

DL
02
T(725)

**BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO**

"GUIA DE INVESTIGACION PARA BANCOS DE
MATERIALES EN EL TERRITORIO DE GUATEMALA"

T E S I S

PRESENTADA A LA COORDINACION DEL PROGRAMA
DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S.
DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA.

P O R

EDGAR ADOLFO MOLINA GONZALEZ

PREVIO A OPTAR AL TITULO DE ARQUITECTO

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MI ESPOSA

A MI HIJA

A MIS HERMANOS

CONTENIDO

INTRODUCCION

CAPITULO I

SINTESIS GEOLOGICA DE GUATEMALA

1.1- GENERALIDADES

1.2- GEOMORFOLOGIA

1.3- MARCO GEOLOGICO REGIONAL

1.4- ESTRATIGRAFIA

1.4.1- Rocas Metamórficas (Pzm)

1.4.2- Rocas Sedimentarias del Carbonífero y Pérmico (CPsr)

1.4.3- Carbonatos del Pérmico (Pc)

1.4.4- Formación Todos Santos (JKts)

1.4.5- Carbonatos del Cretácico (Ksd)

1.4.6- Rocas Igneas del Cretácico-Jurásico (Π)

1.4.7- Rocas Intrusivas (I)

1.4.8- Sedimentos Clásticos Marinos (KTs)

1.4.9- Areniscas Subinal (KTsb)

1.4.10- Sedimentos Marinos (Tpe)

1.4.11- Yeso y Marga (Tic)

1.4.12- Calizas, Areniscas y Conglomerados (Tsd)

1.4.13- Depósitos Continentales (Tsp)

1.4.14- Rocas Volcánicas Sin Dividir (Tv)

1.4.15- Rocas Volcánicas (Qv)

1.4.16- Cenizas Volcánicas (Qp)

1.4.17- Aluviones Cuaternarios (Qa)

1.5- ESTRUCTURA

- 1.5.1- Tectónica de Placas
- 1.5.2- Sistemas Plegados
- 1.5.3- Principales Fallas
- 1.5.4- Estructuras Especiales
- 1.5.5- Otros Aspectos Estructurales

1.6- HISTORIA GEOLOGICA

CAPITULO II

GUIA DE INVESTIGACION PARA BANCOS DE MATERIALES

2.1- GENERALIDADES

2.2- QUE ES UN BANCO DE MATERIALES

2.3- CLASE DE BANCOS

2.4- LA GEOLOGIA Y TOPOGRAFIA EN LA INVESTIGACION DE BANCOS DE MATERIALES

2.4.1- Mapas Topográficos

2.4.1.1- Sistema Cuadrulado

2.4.2- Mapas y Modelos Geológicos

2.5- PASOS PARA EL DESARROLLO DE UNA INVESTIGACION DE BANCOS

2.5.1- Delimitación de las Zonas de Estudio

2.5.2- Reconocimiento y Muestreo de la Zona de Estudio

2.5.2.1- Muestreo de Rocas o Bloques

2.5.2.2- Muestreo de Material de Canto Corrido

2.5.2.3- Muestreo de Arenas Volcánicas

2.5.2.4- Muestreo de Arcillas

2.5.3- Análisis Físico de las Muestras

- 2.5.3.1- Análisis de Rocas o Bloques
- 2.5.3.2- Análisis de Gravas y Arenas de Canto Rodado
- 2.5.3.3- Análisis para Arcillas
- 2.5.4- Investigación del Uso Constructivo de las Muestras
- 2.5.5- Cuantificación de Bancos
 - 2.5.5.1- Método por Mapeo
 - 2.5.5.2- Método por Prospección Geofísica
 - 2.5.5.3- Método por Prospección Mecánica (Pozos Exploratorios)

CAPITULO III

LOS MINERALES Y LAS ROCAS Y SU INTEGRACION EN LA CONSTRUCCION

- 3.1- GENERALIDADES
- 3.2- LOS MINERALES
- 3.3- LAS ROCAS
 - 3.3.1- Rocas Igneas
 - 3.3.2- Rocas Sedimentarias
 - 3.3.3- Rocas Metamórficas
- 3.4- ALGUNOS ASPECTOS DEL USO CONSTRUCTIVO DE LOS MINERALES Y LAS ROCAS
 - 3.4.1- Análisis Individual de Integración
 - 3.4.1.1- La Acción de las Bajas Temperaturas
 - 3.4.1.2- Destrucción por Agentes Atmosféricos
 - 3.4.1.3- Destrucción por Agentes Físicos
 - 3.4.2- Análisis de Conjunto
 - 3.4.2.1- Reacciones del Cemento y los Agregados o Aridos
 - 3.4.2.2- Efectos Termales de los Agregados del Concreto

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

APENDICE

TABLAS DE PROPIEDADES DE ALGUNAS UNIDADES LITOLÓGICAS

VOCABULARIO

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

La idea de realizar este trabajo, nació ante la dificultad de llevar a cabo una investigación satisfactoria de "BANCOS DE MATERIALES", solicitada por la Coordinación de E.P.S., durante la practica del mismo. Situación que se debió a la falta de conocimientos sobre el tema.

Por ello se consideró de suma importancia, ejecutar un trabajo diferente a los antes realizados, ya que en esta oportunidad, el diseño no ocupa el primer lugar; sino, - el deseo de contribuir al estudio de los yacimientos minerales no metálicos, en beneficio de la comunidad guatemalteca. Así como la intención de proveer al estudiante de Arquitectura de un documento que lo oriente e incentive en la investigación de estos y que a la vez, le proporcione nociones sobre la formación y composición del subsuelo de Guatemala.

En el estudio se presentan tres capítulos. El primero de ellos contiene conocimientos elementales acerca de la Geología de Guatemala, para poder realizar con propiedad una investigación de esta índole en el territorio de Guatemala. El segundo presenta los pasos necesarios para lograr esta clase de investigaciones. Indicando desde lo que es un banco, hasta el enunciado de las técnicas para calcular el volumen del mismo. Con el tercer capítulo, se trata de proveer conocimientos generales acerca de la composición y clasificación de las distintas unidades litológicas y algunos aspectos en el uso constructivo de las mismas.

Para finalizar, debo indicar que este trabajo, se realizó a base de entrevistas, experiencias en el campo e investigaciones bibliográficas.

No pretendo que el mismo supla la falta de conocimientos del tema, mencionado al principio, pero, por lo menos, deseo que sirva de estímulo para estudios posteriores,

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

OBJETIVO GENERAL

- Contribuir a la investigación de los recursos minerales no metálicos de Guatemala, como uno de los medios para lograr mayor disponibilidad de materiales de construcción en las diferentes comunidades guatemaltecas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Elaborar un documento que proporcione al estudiante de Arquitectura y en especial al epesista, las bases necesarias para efectuar una investigación de bancos de materiales en la comunidad que asiste; bien sea por necesidades de ésta o por interés de investigación.
- Proporcionar al estudiante de Arquitectura, nociones sobre la formación y composición del subsuelo de Guatemala, para una mejor comprensión y solución a los problemas de investigación de bancos de materiales.
- Transmitir al estudiante de Arquitectura nociones sobre la importancia de conocer las propiedades constructivas de los materiales de construcción tanto particulares como de conjunto.

CAPITULO I

SINTESIS GEOLOGICA DE GUATEMALA

1.1- GENERALIDADES

Guatemala es principalmente una continuación geológica de México y América del Norte. Rocas Paleozoicas y Mesozoicas con rumbo sureste en el sur de México, sufren en Guatemala un cambio de rumbo hacia el este y continúan hasta el Mar Caribe, posiblemente emergen para formar parte del eje geológico de las Antillas Mayores.

La Fosa Bartlett tiene una prolongación en tierra firme de Guatemala, donde la fosa emerge en forma de dos sistemas de fallas. Una cadena volcánica con rumbo sureste coronada por una fila de conos cuaternarios cruza esta armazón estructural más antigua, formando el Eje Volcánico Centroamericano actual.

Las cuatro provincias principales de Guatemala son las siguientes: 1) provincia Volcánica de Edad Terciaria Reciente que abarca la parte sur del país - 2) la Planicie Costera del Pacífico que consiste en detritus provenientes de la erosión de las sierras volcánicas; 3) una cordillera que forma el núcleo geosinclinal del norte de Centroamérica, consistente en esquistos, granitos, serpentinitas, y un cinturón plegado sedimentario hacia el norte; 4) la tierra baja del Petén, una cuenca sedimentaria de edad Cretácica que ocupa la región norte de la República. Esta cuenca formó parte del Golfo de México durante el Cretácico y Terciario.

Las rocas sedimentarias de la zona de pliegue y de la cuenca de El Petén, tienen juntas un espesor de más de 10,000 m, que incluye 3,000 metros de lutitas

(2)

y calizas de edad Pennsylvánica y Pérmica, 1,000 metros de capas rojas de edad Jurásica y Cretácica, 3,000 metros de carbonatos Cretácicos los cuales su fren un cambio lateral a una cuenca de evaporitas hacia el norte con un espesor posiblemente de más de 3,000 metros y más de 1,000 metros de clásticos de edad Terciaria inferior. Sedimentos de edad Terciaria superior exceden 1,000 metros en espesor.

Líneas de falla largas y rectas y zonas de deslizamiento sugieren movimientos tipo "strike-slip" a lo largo de los sistemas de fallas que pertenecen a la - tendencia estructural de la Fosa Bartlett o de Caymán. Sin embargo, únicamen te componentes de desplazamiento vertical han sido verificados con trabajo de campo en Guatemala. (2)

1.2- GEOMORFOLOGIA (1)

En Guatemala dominan dos orientaciones estructurales a saber:

- I. Un arco este-oeste, convexo hacia el sur, de rocas cristalinas y sedimentarias Paleozoicas y Mesozoicas, que se extiende desde Chiapas hasta el Mar Caribe.
- II. Un alineamiento noroeste-sureste a través de América Central, expresado en rocas volcánicas Terciarias recientes, acentuado por una hilera de conos Cuaternarios.

Las regiones que dominan estas orientaciones se les llama respectivamente Sierras del Norte de América Central y la Provincia Volcánica. Hacia el norte se encuentra la cuenca Sedimentaria del Petén. Aunque esta Cuenca muestra alineamientos similares a la Cordillera Centroamericana, tiene afinidad más fuerte con la Costa del Golfo.

Así mismo en el territorio de Guatemala se distinguen cuatro provincias Fisiográficas, que son de sur a norte: (Ver Fig.1)

- a. La Planicie Costera del Pacífico
- b. La Provincia Volcánica o Cinturón Volcánico
- c. La Cordillera Central de Guatemala
- d. Las Tierras Bajas del Petén

Las cuales se describen brevemente a continuación:

- a. La Planicie Costera del Pacífico:

A lo largo del litoral Pacífico, los productos de la erosión de las Tierras Altas Volcánicas han creado una planicie costera con un ancho promedio de 50 Km.

- b. La Provincia Volcánica o Cinturón Volcánico

La Provincia Volcánica cubre la parte Occidental, sur y oriental de Guatemala, extendiéndose hacia las otras Repúblicas Centroamericanas.

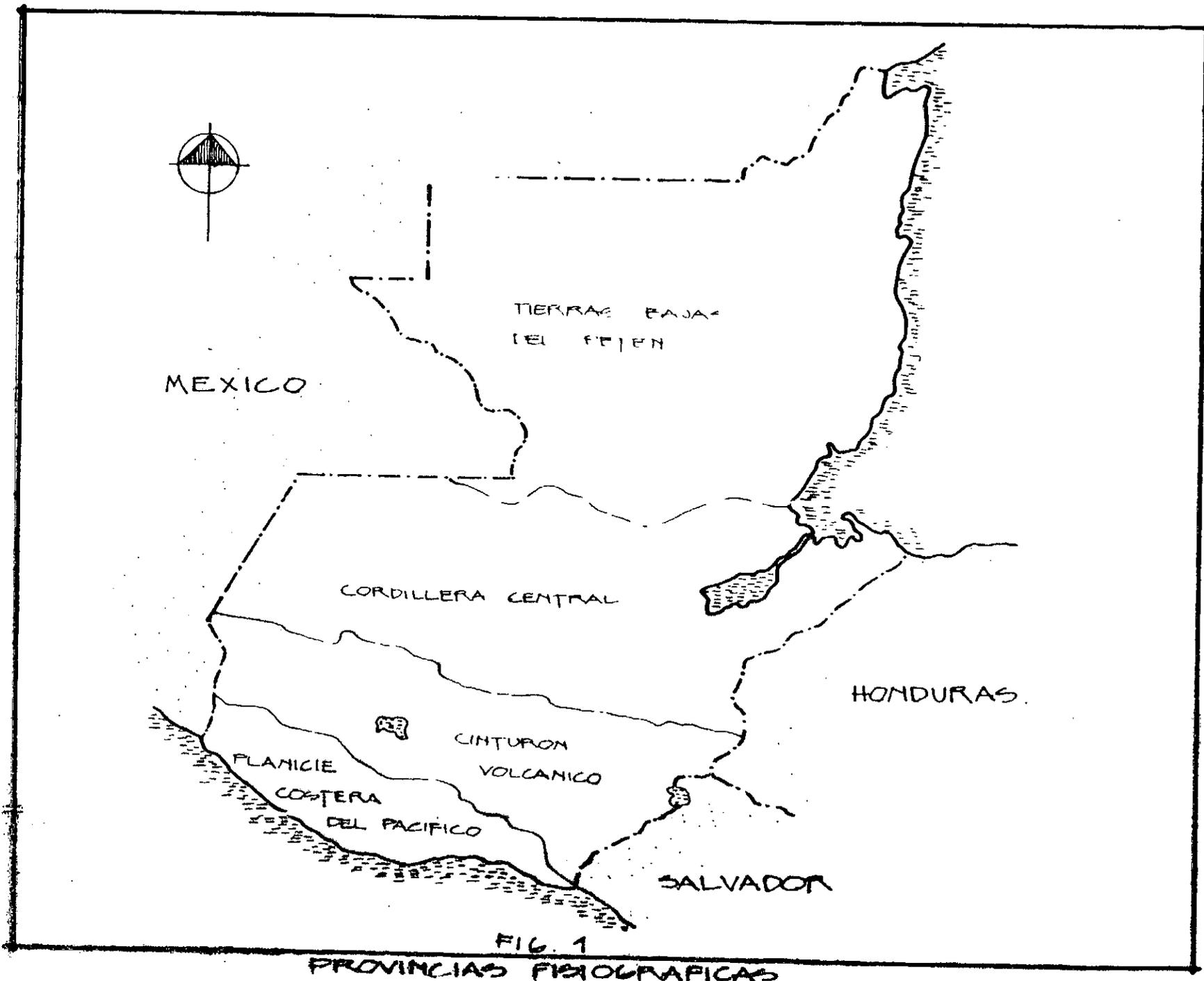
Esta zona se caracteriza por sus altas montañas, por su cadena de altos conos y domos, varios de ellos todavía activos, como por ejemplo, los volcanes Santiaguillo, Fuego y Pacaya, que se encuentran alineados entre el Plano Costero - del Pacífico y un cinturón de rocas Volcánicas Terciarias, al otro lado; aquí en esta franja se encuentran también las enormes cuencas que contienen los Lagos de Atitlán, Amatitlán y Ayarza y anchos Valles planos, profundamente rellenados con depósitos de pómez Cuaternarios, como los de Chimaltenango, Tecpán, Chichicastenango, Quiché, Guatemala, y Quetzaltenango.

c. La Cordillera Central de Guatemala

La faja de rocas plutónicas, metamórficas y sedimentarias plegadas, que se extiende a través del centro del país, se ha llamado la "Cordillera Central de Guatemala"; esta forma parte del sistema Cordillerano que se desarrolla desde Chiapas hasta las Islas de la Bahía en Honduras.

d. Las Tierras Bajas del Petén

Las Tierras Bajas del Petén representan un área de bosque tropical húmedo con elevaciones promedio de 100 mts. formado por sedimentos Mesozoicos y Terciarios levemente plegados. Sobre calizas y dolomitas Cretácicas donde se desarrolló un relieve Karst extenso, dando lugar a terrenos muy accidentados. Debido al drenaje subterráneo hay amplias regiones sin suministro de agua durante la estación seca. En ciertas partes del bosque tropical cede el terreno a amplias sabanas con pinos esparcidos y cerritos calcáreos de tipo Karst, que sobresalen de 30 a 100 mts. sobre la planicie de la sabana.



1.3- MARCO GEOLOGICO REGIONAL

El territorio de Guatemala está comprendido por su geografía física, dentro de una plataforma continental que se extiende desde el Istmo de Tehuantepec, - en México, hasta las Tierras Bajas de Otrato en Colombia. Perteneciendo Guatemala, junto con el Salvador, Honduras y parte de Nicaragua, a la América Central Septentrional, siendo la estructura e historia geológica de esta zona parte del Continente Norteamericano.

1.4- ESTRATIGRAFIA

En el territorio pueden distinguirse diez y siete grandes unidades litológicas diferenciables a gran escala; en este trabajo de Tesis se hace una breve descripción de dichas unidades litológicas, principiando por la más antigua; haciendo especial énfasis en el tipo de roca que las constituyen, la zona del territorio donde más afloran y la edad de las mismas. (Ver columna Cronoestratigráfica)

1.4.1- Rocas Metamórficas (Pzm)

Constituídas principalmente por filitas, esquistos, gneises, mármol y migmatitas, se encuentran principalmente en una franja que va de este a oeste, aflorando en el oeste y norte de San Marcos, en el sur y este de Huehuetenango, en el sur de Quiché, Alta Verapaz, Izabal, Jalapa, - Jutiapa y cubriendo casi totalmente los departamentos de Baja Verapaz, El Progreso y Zacapa, pudiendo encontrarse también en Belice. Todas estas rocas son de Edad Paleozoica.

1.4.2- Rocas Sedimentarias del Carbonífero y Pérmico (CPsr)

En este grupo se han abarcado lutitas, areniscas, conglomerados y filitas; se encuentran de este a oeste en los departamentos de Huehuetenango, Quiché, Baja Verapaz, Alta Verapaz e Izabal; aunque también

se formaron en el sureste de Petén y en el centro de Belice. Estas rocas son de edad Carbonífero Permiano

1.4.3- Carbonatos del Pérmico (Pc)

Estos Carbonatos se encuentran en una franja que va del este a oeste - de Guatemala; en los departamentos de Huehuetenango, Quiché, Las Verapaces e Izabal. Son de edad Permiana.

1.4.4- Formación Todos Santos (JKts)

Estas formaciones alargadas de areniscas, se encuentran principalmente en el departamento de Huehuetenango y Quiché, existiendo además pequeñas áreas en las Verapaces y en el sur de Petén. Su edad es Jurásica-Cretácica.

1.4.5- Carbonatos del Cretácico (Ksd)

Están localizados principalmente en el centro y sur de los departamentos de Petén, Belice y Quiché; en el norte y sur de Izabal y en casi todo el departamento de Cobán y Huehuetenango; así como unas pequeñas áreas distribuidas en San Pedro Sacatepéquez, San Juan Sacatepéquez, - en Tecpán y San José Poaquil, además de encontrarse en San José Acatepa, en el centro de Jutiapa, en el norte de Baja Verapaz y Chiquimula y el sur del departamento del Progreso. Son rocas de edad Cretácica.

1.4.6- Rocas Igneas del Cretácico-Jurásico (π)

Estas rocas se localizan en una franja que va de este a oeste del territorio de Guatemala; encontrándose en el centro y el oeste de Izabal, en el este de los departamentos de Cobán y Quiché y al norte del departamento de Salamá. Se formaron en el período Jurásico-Cretácico.

1.4.7- Rocas Intrusivas (I)

Este grupo está constituido principalmente por granitos y dioritas así como rocas transicionales, es decir granodioritas. Estas afloran especialmente en el norte de los departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Totonicapán, Guatemala y Chiquimula. En el sur de Huehuetenango, Sololá, Zacapa, y Cobán. Así como al este de Zacapa y Baja Verapaz. Se han formado en diferentes tiempos, principalmente en el Paleozoico y Mesozoico.

1.4.8- Sedimentos Clásticos Marinos (KTs)

Estos sedimentos están distribuidos de este a oeste del territorio de Guatemala, encontrándose en el noreste de Huehuetenango, al norte de Quiché, Cobán e Izabal y al sur de Petén y Belice. Son de edad Cretácica-Terciaria.

1.4.9- Areniscas Subinal (KTsb)

Estas rocas afloran en su mayoría, en el oriente y sur del departamento de Chiquimula y unas pequeñas áreas en el norte y noreste de Jalapa. Son de edad Cretácica-Terciaria.

1.4.10- Sedimentos Marinos (Tpe)

Estos sedimentos (areniscas, lutitas y carbonatos), se encuentran dispersos en el departamento del Petén, principalmente al centro y al noreste. Introduciéndose parte en el territorio de Belice. Localizándose además una pequeña área al norte de Cobán en las márgenes del río Negro o Chixoy. Son de edad Terciaria.

1.4.11- Yeso y Marga (Tic)

Esta formación se localiza al norte y noroeste del departamento del Pe-

tén. Siendo de edad Terciaria.

1.4.12- Calizas, Areniscas y Conglomerados (Tsd)

Estos tipos de roca afloran únicamente en una pequeña área que se localiza al norete del departamento de Izabal. Son de edad Terciaria.

1.4.13- Depósitos Continentales (Tsp)

Estos depósitos se localizan al norte de Belice y del suroeste del Petén principalmente y al noroeste de Alta Verapaz, así como en distintas zonas del departamento de Izabal. Son de Edad Terciaria.

1.4.14- Rocas Volcánicas sin Dividir (Tv)

Estas rocas (tobas, lavas, lahares y otras), al igual que las Qv., pertenecen al Cinturón Volcánico y se pueden encontrar en los departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Totonicapán, Sololá, Quiché, Chimaltenango, Sacatepéquez, Guatemala y Santa Rosa, en Jalapa, Chiquimula y una pequeña franja al sur de Huehuetenango. Se forman durante el período Terciario.

1.4.15- Rocas Volcánicas (Qv)

Esta clase de rocas (lavas, lahares y tobas), son propias del Cinturón Volcánico, ya que su formación se debió a la aparición de la cadena volcánica que se localiza en Guatemala, de este a oeste. Aflorando en el norte de los departamentos de Retalhuleu, Mazatenango y Escuintla, así como en el sur y el oeste de San Marcos y en el sur de los departamentos de Quetzaltenango, Sololá, Chimaltenango, Sacatepéquez, Guatemala y Jutiapa. Pudiéndose observar también al oeste de Santa Rosa. Se formaron al principio del período Cuaternario.

1.4.16- Cenizas Volcánicas (Qp)

Esta clase de cenizas y pómez de origen volcánico se encuentran diseminados principalmente, en el Cinturón Volcánico. Estando las cabeceras departamentales de San Marcos, Quetzaltenango, Sololá, Quiché, Huehuetenango y Totonicapán, Chimaltenango, Salamá, Santa Rosa, Jutiapa y Guatemala, asentadas sobre esta clase de rellenos pumíceos. Existiendo además en el norte de Sacatepéquez, en el centro del Progreso y al sur de Izabal. Son rocas muy recientes del Cuaternario.

1.4.17- Aluviones Cuaternarios (Qa)

La mayor concentración de estos, se encuentra en la parte sur del país; a lo largo de toda la franja costera del Pacífico, en los departamentos de San Marcos, Retalhuleu, Mazatenango, Escuintla, Santa Rosa y Jutiapa. Encontrándose también al noroeste y noreste del departamento del Petén, así como en las costas de Belice y en las márgenes del río Motagua y Lago de Izabal. Existen zonas de menor concentración, como las localizadas al oeste de Zacapa y al sur de Jalapa y Chiquimula. Son rocas tan recientes del Cuaternario que aún sigue el proceso de depositación.

COLUMNA CRONOESTRATIGRAFICA DE GUATEMALA					
COLUMNA	TIPO DE ROCA	ERA	EDAD		EDAD ABSOLUTA MILLONES - AÑOS
			PERIODO	SERIE	
Qa	Aluviones		Cuaternario		3.5
Qp	Cenizas Volcánicas		Cuaternario		3.5
Qv	Rocas Volcánicas		Cuaternario		3.5
Tv	Rocas Volcánicas Sin Dividir		Terciario		64
Tsp	Depósitos Continentales	C I C O	Terciario	Plioceno Oligoceno	3.5 a 37
Tsd	Calizas, areniscas y Conglomerados		Terciario	Oligoceno Mioceno	7 a 37
I	Rocas Plutónicas	C E N O Z O	Terciario		64
Tic	Yeso y Marga		Terciario	Eoceno	53
Tpe	Sedimentos Marinos	C E N O Z O	Terciario	Eoceno Paleoceno	37 a 64
KTsb	Areniscas Subinal		Terciario		64
KTs	Sedimentos Clásticos Marinos	M E S O Z O I C O	Cretácico		136
I	Rocas Plutónicas		Cretácico		136
Ksd	Carbonatos del Cretácico	M E S O Z O I C O	Cretácico	Campaniano	500
Π	Rocas Ultrabásicas		Cretácico Jurásico	Pre-Maes- trichtiano	64 a 136
JKts	Formación Todos Santos	M E S O Z O I C O	Cretácico Jurásico		64 a 136
Pc	Carbonatos del Pérmico		Pérmico		280
GPsr	Rocas Sedimentarias del Carbonífero y Pérmico	P A L E O Z O I C O	Pérmico Carbonífero		
I	Rocas Plutónicas		Pre-Pérmico		
Pzm	Rocas Metamórficas	P A L E O Z O I C O			

1.5- ESTRUCTURA

1.5.1- Tectónica de Placas

En Guatemala se distinguen rasgos estructurales de gran magnitud, tales como la situación con respecto a la tectónica de placas.

Interaccionando las placas de Cocos y del Caribe a lo largo de la Fosa Mesoamericana, donde la placa de Cocos se está subduciendo bajo la del Caribe. La interacción entre las placas del Caribe y del Norte ocurre a lo largo de las fallas Polochic, San Agustín y Motagua. Los desplazamientos relativos de estas placas dan como resultado la actividad volcánica y los movimientos telúricos. Las discontinuidades corticales antes mencionadas tienen una orientación aproximada este-oeste, cambiando a noreste-suroeste. (Ver Fig.2)

1.5.2- Sistemas Plegados

Otro rasgo de gran importancia son los sistemas plegados, los cuales se encuentran situados principalmente a lo largo de la Cordillera Central y un poco en las rocas Sedimentarias que afloran más al norte, en las Verapaces y Huehuetenango. Los ejes de estos pliegues tienen una orientación aproximada este-oeste, variando al noroeste-sur este.

1.5.3- Principales Fallas

Aparte de las fallas involucradas con las placas tectónicas, existe -- gran cantidad de fallas de menor dimensión, con una orientación aproximada norte-sur, de tipo normal; es decir, que se han formado por es -- fuerzas de tensión en la corteza, como consecuencia principalmente por -- los desplazamientos relativos de las placas tectónicas antes mencionadas. Las fallas que pueden ser emplazadas en este grupo son las siguientes: Fallas de Mixco y Santa Catarina Pinula, Falla de Zunil y las fallas de orientación este-oeste . Jalpatagua, Olintepeque, Jocotán y otras que

se distribuyen al este, sureste y noreste en las cercanías de Belice.
(Ver Fig.3)

1.5.4- Estructuras Especiales.

El fallamiento de la corteza ha dado como resultado la formación de estructuras especiales tales como, los Graben y Horst de orientación norte-sur a lo largo del Cinturón Volcánico. Ejemplo; La formación de calderas dentro del mismo, debido al colapso de grandes edificios volcánicos y que posteriormente algunos de estos han pasado a constituirse como lagos, tales son los casos de Atitlán y Ayarza.

Otro rasgo estructural muy característico en Guatemala, es la orientación casi perfecta de los edificios volcánicos.

1.5.5- Otros Aspectos Estructurales.

Las grandes deformaciones y fallamientos de la corteza, han dado como resultado rasgos estructurales de menor magnitud, tales como fallas pequeñas muy locales, fracturamiento (clivaje de las rocas), y pequeños pliegues.

1.6- HISTORIA GEOLOGICA

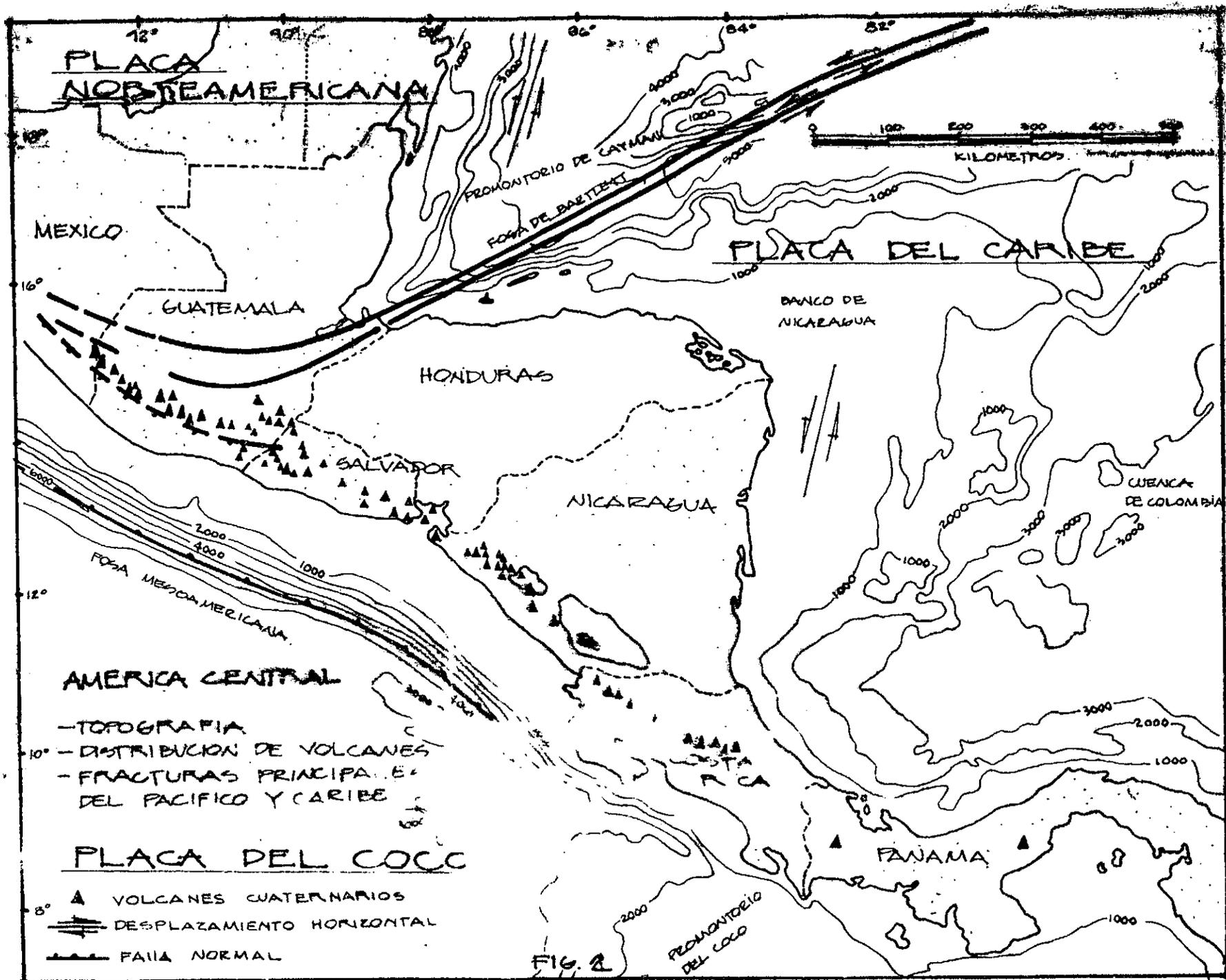
La mayor de las orientaciones estructurales Pre-terciarias de Guatemala, estaba ya establecida antes del período Permiano. Continua deformación acompañada por intrusión de serpentinas y rocas plutónicas tomaron lugar entre el Permiano Medio y el Jurásico Tardío. Posteriormente los sedimentos continentales fueron depositados hasta que las calizas marinas invadieron el área durante el Jurásico Tardío y el Cretácico Medio.

Más tarde y cerca del Período Eoceno, otros episodios orogénicos sobrevinieron acompañados de nuevo por intrusiones Plutónicas.

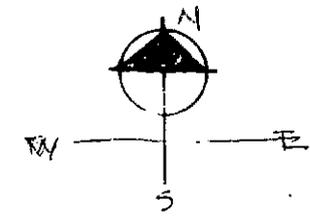
Existe evidencia de un largo período de erosión debido a los depósitos volcánicos más recientes que pueden observarse en el Altiplano.

En la Cordillera Central, es donde se han reconocido rocas de edades desde el Pensilvánico Superior hasta el Terciario. La faja plegada pasa a su vez, hacia el norte a sedimentos Mesozoicos y Cenozoicos menos distorsionados, en las Tierras Bajas del Petén.

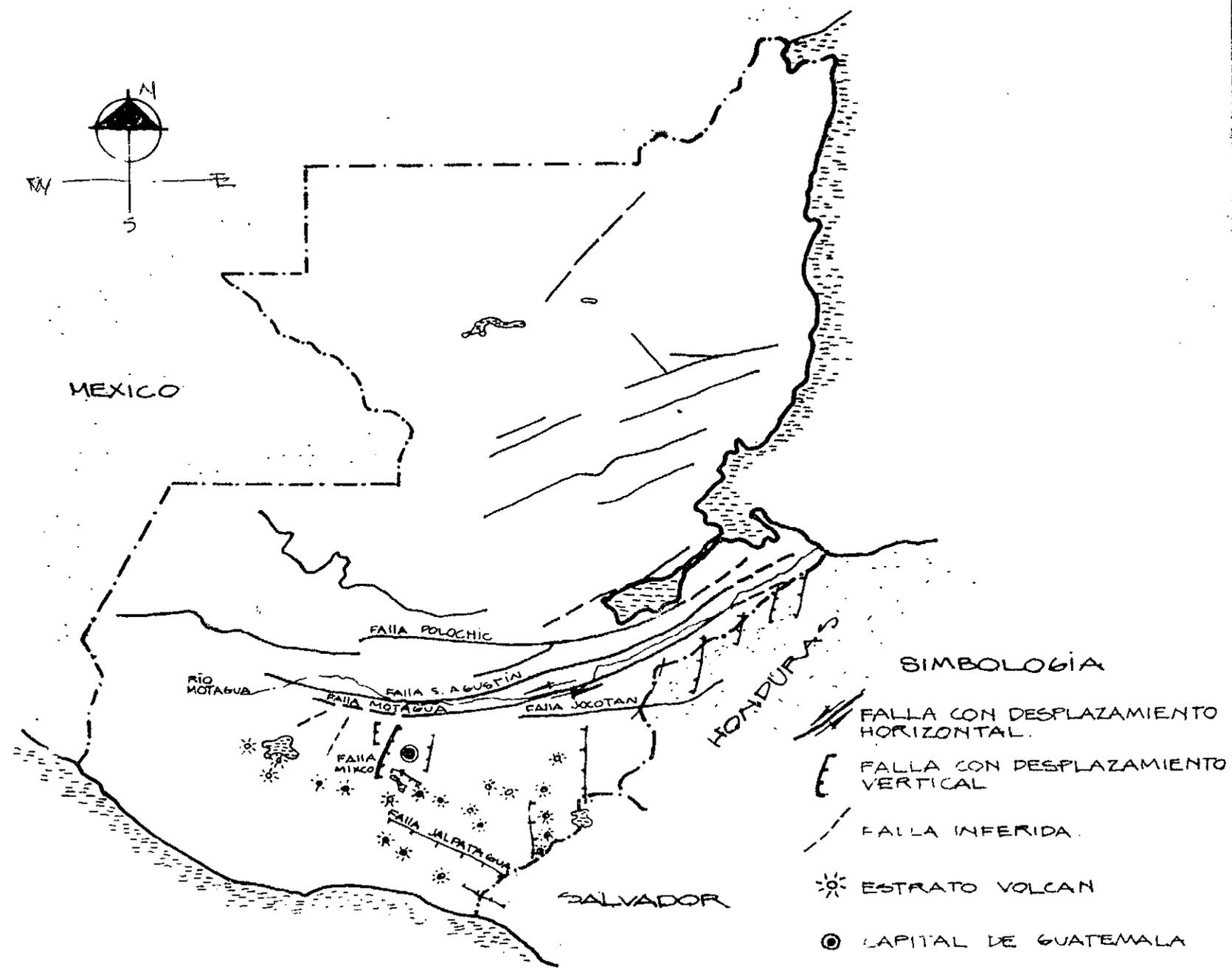
Los sedimentos más antiguos de América Central, identificados por fósiles, pertenecen al Pensilvánico Superior. En vista que estas rocas pasan hacia abajo gradualmente a la secuencia metamórfica, algunas de las rocas metamórficas deben ser de edad del Pensilvánico Superior o más antiguas. La actividad volcánica que se inició en el Terciario, se caracteriza principalmente por erupciones de fisura, produciendo grandes volúmenes de materiales riódacíticos, mientras que las erupciones Cuaternarias se distinguen por ocurrir a través de cráteres bien definidos, dando lugar a la formación de altos conos andesíticos y domos de lavas, así como por la emisión de grandes volúmenes de ignimbritas dacíticas y lluvias de pómez que se esparcieron a grandes distancias, así mismo, por emisiones de lavas que corrieron radialmente alrededor de los cráteres para dar lugar a los simétricos edificios volcánicos que se ven actualmente, algunos de los cuales aún se encuentran activos.



MAPA ESTRUCTURAL SIMPLIFICADO DE CENTRO AMERICA.



MEXICO



SIMBOLOGIA

-  FALLA CON DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL.
-  FALLA CON DESPLAZAMIENTO VERTICAL.
-  FALLA INFERIDA.
-  ESTRATO VOLCAN
-  CAPITAL DE GUATEMALA

FIG 3
PRINCIPALES FALLAS DE GUATEMALA

CAPITULO II

GUIA DE INVESTIGACION PARA BANCOS DE MATERIALES

2.1- GENERALIDADES

Hacen falta conocimientos de Geología y de materiales, además de práctica de campo, para obtener los datos adecuados en la investigación de Bancos de Materiales.

Esta facultad no puede provenir de una sola fuente; por ello, este capítulo - debe considerarse como una ayuda para adquirir algunos conocimientos básicos - en el campo de las investigaciones de los recursos minerales no metálicos.

2.2- ¿QUE ES UN BANCO DE MATERIALES ?

Los bancos de materiales, son los lugares donde el material se separa de su lecho natural y se prepara para su utilización en la construcción, en forma directa o en la fabricación de elementos prefabricados.

2.3- CLASE DE BANCOS

Los bancos se pueden clasificar por su disposición geológica y por la clase de material a extraer.

Los bancos por su disposición pueden ser:

- a. De ladera, que es cuando el material se extrae de la falda de un cerro.
(Ver fig.4a)
- b. De rampa o corte bajo nivel de piso, que es cuando hay afloramiento del lecho, pero la topografía es plana. (Ver fig.4b y 4.c)
- c. Y por último los bancos subterráneos, que son aquellos que no presentan afloramiento y que se descubren por sondeos (geofísicos o mecánicos) e historia geológica de la zona. (Ver fig. 4.d)

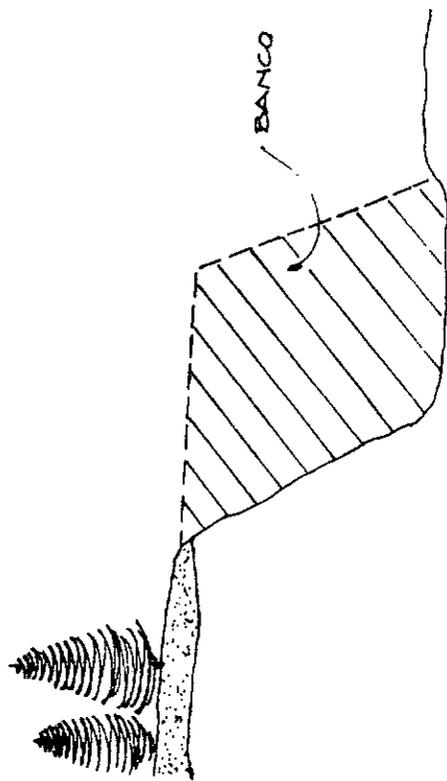


FIG. 4a

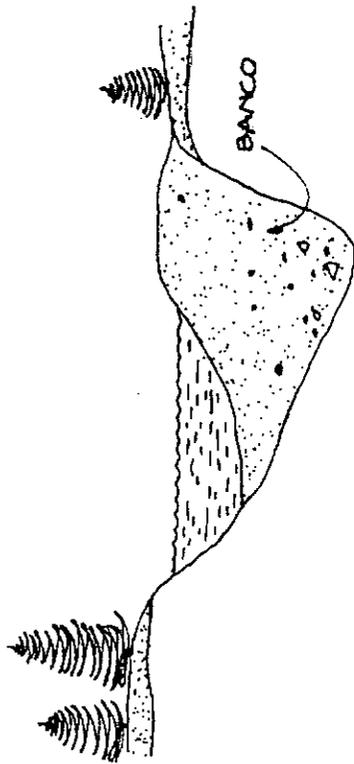


FIG. 4b

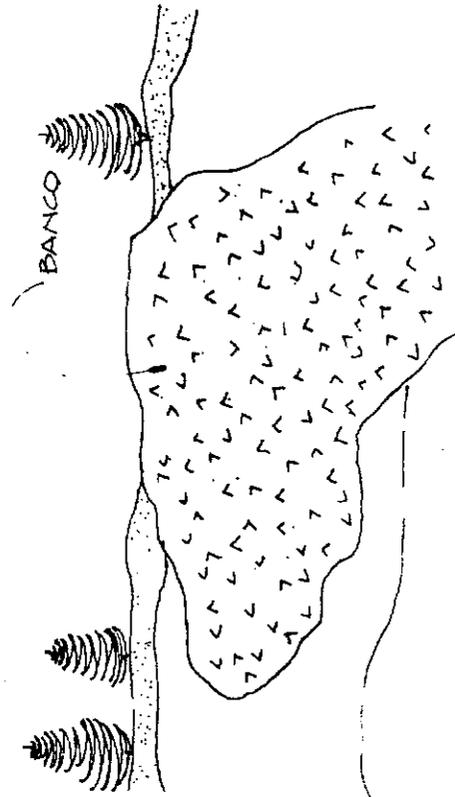


FIG. 4c

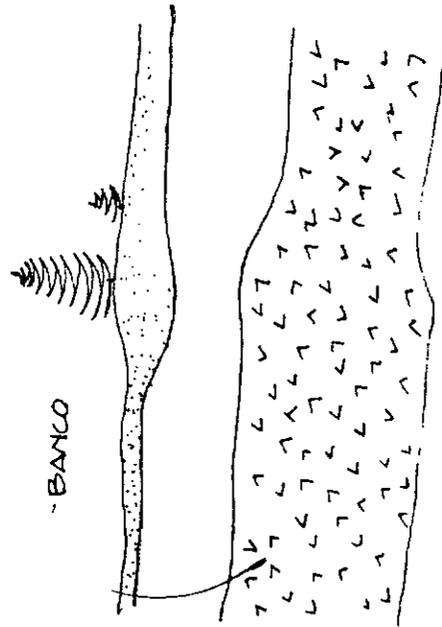


FIG. 4d

Los bancos por la clase de material que se extrae pueden ser:

- a. De rocas ígneas, sedimentarias ó metamórficas.
- b. De gravas y arenas de canto corrido ó rodados.
- c. De arenas volcánicas.
- d. De arcillas.

2.4- LA GEOLOGIA Y TOPOGRAFIA EN LA INVESTIGACION DE BANCOS DE MATERIALES

La geología y topografía representan un auxilio determinante en el estudio de Bancos de Materiales; ya que sin los mapas geológicos la investigación sería como un juego de azar y sería imposible clasificar las muestras litológicas, - así como la calidad del banco. Por otro lado la topografía auxilia directamente a la geología y por lo tanto también a la investigación de bancos de materiales.

A continuación se explica lo que son los mapas topográficos y geológicos.

2.4.1- Mapas Topográficos

Un mapa topográfico, es la representación de los aspectos, naturales o debidos a la mano del hombre, de un área mediante signos convencionales en una superficie plana. Un mapa topográfico indica las distancias horizontales entre los distintos aspectos sobresalientes y sus cotas sobre determinado nivel llamado Plano de Comparación (que para la mayoría de los mapas se toma al nivel del mar, altitud o cota 0.00). La configuración de la superficie de la tierra, que se conoce como relieve, se puede representar en el mapa por curvas de nivel, ahurados (sombreado con rayado fino para indicar el declive del terreno), o con tintas hipsométricas (diferentes colores, indicando las distintas altitudes). En todos los mapas topográficos, se representan las aguas superficiales, - tales como arroyos, fuentes, lagos y marismos (lo que se llama Red Hidrográfica), y la llamada Obra Humana, que comprende carreteras, ferrocarriles, aeropuertos, poblaciones y grupos de edificios, tales como, -

hospitales, escuelas, grupo de vivienda, etc.

La escala puede variar según el terreno y la posible utilización.

2.4.1.1- Sistema Cuadrulado: El investigador de Bancos de Materiales necesitará normalmente mapas a escalas grandes referidas por - comodidad, para efectuar medidas y delimitaciones, a ejes de - coordenadas ortogonales. Por este motivo es que se recomienda, utilizar los mapas topográficos del Instituto Geográfico Nacio - nal (I.G.N.), a escala 1:50,000, por estar provistos de siste - ma cuadrulado

En algunos casos, se necesita elaborar mapas específicos a es - calas como la 1:1,000 para una buena representación del banco en estudio, así como para una cuantificación más apegada a la realidad.

Un cuadrulado consiste en dos sistemas de líneas paralelas - que se intersectan en ángulo recto para formar una red de cua - dros, pudiendo ser de distintas áreas. Un cuadrulado se a - dapta al área plana que en la cartografía sustituye la zona - real de superficie del terreno, provocando una distorsión de - zona, que es inevitable ya que la superficie curvada de la tie - rra no puede desarrollarse en un plano.

Los mapas topográficos se publican en hojas que cubren, cada - una, lo que se llama un cuadrángulo, es decir, una superficie limitada por meridianos y paralelos, pudiendo variar las medi - das de estos.

2.4.2- Mapas y Modelos Geológicos

Hay dos tipos básicos de mapas geológicos; los superficiales y los subterráneos.

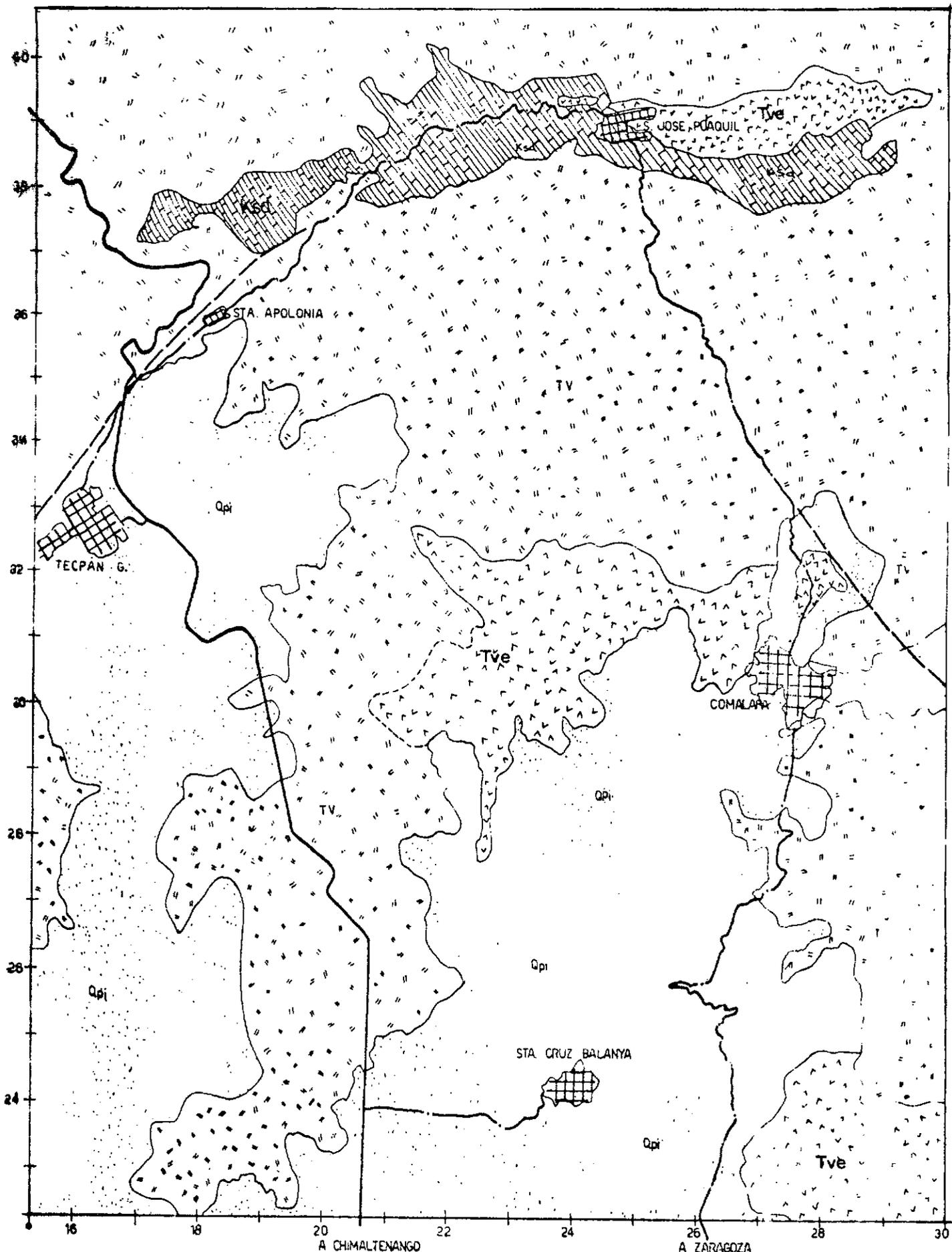
Los primeros se ejecutan a partir de datos recogidos en la superficie del terreno, y los segundos, de los registros de pozos y sondas, investigaciones geofísicas y extrapolaciones de los datos de la superficie.

Los mapas superficiales representan la distribución de los distintos afloramientos; es decir, los lugares en que las rocas aparecen expuestas o bien, los afloramientos de arenas y tierras. En dichos mapas estas se clasifican de acuerdo a su origen, tal como aluvial, volcánico, etc. Esta clase de mapas suelen ser los mapas más importantes para un investigador, ya que pueden indicar, por ejemplo, la situación de los depósitos de gravas y arenas y las fuentes de áridos o agregados para concreto. Los mapas geológicos subterráneos representan la superficie de la tierra como aparecería si se eliminara todo el revestimiento.

En dichos mapas, se puede indicar, los detalles estructurales, tales como, fallas, rumbos y buzamientos de las formaciones, ejes de anticlinales y sinclinales. También se representan los contactos entre las distintas formaciones. A cada mapa geológico acompaña una leyenda o explicación de los símbolos utilizados, para representar datos estructurales, estratigráficos y cronoestratigráficos.

Como las estructuras del subsuelo, al ser tridimensionales, no pueden representarse más que en una proyección horizontal, para completar la información del mapa se suelen añadir cortes geológicos o columnas estratigráficas.

El corte geológico, representa los estratos tal como aparecerían en un plano vertical que cortara el terreno. Un corte geológico puede consi-



- Tv LAVAS Y TOBAS
- Tve MATERIAL VOLCANICO ESTRATIGRAFICO
- Qpl POMES
- Ksd CALIZAS

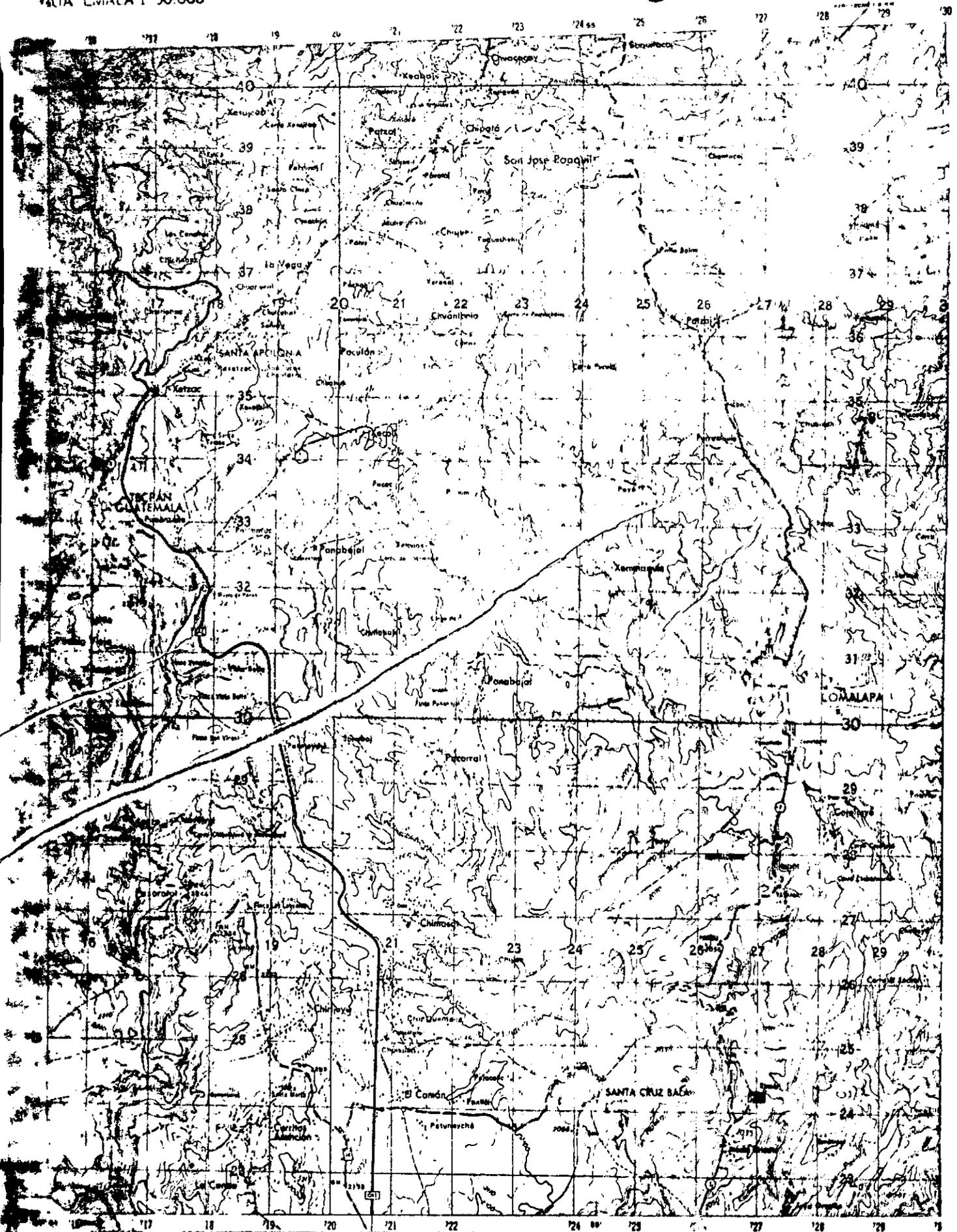
--- INDICA FALLA GEOLOGICA

- - - - - INDICA CONTACTO

--- INDICA CARRETERA

ESCALA 1:50,000

MAPA GEOLOGICO



© 1962, Instituto Geográfico Nacional, Guatemala, C.A.

Escala 1:50.000

MINISTERIO DE COMUNICACIONES Y OBRAS PÚBLICAS

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

GUATEMALA, C.A.

derarse análogo a un corte o sección de una estructura en los planos de construcción.

2.5- PASOS PARA EL DESARROLLO DE UNA INVESTIGACION DE BANCOS

Antes de ir al campo se debe planificar el estudio a realizar, debiéndose saber, qué es lo que se busca, para qué uso y dónde buscarlo; ya que este es un error que comúnmente se comete, por la falta de experiencia en este tipo de investigaciones.

Es de hacer notar que existen dos tipos de investigaciones de bancos:

Una, que investiga un material para un uso específico y otra, que investiga el potencial de los recursos minerales de una zona dada, sin importarle un material en particular. Para ambos casos el procedimiento de investigación es el mismo, auxiliándose necesariamente de la geología y topografía.

2.5.1- Delimitación de las Zonas de Estudio

Si no se tiene localizado aún el banco de materiales o la zona de estudio, se tiene que empezar por delimitar las zonas apropiadas para la investigación. Siendo necesario realizar un previo estudio de la geología general de Guatemala, para conocer de las distintas formaciones geológicas que existen (Ver capítulo I), y así tener elementos de juicio para delimitar con mayor precisión las zonas adecuadas para el estudio. Ya teniendo conocimientos de las zonas geológicas más adecuadas, se delimitarán primordialmente las áreas que cuentan con los mayores medios de comunicación o las más cercanamente posible a estos, con el objeto de encontrar afloramientos más claros, facilidad de muestreo, facilidad de cubicación y reducción en los costos de explotación y consumo del banco, para ello, el investigador, deberá auxiliarse de los mapas topográficos y fotografías aéreas del Instituto Geográfico Nacional (I.G.N.)

El área de las zonas delimitadas, varía a criterio del investigador, auxiliándose para ello de los paralelos y meridianos de los mapas topográficos, a escala 1:50,000, editados por el I.G.N.

Dichas áreas pueden ser desde un kilómetro cuadrado hasta hojas enteras de mapas, dependiendo esto de la amplitud del estudio.

2.5.2- Reconocimiento y Muestreo de la Zona de Estudio

Esta etapa de la investigación, además de ser eminentemente de campo, es una de las más importantes; ya que dependerá de la forma que se lleve a cabo, el éxito o fracaso de la investigación.

El reconocimiento y muestreo consiste, esencialmente, en recorrer en un 100 % el área, previamente delimitada e ir a su vez obteniendo las muestras representativas de los distintos afloramientos. Este trabajo se recomienda realizarlo, de preferencia, en verano, ya que en invierno los cultivos, la maleza y aguas fluviales cubren posibles afloramientos, que en verano quedan expuestos, además de ello el transporte se vuelve accidentado, haciendo la labor más difícil.

Para este trabajo, el investigador, deberá seguir auxiliándose de los mapas topográficos y geológicos que le servirán para orientarlo en el campo, además de otros elementos, que a continuación se describen:

- a. Un martillo o macho, que servirá para extraer las muestras de los afloramientos rocosos.
- b. Un par de anteojos protectores, para evitar posibles accidentes, con los fragmentos de roca.
- c. Un frasco con gotero, conteniendo ácido clorhídrico al 1 %, que se usará para identificar si una roca contiene o no Carbonato de Calcio, ya que de tener, la roca al entrar en contacto con el ácido provocará

una efervescencia intensa.

- d. Unas bolsas de polietileno, para cuando se trate de muestras granuladas y para separar las distintas muestras, de esta forma se evitarán confusiones de las mismas.
- e. Una palita de mano, para recoger las muestras finas.
- f. Marcadores para identificar las muestras.

Además existen otros elementos, como la Brújula Brunton, que se usa para determinar la orientación de diaclasas y buzamientos, lentes de acercamiento para determinar la clase de minerales y el porcentaje de estos que contiene una muestra. Además de otros elementos, que para ponerlos en práctica se necesita de ser geólogo, por lo que en este trabajo se hace únicamente mención de los mismos.

El trabajo de muestreo dependerá del tipo de investigación que se realice, ya que si la investigación es para conocer el potencial de los recursos minerales de la zona, se deberá sacar muestra de los distintos afloramientos de rocas, de gravas y arenas de canto corrido, de arenas volcánicas y de limos y arcillas, para luego realizar los análisis correspondientes. Mientras que si la investigación trata de un material específico, se muestreará únicamente aquellos afloramientos de ese material.

La forma de obtener las muestras, dependerá directamente del tipo de material que se esté muestreando.

2.5.2.1- Muestreo de Rocas o Bloques

En el caso de tratarse de un lecho rocoso, las muestras se obtendrán arrancándolas directamente del mismo y extrayéndose, como mínimo, dos ejemplares, debiendo estar éstas, libres de

alteraciones.

Para arrancar los ejemplares, se hará golpeando con el macho, - los bordes angulosos o diaclasas que se forman en el lecho rocoso.

El tamaño de la muestra deberá ser de por lo menos tres veces - el puño de la mano.

En el caso de que el material que se busque, sean rocas carbonatadas, se empleará el ácido clorhídrico para identificarlas; - ya que tanto más fuerte es la efervescencia, cuanto más elevada es la proporción de carbonato de calcio, mientras que si son rocas silíceas o arcillosas no producen reacción alguna.

2.5.2.2- Muestreo de Material de Canto Corrido

Cuando se trate de muestrear bloques, gravas o arenas de canto rodado, lo importante será el seleccionar las muestras representativas del banco. Para los bloques se escogerán dos o tres - muestras, debiendo ser éstas del tamaño recomendado anteriormente. En cuanto a las gravas y arenas, se deberán sacar muestras tanto de la superficie como por debajo de ésta, con el objeto - de conocer el grado de estratificación del terreno investigado. Se debe atar firmemente una etiqueta al envase o bolsa de cada muestra y meter un duplicado de ella en el interior de - ésta. Estas etiquetas contendrán la dirección del punto en - que se han tomado las muestras, geográficamente y la profundidad a la que se obtuvo.

2.5.2.3- Muestreo de arenas Volcánicas

Cuando se estudie este tipo de material, el investigador deberá sacar la muestra preferentemente de un talud, para observar

si existen estratificaciones de diferente granulometría y así analizar particularmente cada muestra; ya que dentro de estas arenas a veces se encuentran estratos de grano muy fino, - que son las llamadas puzolanas, las cuales tienen propiedades cementantes.

2.5.2.4- Muestreo de Arcillas: (3)

En cuanto a esta clase de material, si no se tiene experiencia, es difícil diferenciar un lecho arcilloso de uno que no lo es, ya que puede tratarse únicamente de limo o arena fina. Por lo que se recomienda efectuar tres ensayos a pié de lecho a investigar. Para efectuar el ensayo se recogerá una muestra, a la que se le quitarán las impurezas por tamizado (tamiz de 0.5m.m ó 1m.m.). Luego se humedecerá y amasará durante quince minutos, debiéndose volver plástica sin ser aglutinante. Realizado este paso se procederá a realizar los ensayos.

a. Ensayo de Agitación

La agitación de la muestra en el hueco de la mano, hace aparecer más o menos rápidamente agua en la superficie, que se vuelve brillante. Oprimida ligeramente la muestra entre el pulgar y el índice, ésta cambia de aspecto.

La observación de la reacción define los constituyentes:

- Si la superficie se vuelve brillante rápidamente, es arena fina.
- Si la superficie se vuelve brillante lentamente, es limo.
- Si la superficie se conserva mate, es arcilla.

b. Ensayo de Consistencia

Amasando la muestra y haciéndola girar entre las palmas de las manos, se le da la forma de un cilindro de unos 3m.m. de diámetro... Esta operación debe repetirse hasta que el cilindro se desmigaja. Entonces, por aplastamiento, puede estimarse la consistencia.

Cuanto mayor sea ésta, mayor es el contenido de arcilla.

c. Ensayo de Resistencia en Estado de Sequedad

Este ensayo se practica rompiendo o triturando una muestra secada al aire, al sol o al horno. La resistencia en las arenas finas fangosas y de los limos o fangos es débil. La de las arcillas es grande.

2.5.3- Análisis Físico de las Muestras

En este inciso se describirán los análisis más importantes a los que puede ser sometida cada una de las muestras.

Estos análisis son principalmente para conocer las características físicas de cada muestra y así estudiar, posteriormente, su posible utilidad en la construcción.

Los análisis en su mayoría se realizan a través de la observación directa de la muestra, existiendo también diversos tipos de ensayos para cuando se requiera de datos más exactos, siempre y cuando la muestra lo permita.

A continuación se describen los análisis y ensayos según cada muestra:

2.5.3.1- Análisis de Rocas o Bloques

- Análisis Petrográfico

Este es el análisis más importante al que debe ser sometida una muestra; debiéndolo realizar, un geólogo competente, el cual describirá a la muestra en los siguientes aspectos:

- a. Identificación de la roca.
- b. Estado de la roca.
- c. Estructura primaria y la composición mineral.
- d. Características estructurales de fortaleza o debilidad.
- e. Características de superficie.
- f. Los efectos debilitadores de la meteorización.

Además de este análisis que realice el geólogo, existen tablas de ensayos practicados sobre distintas clases de rocas (ver apéndice), en las que se puede obtener referencia de: Peso específico, porosidad, absorción, peso unitario, resistencia a la compresión y módulo de elasticidad.

Y para cuando se requiera de datos exactos o se tenga duda del comportamiento físico de una roca, se podrán efectuar distintos ensayos de laboratorio, los cuales a continuación se detallan:

- Análisis de Peso Específico (8)

Este peso puede determinarse en un laboratorio de la siguiente forma:

- 1) La muestra de la roca se somete a desecación durante 24 horas en una estufa u horno a 105°C , se deja enfriar y se pesa - (Peso W_0);
- 2) Se sumerje por completo en agua, durante 48 horas, por ejemplo y se pesa en estado de saturación (Peso W_w);

3) Todavía empapada se pesa, mientras se mantiene en suspensión dentro del agua (Peso W_s); el peso específico o densidad es entonces:

$$G = \frac{W_o}{W_w - W_s}$$

Este valor, que se denomina Peso Específico Aparente, es el de uso más frecuente en el estudio de las propiedades físicas de las rocas.

- Análisis de Porosidad (θ)

La porosidad de una roca es la relación existente entre el volumen de huecos (poros) y el volumen total de la muestra. Para determinarla, se divide el volumen del agua que rellena los poros $W_w - W_o$ (se emplean los mismos símbolos usados en el P_g so específico) por el volumen total de la muestra V_1 que se obtiene por medida directa. Es evidente que resulta preferible el empleo de una muestra de forma regular para la obtención de la medida. El valor de la porosidad "n" expresada en tantos por ciento del volumen de la muestra es

$$n = \frac{W_w - W_o}{V_1} \cdot 100$$

- Análisis de Absorción (θ)

El agua que llena los poros de una muestra inmersa puede quedar atraída por la roca o bien quedar libre; es decir, no sujeta a atracción.

Cuando se sumerge en agua una roca no absorbe tanta cantidad -

como lo permitiría su capacidad teórica, ya que durante la inmersión, una parte del aire existente en la muestra es aprisionado por el agua y no puede encontrar salida; así que el agua, se ve imposibilitada para llenar determinado porcentaje de poros. También ocurre que algo de la arcilla contenida en el interior de los poros se dilata al contacto con el agua y de este modo actúa como un tapón que previene contra el avance de ésta. Si sumergimos una roca en agua durante determinado período de tiempo y a temperatura también determinada, la relación entre el volumen de la muestra y el del agua absorbida es la absorción porcentual, en volumen, de aquella roca bajo las condiciones de la operación.

Usando los símbolos del peso específico, la absorción por cien puede expresarse también en peso. Para ello, se divide el peso del agua absorbida A, por el peso de la muestra:

$$\frac{W_w - W_o}{W_o} 100 = \frac{A}{W_o} 100$$

- Análisis de Peso Unitario de las Rocas (8)

Podemos referir el peso unitario de una sustancia porosa a su estado como seca, saturada (pesada al aire con todos sus poros llenos de agua) parcialmente saturada o inmersa (sumergida y pesada en el agua). Si la porosidad de una roca es escasa, la diferencia entre sus pesos en seco y saturada, resulta en general, despreciable. En el caso de porosidades elevadas no puede despreciarse el peso del agua contenida en los poros.

El peso unitario puede calcularse de la siguiente manera:

Peso Unitario = $62.4 \times G$ (Peso Específico)

Haciendo referencia al Peso Específico, puede decirse que una roca de gran peso Unitario tiene, por lo general, una porosidad reducida, una absorción reducida y un peso específico alto.

- Análisis de Resistencia de las Rocas (8)

En el estudio de las propiedades de resistencia de un material hay que considerar, en general, tres clases de esfuerzos:

Esfuerzos de Compresión, que tienden a disminuir el volumen del material; Esfuerzos Cortantes, que tienden a desplazar unas partes con respecto a otras, y Esfuerzos de Tensión o Tensiles, que tienden a crear grietas o fisuras en el material. De acuerdo con esta clasificación, la roca puede tener resistencia a la compresión, mientras que la resistencia al corte y la resistencia tensil, tanto de las rocas como de los suelos, puede despreciarse. En consecuencia, aquellas estructuras, o partes de la estructura, que han de experimentar tensiones o cortes, no se construyen con material pétreo.

Los esfuerzos se miden en libras por pié cuadrado o en libras por pulgada cuadrada; o bien, en kilogramos por metro cuadrado o por centímetro cuadrado.

La resistencia a la compresión de un material, tal como la roca, es la fuerza requerida para romper una muestra que esté sometida a carga y no se halle contenida o sostenida por los lados.

La resistencia a la compresión de las rocas, está influida por su textura, en especial por el grosor de los granos, a la cristalinidad de la roca y a los esfuerzos si son normales a la estratificación.

2.5.3.2- Análisis de Gravas y Arenas de Canto Rodado

- Análisis Petrográfico

Este análisis debe ser realizado por un geólogo, al igual que el de las rocas, debiendo describir la muestra de la siguiente manera:

- a. Identificación de la muestra (el tipo de partículas que la componen).
- b. Estado de la muestra.
- c. Revestimiento externo de las partículas (arcilla, humus - carbonato cálcico, etc.)
- d. Características estructurales de fortaleza y debilidad.
- e. Características de superficie (forma, color, etc). Esta característica y la anterior son principalmente para las gravas.

- Análisis Granulométrico o Mecánico

Este análisis se practica para clasificar los distintos tamaños de los granos que componen la muestra, y así, determinar si se trata de un banco de grava o de arena, según los porcentajes de estos en la muestra.

Las gravas serán todas aquellas que no pasan por una criva o tamiz de $1/4''$ y las arenas o finos, serán las que pasan por un

tamiz de 1/4" pero que no pasan por un tamiz 200 (0.074m.m²).

2.5.3.3- Análisis para Arcilla (8)

Además de las pruebas que se deben realizar, in situ, expuestas anteriormente, la muestra debe ser analizada por un geólogo, para que identifique la clase de arcilla. Además existe un ensayo por el que se pueden determinar algunos tipos de arcillas, el cual, a continuación se describe:

- Ensayo de dilatación Libre:

Se añaden lentamente diez centímetros cúbicos de arcilla, que pase por el tamiz No.40 a 100 c.c. de agua en una probeta graduada. El volumen del material reposado y sujeto a expansión se lee veinticuatro horas después, por medio de la graduación del cilindro. Según este método, la bentonita puede hincharse en un 1,500 %; la caolinita en un 80 %; y la illita en un 30 a 80 %. La prueba de expansión libre no puede dar una imagen suficientemente clara o exacta de la capacidad de expansión y la clase de arcilla; por lo tanto, y según la importancia de los casos, se deberán practicar ensayos más sofisticados, como lo son, el análisis microscópico, análisis por difracción por Rayos X y los análisis térmicos diferenciales.

2.5.4- Investigación del Uso Constructivo de las Muestras

Este estudio lo debe realizar el investigador en el caso de que desconozca el comportamiento del material en un determinado uso constructivo; ya que puede tener buenas propiedades físicas, pero puede darse el caso, que este material muestreado, al entrar en contacto con los componentes

químicos y minerales de los otros materiales que intervienen en la construcción (cal, cemento, agua, arena, etc., etc.), podrían producir reacciones perjudiciales, a corto, mediano o largo plazo.

2.5.5- Cuantificación de Bancos

Es de hacer notar, que para llevar a cabo esta parte de la investigación, se requiere de amplios conocimientos de geología y de investigación subterránea, es por ello que este inciso debe considerarse como una ayuda para adquirir algunos conocimientos sobre la cuantificación de bancos; - por lo que se recomienda, para este caso, la asesoría directa de un geólogo ó especialista en investigación subterránea.

Para la cuantificación de bancos de materiales existen varios métodos de investigación: Por mapeo, por prospección geofísica y por pozos exploratorios; la selección del método apropiado dependerá de las condiciones geológicas y del tipo de material del banco.

2.5.5.1- Método por Mapeo

Este método es utilizado, principalmente, para bancos que presentan un franco afloramiento, en planta y sección; pudiéndose estimar su volumen por medio, únicamente, de medidas horizontales y verticales, a manera de obtener un mapa a escala en planta y perfil, obteniendo así un volumen estimado del banco. Por lo general, el empleo de este método es principalmente para los Bancos de Materiales de canto rodado y arenas en general, y en algunos casos en lechos rocosos cuando las condiciones geológicas lo permiten, ya que para los bancos de rocas, - por lo general, se emplean los otros métodos.

Cuando se trate de un banco de arenas o gravas y no se tenga un perfil, o el perfil no sea representativo, lo recomendable es, hacer un mapa, a escala, del banco y localizar varios puntos a lo largo y ancho, a modo de formar una retícula; ya localizados los puntos se podrá emplear una broca manual, o bien hacer excavaciones manuales, para determinar las distintas profundidades del banco y así lograr varios perfiles, con los cuales se podrá estimar objetivamente el volumen del banco.

Cuando se emplean brocas manuales, se puede investigar hasta una profundidad de seis metros, ya que cuando se pasa de esta profundidad, se hace difícil el sacar la broca, aunque aquella pueda girarse todavía a mano. En sondeos más profundos será necesario instalar un trípode para extraerla por medio de una polea o torno de mano.

Este tipo de broca consiste esencialmente en una manivela y un extractor de muestras, a los cuales, según avanza el sondeo, se les añade longitudes adicionales de tubería. (8)

2.5.5.2- Método por Prospección Geofísica

Esta es otra de las formas de investigación de campo, en la que usualmente se toman medidas físicas en la superficie del terreno mediante instrumentos especiales, para obtener información del subsuelo. Es una mezcla de física y geología, puesto que las medidas físicas se interpretan de acuerdo con las condiciones geológicas del subsuelo. Hay que hacer notar que este tipo de investigación no es directamente un método de cuantificación de bancos; pero se le considera, en muchos casos,-

como un auxiliar de suma importancia, "para detectar y localizar cuerpos y estructuras geológicas del subsuelo y, si es posible, determinar sus dimensiones y, con frecuencia, algunas de sus propiedades físicas."

Existen varios métodos geofísicos, pero son dos los de mayor importancia: De Resistividades y el Sísmico.

A continuación se describe, en forma general, en qué consiste cada uno de los métodos, haciendo notar que para poner en prática cualquiera de los mismos es necesario tener conocimientos de geofísica ó bien asesorarse de un geofísico, especialmente para la interpretación de los resultados.

- Método de Resistividades (7, 8)

El funcionamiento de este método tiene su fundamento en el hecho de que las variaciones en la conductividad del subsuelo - alteran el flujo de la corriente eléctrica en el interior de la tierra, lo que se traduce en una variación de la distribución del potencial eléctrico.

El mayor o menor grado de alteración del potencial eléctrico - en la superficie del terreno depende del tamaño, forma, localización y resistividad eléctrica de los cuerpos del subsuelo. Por consiguiente, se puede obtener una información acerca de la distribución del banco en el subsuelo a partir de mediciones de potencial efectuadas en la superficie del terreno.

Específicamente, el método consiste en colocar varios electro-

dos en la superficie del suelo o roca firme y a través de los cuales se hace pasar a tierra cierta cantidad de corriente directa. Usualmente la corriente penetra en el terreno a través de dos electrodos y se mide la caída del potencial entre un segundo par de electrodos situados entre los anteriores alineados con ellos. A partir de los valores medidos de la intensidad de corriente inyectada al terreno, de la caída de potencial y de la separación entre los electrodos puede determinarse el valor de la resistividad del subsuelo, con lo cual se podrá determinar aproximadamente la litología del mismo y la posición del nivel superior del agua subterránea, si es que existe.

En este método se encuentran dos escuelas: La de Wenner y la Schlumberger. La primera corriente practica el "Método de Investigación a Profundidad Constante". El cual consiste en fijar la distancia a la que se colocaron los electrodos en los distintos puntos seleccionados para el sondeo; con el objeto de obtener un perfil a determinada profundidad. La segunda escuela, trabaja con el "Método de Investigación Vertical". El cual difiere del anterior, en que en éste no se fija la distancia entre los electrodos; sino estos son colocados a una distancia arbitraria dependiendo ésta de la profundidad que se desea investigar. (Ver Fig.5)

- Método Sísmico

Consiste en colocar en el terreno, en línea, un cierto número de receptores llamados "geófonos", separados entre sí a una longitud media (aproximadamente 30.00 mts.), y a cierta distancia se provoca una explosión, para producir ondas sísmicas.

Las ondas refractadas, provocadas por la explosión llegan a

los geófonos, que las recogen, amplifican y transmiten al aparato registrador, el cual efectúa una curva de tiempo-distancia, con lo que es posible determinar la profundidad en varios puntos de una zona dada, de ciertos horizontes geológicos, tales como la roca firme. (Ver Fig. No.6)

2.5.5.3- Método por Prospección Mecánica (Pozos Exploratorios)

Este sistema de investigación subterránea se basa principalmente en la extracción y análisis de testigos del material del posible banco. Utilizado principalmente para los lechos rocosos o suelos duros.

Para la extracción de los testigos, se necesita de una máquina, a la cual se le llama comúnmente "sonda". No se dispone de una sonda Universal; es decir, no hay un tipo de sonda capaz de extraer toda clase de testigos en toda clase de terrenos. Para la selección de la sonda apropiada para la investigación serán las condiciones geológicas, después de las económicas y topográficas, las que determinen el equipo de investigación.

Existen básicamente tres tipos de sondas:

- 1) Con Broca. 2) De Percusión. 3) De Rotación.

Todas las sondas están provistas de motores (de gasolina, diesel, de aire comprimido o eléctrico).

Las más usadas para estos casos, son las sondas rotatorias. En estas sondas el motor está conectado a una cabeza de rotación, que hace girar un varillaje con una corona de diamante en su extremo inferior. La función de la corona es profundi -

zar, cortar, desmenuzar y moler, la roca.

En cuanto al testigo, son las muestras que se van extrayendo a distintas profundidades para verificar la profundidad y calidad del banco que se investiga.

Para realizar este tipo de investigación es necesario la asesoría directa de un geólogo y de un especialista en perforación de pozos, para obtener los mejores resultados.

Para la cuantificación de un banco de rampa se realizan algunos trabajos preliminares como:

- 1) Obtención y análisis de muestras de lecho rocoso.
- 2) Area en planta del afloramiento.

Obtenidos estos datos, se procede a la selección de los puntos de perforación a criterio del geólogo. Perforados los pozos - se obtendrá un perfil típico del banco, con el cual se estimará el volumen del mismo.

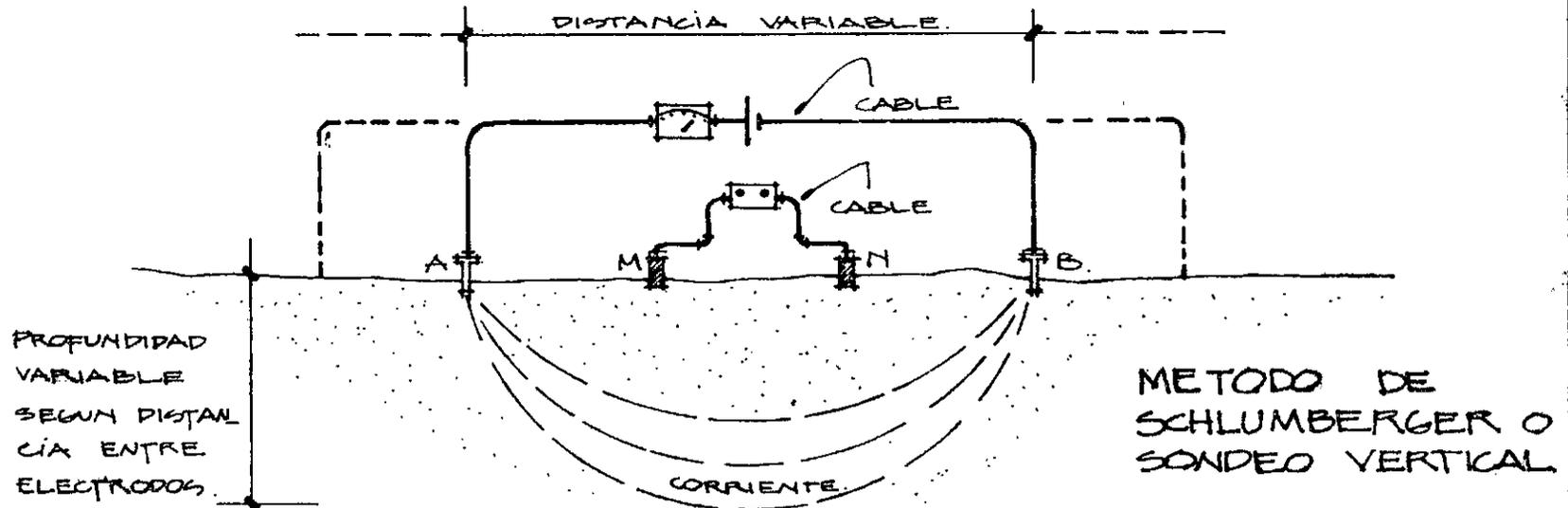
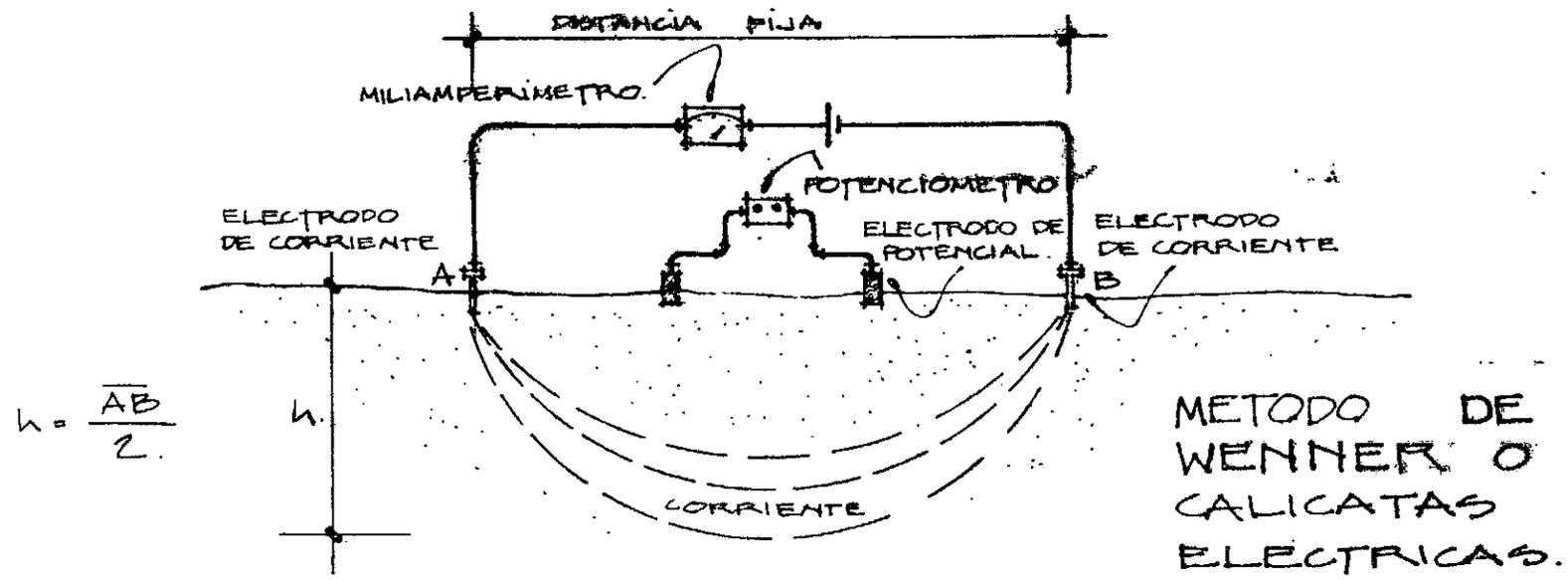


FIG. 5
METODO DE RESISTIVIDADES

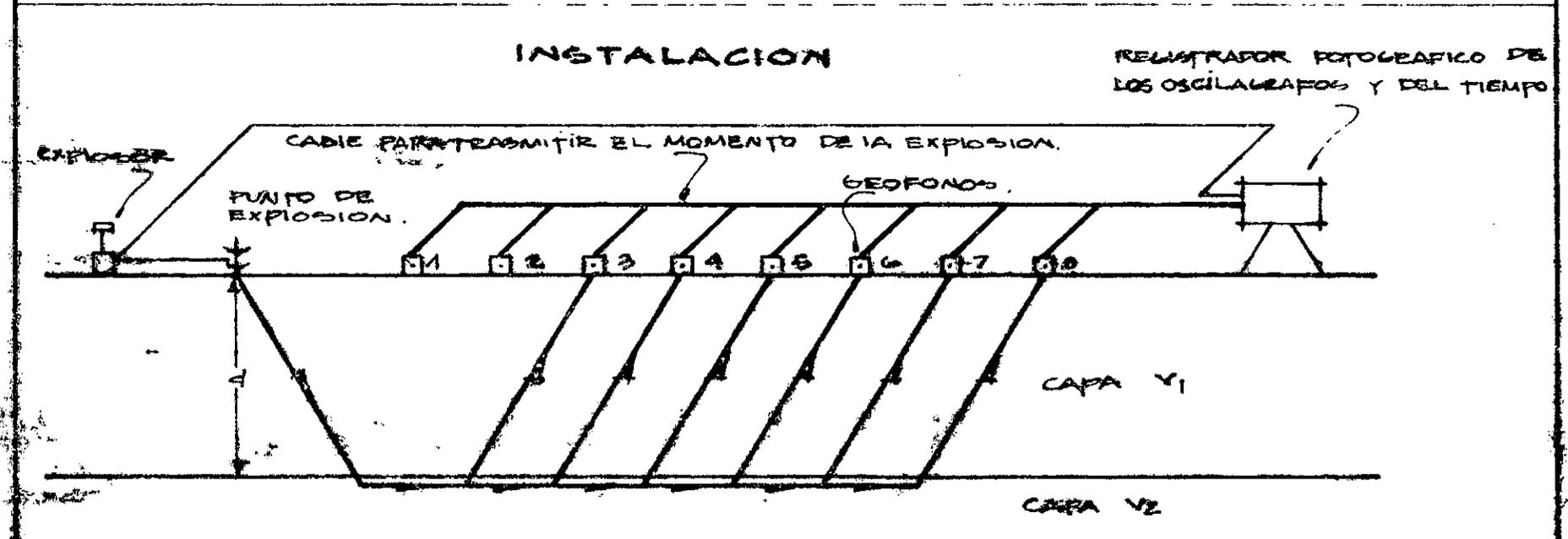
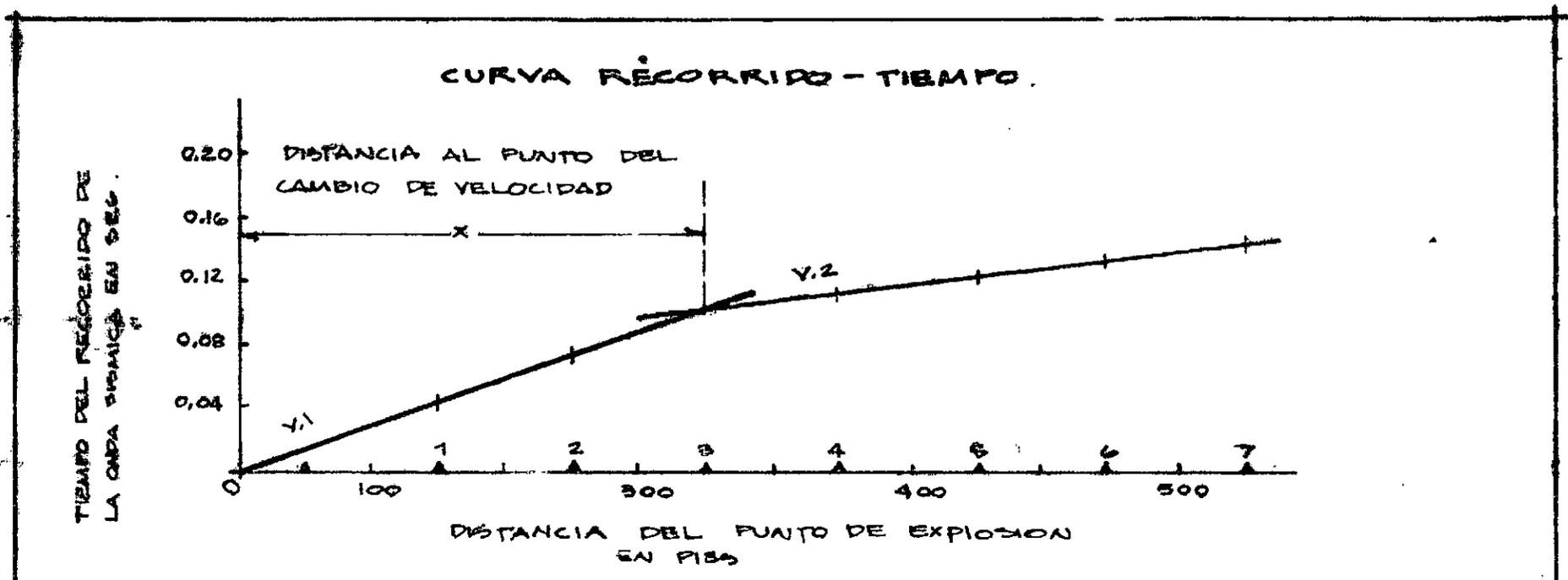


FIG. 6
METODO SISMICO

CAPITULO III

LOS MINERALES Y LAS ROCAS Y SU INTEGRACION EN LA CONSTRUCCION

3.1- GENERALIDADES

Este capítulo se consideró presentarlo como un complemento para los anteriores; donde se expone la clasificación de los minerales y las rocas y algunas de las propiedades de éstas, para su integración en el uso constructivo.

3.2- LOS MINERALES (10)

Las rocas conocidas de la corteza terrestre están compuestas principalmente de minerales. Por lo tanto, es esencial conocer los principales minerales formadores de rocas para el estudio de las mismas. Los minerales importantes constituyen los criaderos de minerales, los cuales proporcionan metales; otros forman los depósitos comerciales de minerales no metálicos y todavía otros más, aunque sin valor económico, están ampliamente distribuidos en toda la Tierra.

Un mineral es una sustancia homogénea que tiene una composición química definida (y puede representarse por una fórmula química), cuyos átomos están dispuestos en un ordenamiento geométrico (estructura cristalina) y se ha originado por procesos inorgánicos naturales. La estructura interna ordenada de los minerales, por lo regular, se expresa mediante una forma geométrica externa que proporciona objetos simétricos a los que se les aplica el nombre de Cristal. Al ser homogéneos, los minerales exhiben uniformidad y constancia en sus propiedades, las cuales son características y cualidades que permiten reconocerlos y clasificarlos. Estas propiedades pueden ser químicas o físicas (incluyéndose las ópticas).

A continuación se presenta una tabla de las propiedades de los minerales:

PROPIEDADES DE LOS MINERALES (8)

Subdivi sión quí mica.	Nombre	Color	Dureza	Fractura y Tenacidad	Brillo	Raya	Peso Específico	
Silicatos	Clorita	Verde	2-2.5	No elástica, laminar.	Perlado	Verde páli- da a blanca	2,7	
	Feldespató	Incoloro, blanco, ro- jizo, ama- rillento - (si es im- puro)	6	Desigual, - subconcoi - dea. Que - bradizo	Vítreo - con exfo- liación - perlada	Blanca	2,54-2,76	
	Hornablen- da: Puede diferenciar se del pi- roxeno sólo cuando se - presenta co mo crista - les largos, acicularés y más difí- ciles de ex foliar.							
	Caolinita	Blanco. Tonos de a marillo a- pardo.		Para su iden- tificación son necesa - rios el mi - croscopio o los Rayos X.			Exige el - microscó - pio o la di- fracción de Rayos X pa- ra su iden- tificación.	
	Micas	Blanco - (moscovita) negro (bio- tita), co- loraciones impuras.	2-3	Desigual. - Flexibles (elásticas)	Vítreo a sedoso		2,76-3,2	

Continuación

PROPIEDADES DE LOS MINERALES (8)

Subdivisión química.	Nombre	Color	Dureza	Fractura y Tenacidad	Brillo	Raya	Peso Específico
Silicatos	Olivina		6,5-7		Vítreo	Sólo reconocible si se encuentra en fenocristales. Es corriente en las rocas oscuras.	
	Piroxenos	Blanco, - verde- negro.	5-7	Desigual. - Quebradizos	Vítreo a Perlado.	Blanca a gris - verde.	3,2-3,6
	Talco	Blanco a blanco verdoso.	1	Blando, tacto untuoso, como de jabón. Hojoso. Compacto.	Plateado a graso.	Blanca a blanco-verdosa.	2,7-2,8
	Serpentina	Verdoso, - por lo general en variados tonos.	2-5	A menudo fibrosa a compacta. Laminar	Graso - compacto.		2,2-2,7
	Zeólitas		3 1/2 5 1/2		Vítreo.	Incolora a blanca.	2,0-2,4
	Corindón	Tonalidades de gris azul	9	Quebradizo a tenaz.	Diamantino, vítreo a apagado y graso.		4
	Hematites	Gris a negro.	5,5-6,5	Laminar, - subconcoidea (no exfolia)	Metálico a apagado	Roja	5,2
	Ilmenita	Rojizo a negro pardusco	5-6	Concoidea. Quebradizo (no exfolia)	Submetálico	Negra a roja pardusca.	4,5-5

Continuación

PROPIEDADES DE LOS MINERALES (8)

Subdivisión química	Nombre	Color	Dureza	Fractura y tenacidad	Brillo	Raya	Peso Específico
Oxidos	Limonita	Pardo a Pardo amarillento.	5-5,5	Desigual. Quebradiza (exfoliación pobre) Concoidea, desigual, astillosa. Quebradizo a tenaz	Apagado a sub-metálico Metálico	Pardo-amarillenta	3,6-4,0
	Magnetita	Gris oscuro a negro	5,5-6,5				5,2
	Cuarzo	Blanco, gris, negro rosa	7		Aceitoso a vítreo	Blanca	2,65
Carbonatos	Calcita	Incoloro o blanco, pero puede estar manchado	3		Vítreo. Apagado si es compacta	Incolora o blanca	2,71
	Dolomia	Blanco a multicolor	3,5-4		Vítreo a perlado y apagado		2,8-2,9
Sulfatos	Anhidrita	Blanco pero a veces manchado	3,5-5	Concoidea	Perlado. vítreo. Apagado-compacto		2,95
	Yeso	Incoloro a blanco. Puede tenerse de varios colores	1,5-2		Vítreo, blanco perlado. Fibroso satinado. Apagado compacto		2,32

3.3- LAS ROCAS (8, 10)

El vocablo roca, designa una masa de material natural, de semidura a dura, compuesta de uno o varios minerales. Las rocas se constituyeron -y se siguen constituyendo- de varias maneras: por enfriamiento de magma; es decir, del fluido-caliente (roca fundida) que procede de profundidades considerables bajo la superficie de la tierra; por precipitación de materia orgánica contenida en las aguas; por deposición de conchas de diversos organismos; por condensación de un gas que contenga partículas minerales; por desintegración de otras rocas y consiguiente recombinación de los minerales resultantes, que constituyen nuevos tipos de rocas; y por acción de intenso calor o presión, actuando por separado o juntamente sobre tipos de rocas preexistentes.

Los geólogos han clasificado las rocas terrestres, de acuerdo con sus orígenes, en tres grupos principales: Igneas, Sedimentarias y Metamórficas.

Mediante previo estudio petrográfico, todas las rocas pueden clasificarse correctamente en sus grupos respectivos. Sin embargo, esta agrupación no nos suministra ninguna idea, o muy escasas, acerca de las propiedades constructivas de una roca determinada, por lo que antes de utilizar alguna de estas rocas, será necesario someterla a previos análisis.

3.3.1- Rocas Igneas (8)

Las rocas ígneas se han formado en la superficie de la tierra o a diversas profundidades. Este hecho ejerce influencia sobre su textura, y en algunos casos, sobre su estructura. En el cuadro No.1, se clasifican verticalmente las rocas según su origen y profundidades de formación, y horizontalmente de acuerdo con su color -claro u oscuro- y existencia o falta de cuarzo. La diferencia de color está regida por la composición mineralógica de las rocas. Las de tonos claros son, por lo general, feldespáticas, mientras que las oscuras suelen contener minerales ---

ferromagnésicos, especialmente piroxenos.

Las rocas ígneas que se han formado a "grandes profundidades" se presentan en contravetas de profundo asiento, batolitos, chimeneas (stocks) y lacolitos.

Estos términos se refieren a los diversos tipos de intrusiones magmáticas en la corteza terrestre.

A continuación se presenta la clasificación de las rocas ígneas:

CLASIFICACION DE LAS ROCAS IGNEAS (8)

Profundidad de formación -textura-estructura	Coloración clara		Coloración oscura		
	+ Cuarzo	- Cuarzo	+ Cuarzo	- Cuarzo	
Grano grueso, medio, fino (textura granítica) (Constituidas a profundidades considerables* en diques de profundo asiento, batolitos, chimeneas y lacolitos).	Granito + O,H Granodiorita + P,M Granito porfiroide Pegmatita Monzonita cuarcífera P,O,B,H	Monzonita P,O,B,H (Aplítica monzonítica, Pegmatita monzonítica)	Cuarzo diorita o diorita cuarcífera, P,B,H, ± X	Diorita P,B,H, ± X Gabro P, ± X, ± H Peridotita ± P, ± X, ± X	
Grano medio a fino (constituidas a profundidades moderadas** en diques y lechos).	Granito porfiroide	Monzonita porfiroide		Diorita porfiroide Diorita aplítica Dolerita (diabasa) + X,P. algo de B, y augita.	
Grano muy fino a vítreo, a veces esponjoso vítreo o vesicular (constituidas en expansiones superficiales, diques, tapones, depósitos de cenizas) ***	Compacta	Felsitas (vítreas)		Obsidiana (vítrea)	Andesita + P (felsita vítrea) Basalto (vesicular) + P, X
		Riolita + O,B,H	Traquita		
	Brecha Volcánica				
Esponjosa a suelta	Pómez, ceniza volcánica, toba volcánica				

Explicación de símbolos:

O = feldespato ortosa

M = muscovita

B = biotita

+ = indica predominio del mineral

- = indica la falta de ese mineral.

P = Feldespato plagioclasa

H = hornablenda

X = piroxeno

± = quiere decir que el mineral puede o no existir

* También denominadas rocas "plutónicas, intrusivas o abisales"

** También denominadas rocas "hipoabisales".

*** También denominadas rocas "volcánicas o extrusivas."

3.3.2- Rocas Sedimentarias (8)

Cuando los productos de desintegración y descomposición de cualquier tipo de roca son transportados, se vuelven a depositar y se consolidan o cimentan total o parcialmente, para constituir de este modo un nuevo tipo de roca; se clasifica el material resultante como "roca sedimentaria". Esta clasificación abarca también las rocas que resultan de la precipitación química o la deposición de restos orgánicos en el agua. Los depósitos abandonados por la acción sedimentaria se suelen reconocer por su estructura en lechos o capas (estratificación), en oposición a la estructura generalmente compacta o masiva de las rocas ígneas. También es usual que se encuentren fósiles de animales (invertebrados en su mayor parte) y plantas, en las rocas sedimentarias, mientras que no existen en las ígneas. La designación general de "sedimentos" se aplica comúnmente a depósitos procedentes de acción de aguas, viento o glaciares. Los minerales, fragmentos de rocas o restos orgánicos que constituyen una roca sedimentaria se denominan "componentes". La roca está constituida por partículas o granos formados de esos componentes. Los tamaños y, a veces, la distribución de esas partículas (o granos) constituyen la base para la clasificación (o subdivisión) de las rocas sedimentarias. Conforme avanza la erosión de una masa de roca por acción de los agentes atmosféricos o químicos, va siendo gradualmente destruida, y los fragmentos que resultan varían mucho por lo que a sus tamaños se refiere. Cuanto más avanzado esté el proceso de abrasión tanto más pequeño será el tamaño de los fragmentos resultantes. (Ver tabla de clasificación).

CLASIFICACION DE LAS ROÑAS SEDIMENTARIAS (5)

SEDIMENTOS CLASTICOS DE ORIGEN MECANICO	
Sueltas, no consolidadas	Consolidadas, por compactación cementación o recristalización
<p>Bloques Cantos Guijarros Chinas Gránulos</p> <p>Arena(muchas variedades) Arena verde, glauconita Grús (feldespato cuarzo-mica)</p> <p>Cieno y loess</p> <p>Arcilla (adobe, gumbo, arcilla Barro cuando están húmedas china y de fue go y tierra de relleno)</p> <p>Polvo o ceniza volcánica Lápill, cenizas Sedimentos de arrastre glacial</p>	<p>Brecha Conglomerado de cantos (o brecha) Conglomerado de guijarros Conglomerado de chinas Conglomerado de gránulos Arenisca silíceas Arenisca (muchas variedades) Arenisca glauconítica Arcosa</p> <p>Piedras de arcilla Pizarra (si se o fango lamina)</p> <p>Toba Brecha volcánica Tilita</p>

CLASIFICACION DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS (5)

PRECIPITADOS DE SOLUCIONES ACUOSAS (TEXTURAS: TERREA, DENSA, GRANULAR, FOSILIFERA, OOLITICA Y CRISTALINA)

Nombre	Descripción
<p>Caliza (CO_3Ca) (muchas variedades. Creta, oolita, caliza coralífera, coquina (caliza conchífera), travertino (habitualmente poroso).</p>	<p>Dureza tres o menos; generalmente de color claro pero variable, soluble en ClH con efervescencia de CO_2.</p>
<p>Dolomia $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$</p>	<p>Dureza 3,5; se altera a rosada o pulida, soluble sólo en ácido fuerte caliente.</p>
<p>Jaspe, pedernal, horsteno (SiO_2).</p>	<p>Muy duras; densas. El horsteno blanco o de cualquier color. El pedernal negro. El jaspe rojo. Insolubles.</p>
<p>Geyserita, sinter silíceo.</p>	<p>Blanca o gris; porosa; dura (abrasiva) pero no compacta.</p>
<p>Diatomina, tierra diatomácea.</p>	<p>Blanca o gris; pura; ligera, sonante; sonora si los bloques se frotan suavemente.</p>
<p>Fosforita, fosfato rocoso.</p>	<p>Parda a negra; granular o densa, y es malizante si se frota fuerte.</p>
<p>Hematites rocoso.</p>	<p>Pesada, roja.</p>
<p>Limonita, hierro de los pantanos, ocre amarillo.</p>	<p>Pesada; amarilla, parda o negra.</p>
<p>Siderita, "piedra de hierro".</p>	<p>Pesada, parda clara.</p>

Continuación

CLASIFICACION DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS (5)

Pirita o Marcasita

Pesada, bronceada, metálica.

Depósitos Salinos; la mayor parte, evaporitas.

Casi todos blancos o poco menos.

Yeso $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Dureza 2.

Anhidrita SO_4Ca

Dureza 3.

Sal, ClNa

Salada al gusto.

Boratos, nitratos y
caliches.

3.3.3. Rocas Metamórficas (5)

Son las rocas formadas como consecuencia de recristalizaciones completas o incompletas (cambios en la forma de sus cristales o en su composición) de rocas ígneas o sedimentarias debidas a influencia de agentes tales como temperaturas elevadas, altas presiones e intensos esfuerzos cortantes, obrando conjuntamente o por separado.

La existencia de estructuras laminares o foliáceas en rocas tales indica que los principales agentes que han intervenido en su formación son intensos esfuerzos cortantes. La foliación no es siempre apreciable a simple vista, pero el microscopio puede señalar líneas que denotan el esfuerzo o deformación. Las rocas metamórficas que se han constituido sin estar sujetas a la acción de intensos esfuerzos cortantes ofrecen una estructura masiva.

A continuación se describen en una tabla las Rocas Metamórficas:

CLASIFICACION DE LAS ROCAS METAMORFICAS (5)

Descripción	Nombre
Foliadas, en bandas o fracturables.	
Gruesamente cristalinas.	
En bandas con feldespato.....	Gneiss (gneiss granítico).
Bandeadas con carbonato	Mármol en franjas (impuro).
Esquistos con mica, hornablenda, talco o clorita, (puede tener metacristales de granate, estaurolita, cianita y andalucita; por ejemplo: esquistos granatíferos cuarzo-micáceos).....	Esquisto (esquisto biotítico).
Grafítica.....	Esquisto grafito, grafito.
Silicatos y carbonatos mezclados.....	Rocas de contacto, en bandas.
Densas o amorfas:	
Con fractura plana.....	Pizarra, filita.
Carbonáceas.....	Antracita, grafito, pizarra grafítica.
Oscuras y fracturables (parecidas a cuarcita impura)	Grauwacka, grauwacka, pizarrefia.
No foliadas, macizas, homogéneas, no exfoliables, Gruesamente cristalinas.	
Silicatos hidratados predominantes, generalmente verdosos.....	Serpentina, esteatita (talcosa), piedra verde, (clorítica), propilita (hidrotermal).
Silíceas, granos de arena originales más o menos visibles.....	Cuarcitas.
Calcáreas o dolomíticas.....	Mármol.
Mezcla calcita-dolomia-serpentina.....	Oficalcita, verde antiguo.
Hornabléndicas.....	Anfibolitas.
Agregados cuarzo-mica.....	Greisen.
Mezclas de silicatos, carbonatos y minerales.....	Táctita, rocas de contacto, mármol impuro.

3.4- ALGUNOS ASPECTOS DEL USO CONSTRUCTIVO DE LOS MINERALES Y LAS ROCAS

Antes de poner en uso determinado tipo de material pétreo se deben conocer sus propiedades constructivas y los distintos factores que puedan afectar el servicio constructivo de este. Para ello se deben analizar sus propiedades de integración y sus propiedades físicas en el uso constructivo.

Las propiedades físicas se obtienen a través de los ensayos expuestos en el capítulo anterior, ya que estas se refieren concretamente a las características particulares de cada elemento.

En cuanto a las propiedades de integración, se debe analizar el comportamiento individual y de conjunto del elemento. Para ambos casos se deberán conocer previamente sus propiedades físicas.

3.4.1- Análisis Individual de Integración

El análisis individual de integración, trata de conocer, principalmente, las circunstancias en la que algunos factores extraños puedan afectar a determinado material, en determinado uso constructivo.

Dentro de estos factores tenemos algunos como:

- a. La acción de bajas temperaturas.
- b. La destrucción por agentes atmosféricos.
- c. La destrucción por agentes físicos y otros.

3.4.1.1- a. La acción de las Bajas Temperaturas, (8)

Actúa principalmente sobre las rocas o piedras de alta capilaridad ya que al saturarse de agua los poros de esta, la acción de congelación, pudiendo agrietarse por tal causa. (La expansión que sufre el agua congelada es del 9 % del volumen).

La mayoría de las rocas recientemente extraídas de una cantera,

sobre todo las calizas y areniscas, contienen un considerable porcentaje de agua de cantera, por lo que deben orearse o secarse razonablemente antes de emplearse en alguna construcción. La acción de las Bajas Temperaturas es más fuerte cuando la roca se somete a mojado y secado alternativamente, para estos casos se recomienda la utilización de rocas con capilaridad fina.

3.4.1.2- b. Destrucción por Agentes Atmosféricos: (8)

Esto sucede principalmente en las grandes ciudades, donde la piedra de construcción, quizá se vea más afectada por los gases atmosféricos que por cualquier otro agente destructivo. Los anhídridos carbónico, sulfuroso y sulfúrico, son los principales gases perjudiciales.

También en este caso el efecto de mojado y secado alternativo o la disolución de las sustancias solubles de la roca originan la destrucción de la misma. Cuando en la roca el contenido de bentonitas o arcillas es grande, es común que en un proceso cíclico de mojado y secado se destruya.

3.4.1.3- c. Destrucción por Agentes Físicos (8)

Este tipo de agentes puede ocasionar desconchones, grietas o la destrucción del cemento en las areniscas. A veces aparecen, por cristalización de sales (sulfuros y cloruros), 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 entonces un crecimiento de los cristales que puede producir un exceso de presión hidrostática

y la desintegración correspondiente de la piedra. Los cristales mismos pueden aumentar el volumen considerablemente debido a la continua hidratación y contribuir de esta forma al aumento de presión hidrostática. El sulfato sódico en la forma de tenardita, (SO_4Na_2) por hidratación, con un aumento de volumen molecular del 400 %.

El calentamiento cíclico a alta temperatura y su enfriamiento subsiguiente (como puede ocurrir durante un incendio, por la acción del agua fría) puede también destruir una roca, sobre todo si los minerales constituyentes son calcita o feldespato. Cuando se calienta un cristal de calcita se dilata en la dirección de uno de los ejes cristalográficos y se contrae en una dirección normal a ésta. La dilatación en un cristal de ortoclase será más de 12 veces mayor en una dirección que en otra, aunque no haya contracción. Igualmente, la plagioclase (feldespato sódico) y el cuarzo tienen coeficientes de dilatación diferentes en dos direcciones perpendiculares entre sí. Estas diferencias pueden producir un resbalamiento irreversible de los cristales y un aumento en volumen del granito, por calentamiento y enfriamiento cíclico. Al mismo tipo de fenómenos pertenece el "azucaramiento", sacarización o granulación de las superficies del mármol, que se debe a la dilatación termal diferencial de los cristales fuertemente entrelazados de calcita. Como resultado de la granulación se han observado en el mármol aumentos de volumen hasta del 1 %.

Las variaciones de temperatura pueden también producir la exfoliación de una roca. Los cambios de temperatura extremados producen también tensiones internas, con el resultado de "pe

lar" la superficie de aquélla. Es corriente este tipo de meteorización en los granitos y otras rocas ígneas de grano grueso. La exfoliación, en combinación con otros factores, puede ser causa de que se deseche cierto yacimiento para la producción de piedra por encachado.

3.4.2- Análisis de Conjunto:

En cuanto al análisis de conjunto, este trata de conocer el comportamiento y propiedades de un material pétreo, dentro de la masa a la que ha sido integrado. Esta integración de materiales pétreos se da principalmente en la fabricación de concreto y mezclas en general, que es donde intervienen un sinnúmero de materiales; conformando una masa sujeta a cambios físicos y químicos.

A continuación se describen algunos aspectos del concreto y los agregados:

3.4.2.1* ... Reacciones del cemento y los agregados o áridos (8)

Durante la colocación y fraguado del concreto, se realiza la hidratación del cemento, que deja libres los álcalis (óxidos de sodio y potasio). Estos álcalis atacan a todos los silicatos y minerales silíceos.

El resultado de este ataque puede ser muy serio si entre los áridos está presente alguno de los minerales llamados "reactivos".

Si los áridos proceden de una de estas rocas, puede haber aumento de volumen, grietas y pérdida de resistencia del concreto. El módulo de elasticidad disminuye también pero se recupera parcial o totalmente. Se puede explicar el mecanismo del

deterioro del concreto de la siguiente forma.

Durante la mezcla del cemento, áridos y agua y en las horas siguientes, el agua se va cargando de álcalis, debido a su solubilidad. Como parte del agua se va consumiendo en el proceso de hidratación, la concentración de los álcalis va aumentando gradualmente. El líquido cáustico resultante ataca las partículas susceptibles de los áridos y comienzan a formarse geles de sílice alcalino. La reacción es muy rápida con rocas muy reactivas, como el ópalo, y más lenta para las menos reactivas, como las rocas volcánicas vítreas. El agua embebe los geles formados y se producen unas presiones osmóticas, que distienden y acaban por romper el cemento en la proximidad de la partícula reactiva. Los geles de sílice alcalina rellenan las fracturas. Las fisuras se extienden gradualmente hasta que llegan a la superficie del concreto, y las grietas generalmente exudan la gel. Entre las explicaciones que se dan del fenómeno hay también opiniones, de que en la reacción se debe ^{de} producir cal en cantidad suficiente para que libere los álcalis de los silicatos alcalinos en los áridos.

ROCAS QUE SON PERJUDICIALMENTE REACTIVAS

CON LOS CEMENTOS ALCALINOS (8)

Rocas Reactivas	Componentes Reactivos
Rocas Silíceas:	
Sílex opalinos.....	Opalo $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
Sílex de calcedonia.....	Calcedonia SiO_2
Calizas silíceas.....	Calcedonia y/u ópalo
Rocas Volcánicas:	
Riolitas y tobas riolíticas....	} Vidrio, vidrio desvetricado y Tridimita SiO_2
Dacitas y tobas dacíticas.....	
Andesitas.....	
Rocas Metamórficas:	
Filitas.....	Hidromica (illita)

Rocas Varias: Todas las rocas que contengan filoncillos, inclusiones, revestimientos externos o granos detríticos de ópalo, calcedonia o tridimita. Aparentemente, también el cuarzo muy fracturado por proceso natural.

3.4.2.2- Efectos Termales de los Agregados del Concreto

Las pequeñas variaciones de temperatura pueden producir la dilatación y la fisuración ocasional del concreto, fenómenos puramente físicos. El calor intenso produce el deterioro físico y químico del concreto. A causa de la variabilidad de los coeficientes de dilatación en distintas direcciones el concreto puede romperse simplemente por excesos de tensión. El calor intenso puede realmente descomponer los agregados, y crear nuevos compuestos químicos. Por ejemplo: parece que el intenso calor producido por los motores de propulsión a chorro en el pavimento de las pistas de aterrizaje descompone la caliza de los agregados.

Este mismo problema surge en la construcción de edificios a prueba de fuego. En ensayos realizados, se ha comprobado que el tipo de agregados tiene un efecto definitivo en la resistencia al fuego de los distintos concretos o argamasas. Los agregados silíceos, que contienen grandes cantidades de minerales silíceos, como cuarzo y sílex, forman un concreto o un bloque de construcción a los que las altas temperaturas producen grandes daños. A temperaturas tan poco elevadas como 410° F --- (210° C) para el sílex y 1.063° F (573° C) para el cuarzo, hay cambios bruscos de volumen que producen fuertes tensiones destructivas en las paredes o suelos terminados. Los agregados compuestos principalmente por minerales calizos están menos sujetos a los desperfectos. Bajo un calor intenso se produce la calcinación de la caliza y los productos de ésta son aislantes excelentes que frenan el paso del calor de la cara del muro expuesto al fuego a la otra cara.

Se pudo ver en los ensayos que un muro compuesto principalmente por agregados silíceos se vino abajo a los 58½ minutos de exposición al fuego, mientras que el construido con los agregados calizos soportó el fuego durante 1 hora y 51 minutos. En estos ensayos, las gravas calizas contenían más del 80 % de minerales calizos; las arenas, el 50 % y los agregados silíceos, más del 90 % de cuarzo, con pequeñas cantidades de feldespato, mica y arcilla.

CONCLUSIONES

A través del presente ensayo se evidenció lo siguiente:

- 1- El poco trabajo realizado, hasta el momento, por parte de la facultad de Arquitectura en lo que respecta a este tipo de temas.
- 2- La importancia que tienen los conocimientos de Geología, como un auxiliar para la realización y comprensión en la investigación de bancos de materiales.
- 3- Lo importante que es para el futuro profesional contar con conocimientos, no solo sobre bancos de materiales, sino de las propiedades constructivas de los distintos tipos de rocas.
- 4- Que no existe ninguna entidad estatal que se dedique específicamente a este tipo de investigación. Es cierto, que algunas agencias del gobierno realizan estudios semejantes, pero sin contar con un programa de información o divulgación al respecto.
- 5- Como consecuencia de lo anterior, las fuentes de información son muy limitadas, dificultándose resolver de inmediato, determinada cuestión en ese campo.

RECOMENDACIONES

- 1- A través de la práctica de campo del Ejercicio Profesional Supervizado se deberá tratar, en lo posible, que durante la misma se utilice parte de ese tiempo para la investigación de Bancos de Materiales en beneficio de las distintas comunidades.
- 2- Es necesario darle importancia, en la facultad de Arquitectura, al estudio de Geología; por lo menos, en sus conceptos elementales.
- 3- Es importante que dentro de los cursos de Materiales de Construcción, que se imparten en la facultad, se haga énfasis en el estudio de las propiedades de integración de los materiales.
- 4- Estimular al estudiante de Arquitectura a que efectúe investigaciones de este tipo, haciéndole ver la utilidad que puede tener para el mejor desempeño de sus funciones; ya que contando con mayores recursos, podrá resolver en mejor forma las necesidades comunitarias.
- 5- Que a nivel estatal se hagan estudios Litoestratigráficos de los distintos departamentos de la República, con el fin de hacer más fácil la investigación de los recursos minerales.

APENDICE

TABLAS DE PROPIEDADES DE
ALGUNOS TIPOS DE ROCA.

PESO ESPECIFICO, POROSIDAD, ABSORCION Y PESO UNITARIO DE DIVERSAS ROCAS * (8)

Tipo de roca.	Número de muestras.	Peso espec. aparente.	Porosidad %	Absorción %	Peso unit. seco ppc.
*Igneas:					
Andesita.....	4	2,22	10,77	4,86	174,3
		2,70	0,72	0,28	168,5
		2,79	0,10	0,05	138,8
Aplita.....	1	2,50	4,11	1,67	156,1
Basalto.....	4	2,77	22,06	9,97	172,9
		2,75	1,10	0,13	171,6
		2,21	0,22	0,66	138,2
Dacita.....	1	2,46	3,50	1,44	153,6
Diabasa.....	2	2,95	0,17	0,06	184,4
		2,82	1,00	0,38	176,0
Gabbro.....	3	3,00	0,00	0,00	187,3
		2,86	0,29	0,13	178,4
		2,72	0,62	0,25	169,6
Granito.....	17	2,67	3,98	1,55	166,6
		2,60	1,11	0,44	162,7
		2,53	0,44	0,20	158,2
Granito (fluorita).....	1	2,99	1,67	0,58	186,6
Granodiorita.....	1	2,70	0,50	0,19	168,5
Sienita-cuarcífera.....	1	2,63	1,54	0,62	164,1
Riolita.....	1	2,49	4,13	1,67	155,2
*Sedimentarias:					
Brecha(sienita).....	1	3,10	0,78	0,27	193,3
Brecha (caliza).....	1	2,28	18,73	8,26	142,1
Sílex.....	1	2,48	4,10	1,69	155,1
Lumaquilla.....	1	1,19	56,70	47,80	74,0
Coral.....	2	2,66	1,06	0,41	166,2
Caliza.....	7	2,54	4,36	1,73	158,9
		2,67	1,70	0,65	166,8
		2,72	0,27	0,12	169,7
Caliza (dolomítica).....	2	2,69	2,08	0,80	167,9
Caliza (oolítica).....	3	2,66	1,06	0,42	166,3
Arenisca.....	6	2,58	1,62	0,66	160,9
		2,35	9,25	4,12	147,2
		1,91	26,40	13,80	119,5

Continuación:

Arenisca (calcífera).....	1	2,31	11,85	5,14	144,5
Arenisca (arcillosa).....	1	2,48	6,10	2,48	155,1
Travertino (ónix).....	2	2,63	1,07	0,42	164,7
*Metamórficas:					
Gneis.....	5	3,12	2,23	0,84	195,0
		2,66	0,78	0,30	166,1
		2,61	0,30	0,12	162,9
Mármol.....	7	2,73	2,02	0,77	170,2
		2,61	0,62	0,23	163,1
		2,49	0,31	0,13	155,5
Mármol (dolomítico).....	2	2,84	0,60	0,21	177,2
Cuarcita.....	3	2,64	0,46	0,17	164,7
Pizarra.....	3	2,77	0,00	0,00	173,0
		2,74	1,06	0,40	171,5

* 1 ppc = 0.016 toneladas/M³.

* 1 psi = 1.482 kilogramos/M².

RESISTENCIA DE LAS ROCAS A LA COMPRESION (8)
(VALORES GENERALES)

Resistencia a la compresión en psi	Tipo de roca
Más de 40.000	Algunos basaltos, la diabasa, algunas cuarcitas
25.000 - 40.000	Algunos granitos de grano fino, diorita, basalto, areniscas y calizas compactas bien cementadas, cuarcitas.
10.000 - 25.000	Calizas y areniscas de tipo medio, granito de grano basto y medio, gneis.
5.000 - 10.000	Areniscas y calizas porosas, margas
Menos de 5.000	Toba, greda, areniscas muy porosas, limolitas compactas.

KARST:_____ Conjunto de formas originadas en el relieve calcáreo por efecto de di solución de rocas fácilmente solubles (caliza y yeso).

LACOLITOS:_____ Masa magmática entre ácida e intermedia que se ha solidificado en la corteza terrestre, provocando una deformación en forma de cúpula.

LITO:_____ En palabras compuestas, piedra o roca.

LITOLOGIA:_____ Estudio de las rocas.

METEORIZACION:_____ Destrucción de las rocas y minerales cercanos a la superficie por -- efectos químicos y físicos.

MONTMORILLONITA:_____ Silicato de arcilla d color gris blanquecino a amarillo.

STRIQUE-SLIP:_____ Deslizamiento brusco.

STOCKS:_____ Igual a Domo.

SUBDUCCION:_____ Cuando una placa tectónica se introduce bajo de otra.

VOCABULARIO

- ABANICO:_____ Talud cónico de material detrítico.
- ABRACION:_____ Desgaste de las rocas por acción del viento.
- AFLORAMIENTO:_____ Parte de una formación rocosa que sale a la superficie.
- ANTICLINAL:_____ Pliegue de estratos rocosos, que se inclinan en direcciones opuestas desde un eje.
- BATOLITO:_____ Masa rocosa profunda formada por rocas cristalinas.
- BENTONITA:_____ Roca arcillosa procedente de tobas volcánicas, compuesta fundamentalmente de montmorillonita.
- BUZAMIENTO:_____ Sentido en que se inclina una capa o filón.
- CLIVAJE:_____ Separación en planos de los cristales como consecuencia de la presión.
- CRON:_____ Unidad geológica de tiempo equivalente a un millón de años.
- DETRITO:_____ Material de meteorización y fragmentos rocosos de cualquier tipo.
- DIACLASA:_____ Una fisura en la roca.
- DOMO:_____ Forma abovedada que presentan algunos cerros.
- ESTRATIGRAFIA:_____ Parte de la Geología que se ocupa de la disposición de los estratos y de los fósiles que contienen.
- EXFOLIACION:_____ Proceso por el que hojas concéntricas se separan de superficies rocosas.
- FOLIACION:_____ Laminación estructural producida durante el metamorfismo.
- GELES:_____ Estado de transición entre sólido y líquido.
- GEOANTICLINAL:_____ Un arco de gran tamaño, como una cordillera montañosa plegada hacia arriba.
- GRABEN:_____ Bloques hundidos entre fallas normales.
- HORST:_____ Bloques elevados y delimitados, por fallas normales.
- INTRUSION:_____ Proceso por el que el magma procedente del interior de la tierra, permanece dentro de la corteza terrestre, formando cuerpos rocosos.

BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

- 1- Bonis, Samuel B.
GEOLOGIA DEL AREA DE QUETZALTENANGO, REPUBLICA DE GUATEMALA.
Instituto Geográfico Nacional, 1,965.
- 2- Bonis, Samuel B.
SEGUNDA REUNION DE GEOLOGOS DE AMERICA CENTRAL.
Guatemala, I.C.A.I.T.I., 1,966.
- 3- Buud, G.
TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION.
España, Editorial Blume, 19.
- 4- Dengo, Gabriel.
ESTRUCTURA GEOLOGICA, HISTORIA TECTONICA Y MORFOLOGIA DE AMERICA CENTRAL.
Guatemala, I.C.A.I.T.I. , 1,973.
- 5- Emmons, William. Y otros.
GEOLOGIA: PRINCIPIOS Y PPOCESOS.
España, Castilla, S.A., 1,965.
- 6- Fernández C., Jorge.
CURSO PRACTICO DE CERAMICA.
Argentina, Taller Condorhasi, 1,974.

- 7- Griffiths, D.H. y King. R.F.
GEOFISICA APLICADA PARA INGENIEROS Y GEOLOGOS.
España, Paraninfo, 1,972.
- 8- Krynine, D.P. y Judd, W.
PRINCIPIOS DE GEOLOGIA Y GEOTECNIA PARA INGENIEROS.
España, Ediciones Omega. S.A., 1,975.
- 9- Müller, Enrique
DETERMINACION EN LABORATORIO DE LA RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE LAS ROCAS VOLCANICAS
MAS FRECUENTES EN EL ALTIPLANO DE GUATEMALA.
Universidad de San Carlos de Guatemala, 1,977.
- 10- Pearl, Richard.
GEOLOGIA.
Mexico, Compañía Editorial Continental, S.A., 1,976.
- 11- Williams, Howell.
HISTORIA VOLCANICA DE LOS ALTIPLANOS GUATEMALTECOS.
Traductor, Ing. Carlos Tobar.
Guatemala, 1,977.
- 12- INTERCAMBIOS PERSONALES.
Con el Ingeniero-Geólogo Carlos A. Tobar.

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA

DECANO EN FUNCIONES

ARQ. MIGUEL ANGEL SANTACRUZ

VOCAL 1o.

VOCAL 2o.

ARQ. FRANCISCO CHAVARRIA

VOCAL 3o.

ARQ. GUILLERMO ROLDAN

VOCAL 4o.

VOCAL 5o.

BR. CARLOS ZETINA

SECRETARIO a. i.

ARQ. ROLANDO ANLEU D.

TRIBUNAL EXAMINADOR

DECANO EN FUNCIONES

ARQ. MIGUEL ANGEL SANTACRUZ

EXAMINADOR

ARQ. CARLOS MARTINI

EXAMINADOR

ING. EDGAR CACERES

EXAMINADOR

ARQ. ERWIN DE LEON

SECRETARIO a. i.

ARQ. ROLANDO ANLEU D.

(F) Edgar A. Molina
Br. Edgar A. Molina González

BIBLIOTECA CENTRAL UNAC
(F) DEBORAH
Ing. Geólogo Carlos Tobar J.
Asesor

(F) Miguel Angel Santacruz
Arq. Miguel Angel Santacruz O.
Decano a.i

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central
Sección de Tesis