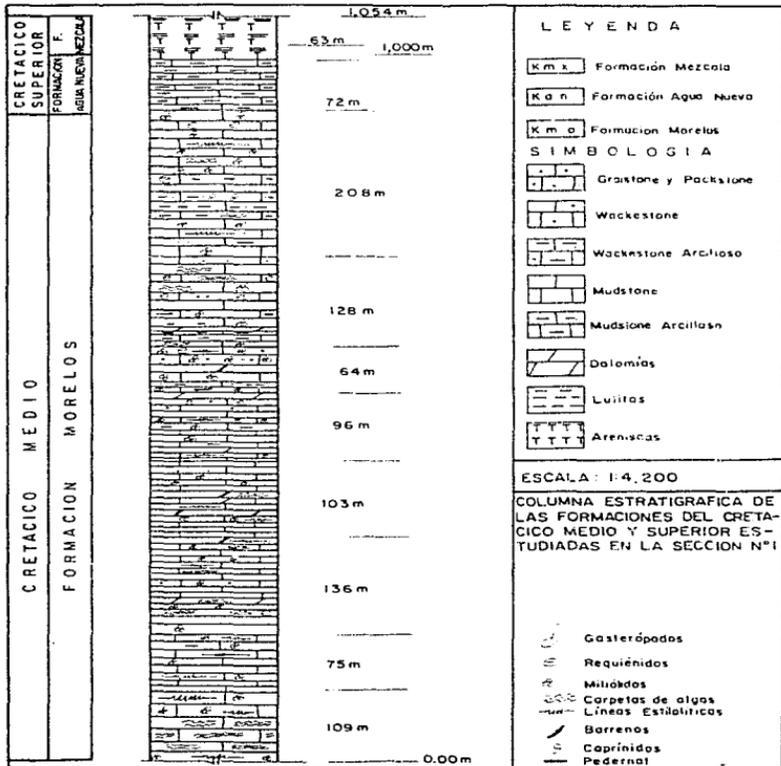
periodo comprendido entre 1900 y 1960, solamente dos sismos tuvieron sus epicentros dentro de la region en la que se ubica Mazatepec y la zona contigua a los municipios colindentes. Uno de estos sismos, localizado en la esquina noroccidental de la region mencionada, ocurrio el 19 de noviembre de 1912 y tuvo una profundidad de 60 km., desconociéndose la magnitud del mismo. El otro sismo con epicentro dentro de la region, se localizo unos 3 km. Al suroriente del poblado de Chalme; ocurrio el 3 de mayo de 1958 y se desconocen tanto su profundidad como su magnitud. Los datos referentes al primer sismo permiten concluir que probablemente resultó de procesos que tuvieron lugar en el momento; sobre el segundo no se puede ofrecer conclusión alguna.

Al observar el cuadro que se presenta a continuación:

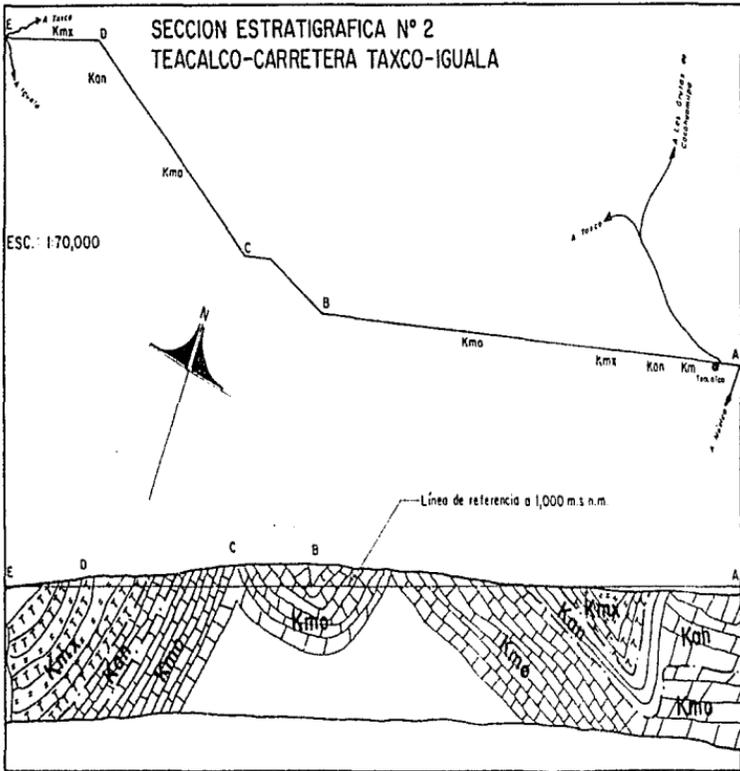
No	FECHA	PROFUNDIDAD (KM)	MAGNITUD
1	26/03/1908	80	
2	19/11/1912	80	
3	06/10/1937	100	
4	03/05/1938	100	
5	28/06/1938	110	
5	23/02/1941	120	
7	03/08/1950	96	
8	28/05/1954	100	
9	07/03/1955	100	
10	03/05/1958	-	
11	08/07/1962	192	
12	10/05/1965	131	4.0
13	19/02/1966	163	3.6
14	20/02/1966	89	3.5
15	24/06/1967	97	4.5
16	19/08/1967	87	3.6
17	20/02/1971	98	4.5
18	08/02/1972	112	4.3
19	06/11/1973	71	5.3
20	30/10/1974	81	4.6
21	11/02/1977	102	4.4
22	26/03/1978	84	4.7
23	04/10/1978	86	4.9

Resalta la presencia de numerosos sismos con epicentro en la región en estudio o en áreas que por su cercanía tiene influencia o repercute en la región sureste de Morelos. Estos sismos ocurrieron también entre 1900 y 1980. Todos estos sismos tuvieron profundidades promedio de 100 km, con magnitud promedio calculada con ondas p de 4.3., de estos datos puede concluirse que estos sismos también se originaron en el manto y que tuvieron efectos leves para el área de interés en este trabajo.

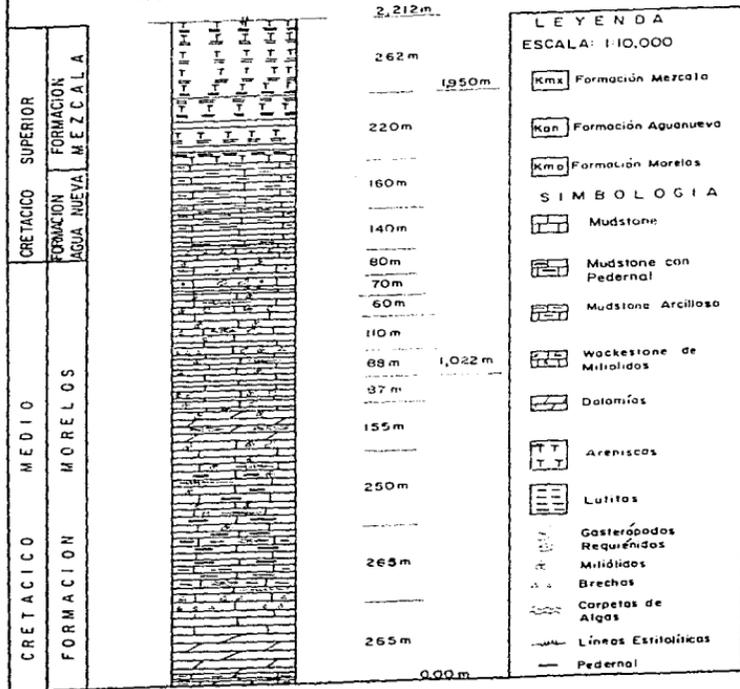


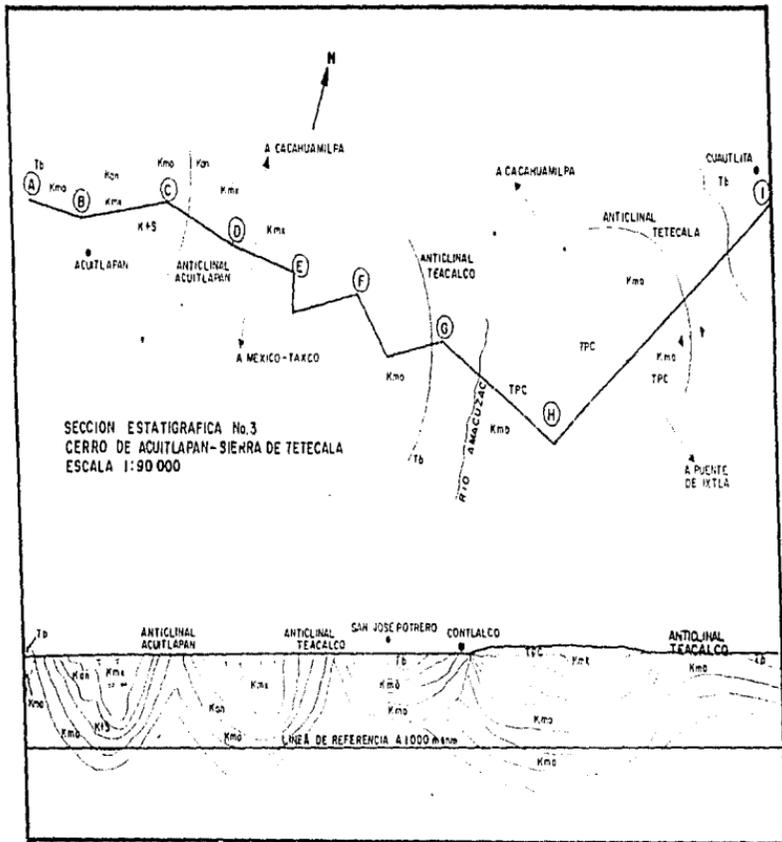


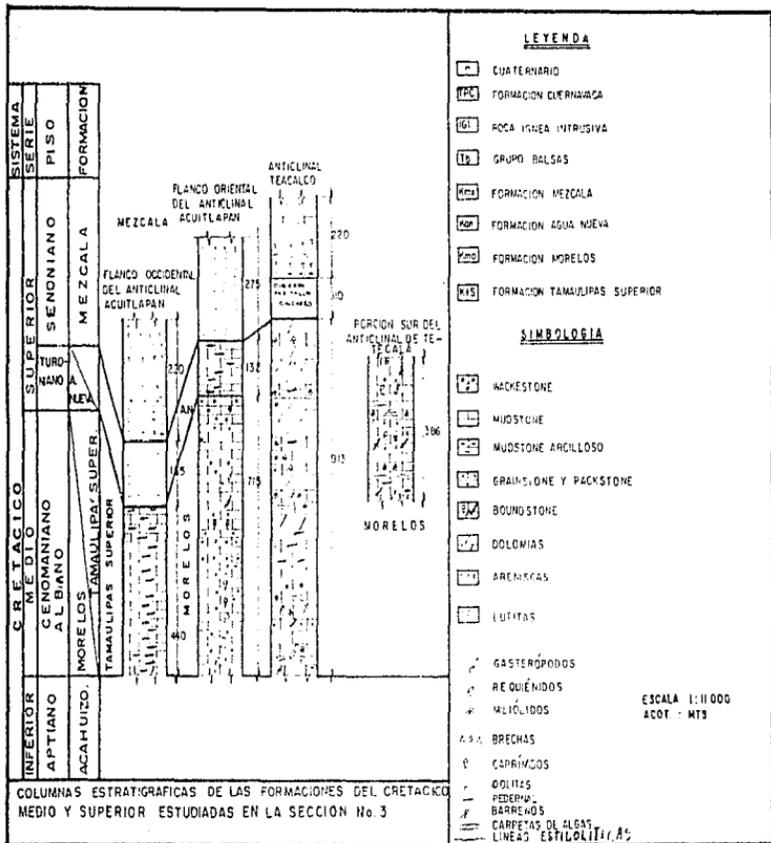
# SECCION ESTRATIGRAFICA N° 2 TEACALCO-CARRETERA TAXCO-IGUALA



COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LAS FORMACIONES DEL CRETACICO MEDIO Y SUPERIOR ESTUDIADAS EN LA SECCION N° 2







LEYENDA

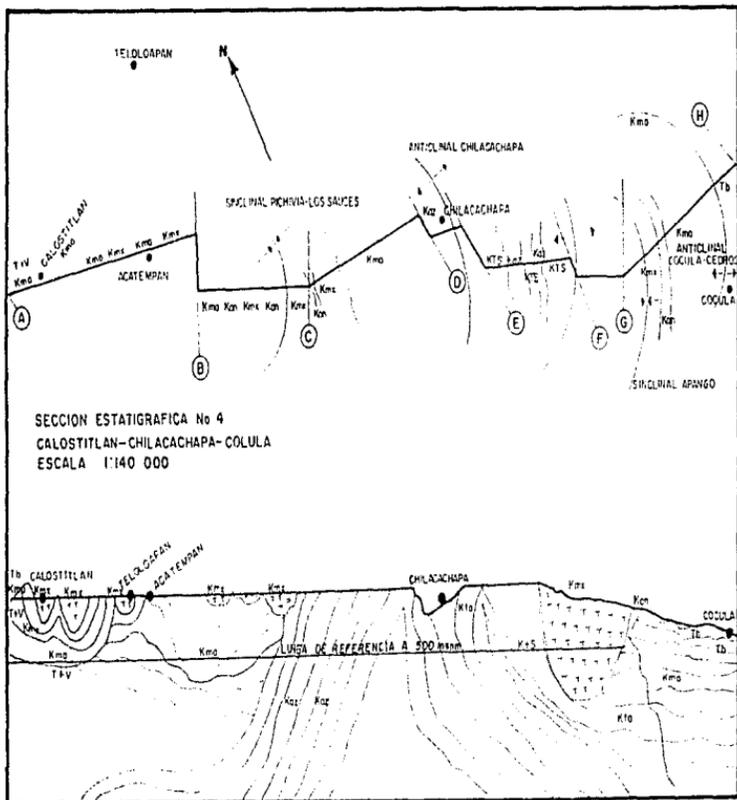
- CUATERNARIO
- FORMACION CUERNAJACA
- ROCA IGNEA INTRUSIVA
- GRUPO BALSAS
- FORMACION MEZCALA
- FORMACION AGUA NUEVA
- FORMACION MORELOS
- FORMACION TAMAU-LIPAS SUPERIOR

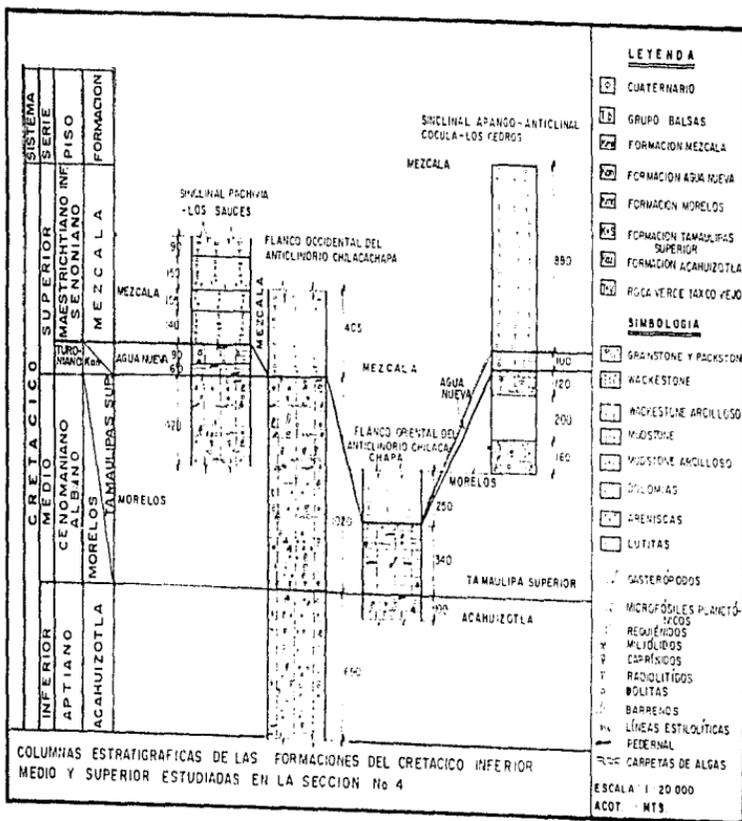
SIMBOLOGIA

- LICKSTONE
- MUDSTONE
- MUDSTONE ARCULOSO
- GRAINSTONE Y PACKSTONE
- BOUNDSTONE
- DOLOMITAS
- ARENISCAS
- LUTITAS

- GASTEROPODOS
- REQUIMIDOS
- MOLIJOS
- BRECHAS
- CAPRINCOS
- OOLITAS
- PEDERAS
- BARRENOS
- CARREAS DE GLOS
- LINEAS ESTILOLITICAS

ESCALA 1:1000  
ADOT - MTS





CAPITULO II

LOCALIZACION DE BANCOS DE MATERIALES

En este capítulo se presenta la información relativa para la ubicación y localización de los bancos de materiales. Los croquis presentados sirven para localizar los bancos de arena y de cantera. El croquis general de la región que contiene casi todo el Estado de Morelos: una pequeña parte del estado de México; y, el norte del estado de Guerrero. Sirve para orientarse. Se ubican ciudades importantes como Cuernavaca, Taxco, Iguala, Jojutla y Zacatepec. Ciudades medias como puente de Ixtla, Amacuzac, Mazatepec, Buena Vista de Cuéllar, Malinalco, Chalma. Asimismo se ubican comunidades como Cuauchichinola, Michapa, Cuautlita.

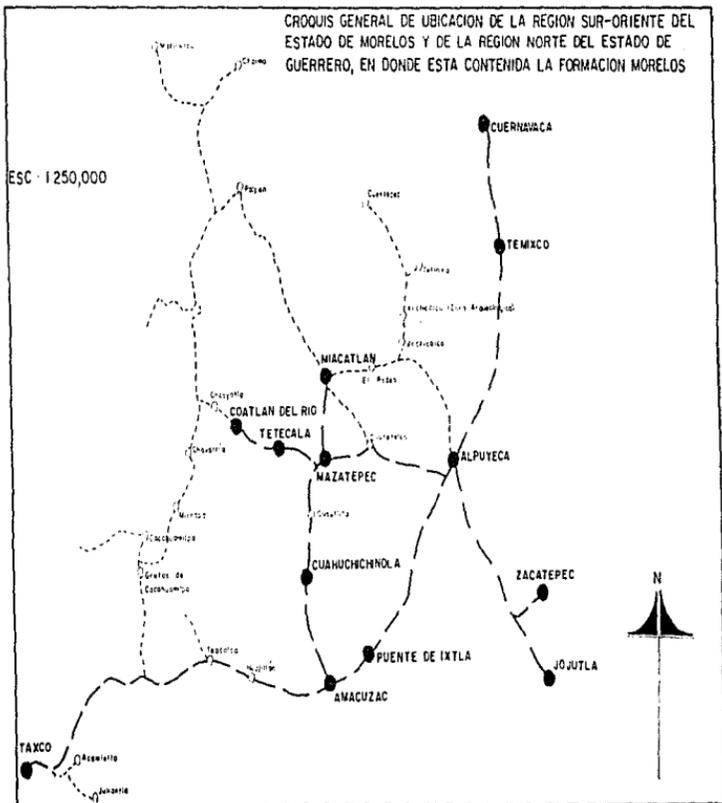
El croquis de localización de bancos sirve para ubicar los bancos No. 1, No. 2, No. 3, No. 4, No. 5. Ya que está a escala adecuada para medir distancias cortas. Se tome algún punto como origen que pudiera ser una ciudad o una comunidad. Y, partiendo de allí, se mide la distancia para ubicar cualquier banco de materiales.

Se presentan fotografías de los bancos para respaldar la información de laboratorio de mecánica de suelos y sirvan dichas fotografías también, como testimonio de la existencia en el lugar de dicho banco de materiales de que se trate.

De todo lo anterior podemos decir, que el croquis general de la región sirve para orientarse. El croquis de localización de bancos sirve para ubicar los bancos en forma preciso; y, las fotografías respaldan a los dos croquis.

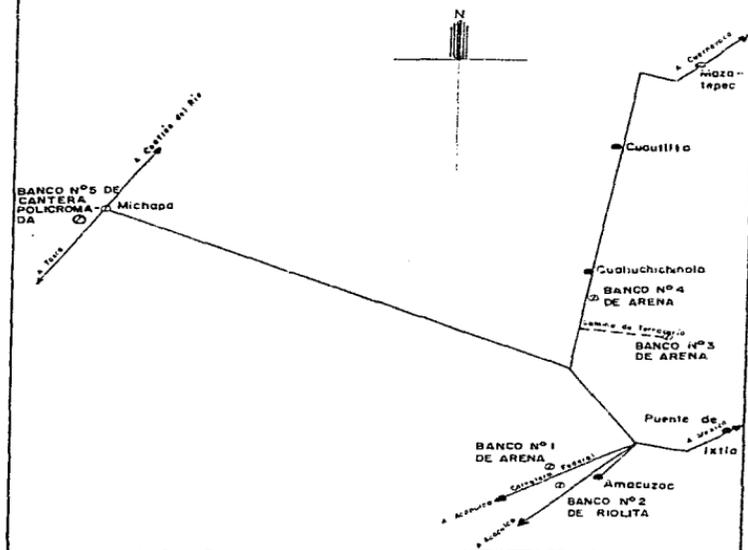
CROQUIS GENERAL DE UBICACION DE LA REGION SUR-ORIENTE DEL ESTADO DE MORELOS Y DE LA REGION NORTE DEL ESTADO DE GUERRERO, EN DONDE ESTA CONTENIDA LA FORMACION MORELOS

ESC 1:250,000



CROQUIS DE LOCALIZACION DE BANCOS DE MATERIALES  
PARA OBRAS DE INGENIERIA CIVIL EN LA REGION SUR-  
ORIENTE DEL ESTADO DE MORELOS

ESC. 1:100,000





FOTOGRAFIA DEL BANCO No. 1

En ella podemos observar las capas de arena. En la parte superior observamos los cantos rodados y una delgada capa de suelo. Sobre la ligera capa de suelo observamos la vegetación compuesta por pasto y arbusto. Se observa pasto aun en la parte mirada con anterioridad.



FOTOGRAFIA DEL BANCO No. 1

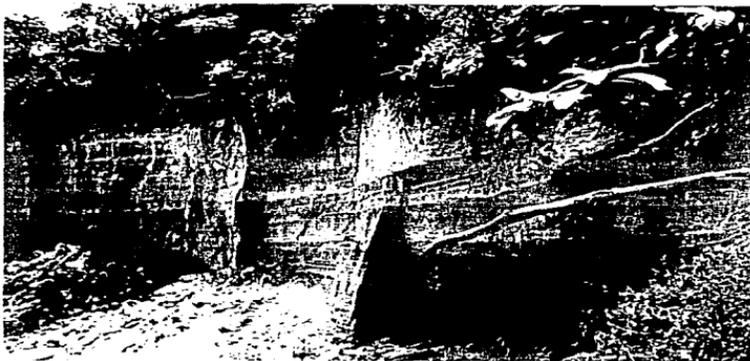
Al igual que en la fotografía anterior aparecen en esta las características de vegetación, capas de arena y canto rodado.



FOTOGRAFIA DEL BANCO No. 2

En esta fotografia podemos apreciar algunas herramientas como carretilla, barreras, pala, que utilizan los peones en la explotación del banco de rielita.

En el lado izquierdo de esta fotografia podemos observar un amontonamiento de rielita, la cual ya está preparada para que sea cubida a un camión y sea transportada a alguna obra donde se requiera.



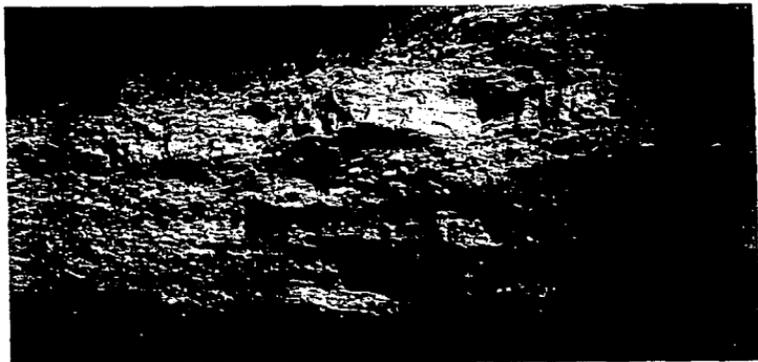
FOTOGRAFIA DEL BANCO No. 3

En esta fotografía podemos observar características de este banco. En la parte superior de este observamos un mayor contenido de capa de suelo y con mayor contenido de nutriente comparado con los suelos de los bancos No. 1 y No. 2. En esta fotografía observamos que la masa en la que esta contenida la arena presenta granulometría uniforme, a diferencia con el banco No. 1 donde encontramos en el contenido de la masa arenosa algunas secciones de ésta mezclada arena con grava y canto rodado.



FOTOGRAFIA DEL BANCO No. 3

En esta fotografía podemos reclamar el tamaño del material del cual está constituido este banco. Como se demostró en las pruebas de laboratorio de mecánica de suelos. El material que constituye este banco es arena mal graduada con muy poco de fino. Es decir, material que pasa la malla No. 200, cuya abertura de malla es de 0.874 mm.



FOTOGRAFIA DEL BANCO No. 4

En esta fotografia podemos apreciar la granulometria de este banco. Este banco, en lo referente a su masa arenosa, tiene un similar parecida a la masa arenosa del banco No. 1. Sin embargo, este banco se encuentra más distante al banco No. 1 y más cerca del banco No. 3. No obstante, las semejanzas del banco No. 4 no coinciden con las del banco No. 3, aunque el banco No. 3 se encuentre cerca del banco No. 4.

Las muestras que se obtuvieron en este banco fueron extraídas en un determinado sitio, es decir, no se mezclaron materiales de diferentes sitios. Esto hubiera sido posible si hubiéramos mezclado grava, canto rodado y arena.



FOTOGRAFIA DEL BANCO No. 4

Otras fotografías que muestra las propiedades del material del banco No. 4.



FOTOGRAFIA DEL BANCO No. 5

En esta fotografia se muestran dos amontonamientos de cantera policromada. El amontonamiento de la izquierda es de cantera policromada de color cafe y el de la derecha es de cantera policromada de color negro. Estos acedados de esta cantera estan en la zona del asentamiento humano de la comunidad de Michapa. Estos canteros policromados se tienen aqui como muestras para quienes se interesan en comprar este tipo de material.



FOTOGRAFIA DEL BANCO No. 5

En esta fotografía observamos un amontonamiento de cantera policromada en el sitio donde se localiza el banco. Aquí vemos que tan grande se pueden extraer ciertos bloques de esta cantera policromada.



FOTOGRAFIA DEL BANCO No. 5

En esta fotografía podemos observar la colocacion de las capas de la Lutita. Como roca sedimentaria que es la Lutita su depósito se hace en capas.



FOTOGRAFIA DEL BANCO No. 5

Otra fotografía del banco No. 5 donde vemos el acomodo de la cantera policromada en forma de capas en todo el frente del banco.

CAPITULO III  
CUANTIFICACION Y TIPOS DE MATERIALES  
DEL LUGAR

“CUANTIFICACION Y TIPOS DE MATERIALES DEL LUGAR”

CUANTIFICACION DE MATERIALES

BANCO No. 1.

Este banco tiene aproximadamente 5 hectáreas de extensión y una altura del banco de aproximadamente 8 m. A continuación, se obtiene su volumen:

$$1 \text{ ha} = 100 \text{ m} \times 100 \text{ m} = 10 \ 000 \text{ m}^2$$

$$4 \text{ ha} = 4 \times 10 \ 000 \text{ m}^2 = 40 \ 000 \text{ m}^2$$

$$\text{AREA DEL BANCO No. 1} = 40 \ 000 \text{ m}^2$$

$$\text{VOLUMEN DE ARENA} = 40 \ 000 \text{ m}^2 \times 8 \text{ m} = 320 \ 000 \text{ m}^3$$

$$\text{VOLUMEN DE ARENA DEL BANCO No. 1} = 320 \ 000 \text{ m}^3$$

BANCO No. 2.

El área de este banco es de 1 ha y su altura es de 6 m. El volumen de este banco se da a continuación:

$$1 \text{ ha} = 10 \ 000 \text{ m}^2$$

$$H = 6 \text{ m.}$$

$$\text{VOLUMEN DEL BANCO No. 2} = 10 \ 000 \text{ m}^2 \times 6 \text{ m} = 60 \ 000 \text{ m}^3$$

$$\text{VOLUMEN DEL BANCO No. 2} = 60 \ 000 \text{ m}^3$$

BANCO No. 3.

Este banco tiene un área de 20 hectáreas y una altura de 30 m. El volumen de este banco se obtiene a continuación:

$$1 \text{ ha} = 10 \ 000 \text{ m}^2$$

$$20 \text{ ha} = 20 \times 10 \ 000 \text{ m}^2 = 200 \ 000 \text{ m}^2$$

$$H = 30 \text{ m.}$$

$$\text{VOLUMEN DEL BANCO No. 3} = 200 \ 000 \text{ m}^2 \times 30 \text{ m} = 6 \ 000 \ 000 \text{ m}^3$$

$$\text{VOLUMEN DEL BANCO No. 3} = 6 \ 000 \ 000 \text{ m}^3$$

#### BANCO No. 4.

El área de este banco es de 8 ha y la altura de este es de 5 m. El volumen de este banco se da a continuación:

$$1 \text{ ha} = 10\,000 \text{ m}^2$$

$$8 \text{ ha} = 8 \times 10\,000 \text{ m}^2 = 80\,000 \text{ m}^2$$

$$\text{VOLUMEN} = 80\,000 \text{ m}^2 \times 5 \text{ m} = 400\,000 \text{ m}^3$$

$$\text{VOLUMEN DEL BANCO No. 4} = 400\,000 \text{ m}^3$$

#### BANCO No. 5.

La veta es de 60 m de ancho y longitud de 400 m, tiene una profundidad de 15 m. El volumen de esta veta se obtiene a continuación:

$$\text{VOLUMEN} = 60 \text{ m} \times 400 \text{ m} \times 15 \text{ m} = 360\,000 \text{ m}^3$$

#### TIPOS DE MATERIALES

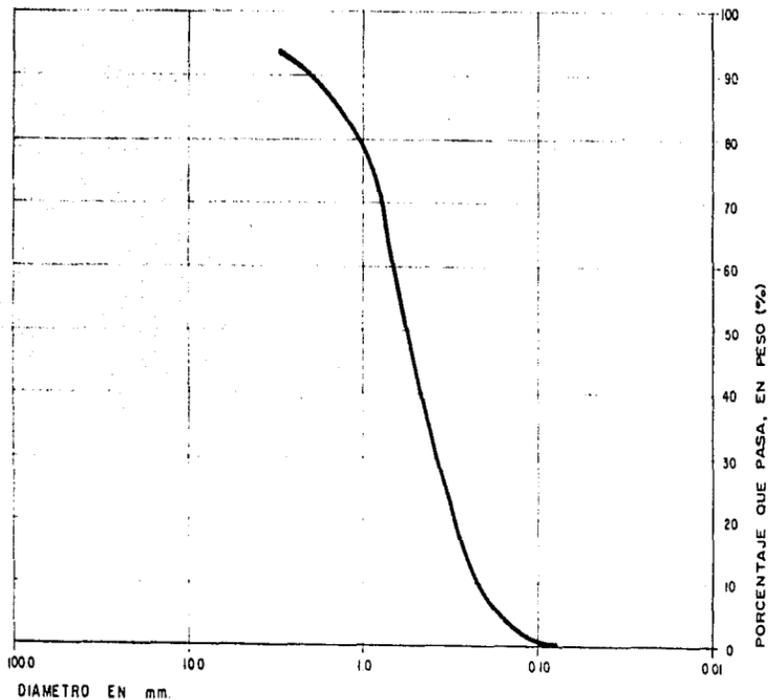
Los suelos finos son los que pasan a través de la malla No. 200, cuya abertura de cuadros de ésta es de 0.074 mm. Las gravas y las arenas se separan en la malla No. 4, cuya abertura de cuadros es de 4.76 mm.

Los resultados de prácticas de laboratorio de mecánica de suelo que se realizaron a los bancos de arena se presentan en este capítulo. Lo mismo se presentan en este, algunas de las investigaciones bibliográficas realizadas a un banco de centera cromada de lutita en la comunidad de Michape, Zona limítrofe de los estados de Guerrero y Morelos.

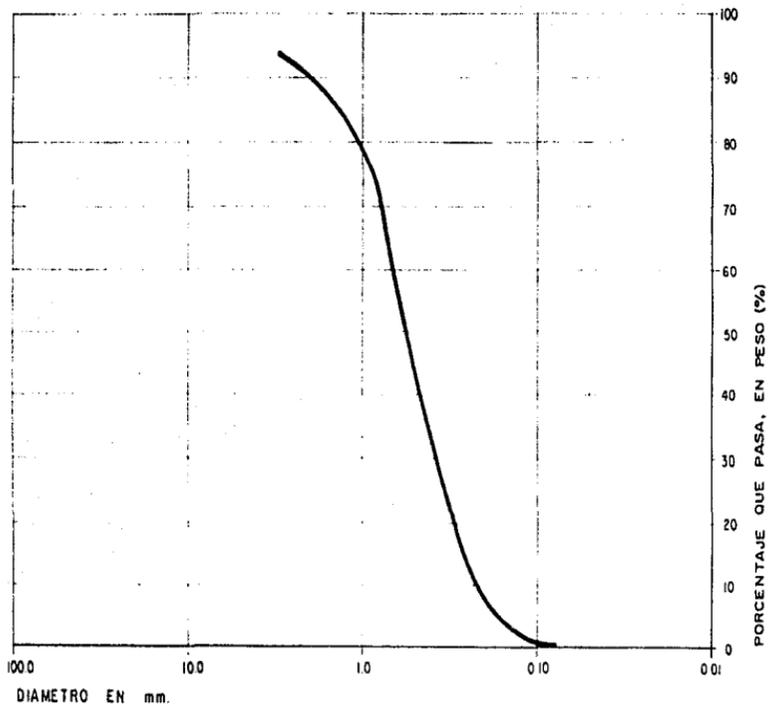
Asimismo, se presentan conclusiones de un banco de cantera color rosa, que se localizó en las afueras lado occidente de la cabecera municipal de Amecuzac. En las páginas de este capítulo están los resultados de las investigaciones tanto de laboratorio de mecánica de suelo como las investigaciones bibliográficas realizadas a estos bancos de materiales para la construcción de obras de Ingeniería Civil, que se ubican en esta región del estado de Morelos.

Análisis de muestras de arena de los Bancos

Malla	Abertura de la malla en (mm)	Peso de suelo retenido en (Gr)	Porcentaje de suelo retenido (%)	Porcentaje de suelo acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
6	3.030	25.67	6.42	6.42	93.58
8	2.380	3.30	2.08	8.50	91.50
10	1.680	10.02	7.51	16.01	83.99
12	1.410	9.59	7.59	23.60	76.40
14	1.190	12.59	7.59	31.19	68.81
18	1.000	25.55	21.84	53.03	46.97
20	0.840	15.86	3.99	57.02	42.98
30	0.590	87.26	21.97	78.99	21.01
35	0.500	77.50	3.45	82.44	17.56
40	0.420	41.44	10.78	93.22	6.78
50	0.297	47.40	11.85	105.07	-15.07
60	0.250	71.50	7.90	112.97	-22.97
80	0.177	29.92	7.49	120.46	-30.46
100	0.149	10.90	2.73	123.19	-33.19
120	0.125	4.16	1.04	124.23	-34.23
180	0.083	2.75	0.87	125.10	-35.10
200	0.075	0.52	0.15	125.25	-35.25
Pasó la malla No.200		1.02	0.26	125.51	-35.51
SUMA		400	100		



**CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA**



**CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA**

De la curva de distribución granulométrica anterior obtenemos el coeficiente de uniformidad y el coeficiente de curvatura utilizando las fórmulas respectivas.

$$D_{15} = 0.225 \text{ mm}$$

$$D_{35} = 0.38 \text{ mm}$$

$$D_{60} = 0.68 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente de uniformidad} &= C_u = D_{60} / D_{15} = 0.68 \text{ mm} / 0.225 \text{ mm} \\ &= C_u = 3.02 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente de curvatura} &= C_c = (D_{35})^2 / D_{15} D_{60} \\ &= (0.38 \text{ mm})^2 / (0.225 \text{ mm} \times 0.68 \text{ mm}) = 0.1444 / 0.153 = 0.94 \end{aligned}$$

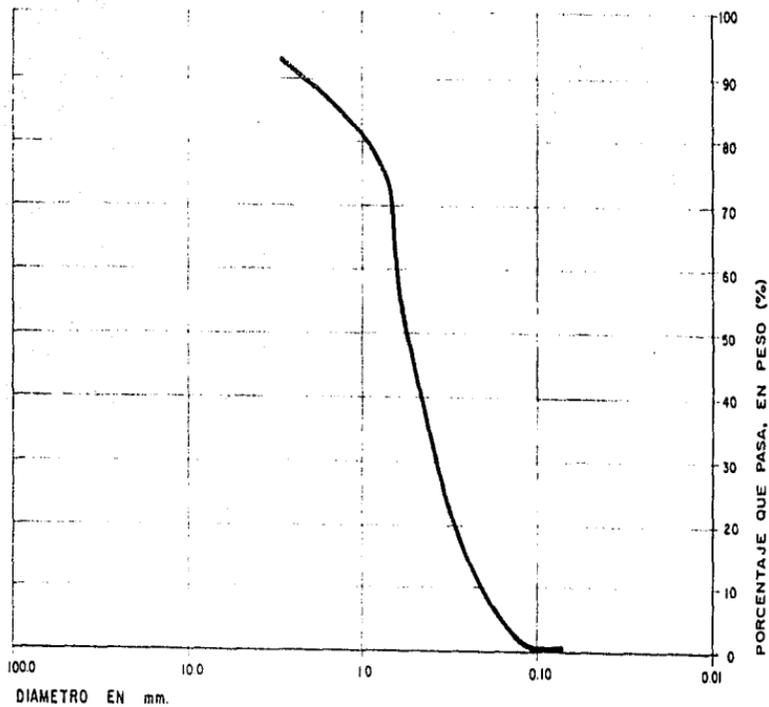
$$C_c = 0.94$$

$$C_u = 3.02 ; 3.02 < 6.$$

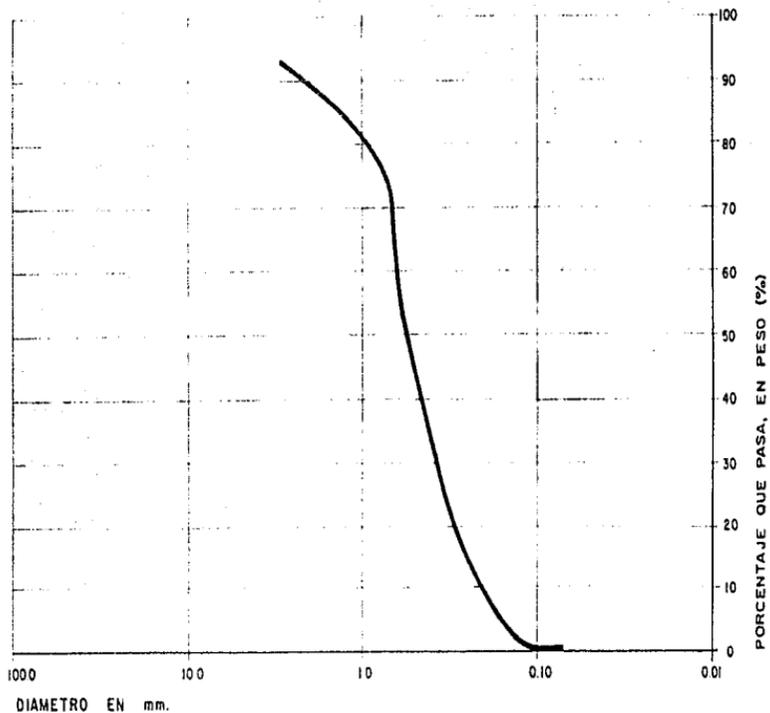
$$C_c = 0.94 ; 0.94 < 1.$$

El material está mal graduado. La curva granulométrica no es constante.

Malla	Abertura de la malla en (mm)	Peso de suelo retenido en (Gr)	Porcentaje de suelo retenido (%)	Porcentaje de suelo acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
6	3.03	30.06	7.51	7.51	92.49
8	2.50	8.66	2.16	9.67	90.33
10	1.68	10.62	2.65	12.32	87.68
12	1.41	8.47	2.12	14.44	85.56
14	1.19	11.97	2.99	17.43	82.57
18	1.00	24.42	6.11	23.54	76.46
20	0.84	12.50	3.08	27.42	72.58
30	0.59	76.75	19.19	46.61	53.39
35	0.50	22.75	5.74	52.35	47.65
40	0.42	42.50	10.69	63.03	36.97
50	0.297	43.50	10.90	73.93	26.07
60	0.250	28.27	7.07	81.00	18.99
80	0.177	26.04	6.51	87.51	12.49
100	0.149	14.57	3.64	91.15	8.85
120	0.125	5.63	1.42	92.57	7.43
180	0.083	4.99	1.25	93.82	6.18
200	0.074	1.21	0.30	94.12	5.88
Pasó la malla No.200		1.52	0.38	100	0
SLM		400	100		



CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA



**CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA**

De la curva de distribución granulométrica:

$$D_{10} = 0.21 \text{ mm}$$

$$D_{30} = 0.38 \text{ mm}$$

$$D_{60} = 0.66 \text{ mm}$$

De donde:

$$\begin{aligned} \text{El Coeficiente de uniformidad} = C_u &= D_{60} / D_{10} = 0.66 \text{ mm} / 0.21 \text{ mm} = \\ &= 3.14 \end{aligned}$$

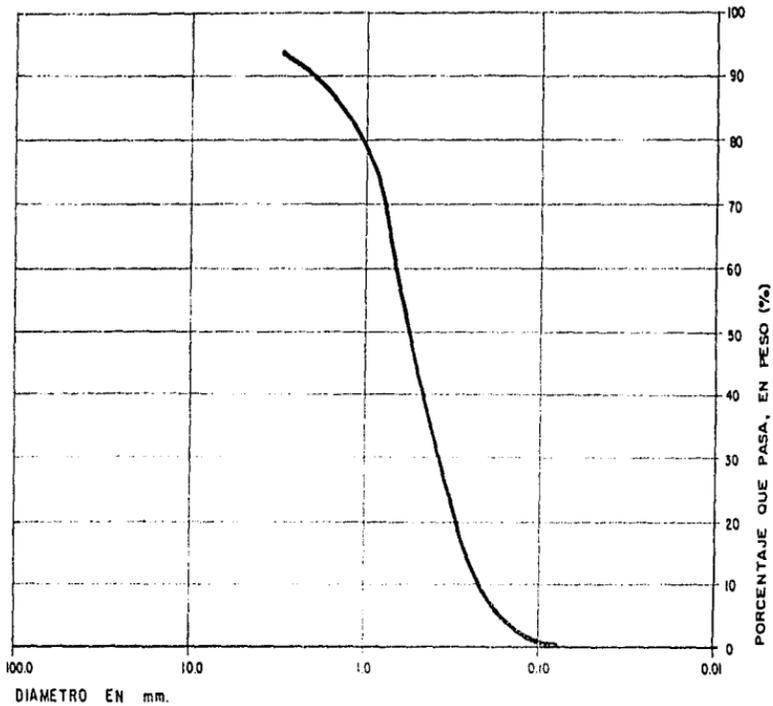
$$\begin{aligned} \text{Coeficiente de curvatura} = C_c &= (D_{30})^2 / D_{10} D_{60} \\ &= (0.38 \text{ mm})^2 / (0.21 \text{ mm} \times 0.66 \text{ mm}) = 0.1444 \text{ mm}^2 / 0.1386 \text{ mm}^2 = 1.04 \end{aligned}$$

En donde:

$C_u = 3.14$  ;  $3.14 < 6$ . El suelo está mal graduado.

$C_c = 1.04$  ;  $1.04 > 1$ . Nos indica una curva granulométrica constante.

Malla	Abertura de la malla en (mm)	Peso de suelo retenido en (Gr)	Porcentaje de suelo retenido (%)	Porcentaje de suelo acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
6	3.03	31.88	7.97	7.97	92.03
8	2.38	7.31	1.83	9.80	90.20
10	1.66	8.83	2.21	12.01	87.99
12	1.41	7.59	1.89	13.90	86.10
14	1.19	11.28	2.82	16.72	83.28
18	1.00	25.82	6.46	23.18	76.82
20	0.84	15.50	3.87	27.05	72.95
30	0.59	74.35	18.57	45.62	54.38
35	0.50	11.82	2.95	48.57	51.43
40	0.42	37.56	9.39	57.96	42.04
50	0.297	41.85	10.46	68.42	31.58
60	0.250	35.84	8.95	77.37	22.63
80	0.177	34.16	8.54	85.91	14.09
100	0.149	18.79	4.69	90.60	9.40
120	0.125	5.62	1.40	92.00	8.00
180	0.083	7.52	1.88	93.88	6.12
200	0.074	1.46	0.37	94.25	5.75
Pasó la malla No.200		2.61	0.65	100	0
SUMA		400	100		



CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA

De la curva de distribución Granulométrica anterior, obtenemos los siguientes datos:

$$D_{10} = 0.18 \text{ mm}$$

$$D_{30} = 0.32 \text{ mm}$$

$$D_{60} = 0.65 \text{ mm}$$

De donde:

$$\begin{aligned} \text{El Coeficiente de uniformidad} = C_u &= D_{60} / D_{10} = 0.65 \text{ mm} / 0.18 \text{ mm} \\ &= 3.61 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{El Coeficiente de curvatura} = C_c &= (D_{30})^2 / D_{10} D_{60} \\ (0.32 \text{ mm})^2 / (0.18 \text{ mm} \times 0.65 \text{ mm}) &= 0.1024 \text{ mm}^2 / 0.117 \text{ mm}^2 = 0.88 \end{aligned}$$

De lo anterior:

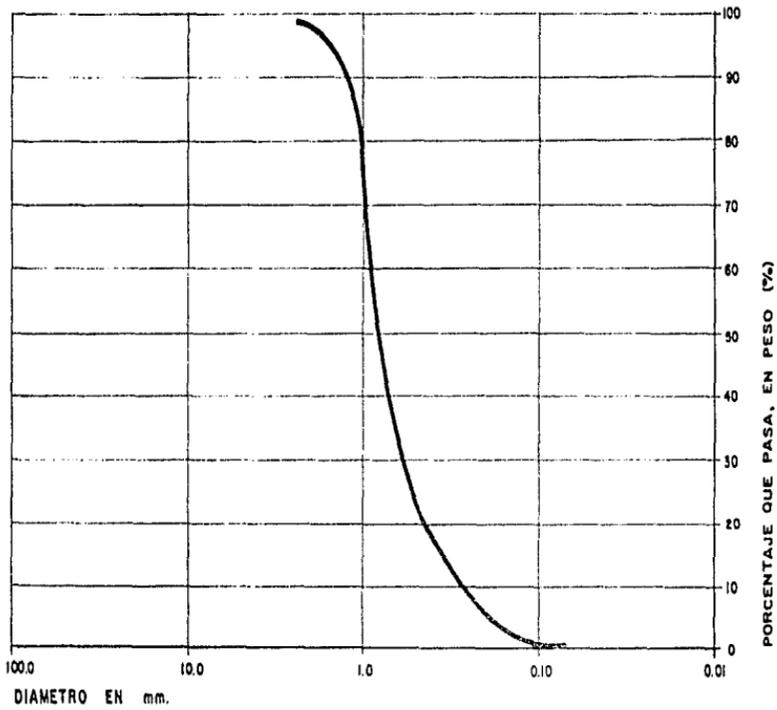
$$C_u = 3.61 : 3.61 < 6. \quad \text{El suelo está mal graduado.}$$

$$C_c = 0.88 : 0.88 < 1. \quad \text{La curva granulométrica no es constante.}$$

Al banco No. 1 se le hicieron tres muestras. La granulometría que se obtuvo fué del tamaño de arena. El coeficiente de uniformidad fué menor a 6, para este banco y su coeficiente de curvatura fué de 1.04 en una muestra y menor a 1 en dos muestras.

De lo anterior se concluye que el banco No. 1, es una arena mal graduada y con curva granulométrica no constante.

Malla	Abertura de la malla en (mm)	Peso de suelo retenido en (Gr)	Porcentaje de suelo retenido (%)	Porcentaje acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
4	4.76				
6	3.03				
8	2.50	11.23	1.87	1.87	98.13
10	1.68	23.61	3.94	5.81	94.19
12	1.41	3.90	0.65	6.46	93.54
14	1.19	29.97	4.98	11.44	88.56
18	1	64.89	14.15	25.59	74.41
20	0.84	19.55	3.26	28.85	71.15
30	0.59	232.90	38.92	67.77	32.23
35	0.50	34.14	5.69	73.46	26.54
40	0.42	50.00	8.33	81.79	18.21
50	0.297	76.98	16.08	97.77	2.23
60	0.250	23.12	3.85	91.62	8.38
80	0.177	24.22	4.14	95.76	4.24
100	0.147	11.40	1.90	97.66	2.34
120	0.125	4.14	0.69	98.35	1.65
180	0.083	3.48	0.58	98.93	1.07
200	0.074	1.29	0.21	99.14	0.86
Pasó la malla No.200		5.15	0.86	100	0
SUMA		500	100		



**CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA**

A partir de la curva de distribución granulométrica, se calculan el coeficiente de uniformidad y el coeficiente de curvatura.

De la curva de distribución granulométrica anterior, obtenemos los siguientes datos:

$$D_{10} = 0.28 \text{ mm}$$

$$D_{30} = 0.57 \text{ mm}$$

$$D_{60} = 0.89 \text{ mm}$$

De donde:

$$\begin{aligned} \text{El Coeficiente de uniformidad} = C_u &= D_{60} / D_{10} = 0.89 \text{ mm} / 0.28 \text{ mm} = \\ &= 3.18 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente de curvatura} = C_c &= (D_{30})^2 / D_{10} D_{60} \\ &= (0.57 \text{ mm})^2 / (0.28 \text{ mm} \times 0.89 \text{ mm}) = 0.3249 \text{ mm}^2 / 0.2492 \text{ mm}^2 \\ &= 1.3036 \end{aligned}$$

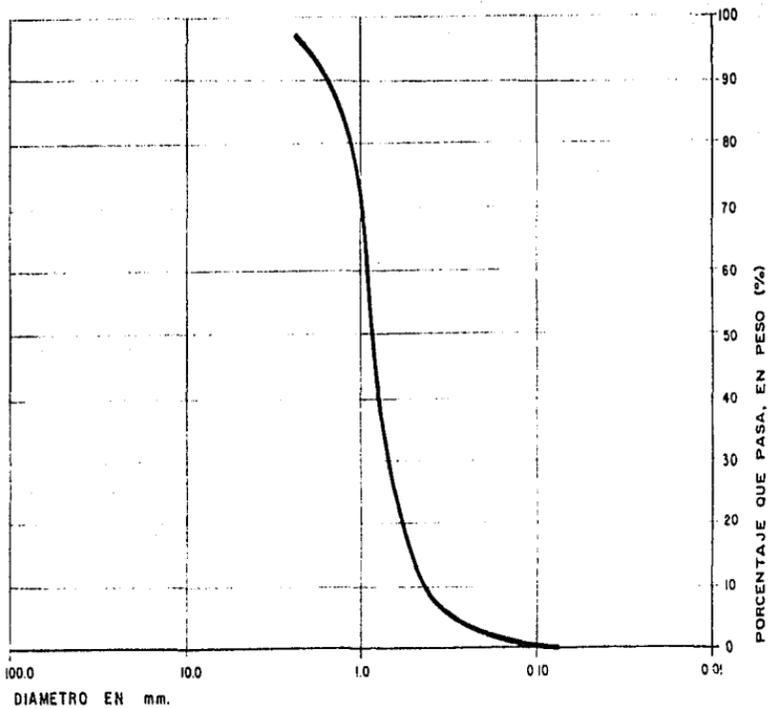
De lo anterior:

$$C_u = 3.18 > 3.18 < 5. \text{ Esto es un suelo mal graduado.}$$

Asimismo, de lo anterior:

Como  $C_c = 1.30$  ; donde  $1.30 > 1$ , pero  $1.30 < 3$ , esto nos indica una curva granulométrica constante.

Malla	Abertura de la malla en (mm)	Peso de suelo retenido en (Gr)	Porcentaje de suelo retenido (%)	Porcentaje acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
4	4.75				
6	3.03				
8	2.38	21.21	3.54	3.54	96.46
10	1.65	37.33	6.22	9.76	90.24
12	1.41	11.12	1.85	11.61	88.39
14	1.19	46.94	7.82	19.43	80.57
18	1.00	106.68	18.11	37.54	62.46
20	0.84	45.56	7.51	45.05	54.95
30	0.59	187.77	31.30	76.35	23.65
35	0.50	57.15	11.20	87.55	12.45
40	0.42	50.96	8.48	96.03	3.97
50	0.297	7.59	1.27	97.30	2.70
60	0.250	12.22	2.04	99.34	0.66
80	0.177	10.50	1.75	100.00	0.00
100	0.149	3.97	0.65	100.00	0.00
120	0.125	2.61	0.44	100.00	0.00
180	0.083	3.01	0.50	100.00	0.00
200	0.074	0.73	0.12	100.00	0.00
Pasó la malla No.200		1.08	0.18	100	0
SUMA		500	100		



CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA

De igual forma que en el caso anterior, se obtienen sus indicadores de esta muestra a partir de la curva de distribución granulométrica:

$$D_{10} = 0.44 \text{ mm}$$

$$D_{30} = 0.70 \text{ mm}$$

$$D_{60} = 0.92 \text{ mm}$$

De donde:

$$\begin{aligned} \text{El Coeficiente de uniformidad} = C_u &= D_{60} / D_{10} = 0.92 \text{ mm} / 0.44 \text{ mm} = \\ &= 2.09 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente de curvatura} = C_c &= (D_{30})^2 / D_{10} D_{60} \\ &= (0.70 \text{ mm})^2 / (0.44 \text{ mm} \times 0.92 \text{ mm}) = 0.49 \text{ mm}^2 / 0.4048 \text{ mm}^2 = 1.21 \\ C_c &= 1.21 \end{aligned}$$

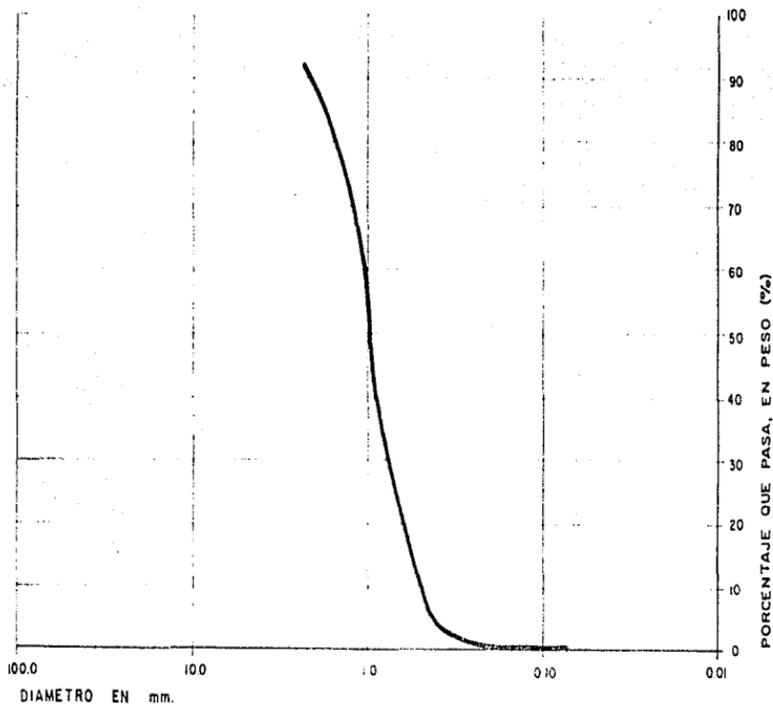
Como  $C_u = 2.09$  ;  $2.09 < 6.0$ .

El suelo está mal graduado.

De  $C_c = 1.21$  ;  $1.21 > 1$  y  $1.21 < 3$ .

Nos indica una curva granulométrica constante.

Malla	Abertura de la malla en (mm)	Peso de suelo retenido en (Gr)	Porcentaje de suelo retenido (%)	Porcentaje acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
4					
6					
8	2.38	47.21	7.87	7.87	92.13
10	1.68	78.52	15.09	20.96	79.04
12	1.41	22.14	3.69	24.65	75.35
14	1.19	67.43	10.57	35.22	64.78
18	1.00	99.12	16.25	51.57	48.43
20	0.84	24.95	4.16	55.73	44.27
30	0.59	152.08	25.05	80.78	19.22
35	0.50	56.48	9.75	90.53	9.47
40	0.42	31.10	5.18	95.71	4.29
50	0.297	4.95	0.82	96.53	3.47
60	0.250	7.62	1.27	97.80	2.20
80	0.177	5.25	0.87	98.67	1.33
100	0.149	2.87	0.48	99.15	0.85
120	0.125	1.69	0.31	99.46	0.54
180	0.083	0.95	0.16	99.62	0.38
200	0.074	0.28	0.04	99.66	0.34
Pasó la malla No.200		0.24	0.04	100.00	0.00
SUMA		600	100.00		



CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA

Como en los casos anteriores, calculamos los indicadores que caracterizan el suelo de esta muestra:

$$D_{10} = 0.50 \text{ mm}$$

$$D_{30} = 0.76 \text{ mm}$$

$$D_{60} = 1.05 \text{ mm}$$

De donde:

$$\begin{aligned} \text{El Coeficiente de uniformidad} = C_u &= D_{60} / D_{10} = 1.05 \text{ mm} / 0.50 \text{ mm} \\ &= 2.10 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente de curvatura} = C_c &= (D_{30})^2 / D_{10} D_{60} \\ &= (0.76 \text{ mm})^2 / (0.50 \text{ mm} \times 1.05 \text{ mm}) = 0.5776 \text{ mm}^2 / 0.525 \text{ mm}^2 = 1.1 \end{aligned}$$

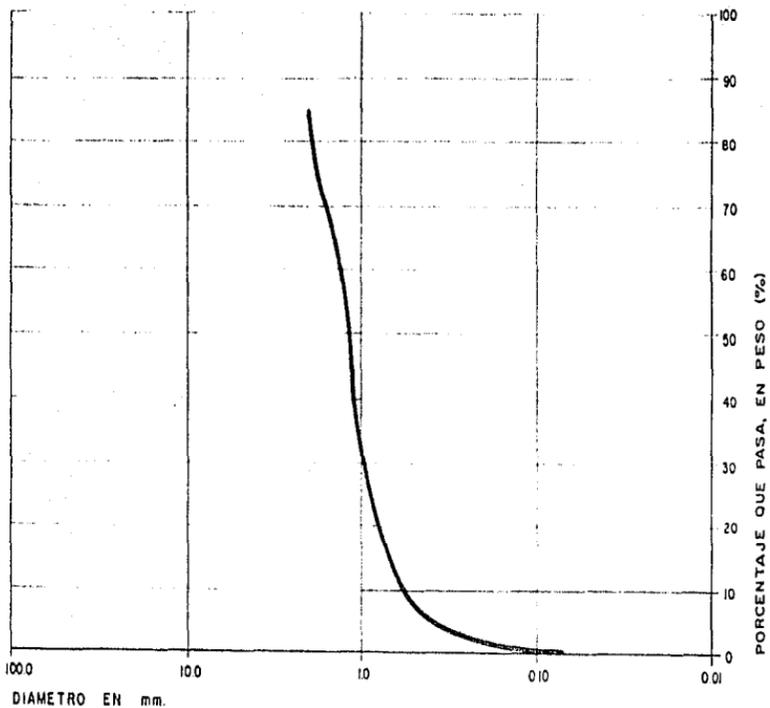
Como  $C_u = 2.10$  ;  $2.10 < 6$ .

El suelo esta mal graduado.

$C_c = 1.1$  ;  $1.1 > 1$  y a la vez  $1.1 < 3$ .

Nos indica una curva granulometrica constante.

Malla	Abertura de la malla en (mm)	Peso de suelo retenido en (Gr)	Porcentaje de suelo retenido (%)	Porcentaje acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
4					
6					
8	2.38	92.67	15.44	15.44	84.56
10	1.68	94.41	15.74	31.18	68.82
12	1.41	21.84	3.64	34.82	65.18
14	1.19	71.47	11.91	46.73	53.27
18	1.00	126.89	21.15	67.88	32.12
20	0.84	17.39	3.23	71.11	28.89
30	0.59	106.32	17.72	88.83	11.17
35	0.50	24.51	4.05	92.88	7.12
40	0.42	13.50	2.30	95.18	4.82
50	0.297	6.60	1.1	96.28	3.72
60	0.250	6.90	1.15	97.43	2.57
80	0.177	7.00	1.17	98.60	1.40
100	0.149	3.93	0.66	99.26	0.74
120	0.125	1.46	0.24	99.50	0.50
180	0.083	1.90	0.32	99.82	0.18
200	0.074	0.54	0.09	99.91	0.09
Pasó la malla No. 200		0.57	0.090	100	0
<b>SUMA</b>		<b>600.00</b>	<b>100.00</b>		



CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA

Para esta muestra que es la número cuatro de este banco, se procede como en los otros tres casos anteriores para determinar su tipo de granulometría:

$$D_{10} = 0.58 \text{ mm}$$

$$D_{30} = 1.00 \text{ mm}$$

$$D_{60} = 1.30 \text{ mm}$$

De donde:

$$\begin{aligned} \text{El Coeficiente de uniformidad} = C_u &= D_{60} / D_{10} = 1.30 \text{ mm} / 0.58 \text{ mm} \\ &= 2.24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente de curvatura} = C_c &= (D_{30})^2 / D_{10} D_{60} \\ &= (1.00 \text{ mm})^2 / (0.58 \text{ mm} \times 1.30 \text{ mm}) = 1.00 \text{ mm}^2 / 0.754 \text{ mm}^2 = 1.33 \\ C_c &= 1.33 \end{aligned}$$

Como  $C_u = 2.24$  ;  $2.24 < 6$ . Esto da un suelo mal graduado

$C_c = 1.33$  ;  $1.33 > 1$  y  $1.33 < 3$ . Esto da una curva granulométrica constante.

En las cuatro muestras anteriores que se le hicieron al banco No. 3, la granulometría que se obtuvo fué del tamaño que corresponde a la clasificación de la arena, ya que en todos los casos, el tamaño de las partículas del material cribado fué menor a 4.75 mm y un porcentaje menor pasó la malla No. 200 (0.075 mm). El porcentaje de finos fue 0.86%, 0.18%, 0.04%, 0.05% para las muestras 1, 2, 3 y 4 respectivamente, que se le hicieron a este banco de materiales de arena.

El coeficiente de uniformidad para las arenas bien graduadas es de 6 o mayor a 6. En el banco No. 3 el coeficiente de uniformidad fué

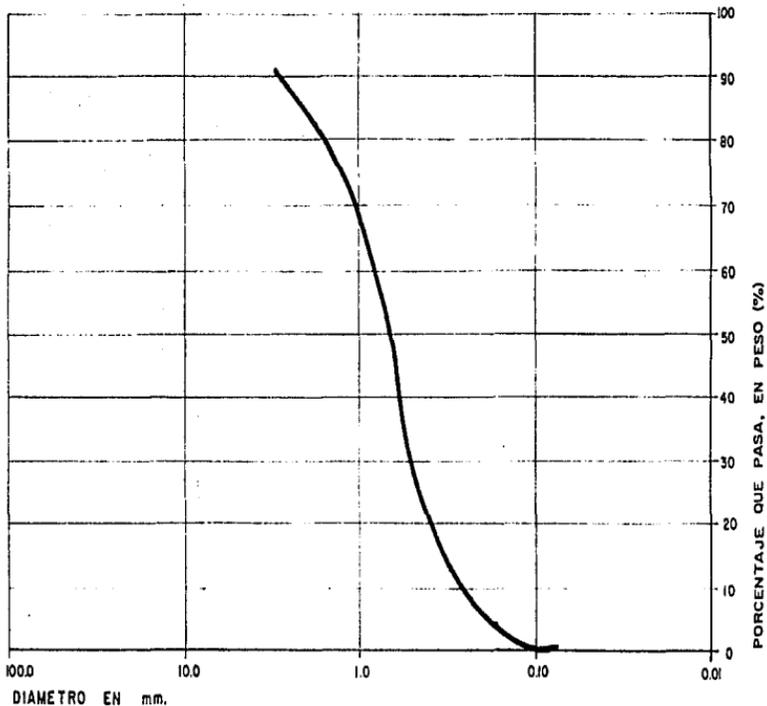
De 3.18, 2.09, 2.10, 2.24 para la muestra 1, 2, 3, 4, respectivamente. Como podemos ver, este coeficiente es menor a 6 para este banco.

Del coeficiente de uniformidad menor a 6, podemos concluir que la arena del banco No. 3. Es una arena mal graduada.

El coeficiente de curvatura de las muestras de materiales del banco No. 3 fueron : 1.30, 1.21, 1.10, 1.33, para las muestras 1, 2, 3 y 4 respectivamente, los cuales, en todos los casos son mayores a 1 pero menores a 3, por lo tanto, en todos los casos para este banco, da una curva granulométrica constante.

En resumen: el material del banco No. 3, es una arena mal graduada con curva granulométrica constante.

Malla	Abertura de la malla en (mm)	Peso de suelo retenido en (Gr)	Porcentaje de suelo retenido (%)	Porcentaje acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
6	3.03	35.06	9.32	9.32	90.68
8	3.38	17.45	4.56	13.88	86.12
10	1.68	20.25	5.36	19.24	80.76
12	1.41	15.25	3.91	23.15	76.85
14	1.17	15.60	4.05	27.20	72.80
18	1.00	21.25	5.51	32.71	67.29
20	0.84	18.47	4.87	37.58	62.42
30	0.63	22.17	5.74	43.32	56.68
35	0.50	41.20	10.78	54.10	45.90
40	0.42	42.40	11.06	65.16	34.84
50	0.33	21.00	5.55	70.71	29.29
60	0.25	25.15	6.57	77.28	22.72
80	0.177	17.17	4.52	81.80	18.20
100	0.149	2.86	0.75	82.55	17.45
120	0.125	4.51	1.15	83.70	16.30
150	0.093	2.37	0.62	84.32	15.68
200	0.074	1.13	0.29	84.61	15.39
Pasa malla No.200		1.73	0.45	85.06	14.94
SUMA		400	100		



**CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA**

De la curva de distribución granulométrica que antecede, procedemos a obtener los siguientes datos:

$$D_{10} = 0.27 \text{ mm}$$

$$D_{30} = 0.50 \text{ mm}$$

$$D_{60} = 0.82 \text{ mm}$$

Con estos datos obtenemos su coeficiente de uniformidad y su coeficiente de curvatura.

$$\begin{aligned} \text{El Coeficiente de uniformidad} = C_u &= D_{60} / D_{10} = 0.82 \text{ mm} / 0.27 \text{ mm} \\ &= 3.04 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente de curvatura} = C_c &= (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60}) \\ &= (0.50 \text{ mm})^2 / (0.27 \text{ mm} \times 0.82 \text{ mm}) \\ &= 0.25 \text{ mm}^2 / 0.2214 \text{ mm}^2 = 1.13 \end{aligned}$$

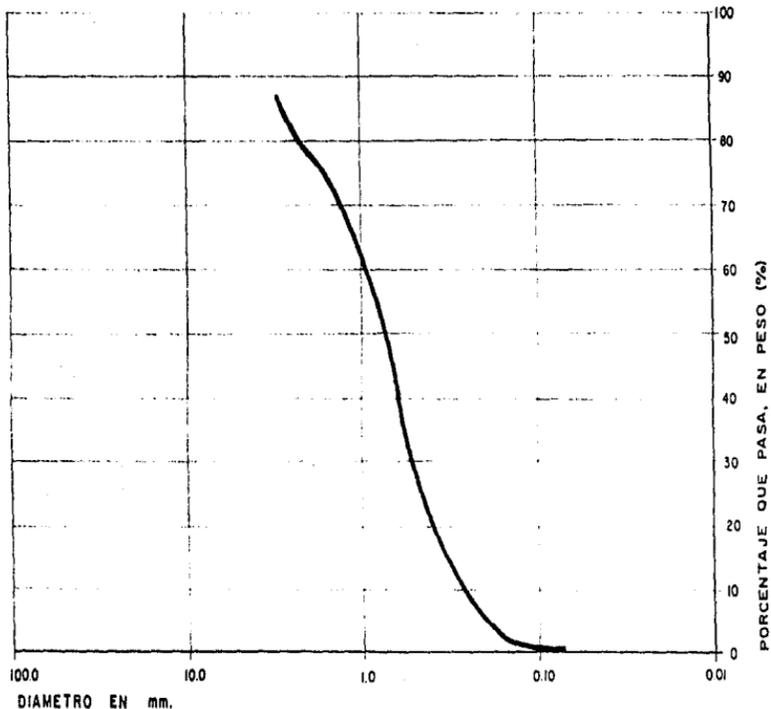
$$C_u = 3.04 ; 3.04 < 6.$$

Esto es un suelo mal graduado

$$C_c = 1.13 ; 1.13 > 1 \text{ y } 1.13 < 3.$$

Nos indica una curva granulométrica constante.

Malla	Abertura de la malla en (mm)	Peso de suelo retenido en (Gr)	Porcentaje de suelo retenido (%)	Porcentaje acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
6	3.03	52.76	13.19	13.19	86.81
8	2.38	24.19	6.05	19.24	80.76
10	1.68	21.24	5.31	24.55	75.45
12	1.41	15.95	3.99	28.54	71.46
14	1.19	17.92	4.48	33.02	66.98
18	1.00	32.93	8.23	41.25	58.75
20	0.84	18.76	4.69	45.94	54.06
30	0.59	72.76	18.19	64.13	35.87
35	0.50	34.80	8.70	72.83	27.17
40	0.42	31.51	7.87	80.70	19.30
50	0.297	20.44	5.11	85.81	14.19
60	0.250	21.59	5.40	91.21	8.79
80	0.177	20.31	5.08	96.29	3.71
100	0.149	5.13	1.03	98.32	1.68
120	0.125	3.29	0.82	99.14	0.86
180	0.083	2.31	0.58	99.72	0.28
200	0.074	0.47	0.12	99.84	0.16
Pase malla No.200		0.54	0.14	100	0
<b>SUMA</b>		400	100		



**CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA**

Al igual que en el caso anterior a partir de la curva de distribución granulométrica; obtenemos los siguientes datos:

$$D_{10} = 0.28 \text{ mm}$$

$$D_{30} = 0.54 \text{ mm}$$

$$D_{60} = 0.96 \text{ mm}$$

Con estos datos obtenemos su coeficiente de uniformidad y su coeficiente de curvatura.

$$\begin{aligned} \text{El Coeficiente de uniformidad} - C_u &= D_{60} / D_{10} = 0.96 \text{ mm} / 0.28 \text{ mm} \\ &= 3.43 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente de curvatura} - C_c &= (D_{30})^2 / D_{10} \cdot D_{60} \\ &= (0.54 \text{ mm})^2 / (0.28 \text{ mm} \times 0.96 \text{ mm}) = 0.2916 \text{ mm}^2 / 0.2688 \text{ mm}^2 = 1.08 \end{aligned}$$

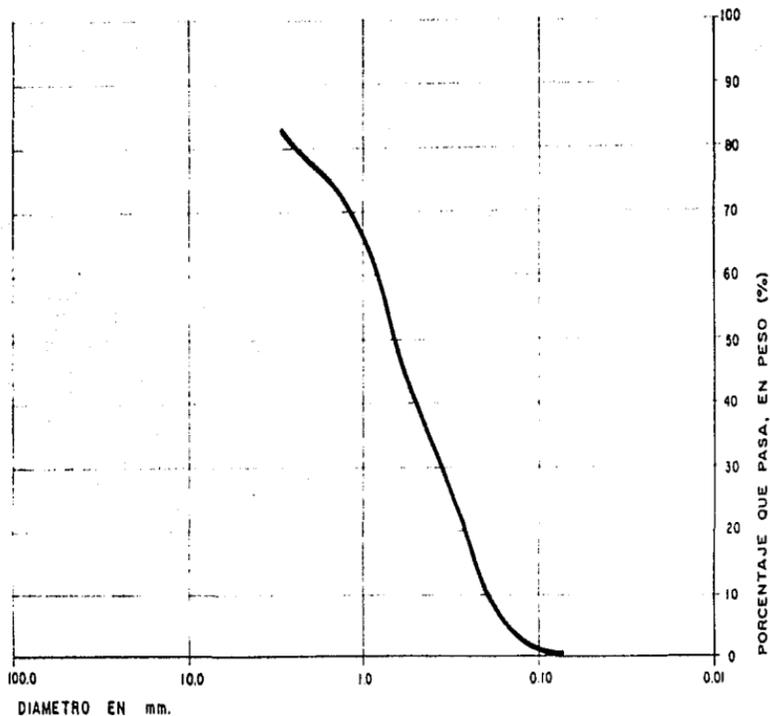
$$\text{Como } C_u = 3.43 : 3.43 < 6$$

Nos da un material mal graduado.

$$C_c = 1.08 : 1.08 > 1 \text{ y } 1.08 < 3$$

De una curva granulométrica constante.

Malla	Abertura de la malla en (mm)	Peso de suelo retenido en (Gr)	Porcentaje de suelo retenido (%)	Porcentaje acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
6	2.50	58.75	17.19	17.19	82.81
8	2.58	12.41	3.10	20.29	79.72
10	1.58	14.20	3.95	24.23	75.77
12	1.41	10.05	2.81	27.04	72.96
14	1.19	13.21	3.80	30.84	70.20
18	1.00	25.04	7.37	38.21	61.79
20	0.84	15.27	4.36	42.57	57.43
30	0.63	20.83	5.91	48.48	51.52
35	0.50	18.10	5.00	53.48	46.52
40	0.43	20.53	5.93	59.41	40.59
50	0.297	11.59	3.32	62.73	37.27
60	0.250	11.75	3.37	66.10	33.90
80	0.177	11.51	3.38	69.48	30.52
100	0.147	15.22	4.36	73.84	26.16
120	0.125	7.08	2.04	75.88	24.12
180	0.083	5.94	1.74	77.62	22.38
200	0.074	1.04	0.29	77.91	22.09
Pasó malla No.200		5.50	0.53	100	0
SUMA		400	100		



CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA

A partir de la curva de distribución granulométrica; obtenemos los siguientes datos:

$$D_{10} = 0.20 \text{ mm}$$

$$D_{30} = 0.37 \text{ mm}$$

$$D_{60} = 0.85 \text{ mm}$$

Con estos datos obtenemos su coeficiente de uniformidad y su coeficiente de curvatura.

$$\text{El Coeficiente de uniformidad} = C_u = D_{60} / D_{10} = 0.85 \text{ mm} / 0.20 \text{ mm} = 4.25$$

$$\text{El Coeficiente de Curvatura} = C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \cdot D_{60}) \\ = (0.37 \text{ mm})^2 / (0.20 \text{ mm} \cdot 0.85 \text{ mm}) = 0.1369 \text{ (mm)}^2 / 0.17 \text{ (mm)}^2 \\ = 0.81$$

De los resultados anteriores:

$C_u = 4.25$ ;  $4.25 < 5$ . Da un suelo mal graduado.

$C_c = 0.81$ ;  $0.81 < 1$ . La curva granulométrica no es constante.

Al banco No. 4 se le hicieron tres muestras. La granulometría que se obtuvo fué del tamaño que corresponde a la clasificación de la arena, ya que en todos los casos el tamaño de las partículas del material cribado fué menor a 4.75 mm y un porcentaje mínimo pasó la malla No. 200 (0.075 mm). El porcentaje de finos fué 0.48%, 0.16%, 0.83% para las muestras 1, 2, 3 respectivamente, que se le hicieron a este banco de materiales de arena.

El coeficiente de uniformidad para las arenas bien graduadas es de 6 ó mayor de 6. En el banco No. 4 el coeficiente de uniformidad fué de 3.04, 3.43, 4.25 para las muestras 1, 2, 3, respectivamente. Como podemos ver, este coeficiente es menor a 6 para este banco. Del coeficiente de uniformidad menor a 6, podemos concluir que la arena del banco No. 4 es una arena mal graduada.

El coeficiente de curvatura de las muestras de materiales del banco No. 4 fueron 1.13, 1.08, 0.81, para las muestras 1, 2, 3, respectivamente. Las cuales en las dos primeras muestras, este valor fué mayor a 1 pero menor a 3. En el tercer caso (la tercera muestra), dio un valor de 0.81, en los dos primeros casos da una curva granulométrica constante y en el tercer caso la curva granulométrica no es constante.

Viendo que 0.81 tiende a la unidad, y que las dos primeros muestras dieron un coeficiente de curvatura mayor a 1., concluiremos que la curva granulométrica es constante.

En resumen: el material del banco No. 4 es una arena mal graduada con curva granulométrica constante.

COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES..

## COMPORTAMIENTO MECANICO DE LAS ARENAS

### RELACION ESFUERZO - DEFORMACION

Es el conjunto de datos de un proceso incitación - respuesta que constituye lo que usualmente se llama la relación esfuerzo - deformación. De la respuesta que dé el material dependerá la resistencia de éste a los esfuerzos que se somete. Como consecuencia de someter cierto material a esfuerzos traerá consigo la ruptura del espécimen o del elemento estructural. Otro aspecto que se derive de dicha relación, es la deformabilidad del material. En los problemas prácticos, el mejor método para conocer las características esfuerzo - deformación es medir directamente en una prueba de laboratorio o de campo las deformaciones que producen esfuerzos lo más similares posibles a los que actuarán en la masa de suelo afectada por el problema real que se estudia.

Los principales pruebas de laboratorio de que se hace uso para determinar características esfuerzo - deformación de los suelos, son las siguientes:

#### PRUEBA DE COMPRESION HIDROSTATICA O ISOTROFA

Es útil para el estudio de deformaciones volumétricas únicamente.

#### PRUEBA DE COMPRESION CONFINADA O PRUEBA DE CONSOLIDACION.

Se ejecuta con un aparato denominado consolidómetro o odómetro. Se aplican al suelo esfuerzos normales verticales, en tanto se impide toda deformación lateral confinándolo en el interior de un anillo de bronce.

De esta manera la deformación axial define exactamente la deformación volumétrica. En esta prueba la relación entre el esfuerzo normal lateral y el normal vertical es el valor de  $k_0$ , que con el nombre de coeficiente de esfuerzo o presión de tierra en reposo, juega un papel importante en la mecánica de suelos aplicada.

**PRUEBA TRIAXIAL.** Es la más común y versátil de las pruebas que se realizan para conocer las relaciones esfuerzo - deformación de los suelos. También es la prueba más útil de laboratorio para conocer su resistencia.

**PRUEBA DIRECTA DE ESFUERZO CORTANTE.** En esta prueba, un espécimen de altura pequeña en comparación a su área transversal se coloca dentro de una caja con dos secciones, la inferior fija y la superior susceptible de ser movida horizontalmente. Se da al espécimen carga vertical sobre la cara superior del dispositivo, para producir un esfuerzo normal vertical conocido. La falla se produce aplicando una fuerza rasante al marco superior móvil, de manera que se obliga la falla del espécimen en el plano que define la unión entre las partes fija y móvil del dispositivo.

La relación esfuerzo - deformación de un material no es una característica constante, sino que varía con diversas circunstancias dentro del mismo material. Las arenas sueltas tienen comportamiento plástico. Las arenas compactadas tienen comportamiento frágil. No existe un límite preciso de compacidad a partir del cual todas las arenas pasan del comportamiento plástico al frágil, sino

que hay diferencias en estos límites al analizar distintas arenas.

A manera de ejemplo, el caso de una arena con porosidad inicial de 37.5% exhibe un comportamiento frágil, el cual pasa a ser plástico, cuando la porosidad alcanza el valor de 45.6%.

#### COMPRESIBILIDAD DE SUELOS GRANULARES.

Las deformaciones experimentadas por un elemento de suelo granular son el resultado de las deformaciones propias de las partículas que lo componen, más el movimiento relativo entre ellas. Las deformaciones propias de las partículas pueden ser muy grandes, especialmente en sus contactos y consisten fundamentalmente en distorsiones y eventualmente en rupturas y desmenuzamientos; el movimiento relativo entre las partículas ocurre por deslizamiento o rodamiento. Con frecuencia los movimientos relativos son posibles por las distorsiones previas que sufren las partículas, y la importancia relativa de estas dos fuentes de deformación, respecto a la deformación total, puede cambiar a medida que ésta tiene lugar.

#### COMPRESIBILIDAD EN COMPRESION ISOTROPICA.

Cuando una muestra de arena se somete a compresión isotrópica pueden ocurrirle grandes deformaciones volumétricas como consecuencia de colapsos estructurales locales: estos producen rodamientos y deslizamientos de las partículas y como resultado se ejercen fuerzas tangenciales de consideración en los puntos de contacto, de manera que el esfuerzo cortante en cualquier plano

puede ser cero y, a pesar de ello, están actuando fuerzas de contacto muy grandes en los contactos individuales.

#### COMPRESIBILIDAD EN COMPRESION CONFINADA

La compresibilidad de los suelos granulares y sus características esfuerzo - deformación en compresión confinada tienen gran importancia, puesto que esta condición representa una situación que probablemente es común en la práctica, por ejemplo cuando se somete al suelo a cargas verticales transmitidas por áreas grandes. El comportamiento de arenas de cuarzo uniformes, medias y gruesas, inicialmente compactas. Probadas en consolidómetro mostraron un punto de fluencia a partir de esfuerzos del orden de  $140 \text{ kg/cm}^2$ , más allá del cual el comportamiento fue plástico, debido al fracturamiento que las partículas individuales, que permitió grandes movimientos relativos.

A partir de estos niveles de esfuerzo la deformación compacta a la arena.

Los suelos granulares presentan compresibilidad grande empleando altos niveles de esfuerzo en pruebas de consolidación. Esto es debido al deslizamiento de las partículas y del fracturamiento. Los esfuerzos críticos por los que se produce el comportamiento plástico de las arenas y, por consecuencia, sus grandes deformaciones, serán menores cuanto mayor sea el tamaño de las partículas, y estas sean más angulosas, cuanto más suelto y uniforme sea el suelo y cuanto menor sea la resistencia de las partículas individuales.

La deformación de suelos friccionantes en compresión confinada va acompañada de la producción de finos a causa de la ruptura de las partículas; esta es grande cuando la granulometría es uniforme y mucho más pequeña si la curva granulométrica es tendida. La producción de finos también crece con la angulosidad de las partículas y con la presión efectiva, e igualmente es mayor cuanto más suelto es el material. Un mismo material es más compresible cuando está húmedo que cuando está seco. Los materiales de grano anguloso resultan ser más compresibles que los de grano redondeado; cuanto más redondeadas son las partículas y mayor es la variedad de tamaños, mayor es el peso específico que se alcanza con una misma energía de compactación.

#### COMPRESIBILIDAD EN COMPRESION TRIAXIAL.

En seguida se presentan las etapas de deformación en pruebas triaxiales. La primera etapa corresponde al principio del proceso de carga y en ella se producen deformaciones muy pequeñas, acompañadas generalmente de una disminución en el volumen del espécimen, causado por una tendencia de las partículas a adoptar formas estructurales más compactas. Después viene la etapa de falla, en la cual puede presentarse el máximo de resistencia, si la arena exhibe una falla frágil. Ahora las deformaciones verticales sólo se pueden producir si se desarrollan en la masa movimientos laterales de las partículas que las permitan, y la consecuencia definitiva parece ser un aumento en el volumen del espécimen. Este es el efecto de dilatación. En la etapa de falla queda incluido el punto de resistencia máximo, a partir del cual la arena exhibe una disminución de resistencia, al continuar el proceso de deformación. Esta disminución,

más notable cuanto más compacto sea el estado inicial de la arena, puede explicarse como una consecuencia del acomodo individual de las partículas.

La fricción produce la componente normal de resistencia que tradicionalmente se ha incluido en el ángulo de fricción interna; si el acomodo inicial de los granos es compacto, será grande el monto de resistencia y de deformabilidad que representa la necesidad de mover los granos, pero a medida que estos se mueven y van adquiriendo una posición relativa más favorable al deslizamiento, irá siendo menor la componente de resistencia debida al movimiento relativo, de manera que adelante de la resistencia máxima el material irá mostrando menor resistencia de conjunto, según la deformación crece; naturalmente esta disminución de resistencia tiene un límite inferior, representado por aquel arreglo de los granos que permita el deslizamiento relativo de éstos sin movimiento de reacondo estructural. Si el estado inicial de los granos es suelto, el material tendrá una curva esfuerzo - deformación correspondiente a la falla plástica y será insignificante la componente de resistencia por acomodo.

Un problema fundamental y estrechamente relacionado con la compresibilidad de los suelos granulares de grano grueso bajo cargas importantes y que han sido puestas de manifiesto con la investigación moderna, es el que se refiere a la ruptura de las partículas y su contribución a la deformación total. El fenómeno produce cambios en la composición granulométrica y en las propiedades mecánicas del material, muy especialmente en la compresibilidad.

## RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LOS SUELOS GRANULARES.

Los factores que afectan a la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos granulares pueden considerarse dentro de dos clases. La primera agrupa a los que afectan la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo dado, de los cuales los mas importantes son la compacidad y el esfuerzo de confinamiento.

La segunda clase de factores agrupa a aquellos que hacen que la resistencia de un suelo granular sea diferente de la de otro suelo granular que tenga el mismo esfuerzo confinante y la misma compacidad. Entre estos factores destacan el tamaño, la forma, la textura y la distribución granulométrica de las partículas, y su grado de sanidad y dureza, definiendo estas últimas condiciones el fenómeno de ruptura de grancs, que afecta la resistencia de manera fundamental.

## COMPORTAMIENTO MECANICO DE GRAVAS Y ENROCAMIENTOS

Los gravas y enrocamientos constituyen materiales de gran interes en la construcción de presas con nucleo impermeable relativamente delgado y de pedraplenes para carreteras.

La necesidad de construir presas de tierra y enrocamiento de gran altura con objeto de generar energia ha propiciado, por razones económicas, secciones formadas por grandes masas granulares y un corazón de suelo compactado, vertical o inclinado, aproximadamente en la zona central. En carreteras de alta velocidad se han requerido cortes de ladera y pedraplenes de gran altura. Estos pedraplenes se realizan usualmente con enrocamiento procedente de las mismas excavaciones o de canteras seleccionadas.

La investigación de las propiedades mecánicas de enrocamientos y gravas acusa un desarrollo semejante al de las obras construidas con dichos materiales. Las primeras pruebas con muestras de grava se efectuaron en la Universidad de Harvard, en 1944, usando una cámara triaxial para especímenes de 4 pulg. de diámetro, ensayados a presión confinante menor de  $1 \text{ Kg/cm}^2$ .

Con motivo del proyecto de varias presas en el país, se ensayaron muestras de enrocamientos y gravas. Las pruebas se hicieron preparando los especímenes con distintas granulometrías y variando el grado de compactación inicial.

INDICES DE SOLIDEZ DE ENROCAMIENTO Y GRAVAS.

MATERIAL	ORIGEN	FORMA DE LOS GRANOS	ABSORCION DE AGUA(%)	DESGASTE (%)
Canto rodado arena.	Depósito y sedimentario	Redondeado	0.80-1.80	17-20
Riolita	Cantera.	Angular aristas.	0.19-1.70	10.8-19.30
Lutita.	Cantera.	Angular aristas.	0.10-1.70	22.5-26.1

Las pruebas índices tienen el objeto de conocer en forma preliminar la solidez del enrocamiento o de la grava y la arena.

Las propiedades mecánicas de un cuerpo granular dependen de la forma y rugosidad de los granos y de la composición granulométrica.

La composición granulométrica de las arenas y cantos rodados estudiados en este trabajo se presenta en las primeras páginas de este capítulo. Es usual describir las curvas granulométricas mediante el diámetro efectivo,  $D_{50}$  y el coeficiente de uniformidad,  $C_u$ , en las pruebas de laboratorio que se hicieron para arenas. Estos y otros conceptos ya fueron ampliamente tratados.

## ROTURA DE GRANOS

Se aplica una prueba. Consiste en aplicar a tres granos de aproximadamente igual tamaño,  $dm$ , fuerzas transmitidas mediante una placa de acero; se miden el número de contactos,  $N_c$ , y la carga,  $P_c$ , que produce la rotura del primer grano. La relación  $P/N_c = P_c$  = carga de ruptura de la roca, para la dimensión  $dm$ .

La prueba anterior se hace en un gato hidráulico transmitiendo fuerza a los granos o rocas mediante una placa de acero.

Las cargas  $P_c$  varían apreciablemente, debido a que la prueba de ruptura no solo involucra condiciones de apoyo muy diversas en las partículas, sino también la presencia de defectos naturales en la roca. Por esta razón, para cada dimensión  $dm$  se realizan varias determinaciones:

En seguida se procederá a analizar gravas y enrocamientos tratados en este trabajo por medio de la fórmula empírica  $P_c = n(dm)^{\lambda}$  para obtener la fuerza aplicada en el gato hidráulico para obtener la ruptura de éstas.

## CANTO RODADO.

Si  $n = 140 \text{ kg/cm}^{\lambda}$        $\lambda = 1.55$        $dm = 10 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} P_c &= (140 \text{ kg/cm}^{\lambda}) (10 \text{ cm})^{\lambda} \\ &= (140 \text{ kg/cm}^{\lambda}) \times 10^{1.55} \text{ cm}^{\lambda} \\ P_c &= 140 \text{ kg.} \times 10^{1.55} = 4967 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Canto rodado

de 10 cm de diámetro

$P_a = 4967 \text{ kg.}$

Canto rodado

$n = 140 \text{ kg./cm}^2$

$\lambda = 1.55$

$dm = 30 \text{ cm}$

$P_a = n(dm)^2 = (140 \text{ kg./cm}^2)(30 \text{ cm})^2$

$= (140 \text{ kg./cm}^2)(30^2) \text{ cm}^2$

$= 140 \text{ kg.} \times 30^2 = 27268 \text{ kg.}$

MATERIAL	DIAMETRO dm (cm)	$P_a$ (kg)	n	$\lambda$
Canto rodado	10	4967	140	1.55
	30	27268		
Riolita	4.3	1140	140	1.39
	7.3	2080		

De la tabla podemos observar la fuerza  $P_a$ , requerida para causar la ruptura del grano del espécimen.

#### COMPORTAMIENTO MECANICO DE LAS ROCAS.

ESPECIMEN	MÓDULO DE ELASTICIDAD, en Kg/cm <sup>2</sup>
ARENA	1 a 3 x 10 <sup>5</sup>
RIOLITA	4 a 6 x 10 <sup>5</sup>

ESPECIMEN	Resistencia a la compresión simple, en kg/cm <sup>2</sup>
ARENA	110 a 2520
RIOLITA	370 a 3790

#### EFFECTO DE ESCALA.

Al aumentar el tamaño, de las probetas de ensaye, crece la probabilidad de aparición de una falla ocasionada por la presencia de una discontinuidad o una grieta inicial.

Los estudios demuestran que al agrandar el tamaño de los especimenes se disminuye la resistencia de los mismos.

Por medio de la siguiente ecuación se expresa el efecto de escala:

$$P = R_0 \left( \frac{L_0}{L} \right)^n$$

donde

R resistencia de los especimenes de tamaño L

L medida geométrica característica del espécimen, por ejemplo, su diámetro.

n exponente que generalmente toma valores en el intervalo de 0.10 a 0.50.

R<sub>0</sub> resistencia de los especímenes de tamaño L<sub>0</sub>, de referencia.

#### RESISTENCIA A LA TENSION.

Es difícil hablar de la resistencia o la tensión de una roca, debido a que el material rocoso, en general, está fracturado y agrietado o por lo menos contiene microfisuras, a veces es imposible probar los especímenes a tensión axial. La mitad de los especímenes se rompen antes de efectuar la prueba y, en los restantes la influencia de las grietas existentes es tan grande que resulta complicado decidir qué parte de la sección transversal del espécimen participó en la prueba.

#### METODOS EMPLEADOS PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA TENSION EN ROCAS.

Tracción simple. Aplicando carga en los ejes con la máquina de tracción.

Método brasileño. Se aplica una carga de compresión a lo largo de dos generatrices diametralmente opuestas, aparecen esfuerzos de tensión casi uniformemente distribuidos. Este esfuerzo se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\sigma_x = 2P / \pi DL$$

donde

- D Diámetro del cilindro, en cm.  
 L Longitud, en cm.  
 P Carga, en kg.

En otro plano diametral, normal al anterior, aparecerán esfuerzos de compresión que alcanzan su valor máximo en el centro del cilindro; este último está dado por:

$$S_c = \frac{6P}{\pi D L}$$

El esfuerzo de compresión es tres veces mayor que el de tensión.

En los materiales rocosos, la resistencia a la compresión siempre es mucho mayor que la de tensión; esto permite utilizar este método para determinar la resistencia a la tensión de los materiales mencionados.

Para un espécimen rocoso de volumen V, la resistencia a la tracción se calcula:

$$R = \frac{P}{V}$$

#### METODO CENTRIFUGO

Se introduce el espécimen, de 36 mm de diámetro y de 18 cm de longitud, en un cilindro de acero de longitud un poco mayor que la del espécimen. El cilindro metálico puede girar sobre un eje central perpendicular a su eje longitudinal; entonces, al empezar la rotación, el espécimen situado dentro del cilindro queda sobre una de las bases y se crea en él un estado de esfuerzo de

tensión. Tales esfuerzos no son uniformes y alcanzan su valor máximo en la parte media del espécimen.

$$\delta_v = \frac{1}{2} p w^2 (L - x^2)$$

donde L Longitud del espécimen, en cm

$0 \leq x \leq L/2$  coordenada longitudinal, en cm

w velocidad de rotación, en Rev/seg

p densidad de la roca, en  $\text{kg} \cdot \text{seg}^2 / \text{cm}^3$

Conocidos la velocidad de rotación, la densidad del material y la posición del plano de falla, se puede determinar la resistencia a la tensión.

#### RESISTENCIA AL CORTANTE.

La resistencia al cortante es una de las principales características de la roca y su conocimiento resulta de mayor utilidad que el de las resistencias a la compresión y a la tensión.

Si en un macizo rocoso se detectan planos de grietas o de fallas, es importante determinar en ellos la resistencia al cortante, y así predecir deslizamientos o analizar su estabilidad.

Estas pruebas se efectúan en el laboratorio y en el campo.

#### TEORIAS DE RESISTENCIA

Investigaciones demostraron que el comportamiento de los materiales rocosos frágiles, en condiciones de confinamiento, revelan características plásticas

aumentado su resistencia a la compresión. Al aumentar la presión lateral, aumentan el intervalo de las deformaciones plásticas y la resistencia a la compresión. Pero bajo presiones hidrostáticas, los materiales rígidos soportan grandes cargas sin índices de deformaciones plásticas o de ruptura.

#### TEORIA DEL ESFUERZO MAXIMO

Esta teoría afirma que la ruptura del material ocurre cuando uno de los esfuerzos principales alcanza la resistencia a la compresión axial del material.

Analicémente se puede expresar así:

$$\delta_1 = R \text{ o } \delta_2 = R$$

Aquí no se considera el comportamiento del material sometido a una presión de confinamiento.

#### TEORIA DE LA DEFORMACION MAXIMA.

En esta teoría se estima que la ruptura del material ocurre cuando las deformaciones alcanzan un límite determinado durante una prueba triaxial.

Al expresar las deformaciones mediante la ley de Hooke, se pueden formular las condiciones de esta teoría como :

$$\delta_1 - \nu (\delta_2 + \delta_3) = R \quad \text{o} \quad \delta_2 - \nu (\delta_1 + \delta_3) = R$$

#### TEORIA DEL ESFUERZO TANGENCIAL MAXIMO.

En esta teoria se consideran los esfuerzos tangenciales máximos como la causa mas importante de la ruptura del material.

Expresando los esfuerzos tangenciales máximos mediante los esfuerzos principales, se puede escribir

$$\delta_1 - \delta_2 = R$$

## BANCO No. 2 DE RIOLITA ROSA.

El banco No. 2 es una roca ignea extrusiva cuyo nombre es Riolita. Esta roca esta constituida de minerales como el cuarzo, feldespatos y micas. Estas micas son la biotita y la muscovita. La textura de esta roca es afanítica. La riolita tiene un exceso de sílice y, en consecuencia, esto indica un estrecho parentesco con el granito. El color de la pasta de esta roca varia desde casi blanco hasta gris, amarillo, rojo ó purpura. Por lo común tiene bandas irregulares causadas por el flujo del magma espeso, poco antes de solidificarse.

Un fenómeno habitual de la erupción volcánica es la emisión de lava. Eventualmente esta lava se enfría y endurece hasta dar una roca sólida. En todo caso, tal lava ha llegado a la superficie desde el interior de la litósfera y existen razones para pensar que debió llegar a la superficie después de recorrer un largo camino, tal vez de varios kilómetros. La Geología nos enseña que la roca fundida no siempre remonta lo bastante para alcanzar la superficie terrestre. Aquellas rocas que se solidifican al derramarse sobre la superficie terrestre, ya sea sobre los continentes o debajo del agua, son las rocas igneas extrusivas. La roca fundida se llama habitualmente magma cuando se halla debajo de la superficie terrestre, y se llama lava cuando aparece inmediatamente debajo o encima de dicha superficie.

Esta roca ignea extrusiva llamada Riolita es conocida en la región de los municipios de Amacuzac, Puente de Ixtla, Mazatepec, como cantera rosa. La cantera rosa de este lugar es una roca sana y que posee

una alta resistencia. Esta roca la usan para construir muros aparentes en fachadas de edificios. Estos muros sirven, a su vez, como muros de cargas, ya que, como se dijo anteriormente, la riolita es un material de alta resistencia, útil para la construcción de obras de ingeniería civil.

En la comunidad de Cuauchichinola, de aproximadamente 2000 habitantes, a manera de ejemplo, se construyó un zócalo en donde se usaron todos los materiales de la región. Esta obra fué de aproximadamente 1600 m<sup>2</sup> construidos.

Para esta obra, la arena que se usó para juntear la mampostería de los muros del zócalo se acarreoó del banco No. 3, el cual se ubica cerca del ojo de agua. El ojo de agua es un lugar muy conocido en Cuauchichinola, así como en la cabecera municipal de Mazatepec.

En la piedra para mampostería se usó el canto rodado, que en Cuauchichinola es conocida como piedra de llano o piedra bola, que se encuentra amontonada en las parcelas del ejido de Cuauchichinola y que además los campesinos la regalán porque ésta sólo les estorba en sus labores del campo.

Desde el nivel de tierra los muros se levantaron con cantera rosa (riolita) y en el juntado de las canteras se usó pedacería de cantera verde del banco No. 5, que se ubica en Michapa.

DANCO No. 5  
CANTERA DE LUTITA MULTICROMADA  
PARA DECORACION

La lutita pertenece al grupo de las rocas sedimentarias. El color de estas rocas se debe a varias razones, como podrian ser: El color violeta se debe a la oxidación. La lutita negra debe su coloracion al contenido de materia organica.

La lutita es una roca clástica que se forma de la acumulacion de lodo de un ambiente sedimentario. Este material formador de lutita consiste predominantemente en particulas del tamaño de la arcilla. Las particulas del tamaño de la arcilla en la lutita son por lo común diversos minerales arcillosos, pero incluyen cuarzo y tambien otros minerales. Las particulas que constituyen estas rocas son tan pequeñas que el estudio de las mismas requiere el uso del microscopio electrónico. Las fracturas en estas rocas suelen estar llenas de óxidos o de calcita.

Los depósitos mecánicos se componen de fragmentos de rocas preexistentes. Si tales fragmentos son transportados antes de su acumulacion, el agente que los arrastra puede ser capaz de separar los más ligeros de los más pesados. Este proceso se llama selección y es característico cuando los fragmentos son tratados por el viento y las aguas corrientes. Mientras la accion de transporte sea debil, sólo son movidas las particulas ligeras, y éstas acaban por extenderse en alguna parte, formando capas de granos finos. Si la corriente llegase a ser más fuerte, puede arrastrar fragmentos más pesados, y entonces se distribuyen en capas de grano grueso, encima de las primeras, de materiales más finos. Así pues, por variaciones en la eficacia del agente de transporte, un depósito llega a tener una estructura en capas, conocida con el nombre de estratificación. Los estratos pueden ser diferentes atendiendo a sus caracteres:

1) Textura, esto es lo referido al tamaño de sus particulas o fragmentos constituyentes:

2) Composición puesto que la variación en su peso puede ser debida a diferencias de densidad propiedad estrechamente ligada a su composición química.

3) Textura y composición a la vez, es evidente que entonces la estratificación en un depósito es una prueba del cambio de condiciones durante la acumulación. Cuando cada estrato presenta individualmente, una graduación que va de grueso, abajo a fino en la parte superior, se dice que la estratificación es gradual.

Una estratificación gradual, muestra una graduación desde los granos más gruesos abajo, hasta los más finos en la parte superior, y en los estratos existe una transición brusca entre la parte fina de una capa y la porción inferior más gruesa de la capa inmediatamente superpuesta a ella. Esto se debe a que la velocidad y, por lo tanto, la fuerza de acarreo de una corriente, por lo general suelta con mucha mayor rapidez que ella disminuye. El aumento puede ser repentino la causa de una erosión local.

La cantera de lutita multicromada del banco No 5 ubicado en Michapa entre los límites de los estados de Morelos y Guerrero, a un lado de la carretera federal Grutas de Cacahuamilpa - Taxco, debido a su coloración y su textura suave se usa solamente para fines decorativos en la región de Coatlán del Río, Amecuzac, Puente de Ixtla, Mazatepec. Esta roca multicromada puede usarse en acabado de auros o en acabado de piso, ya que por ser una roca sedimentaria las hojas que se pueden extraer del banco, no tienen una gran resistencia para ser usadas estas hojas en auros de carga, ya que estas hojas no tienen resistencia para soportar el peso de una losa de un edificio y de esta manera sirvan de elementos estructurales.

Permaneciendo en la humedad estas hojas de cantera de lutitas multicromadas escurren el material componente de éstas, por lo que solo deben ser usadas en decoraciones interiores que no se estén exponiendo al agua para evitar el desgaste de la cantera multicromada.

El banco No 5 presenta una gran variedad de hojas de lutita, tanto en color como en tamaño y grosor o espesor y

forma de estas hojas de cantera que se extraen de este banco. El tamaño de las hojas de cantera que se extraen son generalmente de 50 cm. x 30 cm. de largo por el ancho respectivamente de forma rectangular. Las extraen en forma circular de 60 cm. de diámetro. Las extraen en forma cuadrada de 50 cm. por 50 cm. También se extraen piezas de cantera de 1.70 x 0.90 m. de largo por ancho, respectivamente. En estos casos el espesor de las piezas de las canteras multicromadas depende de los espesores de los estratos. El espesor de los estratos en este banco es de aproximadamente 10 cm. Se pueden extraer piezas de cantera multicromada muy grandes. Esto depende de la preparación previa de la hoja de cantera multicromada que se quiera extraer, el tiempo que se tenga disponible y la herramienta de la que se disponga.

La cantera multicromada de este banco es de buena calidad, ya que no es quebradiza y tiene cierta resistencia para su transportación y su colocación.

## CANTOS RODADOS EN LA REGION DE MAZATEPEC.

Estos han sido formatizados por rodamiento o por meteorización concentrica. Las piedras de rio, que hace rodar la corriente, y las de la playa, redondeadas por el vaiven de las olas, son incontundibles. Ambos tipos pasan por etapas subangulosas y finalmente llegan a ser bien redondeadas, con superficie lisa, exenta de rayas. Los granos blandos y duros son igualmente desgastados, si bien algunos granos fragiles haven podido ser desmenuzados al chocar con los mas duros. La forma definitiva depende de la naturaleza original de los fragmentos de rocas. Los bloques cubicos llegan a ser estericos, mientras que las lajas planas se desgastan para dar guijarros delgados, de forma ovalada.

La meteorizacion concentrica, o esteroideal, es un proceso por el cual se forman cantos rodados de desintegración. Entre los agentes que la producen se incluyen el hielo y el deshielo del agua en las grietas e intersticios de la roca, y los agentes quimicos tales como carbonatación, hidratación y oxidación de algunos de los componentes minerales, resultando una expansión localizada debido a que los nuevos minerales ocupan mas volumen que los antiguos. Estos agentes actuan hacia el interior a partir de los vertices, aristas y superficie de los bloques fisurados. Los vertices se desgastan más fuertemente que las aristas, y estas más deprisa que las superficies, de modo que la parte central va siendo redondeada. A partir de ella los granos son unicos o estan formados por capas sucesivas, a modo de corteza, o por astillas. Los cantos rodados procedentes de la desintegración se diferencian de los producidos por

desgaste en que están muy meteorizados en su parte exterior, y presentan superficie rugosa y granular.

En la región de Mazatepec, Estado de Morelos y todo el suroccidente del estado y además la región continua con el Estado de Guerrero, existe abundancia de canto rodado. En esta región del país este material es conocido como piedra de llano o piedra bola. Este material es muy usado en la región para la construcción de obras de ingeniería civil. Se usa para hacer cimentaciones de casas-habitación y escuelas. Para cimentar canchas deportivas; este canto rodado es muy usado para el empedrado de las calles. Por ejemplo, en la cabecera municipal de Mazatepec, existen varias calles que se arreglaron con canto rodado o piedra bola y un mortero para el junteado y colocación del canto rodado. Esto mismo se observa en Terecala de las Reformas, en Puente de Ixtla y en Amacuzac. A las calles que se les aplicó una carpeta de recubrimiento con este canto rodado y su mortero para el junteado de las piedras y su sujeción al suelo. No presentan ningún problema de servicio en la actualidad en ninguno de los poblados citados anteriormente. La carpeta, en todos los lugares citados, se observa en buenas condiciones y con mucho estabilidad y resistencia. De todo lo anterior podemos concluir que el canto rodado es un material útil en las obras de ingeniería civil en esta región. Además de que es fácil adquirirse. La forma del canto rodado de esta región es redondeado en forma de pelota, en muchos casos existen también cantos rodados en forma de huevo. Estas dos formas son las más comunes. El tamaño de los cantos rodados en esta región es variado. Se encuentran cantos rodados del tamaño de

una naranja, hasta cantos rodados del tamaño de unos 50 cm. de diámetro. Generalmente el canto rodado se encuentra esparcido o diseminado en la superficie de la tierra, estorbando las labores de los campesinos de la región, por lo que estos los amontonan en depósitos piramidales en los linderos de sus parcelas, para dejar sus tierras de cultivo libres de este obstáculo y es de esta forma como se encuentra el canto rodado en algunos lugares.

Se observaron algunos cortes en la carretera México - Acapulco, en el tramo Alpuyeca - Puente de Ixtla - Amacuzac y se descubrieron abundantes cantos rodados en todo el corte, en todos los casos con variedad de tamaño y forma, al igual que los que existen sobre la superficie de la tierra. Se observó el corte del banco No. 3 y aquí no existe ningún canto rodado en el interior del banco. En este banco sólo se observó, nada más, arena con las características ya descritas en este trabajo.

CAPITULO IV

EXPLOTACION DE BANCOS DE MATERIALES.

## "EXPLORACION DE BANCOS DE MATERIALES"

A continuacion se informara la forma en que se realiza la explotacion de los bancos de materiales estudiados en el capitulo anterior.

### BANCO No. 1

La explotacion de este banco se realiza en camiones de volteo. El material es excavado con peones usando pico y pala. Estos mismos peones son los que suben el material, una vez que ya está suelto esto, al camión de volteo.

El material no recibe ningún tratamiento, dado que es arena no lo requiere, aunque tiene algo de piedra bola o canto rodado incrustado. Estos cantos rodados los separan los mismos peones al ir cargando el camión de volteo. La explotación de este banco es para abastecer solamente la cabecera municipal de Amacuzac. Se explotan al día unos 12 m<sup>3</sup>. El acceso al banco es a través de la carretera libre México - Acapulco, tiene una terracería que se mete a la parcela que este via federal pasa a la orilla de esta.

### BANCO No. 2

La explotación de este banco se realiza con pico, marro y cincel. Los peones utilizan estos utensilios de labranza para cortar las canteras. Una vez que cortan las canteras las amontonan y el transporte lo hacen en camiones de volteo. Se explotan a diario unos 12 m<sup>3</sup> de riolita de este banco.

La carretera libre México - Acapulco es la que pasa a la orilla de la parcela donde se ubica este

banco y se llega hasta el banco a través de una terracería.

#### BANCO No. 3

La explotación de este banco la hace el Comisariado Ejidal de Cuauichichinola. Poseen un tractor pequeño para la excavación y cargado del material. A veces la excavación la hacen los peones con pico y pala y, peones también, cargan el material a un camión de volteo. Para el transporte del material cuentan con un camión de volteo. De 6 m<sup>3</sup>. Se explota a diario 1 camión de volteo en promedio. Para llegar a este banco se debe tomar una terracería de 2 km., aproximadamente, que se desvía de la carretera Cuauichichinola - Cuautlita, rumbo al ojo de agua.

#### BANCO No. 4

Este banco no se está explotando. Está ubicado en la orilla de la carretera Cuauichichinola - Cuautlita, a 5m. de esta carretera estatal.

#### BANCO No. 5

Este banco se explota por medio de pico, pala, marro, cincel y maceta.

Este banco se está explotando con peones que utilizan marro, pico, pala, maceta y cincel. Al extraer las canteras los peones lo hacen con mucho cuidado para no maltratar las piezas. El transporte lo hacen con camionetas. La explotación diaria es de una camioneta que la llevan a entregar a diferentes pueblos de esta región.

La explotación está a cargo de una persona física, que es la dueña de la parcela.

## MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE EXPLOTACION DE LOS BANCOS.

**REJILLAS Y CRIBAS.** Este equipo no es necesario de instalarse en la explotación de los bancos de esta región. Dado que los bancos de arena producen una calidad de arena fina que no necesita de equipo para la separación de partículas de mayor tamaño que el de la arena, porque no existen tamaños mayores que el de ésta.

Los bancos de riolita y cantera policromada no necesitan estas instalaciones porque los materiales extraídos de ellos son bloques de tamaños muy grandes.

Los bancos de arena de esta región pueden ser mejorados en su explotación, sustituyendo los sistemas de explotación actuales por otros que llevan incluida maquinaria pesada. Para la explotación de los bancos de arena se recomienda la pala mecánica, ya que ésta se utiliza para excavar tierra y cargarla y con capaces de excavar todo tipo de tierra, excepto roca fija. Las palas mecánicas pueden estar montadas sobre oruga, sobre llantas o sobre camión.

Otra máquina que se podría usar con mucho éxito en la explotación de los bancos de arena, es la draga. Una pala mecánica con una capacidad hasta de 2 M Yd cu, puede convertirse en draga, reemplazando el aguillón de la pala con la pluma de una grúa y sustituyendo el cucharón de la draga con el cucharón de la pala. La draga, por lo general, no tiene que estar dentro de agujero o dentro del banco para excavar. Puede operar sobre el nivel natural del terreno al estar excavando material en un banco con su cucharón. Esto será muy ventajoso para sacar la tierra de una zanja, canal o de un banco que contenga agua. Si el material se acarrea en camiones, no tienen que entrar al banco y batallar con el lodo. Esto es evitable al usar una draga con una pluma lo suficientemente larga para disponer del material en una sola operación, eliminando la necesidad de las unidades de acarreo, lo que reducirá el manejo del costo del material. Las dragas son unidades excelentes para la excavación en trincheras, cuando se permite que los taludes tengan sus ángulos de reposo, sin necesidad de ademerlos.

El banco de riolita puede ser explotado en forma mejorada con una draga y una retroexcavadora. La

retroexcavadora pueda ser equipada con un equipo para golpear el banco de riolita y, de esta manera, romper el material. Dado que la riolita es una roca muy resistente, de esta manera se evitaría que los peones rompieran con pico, martillo y cincel el banco de riolita. De la forma en que actualmente se hace, la producción es muy baja y la fatiga de los trabajadores es muy grande. Hay que hacer ver que los camiones de volteo serían llenados por la draga o por la retroexcavadora. Cosa que, en la actualidad, el llenado de camiones de volteo lo hacen los trabajadores manualmente. Esto significa mayor cantidad de accidentes para los trabajadores, dado que el peso de la riolita es alto. Los bloques que se cortan del banco son, generalmente, grandes. Al no cargar los camiones de volteo los peones, pues lo haría la draga o la retroexcavadora, se evitarían accidentes a los trabajadores.

## LA ROCA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCION.

La fachada de los edificios, las coberturas de protección en las presas de tierra, los firmes de las pistas de los aeropuertos y los constituyentes del hormigón son solamente algunos de los empleos que en ingeniería tienen la roca y sus productos.

Las canteras son lugares donde la roca se separa de sus lechos naturales y se prepara para su utilización en construcciones. Hay canteras a cielo abierto y subterráneas. Los canteros a cielo abierto pueden ser en laderas, cuando la roca se arranca en la falda de un cerro, o en corte, cuando la roca se extrae de cierta profundidad en el terreno. Los productos de una cantera son piedra labrada, piedra machacada y piedra de encachado. Las piedras labradas son bloques con las caras más o menos lisas, de formas y, generalmente, de tamaño especificados. El hormigón armado y los productos de arcilla cocida están sustituyendo rápidamente a la piedra labrada en la construcción, y así esta se utiliza, en general, solamente para revestimiento de fachadas de edificios costosos (granito, arenisca, caliza, incluyendo la conocida caliza de Indiana, y otras). La piedra y roca para pavimentación también están siendo reemplazadas por el hormigón y asfalto, aunque todavía se utilizan, moderadamente, los adoquines. Al disminuir la producción de piedra labrada, y progresado la industria de la piedra machacada. La producción anual de esta en los Estados Unidos, según las estadísticas de 1952, asciende a unos 300 millones de toneladas, cuyas dos terceras partes se usan en la construcción y el resto en la industria del cemento y la cal. La mayor parte de la piedra machacada procede de calizas, aunque también se obtiene en cantidades pequeñas de basalto, granito, arenisca y cuarcita. La piedra machacada se mide por toneladas, a precios relativamente bajos, mientras que la roca labrada es cara, en comparación, y se vende por metros cúbicos. Como consecuencia de esta diferencia, el costo de transportes largos arrastra solamente una pequeña parte del precio de la piedra labrada, pero es un factor importantísimo en el costo de la piedra machacada. Generalmente una cantera produce ambos tipos de piedra, aunque hay algunas que se especializan en uno u otro.

Piedra de encachado es piedra rota a bolos que se utilizan como un lecho de protección en la cara de aguas arriba de un dique o presa de tierra, para

protegerlo de la acción de las olas y de la erosión general por el agua.

Como en el caso de la piedra machacada, el factor transporte es un componente muy importante en el coste de este tipo de piedra. Una cantera para piedra partida de abro, generalmente, para la ejecución de un proyecto dado. Debe estar lo más cerca posible del emplazamiento de este y se da por bueno aunque no haya más que la cantidad de piedra precisa para la obra, sin que quede reserva alguna para el futuro.

La acción del hielo, la destrucción química, la destrucción física, son los factores que afectan el servicio de la roca en ingeniería. Si una roca está saturada, sus poros están llenos de agua, la congelación de este produce esfuerzos de tensión en la roca, que la agrieta por tal causa. En muchas grandes, la piedra de construcción se ve más afectada por los gases atmosféricos que por cualquier otro agente destructivo. Los anhídridos carbonícos,  $CO_2$ , sulfuroso,  $SO_2$  y sulfúrico,  $SO_3$ , son los principales gases perjudiciales. Si la calcita se ve atacada por los gases sulfurosos, puede transformarse en sulfato, lo que produce el desconchamiento de la piedra. Los módulos y calizas pueden, por lo tanto, no ser muy resistentes a la meteorización.

A veces el efecto de mojado y secado alternativo o la disolución de sustancias solubles de la roca origina la destrucción del encochado. Este último caso suele ser bastante corriente cuando las rocas proceden de regiones áridas, donde la fixitación natural es muy lenta o no existe. Cuando es grande el contenido de bentonitas o arcillas similares en la roca, es bastante común que un proceso cíclico de mojado y secado las destruya. Aunque los agentes físicos tratados en esta sección afectan sobre todo la piedra de construcción, en algunas ocasiones su acción destruye también la de encochado e incluso el hormigón. Estos agentes pueden ocasionar desconchones, grietas o la destrucción del cemento en las areniscas. A veces aparecen por cristalización de sales unas manchas blancas, llamadas "eflorescencias", en la superficie exterior de los edificios. Bajo una lluvia continuada, los poros de la superficie de una piedra pueden llenarse de una solución sobresaturada de sal. Habrá un crecimiento de los cristales que pueden producir un exceso de presión hidrostática y la desintegración correspondiente de la piedra.

## CANTERAS .

Los mismos factores básicos regulan las prospecciones de rocas para piedras labradas, machecada o partida. Estos son: calidad, cubicación, economía de producción y transporte. La investigación puede hacerse simplemente por un reconocimiento geológico, investigación subterránea con sondeos o geofísica, o por varios de estos procedimientos combinados.

**CALIDAD.**- Un geólogo competente puede, en general, determinar la calidad de la roca con el examen de muestras que él considere representativas de toda la cantera. Si la roca ha de utilizarse en una industria en la que solamente son esenciales sus propiedades químicas, se puede tomar datos suficientes tomando muestras con una sonda de percusión. Sin embargo, para piedra labrada y toda la machecada y partida, deben determinarse las propiedades físicas, para lo cual se toman testigos con coronas de diamantes, generalmente de tres pulgadas de diámetro. La roca para piedra labrada debe estar libre de grietas, tener textura uniforme y un color atractivo y, en algunos casos, ser capaz de recibir pulimentación. Algunas piedras, como la caliza y arenisca, es conveniente que tengan lechos horizontales de estratificación. La piedra machecada y partida debe ser fuerte, firme y de baja absorción de agua. En particular, las rocas aléjidas para piedra de enchocado, deben ser bastante cuadradas y con caras razonablemente planas. Su peso específico es de la mayor importancia. Su valor es de 2.6, como mínimo, puesto que la roca debe ser suficientemente pesada para resistir el desplazamiento por la acción de las olas, presión del hielo y las embestidas de los objetos que arrastre la corriente.

Cuando se ha estudiado la calidad de la roca, se debe prestar atención a los riesgos geológicos locales que pueden gobernar la explotación. Son de la mayor importancia el rumbo y buzamiento. En una cantera en rocas sedimentarias puede ser ventajoso el llenar el piso paralelo a la estratificación. Si los estratos están muy levantados, se puede trabajar la cantera como una trinchera de paredes muy pendientes, explotando solamente los lechos buenos.

**CUBICACION.**- Si la roca aflora, especialmente en un farallon o lo largo de un curso de agua, se puede estimar fácilmente el volumen con una simple inspección ocular y unas cuantas medidas. Si no hay afloramiento, la cubicación puede basarse en sondeos o investigación geofísica.

La cubicación de una cantera se hace en toneladas.

**ECONOMIA.-** Uno de los factores más importantes que pueden hacer económicamente prohibitiva la explotación es el costo de transporte del producto al lugar de consumo. Los sueldos elevados, la falta de mano de obra, las malas condiciones de desagüe de la cantera y la eliminación de arcilla, arena, grava y rocas inadecuadas que cubren la roca que se explota; son factores que pueden incrementar los precios.

## USO DE LOS BANCOS.

Los bancos estudiados en este trabajo son de arena mal graduada. Sin embargo encontramos una distribución regular de granos que va desde la malla No. 8, cuya abertura de cuadros es de 2.360 mm y en algunas muestras la distribución del material llega a la malla No. 6 cuya abertura es de 3.030 mm. Observando los diámetros menores. Vemos que el material se distribuye en forma adecuada en todos los diámetros desde los dos diámetros antes citados hasta la malla No. 200 con abertura de 0.074 mm.

Nunca se presenta material en la malla No. 4 de abertura 4.76 mm. En esta se separan la arena y la grava, por lo tanto, concluiremos que el material de los bancos analizados, no presenta grava y que éstos sólo son de arena. Con este material se puede elaborar morteros para aplastados de casa - habitación, para juntar piedra de mampostería, para hacer morteros para pegar tabique rojo y tabicón.

Esta arena carece de su agregado pétreo, que sería la grava, para producir concretos. Esto es posible si el agregado pétreo se produce en otros bancos, como sería el banco de riolita. Para lograr esto sería necesario instalar en este una planta de trituración con todas las maquinarias y personal necesarios para su operación. En este mismo trabajo se hace referencia a algunas maquinarias que pueden excavar el banco de riolita y que pueden servir a su vez de cargadoras del material a un determinado medio de transporte, para que de esta manera se pueda vaciar material a la tolva y de esta regular el vértice vaciar la máquina trituradora. Esta máquina trituradora puede seleccionarse de entre máquinas trituradoras de quijada fija y máquinas trituradoras de quijada móvil.

Una vez preparado el agregado grueso en la planta de trituración, el material se llevaría a donde se requiriera y sería mezclada con la arena de cualquiera de los bancos, aquí presentados, para obtener concreto de la calidad deseada por el constructor.

Los materiales de los bancos de arena de esta región presentan un D<sub>15</sub> de 0.73 mm a 0.70 mm, que relacionado con el material a proteger sería a través de la relación:

$$\frac{D_{15} \text{ del filtro}}{D_{15} \text{ del suelo}} < 4 \text{ ó } 5 < \frac{D_{85} \text{ del filtro}}{D_{85} \text{ del suelo}}$$

De seguro que el material de los bancos de arena de esta region si sirve como material de filtro. En caso de que la arena como se extrae de los bancos no pasara por el material de filtro seria necesario quitarle fino a traves de mallas del No. 200 de abertura 0.074 mm si es de el caso inverso, de que la arena fuera muy filtrante, seria necesario agregarle una determinada cantidad de fino para que hagan la función de retencion del agua entre las particulas o granos de arena hasta cumplir con la relacion antes mencionada. Las arenas de los bancos de esta region contienen muy poco fino que en ninguna de las muestras, el peso en por ciento siempre fue menor a uno. Se analizaron muestras de 600 gr. y de 400 gr., lo que representa que paso la malla No. 200 de 0.074 mm una cantidad menor a 6 gr. y 4 gr., respectivamente. Lo que comparado con los 600 gr. y 400 gr. es una cantidad mucho mas pequena, lo que de seguro hara a estas arenas buenos materiales para filtros en construccion de vias ferrocarriles o urbanizacion.

A continuación se presentan dos granulometrias recomendadas por instituciones dedicadas a la construcción de carreteras.

Malla	Abertura en mm	Porcentaje que pasa, en peso	Malla	Abertura en mm	Porcentaje que pasa, en peso
1 <sup>st</sup>	25.4	100	1 1/2 <sup>st</sup>	38.1	100
3/4 <sup>st</sup>	19.1	90-100	1 <sup>st</sup>	25.4	80-100
3/8 <sup>st</sup>	9.52	40-100	3/4 <sup>st</sup>	19.1	65-100
Nº 4	4.76	25-40	3/8 <sup>st</sup>	9.52	40-80
Nº 8	2.38	18-33	Nº 4	4.76	20-55
Nº 50	0.590	5-15	Nº 10	2.00	0-35
Nº 50	0.297	0-7	Nº 20	0.840	0-20
Nº 200	0.074	0-3	Nº 40	0.420	0-12
			Nº 100	0.149	0-7
			Nº 200	0.074	0-5

En seguida se presenta una granulometria de la región estudiada en este trabajo.

Malla	Abertura mm	Porcentaje que pasa, en peso
8	2.38	84.56
10	1.68	68.82
12	1.41	65.18
14	1.19	53.27
18	1.00	32.12
20	0.84	28.89
30	0.59	11.17
35	0.50	7.12
40	0.42	4.82
50	0.297	3.72
60	0.250	2.57
80	0.177	1.40
100	0.149	0.74
120	0.125	0.50
180	0.083	0.18
200	0.074	0.09

Al comparar las granulometrias de las recomendadas por las instituciones dedicadas a construir carreteras con la granulometria del banco de arena de la región, vemos que a esta última le faltan los tamaños correspondientes a las gravas. Principalmente el diámetro de 3/8".

## FILTROS EN PAVIMENTOS.

Es frecuente que en las cimas de los cortes de las carreteras y las vías férreas aparezcan grandes cantidades de agua; en estos casos, puede ser útil la colocación de capas permeables bajo el pavimento para su protección. Estas son capas de espesor razonable que se colocan bajo de la corona del camino o de la superficie pavimentada y están constituidas por material de filtro, de manera que con ayuda de una pendiente transversal adecuada y de correctas instalaciones de salida puedan drenar el agua que se infiltre desde el pavimento, que provenga de los acetamientos de la vía o que accione por subpresión, procedente de niveles inferiores.

Muchas veces estas capas drenantes se integran en el pavimento, aprovechando que la naturaleza granular de los materiales de filtro los hace muy apropiados para tal función, estructuralmente hablando. Otra función de los filtros pudiera ser servir de transición entre los materiales finos de terracería y alguna capa de material triturado grueso que se coloque encima, para impedir la incrustación de los fragmentos gruesos en la matriz fina.

**LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE.**

**CAPITULO I .**

Artículo 38.- Para los efectos de esta ley se entiende por:

I.- AMBIENTE: El conjunto de elementos naturales o inducidos por el hombre que interactúan en un espacio y tiempo determinados.

IV.- CONTAMINACION: La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico.

**CAPITULO II.**

Artículo 39.- Las atribuciones que en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente tiene el Estado, y que son objeto de esta ley, serán ejercidas de manera concurrente por la Federación, las Entidades Federativas y los municipios, con sujeción a las siguientes bases:

I.- Son asuntos de competencia federal los de alcance general en la nación o de interés de la federación, y

II.- Compete a los estados y municipios, los asuntos no comprendidos en la fracción anterior, conforme a las facultades que ésta y otras leyes les otorgan, para ejercerlas en forma exclusiva o en su ejercicio con la federación, en sus respectivas circunscripciones.

Artículo 40.- Compete a las entidades federativas y municipios, en el ámbito de sus circunscripciones territoriales y conforme a la distribución de atribuciones que se establezca en las leyes locales:

XI.- La regulación con fines ecológicos, del aprovechamiento de los minerales o sustancias no reservadas a la federación, que constituyan depósitos de naturaleza semejante a los componentes de los terrenos, tales como rocas o productos de su descomposición que solo puedan usarse para la fabricación de materiales para la construcción o ornamento.

Artículo 289.- La realización de obras o actividades públicas o privadas, que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones señalados en los reglamentos y las normas técnicas ecológicas emitidas por la federación para proteger el ambiente, deberán sujetarse a la autorización previa del gobierno federal, por conducto de la secretaría o de las entidades federativas o municipios, conforme a las competencias que señala esta ley, así como el cumplimiento de los requisitos que se les impongan una vez evaluado el impacto ambiental que pudieran originar, sin perjuicio de otras autorizaciones que corresponda otorgar a las autoridades competentes.

Cuando se trate de la evaluación del impacto ambiental por la realización de obras o actividades que tengan por objeto el aprovechamiento de recursos naturales, la secretaría requerirá a los interesados que en la manifestación del impacto ambiental correspondiente, se incluya la descripción de los posibles efectos de dichas obras o actividades en el ecosistema de que se trate, considerando el conjunto de elementos que lo conforman y no únicamente los recursos que serían sujetos de aprovechamiento.

De los artículos anteriores de la ley referida, vemos la relación del medio ambiente y la contaminación. El capítulo I describe estos dos conceptos.

El capítulo II norma, en forma muy general, las actividades y los obras que pudieran causar un desequilibrio ecológico. En la fracción XI del artículo 62, dicha ley atribuye a las entidades federativas y municipios la regulación con fines ecológicos del aprovechamiento de los bancos de materiales para la construcción u ornamento.

En el artículo 28 de dicha ley, se dice la forma en que se debe otorgar un permiso para la realización de alguna actividad pública o privada. Este permiso se otorgará cuando se haya hecho un impacto ambiental de todos los elementos que interactúan y no solamente se hará impacto ambiental de los materiales a explotar. Del impacto ambiental realizado el gobierno correspondiente impondrá los requisitos a cumplir, para proteger el ambiente o para evitar algún tipo de contaminación.

## RESTRICCIONES PARA LA EXPLOTACION DE LOS BANCOS.

En la actualidad no se aplica restricción alguna en la explotación de los bancos. Esto puede ser debido a que en esta región se explota muy poca cantidad de materiales de construcción. Los pueblos que se ubican próximos a estos bancos son pueblos pequeños que no requieren de obras muy grandes que necesiten una muy elevada explotación de algunos bancos de esta región. Una obra muy grande sería el metro de la Ciudad de México, por ejemplo o conjuntos habitacionales que requirieran gran cantidad de materiales de construcción.

Debido a que se requiere muy poca cantidad de materiales para la construcción en los municipios de esta región, no se toma en cuenta la aplicación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente.

## POSIBILIDAD DE EXPLOTACION DE NUEVOS BANCOS EN LA REGION.

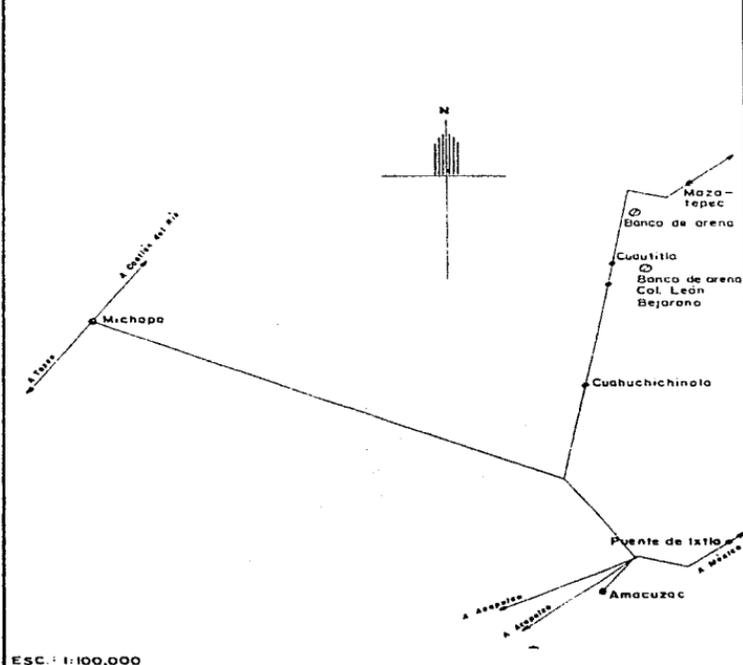
Los bancos de materiales que fueron estudiados en este trabajo, no son los únicos que existen en esta región. Aparte de estos existen otros bancos que no fueron analizados en este trabajo. Al occidente de la comunidad de Cuautlita y a la vez al norte de la comunidad Leon Hejarano, existe un banco de arena que apenas empieza a ser explotado. Se recorrió la zona de banco de arena y se apreció que delimita al poniente, en la zona estricla, con suelo arcilloso; al norte delimita con una zona arbolada y parcelas agrícolas; al oriente delimita con una zona de lomeras, lo que da cierta posibilidad de que este banco de arena se extienda en estas lomas. El material aquí observado fué arena mal graduada con curva granulométrica constante. Seméjante a la arena que se tiene en el banco No. 2 (banco que se ubica cerca del ojo de agua). Esta arena extraída de este banco, que se localiza en Cuautlita y Leon Hejarano, está libre de materia orgánica, no está contaminada de sílice, ni se presentan gravas ni rocas que hicieran necesario un tratamiento previo para explotar la arena.

Otro banco de material de arena se presenta en el límite norte de la zona de parcelas (zona agrícola), al norte de la comunidad de Cuautlita. Este banco está totalmente abandonado en la actualidad. Este delimitado por la carretera federal Mazatepec - Tetecala y la Carretera Estatal Cuautlita - Cuauhichinola.

Para la ubicación de estos bancos se anexa el siguiente croquis.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CROQUIS DE LOCALIZACION DE NUEVOS BANCOS DE MATE-  
RIALES PARA OBRAS DE INGENIERIA CIVIL



**MERCADO ACTUAL Y FUTURO DE CONSUMO DE MATERIALES TANTO A NIVEL INDUSTRIAL COMO HABITACIONAL.**

El mercado actual de los materiales para la construcción en esta región es bueno, ya que continuamente se realizan obras de construcción de caso - habitación de propietarios particulares. Por el lado del sector público, el Gobierno Municipal realiza obras de drenaje y agua potable, pavimentación de calles en comunidades, construcción de escuelas o mantenimiento de éstas, entre otras obras que requieren de cierta cantidad de materiales que se extraen de los bancos estudiados.

El mercado futuro de los materiales para la construcción en esta región se le ve con buenas perspectivas, ya que los Gobiernos Municipales de la región y el Gobierno del Estado promueven una zona habitacional de gran dimensión para evitar un crecimiento anárquico de la Ciudad de Cuernavaca y, de esta manera, evitar el crecimiento desequilibrado del Estado de Morelos.

Aparte de la promoción de la zona habitacional arriba señalada, estos gobiernos promueven en esta misma región una zona industrial que de realizarse requerirá un consumo mayúsculo de materiales de construcción de la región.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .

## "CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES".

La región suroriente del Estado de Morelos, en épocas muy remotas, estuvo sumergida en un mar de aguas tranquilas y saladas. En la parte central de la formación Morelos existen muchos bancos de arena. Los que se analizaron dieron como resultado ser arena mel graduada. La arena que se obtiene de estos bancos es recomendable para hacer morteros. El cual puede ser la clase de agregado que se necesita, dado el tipo de construcciones que se hacen en estas regiones. Que consisten en caso - habitación de 4 niveles, cuando mas. Lo cual es recomendable este tipo de arena para el tamaño de estas obras. Para las cimentaciones, losas, traves y columnas usar este tipo de arena mezclada con agregado grueso. Este tipo de agregado grueso es la grava. La dosificación de los agregados grueso y finos debe hacerse de acuerdo a las normas que para el caso editan institutos dedicados al estudio para la elaboración de mezclas de concreto.

Los bancos de arena que se explotan dejan el area minada erosionada. Se recomienda que una vez terminada la explotación de un determinado banco, se reforeste el banco sembrando plantas de la region, como podria ser el guamuchil. Además, tambien se desarrolla muy bien un arbol conocido en la región como "trueno", estos arboles se recomiendan para reforestar las areas minadas. Recurrir a las delegaciones de organismos forestales para ver si no alteran el ecosistema. Algunos arboles, por la profunda penetracion al suelo de su sistema radicular y sus sistema de transpiracion. Evaporan mucha agua al ambiente obteniendo, como consecuencia, un secamiento de los depositos del suelo. Esto seria alterar el ecosistema. Si estamos resolviendo la alteracion que causa minar un banco de determinado material, debemos ser cuidadosos en dar una solucion.

"BIBLIOGRAFIA".

Cuaderno De Trabajo De Geotecnia II.  
Carlos Arias Rivera.  
Jorge L. Meza Reyna.  
Faculta de Ingenieria.  
Universidad Nacional Autónoma de  
Mexico.  
Division de Ingenieria Civil Topográfica y  
Geodésica.  
Departamento de Geotecnia.

Carta Topográfica E 14-5  
Escala 1: 250 000  
Instituto Nacional de Estadística Geografía  
e Informática.

Volumen XXV  
Números 4-6  
Boletín de la Asociación Mexicana de  
Geólogos Petroleros.  
Abril - Junio de 1973.  
Ing. Guillermo Ontiveros Tarango.  
Instituto de Geología.  
Universidad Nacional Autónoma de México.

Carta Geológica de Mexico.  
Escala 1 : 100.000  
Hoja Tanco 14 p - h(7)  
Zoltan de Csorna  
y Carl Fries, Jr.  
Instituto de Geología.  
Universidad Nacional Autónoma de México.

La ingeniería de los suelos en las vías  
terrestres.  
Carreteras, ferrocarriles y aeropistas.  
Vol. 1  
Alfonso Risco y Hermilo del Castillo  
Editorial Limusa, México 1978.

Métodos, planeamiento y equipos de  
construcción.  
R. L. Peurifoy  
Editorial Diana.

Manual de excavaciones.  
Herbert L. Nichols, Jr.  
Compañía Editorial Continental. S. A.

Principios de Geología y Geotecnia para  
Ingenieros.  
D. P. Kryaine  
William R. Judd  
Edit. Omega S. A.

Gaceta ecologica, Vol. 1, No. 1  
Junio de 1989.

Secretaría de Desarrollo Urbano y  
Ecología.

Aspectos Generales de Mecánica de Rocas  
Erast G. Gasiev.  
Instituto de Ingeniería  
Universidad Nacional Autónoma de  
México.  
Junio de 1970.

Resistencia y Compresibilidad de  
Enrocamientos y gravas.  
Raul J. Marsal  
Instituto de Ingeniería  
UNAM  
Publicación 306  
Agosto de 1972

