

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



29

43

METODOLOGIA PARA LA EJECUCION DE ESTUDIOS  
GEOTECNICOS EN CAMINOS

T E S I S

ROGELIO CAMACHO VAZQUEZ .

1983



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

# I N D I C E

INTRODUCCION

CAPITULO I

ZONIFICACIÓN FISIAGRÁFICA Y LITOLÓGICA 1

CAPITULO II

DATOS DE SUELOS PARA EL CÁLCULO DE LA CURVA  
MASA 3

CAPITULO III

OBRAS DE DRENAJE 13

CAPITULO IV

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA 45

CAPITULO V

CONCLUSIONES 46

ANEXO "A"

58

ANEXO "B"

62

APENDICE "A"

CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y ROCAS

68

APENDICE "B"

BANCOS DE MATERIALES

98

BIBLIOGRAFÍA

120

## INTRODUCCION

EN LA EJECUCIÓN DE UN ESTUDIO GEOTÉCNICO PUEDEN DISTINGUIRSE DOS ETAPAS: UNA PRIMERA QUE COMPRENDE EL RECONOCIMIENTO, LA EXPLORACIÓN, EL LEVANTAMIENTO DE DATOS Y LAS PRUEBAS DE LABORATORIO Y UNA SEGUNDA ETAPA EN LA QUE SE RECOPILA LA INFORMACIÓN DISPONIBLE, SE ANALIZA, SE PRODUCEN RECOMENDACIONES Y SE REDACTA EL INFORME CORRESPONDIENTE.

UN ESTUDIO GEOTÉCNICO PONDRÁ A DISPOSICIÓN DEL PROYECTISTA, SOBRE LA MESA DE TRABAJO, TODA LA INFORMACIÓN RELEVANTE QUE ÉSTE REQUIERA SOBRE TIPO DE TERRENO DE CIMENTACIÓN, TIPO DE MATERIALES A EMPLEAR Y SU PROBABLE COMPORTAMIENTO FUTURO, INCLUYENDO LO RELACIONADO CON PROCEDIMIENTOS Y COSTOS DE CONSTRUCCIÓN.

LA INFORMACIÓN GEOTÉCNICA DEBERÁ PRESENTARSE EN FORMA SENCILLA, CLARA Y ORDENADA, TRADUCIENDO LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS FORMACIONES OBSERVADAS EN EL CAMPO, A VALORES NUMÉRICOS Y RECOMENDACIONES QUE PUEDAN SER TOMADAS EN CUENTA EN EL PROYECTO GEOMÉTRICO.

EL PROYECTO DE UNA VÍA TERRESTRE, ADEMÁS DE SATISFACER LOS REQUERIMIENTOS GEOMÉTRICOS, DEBERÁ SER CONGRUENTE CON LAS CARACTERÍSTICAS Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LAS FORMACIONES AFECTADAS, DE MANERA QUE LA OBRA POR CONSTRUIR CUMPLA CON LOS REQUISITOS DE CALIDAD Y ESTABILIDAD AL MENOR COSTO POSIBLE. LAS CONDICIONES DEL TERRENO DE CIMENTACIÓN Y LA CALIDAD DE LOS MATERIALES EMPLEADOS NORMARÁN, EN TÉRMINOS GENE

RALES EL CRITERIO DEL PROYECTISTA AL EFECTUAR EL DISEÑO GEOMÉTRICO.

PARA FACILITAR Y ORDENAR LOS TRABAJOS DE CAMPO ES NECESARIO DIVIDIR LA CARRETERA POR ESTUDIAR EN ZONAS DE CARACTERÍSTICAS SIMILARES, LO QUE SE HACE EN BASE A LA FISIOGRAFÍA. EN ESTE PRIMER PASO SE TOMA EN CUENTA LAS CARACTERÍSTICAS - MORFOLÓGICAS. LOS ASPECTOS LITOLÓGICOS Y DE SUELOS PERMITEN HACER UNA SUBDIVISIÓN EN SUBZONAS. CADA UNA DE ESTAS SUBZONAS DEBERÁN SER DESCRITAS CON DETALLE Y PUESTO QUE PRESENTARÁN CARACTERÍSTICAS MÁS O MENOS HOMOGÉNEAS, PARTICIPARÁN DE LA MISMA CLASIFICACIÓN Y RECOMENDACIONES.

LA DESCRIPCIÓN DE CADA SUBZONA DEBERÁ HACERSE VERTICALMENTE, CLASIFICANDO CADA UNA DE LAS CAPAS O ESTRATOS QUE LA COMPONGAN, PARA LO QUE EN GENERAL SERÁ NECESARIO EFECTUAR - SONDEOS, TOMAR MUESTRAS, EFECTUAR PRUEBAS MANUALES DE CAMPO Y ALGUNAS PRUEBAS DE LABORATORIO EN EL CASO DE SUELOS. EN - EL CASO DE ROCAS, SERÁ NECESARIO EFECTUAR UN ANÁLISIS DETALLADO DE LOS AFLORAMIENTOS, DETERMINANDO LA CLASIFICACIÓN ME GASCÓPICA Y LA ESTRUCTURA DE LAS ROCAS.

## CAPITULO I

### ZONIFICACION FISIOGRAFICA Y LITOLOGICA

PARA LA PRIMERA ZONIFICACIÓN, SE EFECTÚA UN RECORRIDO - SUPERFICIAL DEL CAMINO POR ESTUDIAR, LLENANDO EL CUESTIONARIO DEL ANEXO "A" PARA CADA UNA DE LAS ZONAS DELIMITADAS. EN ESTE PRIMER CASO ENTRARÁN EN JUEGO LOS CONOCIMIENTOS GEOLÓGICOS DEL INGENIERO QUE LLEVE A CABO EL ESTUDIO, SIENDO DE LA MÁXIMA UTILIDAD CONTAR CON UN PLANO FOTOGEOLÓGICO DE LA REGIÓN.

EN EL ANEXO "A", EL TIPO DE TERRENO SE CLASIFICA DE ACUERDO CON LA MAGNITUD DE LOS MOVIMIENTOS DE TIERRA QUE SERÁ NECESARIO EFECTUAR PARA ALOJAR LA CORONA DEL CAMINO, ES DECIR, QUE ESTA CLASIFICACIÓN SE BASA EN LAS CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS DEL ÁREA SOBRE LA QUE SE ALOJARÁ LA CARRETERA Y NO EN LAS CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS REGIONALES.

EN GENERAL, LOS CAMBIOS EN LA MORFOLOGÍA, CORRESPONDEN A CAMBIOS EN LOS MATERIALES CONSTITUYENTES. UNA UNIDAD MORFOLÓGICA PODRÁ ESTAR CONSTITUIDA POR DIFERENTES TIPOS DE ROCA O BIEN POR UN MISMO TIPO DE ROCA, PERO CON DIFERENTES CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES. ESTO PERMITE DESDE UN PUNTO DE VISTA LITOLÓGICO, SUBDIVIDIR LAS ZONAS O REGIONES FISIOGRAFICAS. EN EL PUNTO 2 DEL ANEXO "A", DEBERÁ ESTABLECERSE ESTA SUBDIVISIÓN PUDIÉNDOSE CLASIFICAR LAS ROCAS ENCONTRADAS EN FORMA MEGASCÓPICA, ANOTANDO EN EL LUGAR CORRESPONDIENTE EL NOMBRE DE LA ROCA, O BIEN, SIMPLEMENTE, MARCAR EL CASILLERO

DE ACUERDO CON LOS ENCABEZADOS. DENTRO DE LAS OBSERVACIONES, PODRÁN INCLUIRSE EL GRADO DE FRACTURAMIENTO Y EL GRADO DE ALTERACIÓN ASÍ COMO CUALQUIER OTRA INFORMACIÓN QUE SE JUZGUE PERTINENTE.

EN EL PUNTO 3 DEL MISMO ANEXO "A", "DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS", INTERESA ESTABLECER PRIMERAMENTE EL ORIGEN DE ÉSTOS Y SI ES POSIBLE, EL TIPO DE ACUMULACIÓN QUE FORMAN, POR EJEMPLO: CONO ALUVIAL, LLANURA ALUVIAL, TERRAZA FLUVIAL, PANTANO, DEPÓSITO LACUSTRE, DEPÓSITO DE PIÉ DE MONTE, ETC., COLOCANDO ESTOS NOMBRES EN LAS COLUMNAS CORRESPONDIENTES.

POR LO QUE RESPECTA A LOS PROBLEMAS GEOTÉCNICOS ESPECIALES, DE LOS QUE EN EL PUNTO II APARECE UNA LISTA INDICATIVA Y NO LIMITATIVA, DEBERÁN SER DESCRITOS LO MÁS DETALLADAMENTE POSIBLE, UBICÁNDOLOS RESPECTO AL CAMINO Y DIFERENCIANDO CLARAMENTE LOS HECHOS OBSERVADOS DE LOS SUPUESTOS; SE AGREGARÁN RECOMENDACIONES PARA SU SOLUCIÓN.

## CAPITULO II

### DATOS DE SUELOS PARA EL CALCULO DE LA CURVA MASA

ESTABLECIDA LA ZONIFICACIÓN EN FORMA INDICADA ANTERIORMENTE, SE CLASIFICARÁN CADA UNO DE LOS MATERIALES QUE FORMAN EL PERFIL, PROPORCIONANDO LOS DATOS NECESARIOS PARA EL CÁLCULO DE CURVA MASA E INCLUYENDO LOS TRATAMIENTOS Y PROCEDIMIENTOS RECOMENDABLES EN CADA CASO.

ESTA INFORMACIÓN ES CONVENIENTE ORDENARLA EN FORMAS COMO LAS PRESENTADAS EN EL ANEXO "B", CUYO LLENADO SE EXPLICA A CONTINUACIÓN:

#### 1. CLASIFICACIÓN S. O. P.

LA CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES PÉTREOS Y SUELOS SE HARÁ DE ACUERDO CON LA CLASIFICACIÓN ESTABLECIDA POR LA S. O. P., LA QUE A SU VEZ SE BASA EN LA CLASIFICACIÓN S. U. C. S., AGREGÁNDOLE LO CORRESPONDIENTE A FRAGMENTOS DE ROCA. DICHA CLASIFICACIÓN SE PRESENTA AL FINAL DE ESTE TRABAJO (APENDICE A), AGREGÁNDOSE ADEMÁS LO REFERENTE A LA CLASIFICACIÓN DE ROCAS.

##### 1.1 SUELOS GRUESOS Y FRAGMENTOS DE ROCA.

PARA ESTOS MATERIALES, ADEMÁS DE LA CLASIFICACIÓN S. O. P., ES NECESARIO INCLUIR UNA DESCRIPCIÓN, LO MÁS CONCRETA Y CONCISA POSIBLE, DE LAS CONDICIONES QUE PRESENTAN LOS MATERIALES EN SUS YACIMIENTOS NATURALES. DICHA DESCRIPCIÓN PODRÁ INCLUIR EL TAMAÑO MÁXIMO DE LAS PARTÍCULAS, SU FORMA, LOS PORCENTAJES DE LOS DIFERENTES TAMAÑOS, SU DUREZA,

SU COLOR, SU COMPACIDAD O CEMENTACIÓN Y SU CONTENIDO NATURAL DE AGUA, UTILIZANDO PARA ELLO LOS SIGUIENTES ADJETIVOS EN CADA CASO:

A) NOMBRE TÍPICO.

SE PUEDEN DENOMINAR COMO FRAGMENTOS GRANDES, MEDIANOS O CHICOS, GRAVAS O ARENAS.

B) FORMA DE LOS GRANOS INDIVIDUALES.

SE DENOMINAN COMO ANGULOSOS, SUBANGULOSOS, SUBREDONDEADOS O REDONDEADOS. SE REQUIERE ADEMÁS, INDICAR LA RELACIÓN ENTRE SUS TRES DIMENSIONES PRINCIPALES, CLASIFICÁNDOLOS COMO EQUIDIMENSIONALES, LAJEADOS, ACICULARES, ETC.

C) TAMAÑO MÁXIMO.

SE TOMARÁ COMO LA ABERTURA MÍNIMA DE UNA MALLA CUADRADA QUE PERMITA EL PASO DE LAS PIEZAS INDIVIDUALES MENORES.

D) GRANULOMETRÍA.

ES LA PORCIÓN ENTRE LOS DIFERENTES TAMAÑOS EXPRESÁNDOLA EN PORCENTAJE.

E) DUREZA DE LOS GRANOS.

SE CLASIFICARÁN COMO MUY DUROS, DUROS Y BLANDOS.

F) COMPACIDAD.

SE ESTIMARÁ EL CONJUNTO COMO MUY COMPACTO, COMPACTO, MEDIANAMENTE COMPACTO, SUELTO Y MUY SUELTO.

G) CEMENTACIÓN.

ES LA LIGA ENTRE GRANOS INDIVIDUALES ESTIMANDO EL CONJUNTO COMO FUERTEMENTE, MEDIANAMENTE O DÉBILMENTE CEMENTADO, ACLARANDO LO RELATIVO AL TIPO DE CEMENTANTE, EL CUAL PUEDE SER: ARCILLOSO, FERROSO, CALCAREO O SILICOSO.

#### H) COLOR.

EL COLOR SE DESCRIBE UTILIZANDO ÚNICAMENTE ALGUNOS COLORES BÁSICOS COMO GRIS, CAFÉ O ROJO, LOS CUALES PUEDEN SER CLAROS U OSCUROS Y CERRANDO DICHA ESCALA EL BLANCO Y EL NEGRO.

#### I) CONTENIDO DE AGUA.

SE ESTIMAN COMO SECOS, POCO HÚMEDOS, HÚMEDOS, MUY HÚMEDOS Y SATURADOS.

### 1.2 SUELOS FINOS COHESIVOS.

EN EL CASO DE LOS SUELOS PREDOMINANTEMENTE FINOS, A DEMÁS DEL NOMBRE TÍPICO DADO EN LA CLASIFICACIÓN S. O. P., ES NECESARIO AGREGAR INFORMACIÓN DE LAS CONDICIONES EN QUE ÉSTOS SE HAYAN EN SUS YACIMIENTOS NATURALES, ACLARANDO LO RELATIVO A:

#### A) PLASTICIDAD.

SE ESTIMARÁN COMO: NO PLÁSTICOS, POCO PLÁSTICOS, MEDIANAMENTE Y MUY PLÁSTICOS.

#### B) CONSISTENCIA.

SE ESTIMARÁN COMO:

MUY DUROS, SI NO PUEDE INTRODUCIRSE FÁCILMENTE EL CUCHILLO O ESPÁTULA.

DUROS, SI NO QUEDA HUELLA AL PRESIONARLOS CON EL DEDO.

MUY FIRMES, SI NO PUEDEN PUNZONARSE FÁCILMENTE CON EL DEDO.

FIRMES, SI SE PUNZONAN FÁCILMENTE CON EL DEDO.

BLANDOS, SI SE PUEDEN REMOLDEAR FÁCILMENTE.

MUY BLANDOS, SI SE PRESENTA TENDENCIA A FLUIR.

c) CONTENIDO DE AGUA.

SE ESTIMARÁN COMO SECOS, POCO HÚMEDOS, HÚMEDOS, MUY HÚMEDOS O SATURADOS. SE HACE NOTAR QUE EXISTE UNA ESTRECHA RELACIÓN ENTRE EL CONTENIDO DE AGUA Y LA CONSISTENCIA EN ESTE TIPO DE SUELOS.

d) COLOR.

SERÁ EN LA MISMA FORMA DESCRITA POR LOS SUELOS GRUESOS.

e) CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA.

SE ESTIMARÁ SU PRESENCIA VISUALMENTE, SIEMPRE Y CUANDO SEAN DISTINGUIBLES HOJAS, TALLOS, RAICES, ETC.

f) PORCENTAJE DE PARTÍCULAS GRUESAS.

DEBERÁ INDICARSE EL TAMAÑO MÁXIMO DE ÉSTAS.

1.3 ROCAS.

EN EL CASO DE FORMACIONES ROCOSAS, ADEMÁS DE SU CLASIFICACIÓN GEOLÓGICA O PETROGRÁFICA, ES NECESARIO AÑADIR INFORMACIÓN REFERENTE A SU GRADO DE ALTERACIÓN, FRACTURAMIENTO, ESPESOR DE ESTRATOS Y TODAS AQUELLAS CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES QUE PUDIERAN AFECTAR SU COMPORTAMIENTO MECÁNICO, TALES COMO: CAVERNAS DE DISOLUCIÓN, INTERCALACIÓN DE ESTRATOS DE ROCAS ARCILLOSAS, FALLAS, PLANOS DE ESQUISTOCIDAD, ETC.

2. TRATAMIENTO PROBABLE.

SE REFIERE AL TRATAMIENTO MECÁNICO QUE SE RECOMIENDA DAR A CADA UNO DE LOS TIPOS DE MATERIALES ENCONTRADOS, CUANDO SE COLOQUEN FORMANDO UN TERRAPLÉN. ÉSTE TRATAMIENTO PODRÁ SER COMPACTADO, BANDEADO O A VOLTEO, AUNQUE ÉSTE ÚLTIMO SOLO SE ACEPTA EN CASOS MUY ESPECIALES.

EL PROCEDIMIENTO DE BANDEADO CONSISTE EN EL PASO DE UN TRACTOR DE CIERTAS CARACTERÍSTICAS SOBRE CADA UNA DE LAS CAPAS EN QUE SE VA COLOCANDO EL MATERIAL; SE UTILIZA EN AQUELLOS MATERIALES CUYAS DIMENSIONES NO PERMITEN SU CONTROL DE COMPACTACIÓN MEDIANTE LAS PRUEBAS TRADICIONALES.

### 3. COEFICIENTES DE VARIACIÓN VOLUMÉTRICA.

ESTOS COEFICIENTES SE REFIEREN A LA RELACIÓN QUE EXISTE ENTRE EL PESO VOLUMÉTRICO SECO DEL MATERIAL EN SU ESTADO NATURAL Y EL PESO VOLUMÉTRICO SECO DEL MATERIAL COLOCADO EN EL TERRAPLÉN. OBTIENE SU VALOR NUMÉRICO DEPENDERÁ DE LA COMPACTACIÓN O CONSISTENCIA DEL SUELO EN SU ESTADO NATURAL, ASÍ COMO EL GRADO DE COMPACTACIÓN O ACOMODO QUE SE LOGRE EN EL TERRAPLÉN.

EN EL CASO DE SUELOS, PUEDEN CALCULARSE FÁCILMENTE DETERMINANDO EL PESO VOLUMÉTRICO DEL MATERIAL EN SU ESTADO NATURAL Y EL PESO VOLUMÉTRICO MÁXIMO.

SE DEFINE COMO COEFICIENTE DE VARIACIÓN VOLUMÉTRICA COMO:

$$C.V.V. = \frac{\gamma_d}{\gamma_{d\text{máx}}} G_c$$

DONDE:

$\gamma_d$  = PESO VOLUMÉTRICO SECO EN ESTADO NATURAL

$\gamma_{d\text{máx}}$  = PESO VOLUMÉTRICO SECO MÁXIMO

$G_c$  = GRADO DE COMPACTACIÓN QUE SE DARÁ AL SUELO, PARA EL CUAL SE ESTIMA DICHO COEFICIENTE DE VARIACIÓN VOLUMÉTRICA.

EN EL CASO DE FRAGMENTOS DE ROCA O ROCAS, ES NECESARIO

ESTIMAR EL COEFICIENTE DE VARIACIÓN VOLUMÉTRICA PARA SU COLOCACIÓN, GENERALMENTE MEDIANTE BANDEO, EN FUNCIÓN DE SU GRANULOMETRÍA, ANGULOSIDAD, GRADO DE ALTERACIÓN, DUREZA, ETC. ESTOS COEFICIENTES EN PRÁCTICAMENTE TODOS LOS CASOS SON SUPERIORES A LA UNIDAD. POR OTRA PARTE, EXPERIMENTALMENTE SE HA ENCONTRADO QUE DIFÍCILMENTE ALCANZAN VALORES SUPERIORES DE 1.25.

EN LA TABLA II-1 QUE SE PRESENTA A CONTINUACIÓN, SE DAN LOS COEFICIENTES DE VARIACIÓN VOLUMÉTRICA, APROXIMADOS, DE LOS MATERIALES DE MAYOR EMPLEO EN LA INGENIERÍA, MEDIANTE LOS CUALES ES POSIBLE FORMARSE UN CRITERIO DE LA VARIACIÓN DE ÉSTOS (MUY ÚTIL EN SU APLICACIÓN PRÁCTICA).

#### 4. CLASIFICACIÓN PARA PRESUPUESTO.

ESTA CLASIFICACIÓN SE HACE EN BASE A LO ESTABLECIDO EN LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN DE LA PROPIA S. O. P., ESTIMANDO LOS PORCENTAJES DE MATERIAL TIPO A (FÁCILMENTE EXCAVABLE CON PICO Y PALA), TIPO B (NO REQUIERE EL USO DE EXPLOSIVOS) Y TIPO C (REQUIERE EXPLOSIVOS), PRESENTÁNDOLOS EN TRES CIFRAS, DE DOS DÍGITOS CADA UNA, QUE REPRESENTAN EL PORCENTAJE DE CADA TIPO DE MATERIAL, POR EJEMPLO, (30-20-50) QUE QUIERE DECIR, 30% DE MATERIAL TIPO A, 20% DE MATERIAL TIPO B Y 50% DE MATERIAL TIPO C.

EN LA TABLA II-1, SE PUEDE OBSERVAR LA CLASIFICACIÓN PARA PRESUPUESTO, DE ACUERDO AL MATERIAL QUE SE TRATE.

#### 5. TALUDES RECOMENDABLES.

DEBERÁN INDICARSE LOS TALUDES ESTABLES TANTO PARA CORTES COMO PARA TERRAPLENES, EXPRESÁNDOLOS COMO EL DESPLAZA

COEFICIENTES DE VARIACION VOLUMETRICA

9  
TABLA II-1

TIPO DE MATERIAL	CAP. CARGA T/m <sup>2</sup>	COMPACTADO			CLASIF. PRESUPUESTO	SUELTO
		90%	95%	100%		
<b>A R E N A</b>						
Suelta	10	0.87	0.82	0.78	100-00-00	1.00
Medianamente Compacta	15	0.96	0.91	0.86	80-20-00	1.10
Compacta	18	1.03	0.98	0.93	50-50-00	1.20
Muy Compacta	20	1.11	1.05	1.00	00-100-00	1.28
<b>L I M O</b>						
Muy Suelto	5	0.82	0.78	0.74	100-00-00	1.06
Suelto	10	0.91	0.86	0.82	100-00-00	1.17
Medianamente Compacto	15	0.99	0.94	0.89	80-20-00	1.27
Compacto	18	1.06	1.00	0.95	50-50-00	1.36
Muy Compacto	20	1.11	1.05	1.00	00-100-00	1.43
<b>A R C I L L A</b>						
Muy Blanda	5	0.78	0.74	0.70	100-00-00	1.08
Blanda	10	0.87	0.82	0.78	100-00-00	1.20
Media	12	0.95	0.90	0.85	90-10-00	1.30
Firme	15	1.01	0.96	0.91	80-20-00	1.40
Muy Firme	18	1.08	1.02	0.97	50-50-00	1.49
Dura	20	1.14	1.08	1.02	00-100-00	1.57
<b>R O C A S</b>					<b>BANDEADO</b>	
MUY INTEMPERIZADAS.- Rocas con alteración física y química muy avanzadas, poco cementadas, - con grietas apreciables rellenas de suelo; se disgregan fácilmente. Podrán atacarse con tractor y se obtendrán fragmentos chicos, gravas, arenas y arcillas					1.00	1.10
MEDIANAMENTE INTEMPERIZADAS.- Rocas con alteración física y química medianamente avanzadas, medianamente cementadas, fracturadas. Para atacarlas se requerirá el empleo de arado y de explosivos de bajo poder y se obtendrán fragmentos chicos y medianos, gravas y arenas.					1.07	1.25
POCO INTEMPERIZADAS.- Rocas con poca alteración física o química, bien cementadas, poco fracturadas. Para atacarlas se requerirá el empleo de explosivos de alto poder y se obtendrán fragmentos medianos, chicos y grandes y gravas.					1.15	1.50
SANAS.- Rocas sin alteración física o química, poco o nada fisuradas, bien cementadas, densas. Para atacarlas se requerirá el empleo de explosivos de alto poder y se obtendrán fragmentos grandes y medianos.					1.25	1.75

MIENTO HORIZONTAL PARA UNA ALTURA UNITARIA, EN FORMA DE QUEBRADO. LOS TALUDES USUALES EN LA S. O. P. SON  $1/4:1$  PARA ROCAS SANAS NO FRACTURADAS NI FISURADAS;  $1/2:1$  PARA ROCAS SANAS POCO FRACTURADAS;  $3/4:1$  PARA ROCAS POCO ALTERADAS O FRACTURADAS Y PARA SUELOS COMPACTOS O FIRMES, Y  $1:1$  PARA SUELOS SUELTOS O SUAVES. SOLO OCASIONALMENTE SE REQUIEREN INCLINACIONES MAYORES EN LOS CORTES. SI LA ESTRATIGRAFÍA PRESENTA DISCONTINUIDADES VERTICALES MUY MARCADAS, PUEDEN RECOMENDARSE TALUDES COMPUESTOS. PARA CASOS ESPECIALES DE INESTABILIDAD PODRÁN REQUERIRSE BERMAS O ALGÚN OTRO TIPO DE OBRAS, PARA CUYO DISEÑO SE REQUIEREN ESTUDIOS MÁS DETALLADOS Y QUE REQUIEREN EN GENERAL LA INTERVENCIÓN DE UN INGENIERO ESPECIALISTA.

LAS INCLINACIONES COMUNES EN LOS TERRAPLENES VARÍAN DE  $1.5:1$  A  $3:1$  EN FUNCIÓN MÁS BIEN DE LA ALTURA DEL TERRAPLÉN - POR RAZONES CONSTRUCTIVAS QUE POR RAZONES DE ESTABILIDAD, YA QUE SE HA ENCONTRADO QUE TALUDES CON INCLINACIONES DE  $1.5:1$  SON ESTABLES PARA LA MAYOR PARTE DE LOS MATERIALES.

ES CONVENIENTE ADEMÁS, PROPORCIONAR LA ALTURA MÁXIMA DE LOS CORTES Y TERRAPLENES EN EL TRAMO PARA EL QUE SE RECOMIENDAN LOS TALUDES.

#### 6. OBSERVACIONES.

EN ESTE RENGLÓN, MEDIANTE UNA CLAVE A BASE DE LETRAS MAYÚSCULAS, SE INDICA LA UTILIZACIÓN QUE PODRÁ DÁRSELE AL MATERIAL DENTRO DE LOS TERRAPLENES, YA SEA FORMANDO PARTE DEL CUERPO DEL TERRAPLÉN O BIÉN DE LOS ÚLTIMOS 0.30 M. O 0.50 M. DEL TERRAPLÉN, EN LA LLAMADA CAPA SUBRASANTE, QUE POR SERVIR

DE APOYO AL PAVIMENTO REQUIERE SER DE MEJOR CALIDAD.

TAMBIÉN SE INDICARÁ LA NECESIDAD DE CONSTRUIR ESCALONES DE LIGA ENTRE EL TERRAPLÉN Y SU TERRENO DE CIMENTACIÓN, SI LA INCLINACIÓN DE ÉSTE ES IGUAL O SUPERIOR AL 25%. USUALMENTE LOS ESCALONES SON DE 2.00 M. DE PLANTILLA, SI EL TERRENO DE CIMENTACIÓN ESTÁ CONSTITUÍDO POR SUELOS Y DE 1.00 M. DE PLANTILLA, SI ESTÁ CONSTITUÍDO POR ROCA.

ASIMISMO, ES NECESARIO INDICAR EL ESPESOR Y LOS LUGARES EN QUE SE REQUIERE EFECTUAR DESPALMES; USUALMENTE NO SE REQUIEREN DESPALMES PARA TERRAPLENES MAYORES DE 2 O 3 M. Y EL ESPESOR DE ÉSTOS, CUANDO SE REQUIEREN, NO SUELE SER SUPERIOR A 0.30 O 0.50 M.

#### 7. PRÉSTAMOS PARA CAPA SUBRASANTE.

LA CAPA SUBRASANTE REQUIERE DE UNA MEJOR CALIDAD EN LOS MATERIALES QUE LO CONSTITUYEN, POR LO QUE, EN GENERAL, NO ES POSIBLE OBTENERLOS MEDIANTE PRÉSTAMOS LATERALES, SIENDO RECOMENDABLE FIJAR ZONAS DE PRÉSTAMOS DE DONDE SE OBTENGAN MATERIALES DE CALIDAD SUPERIOR, UNIFORME Y FÁCILMENTE CONTROLABLE. ÉSTOS PRÉSTAMOS GENERALMENTE NO DEBEN ESPACIARSE A MÁS DE 2 O 3 KM. ENTRE SUS CENTROS DE GRAVEDAD, CON OBJETO DE NO ENCARECER DEMASIADO LOS ACARREOS; SÓLO EN CASOS ESPECIALES Y PARA OBRAS IMPORTANTES SE JUSTIFICAN ACARREOS MAYORES.

LOS DATOS REQUERIDOS EN CADA PRÉSTAMO SON LOS QUE APARECEN EN LA TABLA CORRESPONDIENTE DEL ANEXO "B".

EN EL APÉNDICE "B", SE TRATARÁ LO RELATIVO A BANCOS DE MATERIALES, EN LO QUE RESPECTA A PRÉSTAMOS PARA CAPA SUBRA--

SANTE.

#### 8. PERFIL DE SUELOS.

COMO EN GENERAL LA ESTRATIGRAFÍA NO ES HOMOGÉNEA A TODO LO LARGO DE UNA MISMA SUBZONA, ES NECESARIO QUE EL PROYECTISTA TENGA UNA IDEA APROXIMADA DE SUS VARIACIONES DENTRO DE UN TRAMO QUE SE HA CLASIFICADO EN LA MISMA FORMA Y PARA EL QUE SE HA ESTIMADO ESPESORES PROMEDIO. PARA CUBRIR ESTA INFORMACIÓN, EN HOJAS CUADRICULADAS COMO LA PRESENTADA PARA ESTE FIN EN EL ANEXO "B", SE REQUIERE DIBUJAR, CON LA ESCALA VERTICAL 10 VECES MAYOR QUE LA HORIZONTAL, UN CROQUIS DEL PERFIL DE SUELOS.

#### 9. CROQUIS DE LOCALIZACIÓN.

PARA PROPORCIONAR EN FORMA GRÁFICA LA UBICACIÓN DEL PROYECTO ASÍ COMO DE LOS ACCIDENTES TOPOGRÁFICOS, GEOLÓGICOS, POLÍTICOS, ETC., SE DIBUJARÁN EN FORMA EXPROFESO, UN CROQUIS QUE REPRESENTA A ESCALA TODA ESTA INFORMACIÓN, AÑADIENDO VÍAS DE ACCESO U OTRAS OBRAS CONSTRUÍDAS EN EL ÁREA.

### CAPITULO III OBRAS DE DRENAJE

UNA VEZ TERMINADAS LAS TERRACERÍAS, QUEDARÁN EXPUESTAS A LOS AGENTES ATMOSFÉRICOS QUE TRATARÁN DE DESTRUIRLAS EROSIONÁNDOLAS, SATURÁNDOLAS, ETC. PARA PROTEGERLAS ADECUADAMENTE, ES NECESARIO CONSTRUIR OBRAS COMPLEMENTARIAS, TALES COMO BORDILLOS EN LOS HOMBROS DE LA CORONA, QUE ENCAUCEN EL AGUA LLOVIDA SOBRE ÉSTA HACIA LAVADEROS QUE LE DEN SALIDA HASTA PUNTOS DONDE YA NO PERJUDIQUEN A LAS TERRACERÍAS, ESTAS OBRAS PODRÁN EVITARSE SI ES POSIBLE CONTAR CON UN DESARROLLO ADECUADO DE VEGETACIÓN EN LOS TALUDES. EN LAS CUNETAS DE LOS CORTES, CUANDO LA RASANTE TIENE PENDIENTES LONGITUDINALES FUERTES, ES NECESARIO COLOCAR REVESTIMIENTOS DE MAMPOSTERÍA O CONCRETO QUE EVITEN QUE EL AGUA LOS EROSIONE. DE IGUAL FORMA, ES NECESARIO RECUBRIR LAS CONTRACUNETAS CUANDO EXISTA PELIGRO DE QUE EL AGUA LAS EROSIONE O BIEN DE QUE SE ESTABLEZCAN FLUJOS DE AGUA HACIA EL TALUD DEL CORTE PONIENDO EN PELIGRO SU ESTABILIDAD.

EN OTRAS OCASIONES SERÁ NECESARIO MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LOS MATERIALES QUE CONSTITUYAN LAS TERRACERÍAS, DISMINUYENDO LAS PRESIONES NEUTRALES, PARA LO QUE SE REQUERIRÁ DE LA COLOCACIÓN DE OBRAS DE SUBDRENAJE, TALES COMO SUBDRENES, DRENES TRANSVERSALES DE PENETRACIÓN, CAPAS PERMEABLES, TRINCHERAS ESTABILIZADORAS, ZANJAS DRENANTES, ETC.

EN UN ESTUDIO GEOTÉCNICO, SERÁ NECESARIO ESTIMAR EL VO-

LUMEN DE ESTAS OBRAS, ASÍ COMO SU UBICACIÓN APROXIMADA, ESPECIALMENTE EN LAS QUE PRESENTAN UN INCREMENTO IMPORTANTE EN LOS COSTOS TOTALES DE LA OBRA, COMO ES EL CASO DEL SUBDRENAJE, APUNTANDO ADEMÁS, LA NECESIDAD DE ESTUDIOS MÁS DETALLADOS EN SITIOS ESPECÍFICOS.

A CONTINUACIÓN SE DESCRIBEN DETALLADAMENTE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS, ASÍ COMO LAS OBRAS DE DRENAJE, QUE SE TIENEN USUALMENTE DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE LAS VÍAS TERRESTRES.

### 1. DRENAJE SUPERFICIAL.

LAS ESTRUCTURAS DE DRENAJE MÁS ESPECTACULARES DE UNA VÍA TERRESTRE SON LOS PUENTES Y LAS ALCANTARILLAS, PRINCIPALES RESPONSABLES DEL DRENAJE TRANSVERSAL; ES DECIR, DEL PASO DE GRANDES MASAS DE AGUA A TRAVÉS DE LA OBRA, EN UNA DIRECCIÓN MÁS O MENOS PERPENDICULAR A ELLA. SUELE LLAMARSE A LOS PUENTES OBRAS DE DRENAJE MAYOR Y A LAS ALCANTARILLAS DE DRENAJE MENOR. SE CONSIDERA EN MÉXICO QUE UN PUENTE ES UNA OBRA QUE TIENE ALGÚN CLARO CON UNA LONGITUD MAYOR A 6 METROS, Y ALCANTARILLAS COMO UNA OBRA RESUELTA CON CLAROS MENORES, INDEPENDIEMENTE DEL HECHO DE QUE ESOS CLAROS MENORES DE 6 M. PUDIERAN REPETIRSE VARIAS VECES, DANDO A LA OBRA EN CONJUNTO UNA LONGITUD MAYOR A DICHO LÍMITE.

ESTAS OBRAS EXPUESTAS ANTERIORMENTE, SON LAS QUE PRÁCTICAMENTE CONFORMAN EL DRENAJE SUPERFICIAL, Y CUYO MANEJO EN DETALLE SIGNIFICARÍA TODO UN TRATADO AL RESPECTO, POR LO QUE SE CONSIDERÓ PERTINENTE SOLO MENCIONARLAS Y APUNTAR, QUE EXISTEN PUBLICACIONES DEDICADAS ÍNTEGRAMENTE A ESTE TEMA.

### 2. SUBDRENAJE.

EL AGUA JUEGA UN PAPEL MUY IMPORTANTE EN LOS DERRUMBES, DESLIZAMIENTOS O FLUJOS DE GRANDES MASAS DE TIERRA. SE HA TENIDO LA IDEA DE QUE ÉSTA TIENE UN EFECTO LUBRICANTE, - SIN EMBARGO, SE HA DEMOSTRADO QUE LA IDEA ES INACEPTABLE POR DOS RAZONES. EN PRIMER LUGAR EL AGUA ACTÚA COMO ANTILUBRICANTE Y NO COMO LUBRICANTE EN LA INMENZA MAYORÍA DE LOS CONTACTOS ENTRE LOS MINERALES QUE MÁ S COMÚNMENTE FORMAN LOS SUELOS; POR EJEMPLO, EL COEFICIENTE DE FRICCIÓN ENTRE DOS SUPERFICIES DE CUARZO SECO OSCILA ENTRE 0.17 Y 0.20, PERO SI EL CUARZO ESTÁ HÚMEDO, EL COEFICIENTE DE FRICCIÓN SE ELEVA A ALGO COMPRENDIDO ENTRE 0.36 Y 0.41.

EN SEGUNDO LUGAR, LA CANTIDAD DE AGUA QUE SE REQUIERE - PARA PRODUCIR UNA LUBRICACIÓN COMPLETA ENTRE LAS PARTÍCULAS DE CUALQUIER SUELO ES SORPRENDENTEMENTE PEQUEÑA, DE TAL SUERTE QUE PUEDE AFIRMARSE QUE, DEJANDO A UN LADO REGIONES EXCEPCIONALMENTE SECAS, CUALQUIER SUELO LA POSEE EN CUALQUIER PARTE, AHORA SE HA OBSERVADO QUE LA RELACIÓN ENTRE LLUVIAS Y FALLAS, EXISTE TANTO EN REGIONES HÚMEDAS, EN QUE LOS CONTENIDOS DE AGUA DE LOS SUELOS SON RELATIVAMENTE ALTOS, COMO EN LAS MÁ S SECAS, EN LAS QUE SÍ PUDIERA INVOCARSE UN EFECTO DE HUMEDICIMIENTO, POR LO QUE LOS VERDADEROS MECANISMOS DE LA ACTUACIÓN DEL AGUA, HAY QUE BUSCARLOS EN FENÓMENOS DE OTRA NATURALEZA.

EXISTEN VARIOS EFECTOS QUE OBEDECEN A LAS CONSIDERACIONES ANTERIORES, PERO EL MÁ S IMPORTANTE ES SIN LUGAR A DUDAS EL QUE SE REFIERE A LA ELEVACIÓN DEL NIVEL PIEZOMÉTRICO, QUE TIENE LUGAR COMO CONSECUENCIA DEL FLUJO, LA QUE A SU VEZ, -

TRAE CONSIGO UN AUMENTO EN LAS PRESIONES NEUTRALES DEL AGUA EN EL SUELO, CON LA CORRESPONDIENTE DISMINUCIÓN DE LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DEL MISMO.

SI H ES LA ELEVACIÓN PIEZOMÉTRICA EN UN DETERMINADO PUNTO DE LA MASA, LA PRESIÓN DE PORO DEL AGUA EN ESTE PUNTO VALDRÁ:

$$u = H \gamma_w$$

LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CONSTANTE DEL SUELO EN ESE PUNTO SERA:

$$s = c + (\sigma - H \gamma_w) \text{tg } \phi = c + (\sigma - u) \text{tg } \phi$$

CON LO QUE SE ILUSTRA CLARAMENTE LA DISMINUCIÓN EN RESISTENCIA QUE SE TIENE CON UN AUMENTO DE H, EFECTO QUE OCURRE EN EL SUELO, LO QUE PRODUCE UN CONSECUENTE AUMENTO Y DISMINUCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD, LO QUE VIENE A SER DE PELIGRO EN EL MOMENTO EN QUE EXISTA UNA DISMINUCIÓN GRADUAL E IRREVERSIBLE DE LA RESISTENCIA, O QUE UN AUMENTO EXCEPCIONAL DEL CONTENIDO DE AGUA HAGA DISMINUIR LA COHESIÓN DEL SUELO.

AHORA BIÉN, EL SUBDRENAJE CONTROLA EL AGUA QUE ENTRA EN ZONAS EN QUE PUEDE HACER DAÑO, POR MÉTODOS DE CONDUCCIÓN Y ELIMINACIÓN.

## 2.1 FILTROS.

LOS SUELOS O LAS ROCAS MUY INTEMPERIZADAS PUEDEN SER FÁCILMENTE EROSIONADOS POR LAS FUERZAS QUE PRODUCE EL AGUA AL FLUIR A SU TRAVÉS; SI ESTOS PROCESOS SE PERMITEN SIN RESTRICCIÓN TERMINARÁN POR DESEMBOCAR EN VERDADEROS PROBLEMAS DE EROSIÓN INTERNA Y TUBIFICACIÓN. ASÍ, TODAS LAS SUPERFICIES A TRAVÉS DE LAS QUE EL AGUA SALGA AL EXTERIOR DEBERÁN

PROTEGERSE EN LOS SUELOS, DE MANERA QUE EL AGUA PUEDA FLUIR CON FACILIDAD, PERO BUSCANDO TAMBIÉN QUE LAS PARTÍCULAS DEL SUELO QUEDEN EN SU LUGAR.

LOS MATERIALES ENCARGADOS DE LA DOBLE MISIÓN DE PERMITIR EL PASO FRANCO DEL AGUA HACIA EL EXTERIOR Y DE IMPEDIR EL ARRASTRE DE LAS PARTÍCULAS DEL SUELO PROTEGIDO SE LLAMAN MATERIALES DE FILTRO O FILTROS.

LOS MATERIALES QUE PRINCIPALMENTE SE UTILIZAN COMO FILTROS SON LOS AGREGADOS NATURALES, DEL TAMAÑO DE LA ARENA Y LA GRAVA, Y SU UTILIZACIÓN SUELE ESTAR COMBINADA CON LA DE TUBOS MANUFACTURADOS O NO, LOS QUE NORMALMENTE PROPORCIONAN LA CANALIZACIÓN Y ELIMINACIÓN DE LAS AGUAS.

PRINCIPALMENTE SE TIENE QUE LOS FILTROS DEBEN SATISFACER DOS REQUERIMIENTOS CONTRADICTORIOS QUE SON LOS SIGUIENTES:

A) LOS ESPACIOS ENTRE LAS PARTÍCULAS DEL FILTRO EN CONTACTO CON EL SUELO POR PROTEGER DEBEN SER SUFICIENTEMENTE PEQUEÑOS COMO PARA QUE LOS FINOS DE AQUEL NO ENTREN EN ÉL.

B) LOS ESPACIOS ENTRE LAS PARTÍCULAS DEL FILTRO DEBEN SER LO SUFICIENTEMENTE GRANDES COMO PARA QUE EL CONJUNTO TENGA LA PERMEABILIDAD NECESARIA PARA QUE EL AGUA PUEDA MOVERSE LIBREMENTE A SU TRAVÉS Y FLUIR RÁPIDAMENTE HACIA EL EXTERIOR, SIN GENERAR PRESIONES DE PORO INDESEABLES.

## 2.2 MÉTODOS DE SUBDRENAJE.

A CONTINUACIÓN SE EXPONEN LOS PRINCIPALES MÉTODOS QUE SE HAN UTILIZADO EN EL SUBDRENAJE DE LAS VÍAS TERRESTRES.

A) CAPAS PERMEABLES EN PAVIMENTOS.

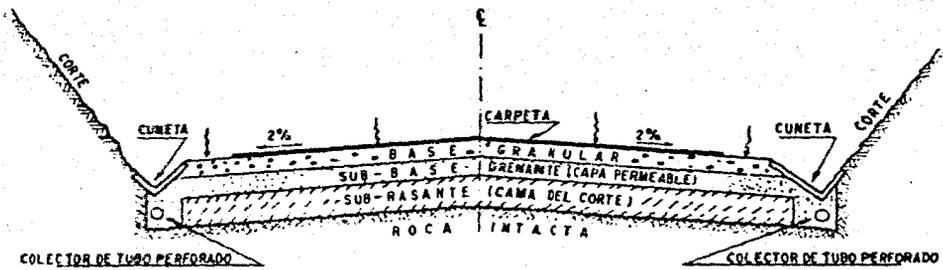
ESTAS SON CAPAS DE EXPESOR RAZONABLE QUE SE COLOCAN A -  
BAJO DE LA CORONA DEL CAMINO O DE LA SUPERFICIE PAVIMENTADA  
Y ESTÁN CONSTITUIDAS POR MATERIAL DE FILTRO, DE MANERA QUE -  
CON AYUDA DE UNA PENDIENTE TRANSVERSAL ADECUADA Y DE INSTALA  
CIONES DE SALIDA PUEDEN DRENAR EL AGUA, YA SEA: QUE SE INFIL  
TRE DESDE EL PAVIMENTO, QUE PROVENGA DE LOS ACOTAMIENTOS DE  
LA VÍA O QUE ASCIENDA POR SUPRESIÓN, PROCEDENTE DE NIVELES -  
INFERIORES.

MUCHAS VECES ESTAS CAPAS DRENANTES SE INTEGRAN AL PAVI-  
MENTO, APROVECHANDO QUE LA NATURALEZA GRANULAR DE LOS MATE--  
RIALES DE FILTRO LOS HACE MUY APROPIADOS PARA TAL FUNCIÓN, -  
ESTRUCTURALMENTE HABLANDO. OTRA FUNCIÓN IMPORTANTE DE LAS -  
CAPAS DE FILTRO ES LA DE SERVIR DE TRANSICIÓN ENTRE LOS MATE  
RIALES FINOS DE TERRACERÍA Y ALGUNA CAPA DE MATERIAL TRITURA  
DO GRUESO QUE HAYA DE COLOCARCE ENCIMA, PARA IMPEDIR LA IN-  
CRUSTACIÓN DE LOS FRAGMENTOS GRUESOS EN LA MATRÍZ FINA.

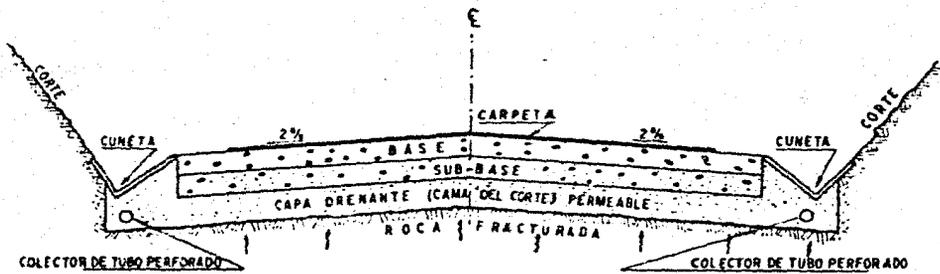
LA FIGURA III-1, MUESTRA EN FORMA ESQUEMÁTICA LA UTILI-  
ZACIÓN DE CAPAS PERMEABLES PARA CONTROL DE INFILTRACIÓN PRO-  
VENIENTE DE LA PARTE SUPERIOR DEL PAVIMENTO Y DE ASCENSIÓN -  
DE AGUA PROVENIENTE DE CAPAS INFERIORES, EN LAS QUE SE SUPO  
NE EXISTE UNA SUBPRESIÓN.

EN LA PARTE "A" DE LA FIGURA (FLUJO DESCENDENTE) COMO -  
CAPA DRENANTE SE HA UTILIZADO LA SUB-BASE, FORMADA POR LOS -  
MATERIALES ADECUADOS. PUESTO QUE SE ACEPTA QUE NO HABRÁ FLU  
JO ASCENDENTE ESTÁ JUSTIFICADO FORMAR LA CAMA DEL CORTE CON  
UNA SUBRASANTE QUE NO TENGA UNA CALIDAD ESPECIAL.

EN LA PARTE "B" DE LA FIGURA, SE CONSIDERA UN FLUJO QUE



a. — Sub-base utilizada como capa permeable, para interceptar agua proveniente del pavimento.



b. — Sub-rasante utilizada como capa permeable, para interceptar flujo ascendente por sub-presión.

FIGURA III-1

ASCIENDE POR SUBPRESIÓN EN UNA ROCA FRACTURADA. AHORA LA CA  
PA DRENANTE SE HA IDENTIFICADO CON LA SUBRASANTE QUE FORMA -  
LA CAMA DEL CORTE, DEBIDO A LA CONDICIÓN A QUE ESTARÁ SOMETI  
DA.

A VECES UNA CAPA PERMEABLE DE MATERIAL GRUESO SE COLOCA  
EN LA PARTE INFERIOR DE UN PAVIMENTO O AÚN EN EL CUERPO O LA  
PARTE INTERIOR DEL TERRAPLÉN, CON LA FINALIDAD DE INTERRUM-  
PIR UN PROCESO DE ASCENSIÓN CAPILAR QUE DE OTRA MANERA, TER-  
MINARÍA POR PERJUDICAR LA CAPA SUBRASANTE, LA SUB-BASE Y AÚN  
LA BASE DE DICHO PAVIMENTO. ESTAS SON LAS CAPAS ROMPEDORAS  
DE CAPILARIDAD, CUYA FUNCIÓN ES IMPEDIR EL ACCESO DEL AGUA,  
PERO NO DRENARLA.

EXISTE UNA DIFERENCIA ENTRE LA CAPA PERMEABLE, SEGÚN -  
SEA INTERCEPTORA Y ELIMINADORA DE UN FLUJO O ROMPEDORA DE AS  
CENSIÓN CAPILAR DE AGUA QUE PROVENGA DE NIVELES INFERIORES.  
EN EL PRIMER CASO, DEBERÁ DISPONERSE LA CAPA CONTANDO CON UN  
FLUJO DE AGUA A SU TRAVÉS. ÉSTO IMPLICA LAS PENDIENTES - -  
TRANSVERSALES NECESARIAS, LA EXISTENCIA DE LOS COLECTORES DE  
TUBO PERFORADO Y QUE EL MATERIAL CONSTITUTIVO SEA UN AUTÉNTI  
CO FILTRO. POR EL CONTRARIO SI LA CAPA SE COLOCA PARA ROM--  
PER EL POTENCIAL CAPILAR DEL AGUA ASCENDENTE, LO CONVENIENTE  
SERÁ QUE EL MATERIAL CONSTITUTIVO SEA GRANULAR GRUESO MUY -  
PERMEABLE, DE TAL SUERTE DE QUE EN EL SUPUESTO CASO DE PRE--  
SENTARSE UN EVENTUAL FLUJO A TRAVÉS DE ÉL, ÉSTE TRABAJE BIEN  
TRATANDO DE DRENARLO Y ADEMÁS CUMPLA CON SU TRABAJO DE ROMPE  
DORA DE CAPILARIDAD.

B) DRENES LONGITUDINALES DE ZANJA.

CONSISTEN EN UNA ZANJA DE PROFUNDIDAD ADECUADA (COMO MÍNIMO DE 1 A 1.5 M., HABIÉNDOSE LLEGADO A CONSTRUIRLOS HASTA DE 4.0 M.), PROVISTA DE UN TUBO PERFORADO EN SU FONDO Y RE--LLENA DE MATERIAL FILTRANTE; EL AGUA COLECTADA POR EL TUBO - SE DESALOJA POR GRAVEDAD A ALGÚN BAJO O CAÑADA EN QUE SU DESCARGA SEA INOFENSIVA, ESTE SUBDREN SE ILUSTR A CONTINUACIÓN EN LA FIGURA III-2.

EN LADERAS INCLINADAS O EN TERRENOS ONDULADOS Y MONTAÑO SOS ES COMÚN QUE EL AGUA SUBTERRÁNEA FLUYA SEGÚN LA INCLINA--CIÓN DE LA SUPERFICIE, GUARDANDO EL NIVEL FREÁTICO UNA CONF I--GURACIÓN SIMILAR A LA DEL TERRENO, SI BIÉN USUALMENTE MENOS ACCIDENTADA. CUANDO EL TALES CASOS HAYA DE HACERSE UNA ESCA VACIÓN PROFUNDA PARA ALOJAR UNA VÍA TERRESTRE, COMO ES EL CA SO DE LOS CORTES, SE PRODUCIRÁ UN FLUJO HACIA LA EXCAVACIÓN QUE TENDERÁ A SATURAR LOS TALUDES Y LA CAMA DEL CORTE.

ESTE FLUJO PUEDE SER INTERCEPTADO POR UN DREN LONGITUDI NAL DE ZANJA, TAL COMO SE HACE VER EN LA FIGURA III-3, EN LA QUE SE ESQUEMATIZAN LAS DIRECCIONES DEL FLUJO ANTES Y DES--PUÉS DE COLOCAR TAL INSTALACIÓN. EL EFECTO DEL SUBDREN DE - ZANJA ES EN ESTE CASO INTERCEPTAR Y ELIMINAR EL FLUJO HACIA LA CAMA DEL CORTE Y, EN MENOR ESCALA, DISMINUIR LA ZONA EVEN TUALMENTE SATURADA EN EL TALUD. LA MAYOR PARTE DE LOS DRE--NES LONGITUDINALES DE ZANJA TIENEN TAL FINALIDAD.

EN LA FIGURA III-4 SE OBSERVAN TRES CONDICIONES EN QUE GRACIAS A TALES INSTALACIONES SE LOGRA DEJAR UN PAVIMENTO - POR ENCIMA DEL NIVEL FREÁTICO QUE, DE OTRA MANERA LO ANEGA--RÍA. AQUÍ MÁS QUE EL INTERCEPTAR UN FLUJO, LA MISIÓN DEL -

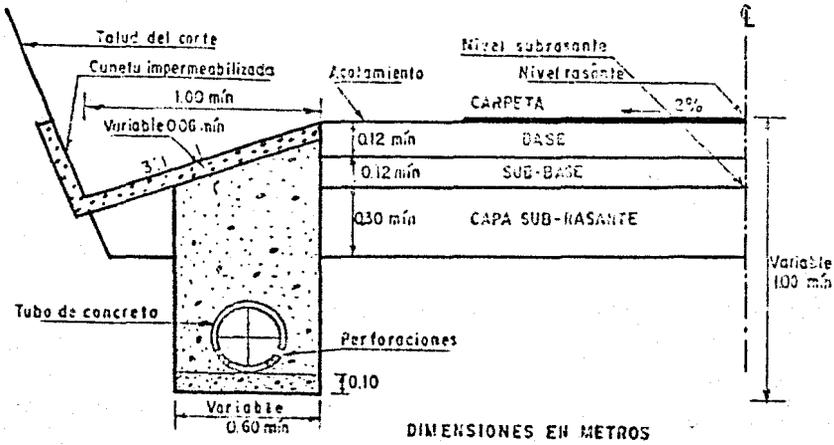


FIGURA III-2

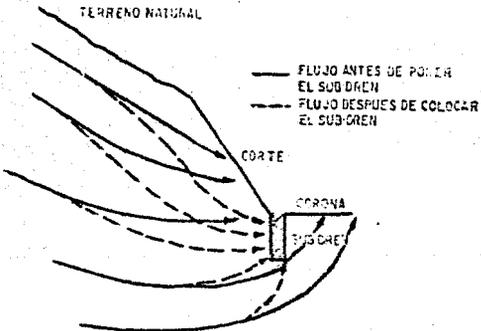
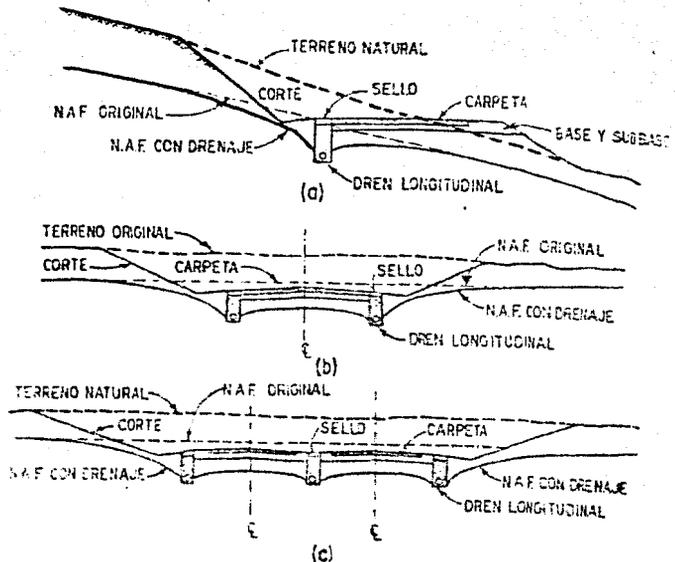


FIGURA III-3

FIGURA III-4



DREN ES ABATIR UN NIVEL FREÁTICO, PROTEGIENDO ASÍ AL PAVIMENTO. ESTA ES UNA NECESIDAD MUY FRECUENTE EN TERRENOS PLANOS, CON NIVEL FREÁTICO, MUY PRÓXIMO A LA SUPERFICIE. SE ILUSTRAN ADEMÁS AQUELLOS CASOS EN QUE EL DREN HAYA DE COLOCARSE DE UN LADO O LOS DOS DE UNA CARRETERA O, INCLUSIVE EN QUE HAYAN DE DISPONERSE DE TRES O MÁS ZANJAS.

#### C) SUBDRENES INTERCEPTORES TRANSVERSALES.

SON DISPOSITIVOS DE DRENAJE ANÁLOGOS EN PRINCIPIO A LOS SUBDRENES DE ZANJA Y LO ÚNICO QUE LOS DISTINGUE ES LA DIRECCIÓN EN QUE SE DESARROLLAN, QUE AHORA ES NORMAL AL EJE DE LA VÍA TERRESTRE, LO QUE SE ILUSTRAN EN LA FIGURA III-5, EN LA QUE SE MUESTRA UNA TRANSICIÓN DE UNA SECCIÓN EN CORTE A UNA SECCIÓN EN TERRAPLÉN.

DE NO COLOCAR EL SUBDREN TRANSVERSAL INTERCEPTOR PODRÍA SUCEDER QUE EL FLUJO DEL AGUA PROVENIENTE DEL CORTE ENTRASE EN EL TERRAPLÉN, PROVOCANDO EN ÉSTE ASENTAMIENTOS O DESLIZAMIENTOS, POR LO QUE LOS DRENES INTERCEPTORES TRANSVERSALES DEBEN DE SER CAPACES DE ELIMINAR MUY RÁPIDAMENTE LAS AGUAS QUE LES LLEGUEN.

#### D) DRENES DE PENETRACIÓN TRANSVERSAL.

LOS DRENES DE PENETRACIÓN TRANSVERSAL SON INSTALACIONES DE SUBDRENAJE QUE RESPONDEN ESPECÍFICAMENTE A LA NECESIDAD DE ABATIR DEL INTERIOR DE LOS TALUDES DEL CORTE LAS PRESIONES GENERADAS POR EL AGUA, QUE SEAN SUSCEPTIBLES DE PROVOCAR LA FALLA DEL CORTE.

CONSISTEN SENCILLAMENTE EN TUBOS PERFORADOS EN TODA SU PERIFERIA QUE PENETRAN EN EL TERRENO NATURAL EN DIRECCIÓN -

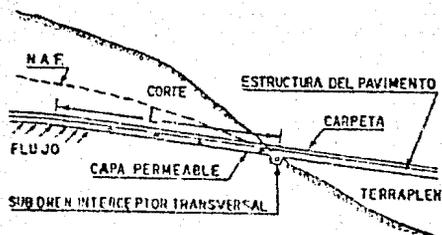


FIGURA III-5

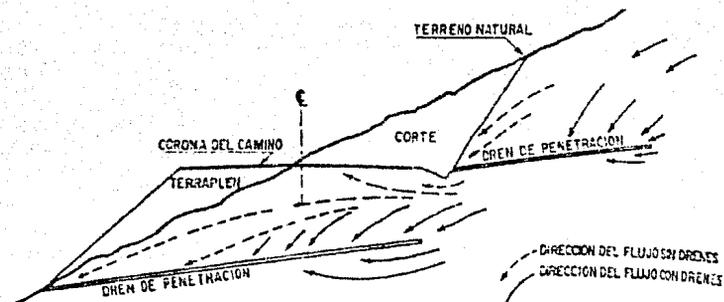


FIGURA III-6

TRANSVERSAL AL EJE DE LA VÍA, CON UNA INCLINACIÓN COMPRENDIDA ENTRE 5 Y 20%, PARA CAPTAR LAS AGUAS INTERNAS Y ABATIR -- SUS PRESIONES NEUTRALES.

LOS DRENES DE PENETRACIÓN TRANSVERSAL TIENEN POR OBJETO DRENAR EL AGUA Y/O ABATIR SUS PRESIONES NEUTRALES EN GRANDES EXTENSIONES, MAYORES DE LAS QUE PUEDE ALCANZAR CUALQUIER -- OTRO MÉTODO DE SUBDRENAJE. SU CAMPO NATURAL DE APLICACIÓN -- SON LOS TALUDES DE LOS CORTES Y LAS LADERAS NATURALES, ESPECIALMENTE CUANDO SIRVEN DE APOYO A UN TERRAPLÉN, LO QUE SE -- OBSERVA EN LA FIGURA III-6.

#### E) POZOS DE ALIVIO.

SON PERFORACIONES VERTICALES DEL ORDEN DE 0.4 M. A 0.6 M. DE DIÁMETRO, DENTRO DE LAS CUALES SE COLOCA UN TUBO PERFORADO DE 10 A 15 CM. DE DIÁMETRO. EL ESPACIO ANULAR QUE QUEDA ENTRE AMBOS SE RELLENA CON MATERIAL DE FILTRO. LOS POZOS SE HAN CONSTRUIDO HASTA DE 20 M. DE PROFUNDIDAD. SE COLOCAN DE FORMA TAL QUE CAPTEN LOS FLUJOS PERJUDICIALES, O SEA LADERA ARRIBA DE LA ZONA QUE SE DESEE PROTEGER. SU MISIÓN PRINCIPAL ES ABATIR LA PRESIÓN EN EL AGUA EXISTENTE EN CAPAS PROFUNDAS DEL SUBSUELO, A LAS QUE NO ES ECONÓMICO O POSIBLE LLEGAR POR EXCAVACIÓN; NO SUELEN SER MUY EFECTIVOS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE ELIMINAR TODO EL AGUA CONTENIDA EN EL SUELO.

LOS POZOS DEBERÁN TENER UN SISTEMA QUE ELIMINE EL AGUA QUE DRENEN, DE OTRO MODO SOLO SERÁN UN ALIVIO TRANSITORIO, PERO CON EL TIEMPO, AL LLENARSE DE AGUA, SE RESTITUIRÁN LOS NIVELES Y ESTADOS DE PRESIONES QUE EXISTÍAN ANTES DE COLOCAR LOS. EL BOMBEO ES, EL MEDIO MÁS OBVIO PARA LOGRAR TAL FIN,

PERO ES COSTOSO Y COMPLICA MUCHO LAS MANIOBRAS DE LA CONSERVACIÓN NORMAL DE LA VÍA, POR LO QUE SE CORRE EL RIESGO DE QUE SE DESCUIDE O ABANDONE. LA FIGURA III-7, ILUSTRAS EL QUE PROBABLEMENTE ES EL MEJOR MEDIO DE ELIMINAR LAS AGUAS QUE COLECTEN LOS POZOS DE ALIVIO. SE TRATA DE HACERLO POR MEDIO DE DRENES DE PENETRACIÓN TRANSVERSAL. NATURALMENTE QUE SERÁ MUY DIFÍCIL LOGRAR UNA CONEXIÓN FÍSICA ENTRE EL POZO Y EL DREN TRANSVERSAL, DADAS LAS IMPRECISIONES DE LA PERFORACIÓN, PERO ESTA LIMITACIÓN QUIZÁ NO ES IMPORTANTE, PUES LOS DRENES TRANSVERSALES PUEDEN CAPTAR MUCHA DEL AGUA QUE TIENDA A ACUMULARSE EN LOS POZOS, E IMPEDIRÁN LA GENERACIÓN DE PRESIONES NEUTRALES DE IMPORTANCIA.

F) CAPAS PERMEABLES PROFUNDAS CON REMOCIÓN DE MATERIAL.

CUANDO BAJO LA ZONA EN QUE SE COLOCARÁ UN TERRAPLÉN, -- EXISTE UNA CAPA SATURADA DE SUELO DE MALA CALIDAD Y DE ESPESOR RELATIVAMENTE PEQUEÑO (NO MÁS DE 3 O 4 M.) Y DEBAJO DE ESA CAPA HAY MATERIALES DE MUCHA MEJOR CALIDAD, PUEDE PENSARSE EN REMOVER TOTALMENTE EL SUELO MALO EN UNA FAJA BAJO EL CAMINO POR CONSTRUIR Y EN LA LONGITUD NECESARIA. LA FIGURA III-8 ESQUEMATIZA UNA INSTALACIÓN DE TAL TIPO.

LA EXCAVACIÓN PARA LA REMOCIÓN PODRÁ RECUBRIRSE CON UNA CAPA DE 50 CM. O UN METRO DE MATERIAL DE FILTRO, DISPONIENDO LA CORRESPONDIENTE TUBERÍA PERFORADA DE CAPTACIÓN Y UN SISTEMA DE DESFOGUE. POSTERIORMENTE LA EXCAVACIÓN SE RELLENARÁ CON MATERIAL DE BUENAS CARACTERÍSTICAS, DEBIDAMENTE COMPACTADO.

LA CAPA DRENANTE COLOCADA EVITA QUE EL RELLENO COMPACTA

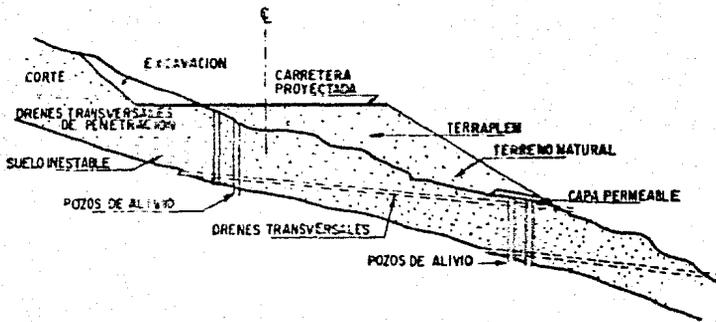
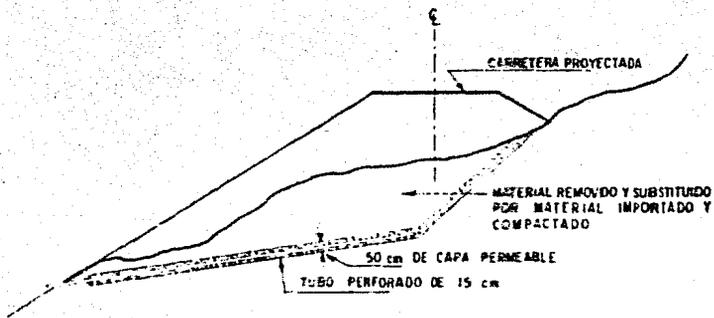


FIGURA III-7



NOTA: EN EL EXTREMO DE SALIDA, EL TUBO NO DEBERA ESTAR PERFORADO

FIGURA III-8

DO SUFRA EN EL FUTURO LOS EFECTOS ADVERSOS DEL AGUA. ADI--  
CIONALMENTE, EL SISTEMA PERMITE QUE EL TERRAPLÉN SE APOYE A  
FIN DE CUENTAS EN TERRENO FIRME, POR LO QUE LA SOLUCIÓN DEBE  
VERSE COMO MIXTA, ENTRE MEJORAMIENTO DE TERRENO DE CIMENTA--  
CIÓN Y SUBDRENAJE.

#### g) TRINCHERAS ESTABILIZADORAS.

CUANDO EN UNA LADERA NATURAL EXISTE FLUJO DE AGUA Y ES--  
TÁ FORMADA POR GRANDES ESPESORES DE MATERIALES, CUYA ESTABI--  
LIDAD SE VE AMENAZADA POR ÉL Y SOBRE TAL LADERA, HA DE CONS--  
TRUIRSE UN TERRAPLÉN, LA REMOCIÓN DE TODOS LOS MATERIALES MA--  
LOS Y SU SUBSTITUCIÓN POR OTROS MEJORES RESULTA YA DIFÍCIL -  
Y, DESDE LUEGO, ANTIECONÓMICA. EN ESTOS CASOS PUEDE PENSAR--  
SE QUE BASTA CAPTAR EL FLUJO Y ELIMINAR EL AGUA EN UNA ZONA  
BAJO EL TERRAPLÉN DE PROFUNDIDAD Y ANCHO SUFICIENTE PARA GA--  
RANTIZAR LA ESTABILIDAD LOCAL; EN LA PRÁCTICA ÉSTO SE LOGRA  
DRENANDO LAS AGUAS DE UNA ZONA QUE ABARQUE AQUÉLLAS POR LA -  
QUE PODRÍA DESARROLLARSE UN CÍRCULO DE DESLIZAMIENTO DEL CON--  
JUNTO FORMADO POR EL TERRAPLÉN Y SU TERRENO DE CIMENTACIÓN.

EN LA FIGURA III-9 SE MUESTRAN ALGUNAS POSIBILIDADES DE  
TRINCHERA ESTABILIZADORA, ADAPTADAS A DIFERENTES CIRCUNSTAN--  
CIAS CONCRETAS.

EN GENERAL, UNA TRINCHERA ESTABILIZADORA ES UNA EXCAVA--  
CIÓN DOTADA EN SU TALUD AGUAS ARRIBA DE UNA CAPA DRENANTE, -  
CON ESPESOR COMPRENDIDO ENTRE 0.50 M. Y 1.00 M. DE MATERIAL  
DE FILTRO Y UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y ELIMINACIÓN DE AGUA  
EN SU FONDO, EL CUAL SUELE CONSISTIR EN UNA CAPA DE MATERIAL  
DE FILTRO DEL MISMO ESPESOR ANTES CITADO, DENTRO DE LA CUAL

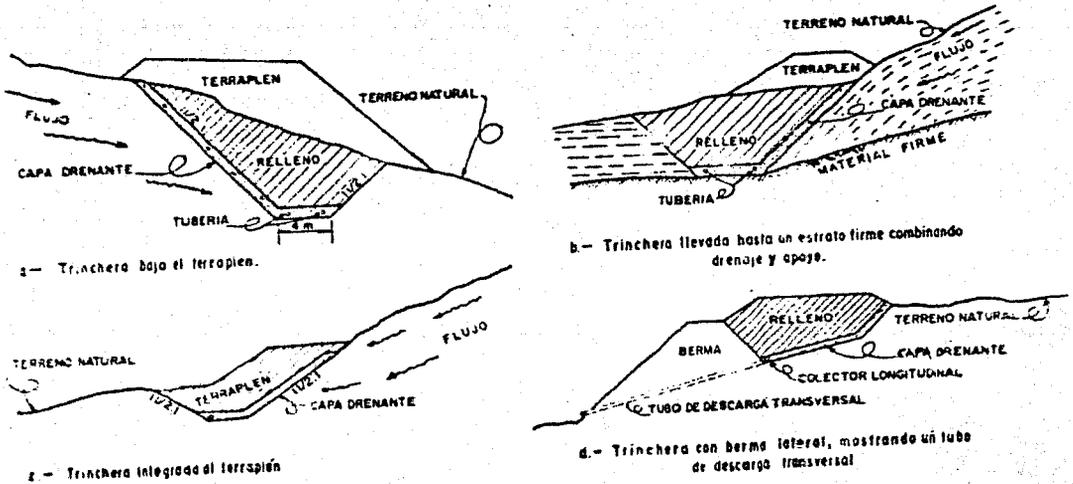


FIGURA III-9

HAY TUBERÍA PERFORADA (DE 15 A 20 CM. DE DIÁMETRO USUALMENTE, O MAYOR SI SE ESPERA GRAN GASTO), PARA CONDUCIR RÁPIDAMENTE EL AGUA CAPTADA; ÉSTA ÚLTIMA DEBE CONECTARSE A UNA TUBERÍA - DE DESFOGUE QUE LLEVE EL AGUA A DONDE SEA INOFENSIVA. ÉSTE DESFOGUE PUEDE SER, UN GRAVE PROBLEMA SI LA EXCAVACIÓN ES -- PROFUNDA Y LA TOPOGRAFÍA NO ES FAVORABLE. A VECES EL PROBLEMA PUEDE RESOLVERSE SIMPLEMENTE PROLONGANDO LA TUBERÍA LONGITUDINAL HASTA ALGÚN BAJO O CAÑADA APROPIADOS; OTRAS VECES SE RÁ NECESARIO DOTAR A LA TRINCHERA DE TUBOS TRANSVERSALES QUE ELIMINEN SUS AGUAS Y QUE DEBERÁN ALOJARSE EN ZANJAS O EN TÚNEL; FINALMENTE, HAY OCASIONES EN QUE LOS PROBLEMAS DE DESFOGUE SON TAN COMPLICADOS Y CONDUCEN A SOLUCIONES TAN CARAS -- QUE SE HA RECURRIDO A ELIMINAR EL AGUA CAPTADA POR LA TRINCHERA POR MEDIO DE BOMBEO.

POR ÚLTIMO, EL MATERIAL QUE RELLENA LA TRINCHERA DEBE - DE SER DE BUENA CALIDAD, GENERALMENTE DE PRÉSTAMO DE BANCO Y DEBE COLOCARSE CON UNA APROPIADA COMPACTACIÓN POR CAPAS.

#### H) GALERÍAS FILTRANTES.

CUANDO EL AGUA SUBTERRÁNEA SE ENCUENTRA A UNA PROFUNDIDAD TAL QUE SEA IMPOSIBLE PENSAR EN LLEGAR A ELLA POR MÉTODOS DE EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO Y PREVALEZCAN CONDICIONES TOPOGRÁFICAS QUE HAGAN DIFÍCIL EL EMPLEO DE DRENES TRANSVERSALES, SE HA RECURRIDO EN OCASIONES A LA CONSTRUCCIÓN DE GALERÍAS FILTRANTES. SE UTILIZAN PRINCIPALMENTE EN CASOS RELACIONADOS CON EL SUBDRENAJE DE VÍAS TERRESTRES, QUE OCASIONEN PROBLEMAS DE INESTABILIDAD EN ZONAS DE GRANDES PROPORCIONES.

LA GALERÍA FILTRANTE ES UN TÚNEL DE SECCIÓN ADECUADA PA

RA PERMITIR SU PROPIA EXCAVACIÓN, LOCALIZADO EN DONDE SE JUZGUE MÁS EFICIENTE PARA CAPTAR Y ELIMINAR LAS AGUAS QUE PERJUDICAN LA ESTABILIDAD DE UN TALUD O DE UNA LADERA NATURAL - QUE SE USE COMO TERRENO DE CIMENTACIÓN.

EL REVESTIMIENTO DE LA GALERÍA DEBE SER TAL QUE PERMITA UN EFECTIVO TRABAJO COMO DREN.

SEGURAMENTE EL PUNTO DE JUICIO MÁS DELICADO EN CONEXIÓN CON LAS GALERÍAS FILTRANTES ES SU UBICACIÓN EN RELACIÓN CON LA PLANTA DE LA ZONA CUYA ESTABILIDAD SE DESEA MEJORAR: UNA EXPLORACIÓN COMPLETA A BASE DE SONDEOS ES AHORA NECESARIA - HASTA DEFINIR LA FORMA DE LA CONCHA DE FALLA EN LAS TRES DIMENSIONES DEL ESPACIO. DEFINIDA ÉSTA, LA GALERÍA FILTRANTE PUEDE DESARROLLARSE POR LA ZONA MÁS BAJA, PARA COLECTAR LAS AGUAS. CONSTITUYE UNA NORMA USUAL LLEVAR LA GALERÍA POR ABAJO DE LA SUPERFICIE DE FALLA, CON LO QUE SE PREVIENEN DISLOCACIONES POR EVENTUALES MOVIMIENTOS Y SE FAVORECE LA POSIBILIDAD DE DRENAJE.

EL DESAGÜE DE LA GALERÍA FILTRANTE PUEDE SER MUY SENCILLO CUANDO LA BOCA DE LA GALERÍA PUEDE SER DRENADA POR GRAVEDAD, PERO PUEDE COMPLICARSE MUCHO EN CASO CONTRARIO; HAY OCA SIONES EN QUE HA DE RECURRIRSE AL BOMBEO.

### 3. OBRAS COMPLEMENTARIAS DE DRENAJE.

A CONTINUACIÓN SE HARÁ UNA DESCRIPCIÓN DE ESTAS - - OBRAS:

#### A) EL BOMBEO.

DENTRO DE LA TERMINOLOGÍA DE LAS OBRAS COMPLEMENTARIAS DE DRENAJE, SE DENOMINA BOMBEO A LA PENDIENTE TRANSVERSAL -

QUE SE DA A LA CARRETERA PARA PERMITIR QUE EL AGUA QUE DIRECTAMENTE CAE SOBRE ELLAS ESCURRA HACIA SUS DOS HOMBROS. EN LOS CAMINOS NORMALES DE DOS BANDAS DE CIRCULACIÓN Y EN SECCIONES EN TANGENTE ES COMÚN QUE EL BOMBEO SE DISPONGA CON UN 2% DE PENDIENTE DESDE EL EJE DEL CAMINO HASTA EL HOMBRO CORRESPONDIENTE; EN LAS SECCIONES EN CURVA, EL BOMBEO SE SUPONE CON LA SOBREELEVACIÓN NECESARIA, DE MANERA QUE SEGÚN SE ENTRE A LA CURVA, ESTA ÚLTIMA DOMINA RÁPIDAMENTE, DE MANERA QUE LA PENDIENTE TRANSVERSAL OCURRE SIN DISCONTINUIDADES, -- DESDE EL HOMBRO MAS ELEVADO AL MAS BAJO; EN ESTE CASO Y DENTRO DE LA TRANSICIÓN DE LA SECCIÓN EN TANGENTE A LA DE PLENA CURVA, SUELE HABER UN TRECHO EN EL QUE SE COMPLICA UN POCO -- LA CONFORMACIÓN DE UNA PENDIENTE TRANSVERSAL ADECUADA, SIENDO ÉSTE UN PROBLEMA QUE DEBE RESOLVERSE EN CADA CASO, PERO -- AL QUE AYUDA SIEMPRE LA EXISTENCIA DE PENDIENTE LONGITUDI--  
NAL. EN LAS CARRETERAS CON PAVIMENTO RÍGIDO EL BOMBEO PUEDE SER UN POCO MENOR, POR EJEMPLO, DEL ORDEN DE 1.5%.

EN LAS CARRETERAS DE MÁS DE DOS BANDAS DE CIRCULACIÓN -- PUEDEN PRESENTARSE DOS CASOS TÍPICOS. O SE TIENE UN CAME--  
LLÓN CENTRAL RELATIVAMENTE ESTRECHO O SE TIENE UNO MUY AM--  
PLIO, GENERALMENTE SEMBRADO DE PASTO. EN EL PRIMER CASO, ES COMÚN QUE EL BOMBEO TENGA LUGAR DEL CAMELLÓN HACIA AMBOS HOM--  
BROS, PERO EN EL SEGUNDO ES COMÚN QUE SE DISPONGA DE UN BOM--  
BEO MIXTO, EN DOS VERTIENTES, CON PENDIENTES DESDE EL EJE DE CADA BANDA HACIA EL HOMBRO RESPECTIVO Y HACIA LA SECCIÓN CEN--  
TRAL DE LA VÍA, EN LA CUAL SUELE EXISTIR UN ELEMENTO DE CANA--  
LIZACIÓN.

## B) LAS GUARNICIONES.

EN ZONAS URBANAS, LAS GUARNICIONES SE CONSTRUYEN EN LAS ORILLAS DE LAS BANQUETAS, PARA CONTENER A LAS MISMAS Y EVITAR QUE DESLICEN SOBRE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO; A LA VEZ TIENEN LA FUNCIÓN DE PROTEGER A LAS BANQUETAS CONTRA LA ACCIÓN DEL TRÁNSITO. EN LAS CARRETERAS, LAS GUARNICIONES SE CONSTRUYEN CON LOS MISMOS OBJETIVOS, EN LAS BANQUETAS DE LOS PUENTES, DE LAS CASETAS DE COBRO DE PEAGE Y DE PASOS A DESNIVEL Y EN ALGUNOS TIPOS DE LOS CAMELLONES QUE SEPARAN LAS BANDAS DE CIRCULACIÓN DE LAS AUTOPISTAS O QUE SE CONSTRUYEN EN ENTRONQUES, ISLETAS DE PASOS A NIVEL, ETC.

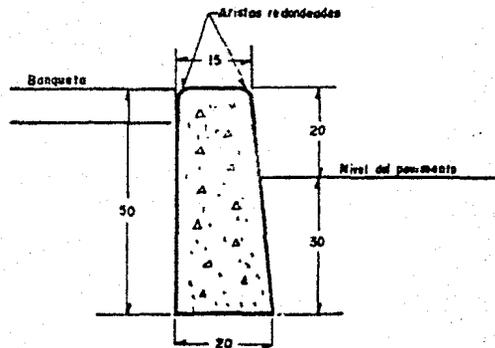
LAS GUARNICIONES TIENEN RELACIÓN CON EL DRENAJE, AUNQUE ESE NO SEA SU OBJETIVO PRINCIPAL, PUES CANALIZAN EL AGUA QUE ESCURRE EN LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO, GUIÁNDOLA HACIA SALIDAS ESPECIALMENTE DISPUESTAS.

A CONTINUACIÓN SE PRESENTAN LAS FORMAS MÁS COMUNES DE LAS GUARNICIONES (FIGURA III-10).

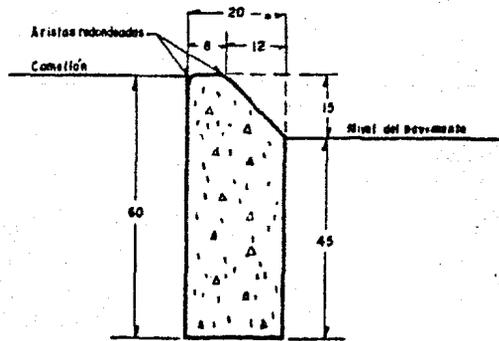
## C) LOS BORDILLOS.

LOS BORDILLOS SON ESTRUCTURAS QUE SE COLOCAN EN EL LADO EXTERIOR DEL ACOTAMIENTO EN LAS SECCIONES EN TANGENTE, EN EL BORDE OPUESTO AL CORTE EN LAS SECCIONES EN BALCÓN O EN LA PARTE INTERIOR DE LAS SECCIONES DE TERRAPLÉN EN CURVA. SON PEQUEÑOS BORDOS QUE FORMAN UNA BARRERA PARA CONDUCIR EL AGUA HACIA LOS LAVADEROS Y LAS BAJADAS, EVITANDO EROSIONES EN LOS TALUDES Y SATURACIÓN DE ÉSTOS POR EL AGUA QUE CAE SOBRE LA CORONA DEL CAMINO.

LA PRÁCTICA MEXICANA UTILIZA GENERALMENTE BORDILLOS DE



C. - Guarnición en camellones laterales y Banqueta



D. - Guarnición en camellón central

FIGURA III-10

SECCIÓN TRAPEZIAL, DE CONCRETO ASFÁLTICO O HIDRÁULICO (FIGURA III-11).

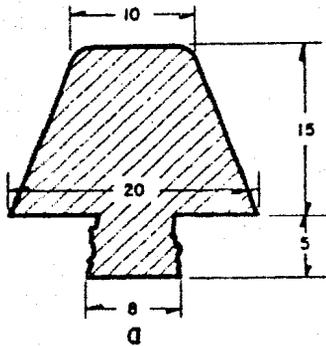
LA ALTURA DEL BORDILLO DEBE SER SUFICIENTE PARA QUE NO SEA REBASADO POR EL AGUA ALMACENADA, PERO NO DEBE REBASAR -- CIERTOS LÍMITES, ARRIBA DE LOS CUALES CREA UNA SENSACIÓN PSICOLÓGICA DE CONFINAMIENTO QUE ES INCONVENIENTE PARA EL VEHÍCULO QUE HA DE ESTACIONARSE EN EL ACOTAMIENTO O EVENTUALMENTE CIRCULAR POR ÉL.

LOS BORDILLOS SÓLO DEBERÁN UTILIZARSE, EN AQUELLOS LUGARES EN QUE EL ESCURRIMIENTO DEL AGUA SOBRE LOS TERRAPLENES - CAUSE TRANSTORNOS, PORQUE EL MATERIAL QUE FORME LOS TALUDES - SEA REALMENTE EROSIONABLE Y ESTÉ DESPROTEGIDO.

#### D) LOS LAVADEROS.

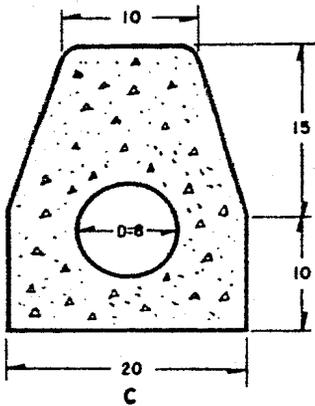
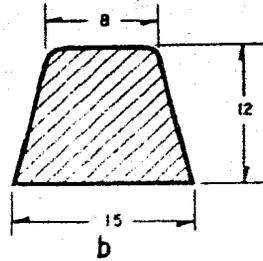
LOS LAVADEROS SON CANALES QUE SE CONECTAN CON LOS BORDILLOS Y BAJAN TRANSVERSALMENTE POR LOS TALUDES, CON LA MISIÓN DE CONDUCIR EL AGUA DE LLUVIA QUE ESCURRE POR LOS ACOTAMIENTOS HASTA LUGARES ALEJADOS DE LOS TERRAPLENES, EN DONDE YA - SEA INOFENSIVA.

CUANDO SE DISPONEN EN LOS CAMINOS ESTÁN SOBRE LOS TERRAPLENES, SOBRE LOS LADOS EN TERRAPLÉN DE CORTES EN BALCÓN (GENERALMENTE A LA ENTRADA Y A LA SALIDA), O EN LOS LADOS INTERIORES DE CURVAS, CUANDO CORRESPONDEN A SECCIONES TAMBIÉN EN TERRAPLÉN. EN TRAMOS EN TANGENTE SUELEN DISPONERSE CADA 60 O 100 M., PERO ESTA SEPARACIÓN PUEDE SER VARIABLE, DEPENDIENDO DE LA PENDIENTE LONGITUDINAL DE LA VÍA TERRESTRE Y DEL RÉGIMEN DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL DE LA ZONA. LA FIGURA III-12 MUESTRA LA PLANTA TÍPICA DE UN LAVADERO CONSTRUIDO EN MAMPOS

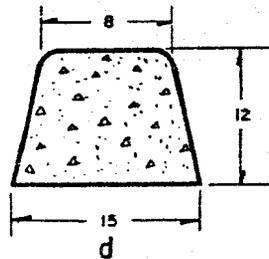


Bordillo con anclaje

Bordillos de concreto asfáltico, elaborado con material pétreo de tamaño máximo de  $3/4''$  y cemento asfáltico No. 6 en proporción aproximada de  $100 \text{ kg/m}^3$  de material pétreo



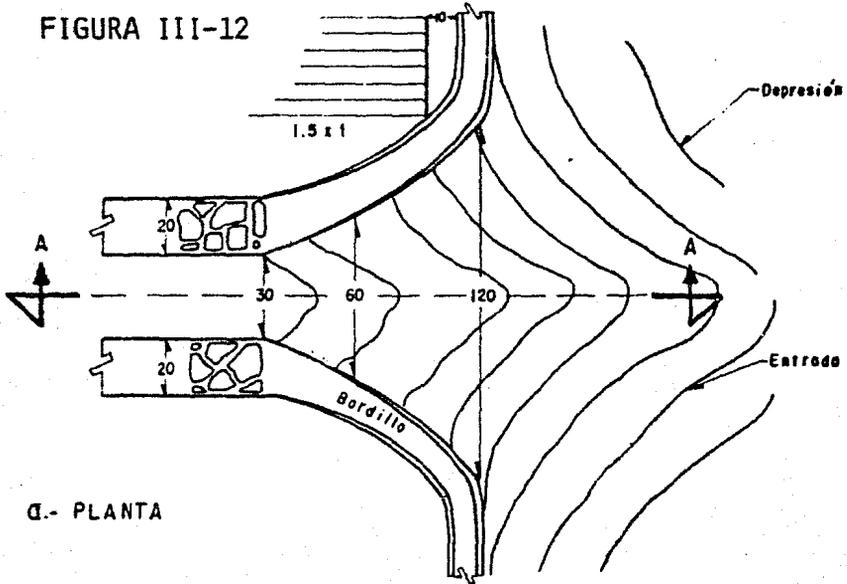
Todas las dimensiones están en centímetros



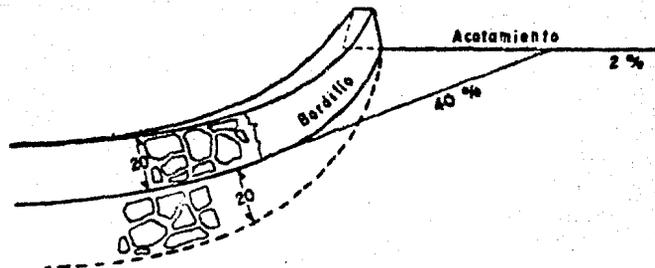
Bordillos de concreto hidráulico, con  $f'_c = 150 \text{ kg/cm}^2$

FIGURA III-11

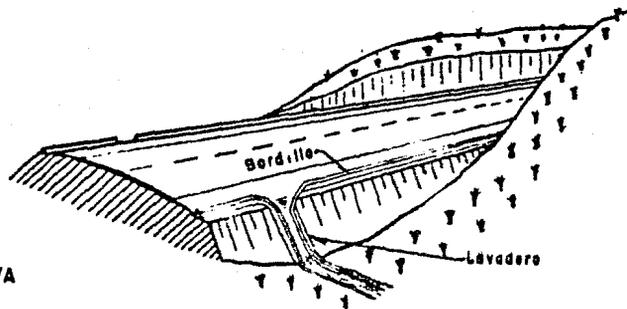
FIGURA III-12



a.- PLANTA



b.- CORTE A-A



c.- PERSPECTIVA

TERÍA, UN CORTE SEGÚN SU EJE LONGITUDINAL Y UNA PERSPECTIVA DE SU DISPOSICIÓN EN UNA CARRETERA.

#### E) LAS BAJADAS.

SE DENOMINA ASÍ A ESTRUCTURAS DE FUNCIÓN ANÁLOGA A LOS LAVADEROS, PERO CONSTITUIDAS POR UN TUBO APOYADO EN LA SUPERFICIE INCLINADA DEL TERRENO O ENTERRADO EN ÉL. EN RIGOR LA DISTINCIÓN RESPECTO A LOS LAVADEROS ES UN TANTO DE SIMPLE NO MENGLATURA Y MUCHOS INGENIEROS CONSIDERAN A LAS BAJADAS COMO LAVADEROS ENTUBADOS.

UNO DE LOS USOS MÁS FRECUENTES DE LAS BAJADAS SE TIENE CUANDO DENTRO DE LA LONGITUD DE UN CORTE QUEDA COMPRENDIDO - UN TALWEG EN EL CORONAMIENTO; EL AGUA QUE AHÍ CAE NO PUEDE - DEJARSE ESCURRIR LIBREMENTE SOBRE EL TALUD DEL CORTE, PORQUE ES DEMASIADA, NI PUEDE SER CANALIZADA A LA CUNETTA POR LA MISMA RAZÓN. LA BAJADA ES LA SOLUCIÓN TÍPICA AL PROBLEMA, CON UN TUBO QUE ATRAVIESE LA CORONA DEL CAMINO Y CONDUZCA EL - AGUA A DONDE NO DAÑE.

#### F) LA VEGETACIÓN.

UNA DE LAS MÁS EFECTIVAS PROTECCIONES DE LOS TALUDES DE UN CORTE O UN TERRAPLÉN O DEL TERRENO NATURAL CONTRA LA ACCIÓN EROSIVA DEL AGUA SUPERFICIAL ES LA PLANTACIÓN DE ESPECIES VEGETALES; ÉSTAS RETARDAN EL ESCURRIMIENTO, DISMINUYENDO MUCHO LA ENERGÍA DEL AGUA Y CONTRIBUYEN A FOMENTAR UNA CONDICIÓN DE EQUILIBRIO EN LOS SUELOS EN CUANTO A CONTENIDO DE AGUA.

SIEMPRE QUE LA VEGETACIÓN EXISTA, EL INGENIERO DEBERÁ RESPETARLA. LA DESFORESTACIÓN SISTEMÁTICA, EL DESHIERBE -

O EL DESENRAICE EXCESIVOS EN LA ZONA DE DERECHO DE VÍA O EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE UNA VÍA TERRESTRE DEBEN VERSE COMO UNA DE LAS PEORES PRÁCTICAS EN QUE ES DADO CAER A UN INGENIERO CONSTRUCTOR. MÁS BIEN, SUS ESFUERZOS DEBERÁN TENDER A FOMENTAR LA PROTECCIÓN VEGETAL EN TODOS SUS ASPECTOS. CUANDO ÉSTA NO EXISTA, SU PLANTACIÓN PUEDE CONTRIBUIR A PROTEGER - MUY EFICAZMENTE A LA VÍA.

g) LOS BORDOS.

SE MENCIONAN AHORA LOS BORDOS DE TIERRA U, OCASIONALMENTE DE MAMPOSTERÍA, QUE SE CONSTRUYEN PARA ENCAUZAR LAS AGUAS, SEAN EN EL TERRENO NATURAL PRÓXIMO A LA VÍA TERRESTRE, PARA QUE EL AGUA LLEGUE A LAS GARGANTAS, CAUCES NATURALES, ETC., O BIEN, EN LA ENTRADA DE LAS ALCANTARILLAS O PUENTES, CON EL FIN DE QUE EL AGUA CRUCE APROPIADAMENTE POR TALES ESTRUCTURAS. EL BORDO DE ENCAUZAMIENTO SOBRE EL TERRENO NATURAL, MENCIONADO EN PRIMER LUGAR DEBE RESPONDER A UNA NECESIDAD TOPOGRÁFICA, GENERALMENTE CONECTADA CON LA EXISTENCIA DE TALWEGS QUE, DE NO EXISTIR LOS BORDOS, VACIARÍAN SUS AGUAS DE MANERA PELIGROSA PARA LA VÍA TERRESTRE; CON EL BORDO, ÉSTAS SE DIRIGEN, COMO SE DIJO, HACIA CUALQUIER CLASE DE CAUCE NATURAL POR EL QUE PUEDAN SER ELIMINADAS SIN RIESGO.

LOS BORDOS QUE ENCAUZAN LAS AGUAS HACIA ALCANTARILLAS Y OBRAS DE DRENAJE SON EN GENERAL ESTRUCTURAS BASTANTE MÁS FORMALES QUE LAS ANTERIORES, PUES HAN DE SUFRIR EL EMBATE DE AGUAS RÁPIDAS. EN ESTOS CASOS SERÁN COMUNES LAS PROTECCIONES DE TALUDES CON ENROCAMIENTO, LA CONSTRUCCIÓN CON MAMPOSTERÍA DE BUENA CALIDAD Y AÚN EL USO DE MUROS DE CONCRETO (DEFLECTO

RES),

EN MUCHAS OCASIONES LOS PROPIOS TALUDES DEL TERRAPLÉN - DE LA VÍA FUNCIONARÁN COMO BORDOS ENCAUZADORES DE ESCURRI--MIENTO HACIA OBRAS DE DRENAJE; ESTOS CASOS HAN DE SER CUIDA--DOSAMENTE DETECTADOS PARA PLANEAR LAS PROTECCIONES CORRESPON--DIENTES, CON VEGETACIÓN, ENROCAMIENTO, MAMPOSTERÍAS O MUROS DE CONCRETO, SEGÚN LAS VELOCIDADES QUE SE ESPEREN EN EL AGUA ENCAUZADA.

#### H) LAS CUNETAS.

LAS CUNETAS SON CANALES QUE SE ADOSAN A LOS LADOS DE LA CORONA DE LA VÍA TERRESTRE, EN EL LADO DEL CORTE EN SECCIO--NES DE TAL NATURALEZA; EN CORTES EN BALCÓN HAY ENTONCES CUNE--TA EN UN SOLO LADO Y EN CORTES EN CAJÓN EN LOS DOS. LA CUNE--TA SE DISPONE EN EL EXTREMO DEL ACOTAMIENTO, EN CONTACTO IN--MEDIATO CON EL CORTE. SU SITUACIÓN LE PERMITE RECIBIR LOS - ESCURRIMIENTOS DE ORIGEN PLUVIAL PROPIOS DEL TALUD Y LOS DEL ÁREA COMPRENDIDA ENTRE EL CORONAMIENTO DEL CORTE Y LA CONTRA--CUNETA, SI LA HUBIERE O EL TERRENO NATURAL AGUAS ARRIBA DEL CORTE, SI NO HAY CONTRACUNETAS. TAMBIÉN PUEDE RECIBIR LA CU--NETA AGUA QUE HAYA CAÍDO SOBRE LA CORONA DE LA VÍA, CUANDO - LA PENDIENTE TRANSVERSAL DE ÉSTA TENGA LA INCLINACIÓN APRO--PIADA PARA ELLO.

LA CAPACIDAD HIDRÁULICA DE LA CUNETA COMO CANAL DEFINE PRINCIPALMENTE LA POSIBILIDAD DE CUMPLIR SU FUNCIÓN DE CANA--LIZAR Y ELIMINAR CON RAPIDEZ EL AGUA QUE COLECTE. EL GASTO POR DRENAR DEPENDE DEL ÁREA DE INFLUENCIA, DEL COEFICIENTE - DE DE ESCURRIMIENTO Y DE LA INTENSIDAD DE LLUVIA DURANTE UN

TIEMPO IGUAL AL DE CONCENTRACIÓN.

LA PENDIENTE LONGITUDINAL MÍNIMA QUE DEBE EXISTIR EN UNA CUNETETA ES DE 0.5%. LA VELOCIDAD CON LA QUE EL AGUA CIRCULE SOBRE ELLA DEBE QUEDAR COMPRENDIDA ENTRE LOS LÍMITES DE DEPÓSITO Y EROSIÓN, AMBOS INDESEABLES.

1) LAS CONTRACUNETAS.

SE DENOMINAN CONTRACUNETAS A LOS CANALES, EXCAVADOS EN EL TERRENO NATURAL O FORMADOS CON PEQUEÑOS BORDOS, QUE SE LOCALIZAN AGUAS ARRIBA DE LOS TALUDES DE LOS CORTES, CERCA DE ÉSTOS, CON LA FINALIDAD DE INTERCEPTAR EL AGUA SUPERFICIAL QUE ESCURRE LADERA ABAJO DESDE MAYORES ALTURAS, PARA EVITAR LA EROSIÓN DEL TALUD Y EL CONGESTIONAMIENTO DE LAS CUNETAS Y LA CORONA DE LA VÍA TERRESTRE POR EL AGUA Y SU MATERIAL DE ARRASTE (FIGURA III-13).

LA CONTRACUNETETA SE CONSTRUYE A UNA DISTANCIA VARIABLE DEL CORONAMIENTO DEL CORTE Y QUE DEPENDE DE LA ALTURA DE ÉSTE; SE TRATA DE QUE ENTRE LA CUNETETA Y EL PROPIO CORTE NO QUEDA UN ÁREA SUSCEPTIBLE DE GENERAR ESCURRIMIENTOS NO CONTROLADOS DE IMPORTANCIA Y, A LA VEZ, DE NO COLOCARLA DEMASIADO CERCA DEL CORTE, A FIN DE FACILITAR SU TRAZO Y PERMITIR QUE SE DESARROLLE SOBRE TERRENO QUE NO SE VEA AFECTADO POR PEQUEÑOS DERUMBES QUE PUDIERAN LLEGAR A PRESENTARSE, PEQUEÑOS ABATIMIENTOS O TRABAJOS DE AMACIZE QUE EVENTUALMENTE HAYAN DE HACERSE, ETC. EN CORTE DE ALTURA NORMAL ES FRECUENTE QUE LA CONTRACUNETETA SE ENCUENTRE A UNA DISTANCIA DEL CORONAMIENTO DEL CORTE COMPRENDIDA ENTRE LA ALTURA DEL MISMO Y LA MITAD DE ESE VALOR; EN CORTES ALTOS EL PUNTO MÁS PRÓXIMO DE LA CON

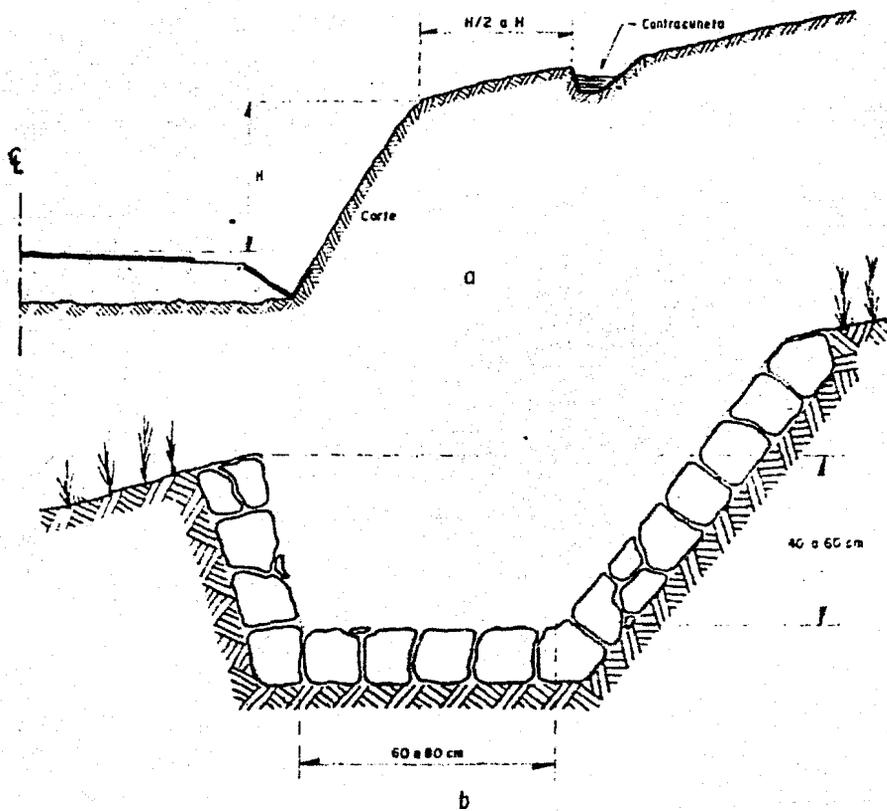


FIGURA III-13

TRACUNETA PUEDE ESTAR A UNOS 8 O 10 M. DEL CORONAMIENTO DEL CORTE.

LA CONTRACUNETA DEBE CONDUCIR EL AGUA CAPTADA A CAÑADAS O CAUCES NATURALES EN QUE EXISTAN OBRAS QUE CRUCEN LA VÍA TERRESTRE Y ES NORMAL QUE PARA EVITAR EXCESIVO DESARROLLO DEL CANAL LOS EXTREMOS LLEGUEN A TENER PENDIENTES MUY CONSIDERABLES, FUNCIONANDO COMO AUTÉNTICOS LAVADEROS.

LA SECCIÓN DEL CANAL ESTÁ, NATURALMENTE DEFINIDA POR SU CAPACIDAD HIDRÁULICA, A SU VEZ, RELACIONADA CON LA FRECUENCIA E INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL DE LA ZONA, EL MONTO DEL ÁREA DRENADA Y LAS CARACTERÍSTICAS DE DICHA ÁREA EN CUANTO A ESCURRIMIENTO DEL AGUA SUPERFICIAL.

#### J) LOS CANALES INTERCEPTORES.

SE MENCIONAN AQUÍ LOS CANALES QUE SE CONTRUYEN CON FINES DE ENCAUZAMIENTO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES QUE ESCURRIRÁN HACIA LA CORONA DE UNA VÍA TERRESTRE, CAUSANDO EN ELLA EROSIONES O DEPÓSITOS INCONVENIENTES. SU CONSTRUCCIÓN ES FRECUENTE, SOBRE TODO EN LOS CASOS DE ESCURRIMIENTO POR LADERAS NATURALES CON PENDIENTES HACIA LA VÍA, O EN CONEXIÓN CON LA DE ALCANTARILLAS, SEA PARA LLEVAR A SU ENTRADA LAS AGUAS QUE HAN DE CRUZARLAS O PARA CONTROLAR LA DESCARGA DE LAS QUE YA LO HAYAN HECHO. EN EL PRIMER CASO, UN CANAL INTERCEPTOR FUNCIONA EN FORMA ANÁLOGA A LA DE UNA CONTRACUNETA Y LE SON APLICABLES LOS COMENTARIOS HECHOS EN TORNO A ESTAS OBRAS; SIN EMBARGO, LA COSTUMBRE RESERVA LA EXPRESIÓN CANALES INTERCEPTORES PARA LOS QUE SE CONSTRUYEN A DISTANCIAS RELATIVAMENTE GRANDES DE LA VÍA TERRESTRE Y NO ESTÁN ESPECÍFICAMENTE LI

GADOS A UN CORTE EN PARTICULAR, SINO QUE DEFIENDEN UN TRAMO MAS O MENOS LARGO DE LA VÍA, INDEPENDIENTEMENTE DE CUAL SEA LA NATURALEZA DE SU SECCIÓN.

LOS CANALES QUE SE CONSTRUYEN COMO COMPLEMENTO DE ALCANTARILLAS TIENEN SOBRE TODO MOTIVACIÓN LIGADA AL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DE TALES OBRAS, POR LO QUE ESCAPAN A LA ATENCIÓN DE ESTE TRABAJO.

## CAPITULO IV

### INFORMACION COMPLEMENTARIA

A ESTE NIVEL, SÓLO SERÁ NECESARIO INDICAR LA DISPONIBILIDAD, UBICACIÓN APROXIMADA Y CALIDAD DE LOS MATERIALES QUE EN EL FUTURO PUEDAN SER UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PAVIMENTO, DE LAS OBRAS MENORES DE CONCRETO O MAMPOSTERÍA, - ETC.

ESTA INFORMACIÓN SE PRESENTARÁ ÚNICAMENTE EN FORMA DESCRIPTIVA, PERO LO MÁ S COMPLETA POSIBLE.

COMO INFORMACIÓN ADICIONAL, RELATIVA A LAS CONDICIONES EN LAS QUE SE LLEVARÁ A CABO LA CONSTRUCCIÓN DE LAS OBRAS, - ES CONVENIENTE CONTAR CON INFORMACIÓN DEL TIPO DE CLIMA PERÍODOS DE LLUVIA, INTENSIDAD DE ÉSTAS, TIPO DE VEGETACIÓN, - SU DENSIDAD, ETC.

DE LA MISMA MANERA, ES CONVENIENTE CONOCER LAS ACTIVIDADES INDUSTRIALES O AGRÍCOLAS QUE SE DESARROLLAN EN LA REGIÓN, ASÍ COMO LA DISPONIBILIDAD DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.

COMO UNA INFORMACIÓN GRÁFICA DE INDISCUTIBLE VALOR DESCRIPTIVO, DEBERÁ INCLUIRSE UN INFORME FOTOGRAFICO QUE MUESTRE EL PAISAJE SOBRE EL QUE SE ALOJARÁ LA VÍA EN PROYECTO, - ASÍ COMO LOS DETALLES DE ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS, DE ACUMULACIONES DE SUELOS U OTRAS, QUE HAYAN SIDO MENCIONADAS EN EL ESTUDIO.

## CAPITULO V CONCLUSIONES

ESTE TRABAJO, NO PRETENDE NI CON MUCHO CUBRIR TODOS LOS PROBLEMAS QUE SE PRESENTARÁN EN EL CAMPO, Y LO ÚNICO QUE DESEA ES SEÑALAR EN QUE PUNTOS SERÁ NECESARIO DETENERSE EN LA ELABORACIÓN DE UN ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA UN CAMINO.

EXISTEN ALGUNOS PROBLEMAS, CUYO ESTUDIO RESULTARÍA MUY EXTENSO, DEBIDO A SU DIVERSIDAD E INTERÉS DISTINTO Y QUE SE PRESENTARÁ A LO LARGO DE LA VÍA, COMO SON LOS PROBLEMAS GEOTÉCNICOS ESPECIALES, ALGUNOS DE LOS CUALES SE COMENTARÁN A CONTINUACIÓN.

### 1. SOCAVACIÓN

LA SOCAVACIÓN ES UN FENÓMENO NATURAL QUE AFECTA -- PRINCIPALMENTE EL CAUCE DE RÍOS Y ARROYOS, PERO NO SE LIMITA A ÉSTOS, YA QUE LA REMOCIÓN DEL MATERIAL DEL FONDO O DE LAS ORILLAS PUEDE OCURRIR EN CUALQUIER CORRIENTE O MASA DE AGUA EN MOVIMIENTO, TAL COMO PUEDE SER EL CASO DE UNA CORRIENTE COSTERA, UN ESTERO O, INCLUSIVE, DE UN CANAL. LA SOCAVACIÓN INTERESA AL INGENIERO DE VÍAS TERRESTRES A CAUSA DE LA FRECUENTE NECESIDAD DE CRUZAR CORRIENTES DE AGUA, PRINCIPALMENTE RÍOS Y ESTEROS, POR MEDIO DE PUENTES, QUE NORMALMENTE TIENEN ARROYOS EN EL SENO DE LA CORRIENTE. SE EXPLICARÁN A CONTINUACIÓN LAS TRES PRINCIPALES FORMAS DE SOCAVACIÓN.

A) LA SOCAVACIÓN GENERAL, ES EL ESPESOR DEL FONDO DEL CAUCE EN QUE LOS MATERIALES ALLÍ EXISTENTES PUEDEN SER PUES-

TOS EN SUSPENSIÓN POR UNA EVENTUAL CRECIENTE. EN RIGOR, ESTA FORMA DE SOCAVACIÓN ES INDEPENDIENTE DE LA PRESENCIA DE NINGÚN PUENTE Y LA QUE OCURRÍA EN EL RÍO ANTES DE CONSTRUIR EL CRUZAMIENTO. CUALQUIER APOYO DE UN PUENTE DEBE QUEDAR, POR PRINCIPIO, CIMENTADO BAJO LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACIÓN GENERAL.

B) LA SOCAVACIÓN LOCAL ES LA QUE SE PRODUCE EN LA VICINIDAD DE LAS PILAS DE UN PUENTE SITUADAS EN LA CORRIENTE, COMO CONSECUENCIA DE LA DISTORSIÓN DE LAS TRAYECTORIAS DE FLUJO, CAUSADA POR LA PROPIA PILA. SI ESTE FENÓMENO PROGRESA LO SUFICIENTE, HASTA ALCANZAR PROFUNDIDADES ABAJO DEL NIVEL DE DESPLANTE DE LA PILA OCURRIRÁ EL COLAPSO TOTAL DE ÉSTA.

C) LA SOCAVACIÓN POR ESTRECHAMIENTO DE CAUCE, PRODUCIDO POR INVASIÓN DE ÉSTE POR LOS TERRAPLENES DE ACCESO A LA ESTRUCTURA DE CRUCE. ESTE ENTRECHAMIENTO PRODUCE UNA REDUCCIÓN DEL ÁREA HIDRÁULICA DEL CAUCE, CON EL CORRESPONDIENTE AUMENTO DE LA VELOCIDAD Y DEL PODER EROSIVO DEL AGUA.

## 2. ACCIÓN DE LA HELADA EN LOS SUELOS.

ES SABIDO QUE SI LA TEMPERATURA DEL AGUA LLEGA AL PUNTO DE CONGELACIÓN DE LA MISMA, EL AGUA SE TORNA SÓLIDA Y SU VOLUMEN AUMENTA. TANTO EL PUNTO DE CONGELACIÓN, COMO EL COEFICIENTE DE EXPANSIÓN VOLUMÉTRICA DEPENDE DE LA PRESIÓN ACTUANTE. A LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA, LA CONGELACIÓN DEL AGUA OCURRE A  $0^{\circ}\text{C}$ , EN TANTO QUE UNA PRESIÓN DE 600 ATMÓSFERAS EL AGUA SE CONGELA A  $-5^{\circ}\text{C}$  Y A 1100 ATMÓSFERAS A  $-10^{\circ}\text{C}$ . LOS RESPECTIVOS COEFICIENTES DE EXPANSIÓN VOLUMÉTRICA SON 0.09 A 1 ATMÓSFERA, 0.102 A 600 Y 0.112 A 1100 ATMÓSFERAS.

CUANDO EL AGUA SE CONGELA EN MASAS DE GRAVA O ARENA LIMPIA, SU VOLUMEN AUMENTA, PERO NO NECESARIAMENTE UN 10% DEL VOLUMEN INICIAL DE VACIOS, COMO QUEDARÍA SUGERIDO POR LOS COEFICIENTES DE EXPANSIÓN VOLUMÉTRICA ANTES CITADOS, PUESTO QUE EL AGUA PUEDE DRENARSE DURANTE LA CONGELACIÓN. SI EL AGUA ESTÁ HOMOGÉNEAMENTE INCORPORADA A LA MASA DE SUELO, COMO ES USUAL, LA CONGELACIÓN AFECTA AL CONJUNTO DE DICHA MASA, SIN QUE SE FORMEN CAPAS O LENTES AISLADOS DE HIELO; ÉSTOS SE FORMARÁN, POR EL CONTRARIO, CUANDO SE CONGELAN IN SITU MASAS DE AGUA LIBRE PREVIAMENTE EXISTENTE.

EN MUCHOS SUELOS RELATIVAMENTE FINOS, TALES COMO LOS LIMOS SATURADOS O LAS ARENAS LIMOSAS TAMBIÉN SATURADAS, EL EFECTO DE CONGELACIÓN DEPENDE MUCHO DEL GRADIENTE CON QUE SE ABATE LA TEMPERATURA. UN ENFRIAMIENTO RÁPIDO PROVOCA LA CONGELACIÓN DEL AGUA ALLÍ DONDE SE ENCUENTRA, PERO SI EL DESCENSO ES GRADUAL, LA MAYOR PARTE DEL AGUA SE AGRUPA EN PEQUEÑAS CAPAS DE HIELO PARALELAS A LA SUPERFICIE EXPUESTA AL ENFRIAMIENTO. RESULTA ASÍ UNA ALTERNANCIA DE CAPAS DE SUELO HELADO Y DELGADOS ESTRATOS DE HIELO.

EN CONDICIONES NATURALES, EN SUELOS LIMOSOS EXPUESTOS A FUERTE DESCENSO DE TEMPERATURA, SE FORMAN CAPAS DE HIELO DE VARIOS CENTÍMETROS DE ESPESOR. LA FORMACIÓN DE ESTRATOS DE HIELO LIMPIO INDICA UNA EMIGRACIÓN DEL AGUA DE LOS VACÍOS HACIA EL CENTRO DE CONGELAMIENTO; ESTA AGUA PUEDE PROCEDER DE LOS VACÍOS DEL PROPIO SUELO O SER ABSORBIDO DE UN ACUÍFERO, SITUADO BAJO LA ZONA DE CONGELACIÓN. LA FIGURA V-1 MUESTRA LAS DISTINTAS POSIBILIDADES QUE PUEDEN PRESENTARSE EN UN

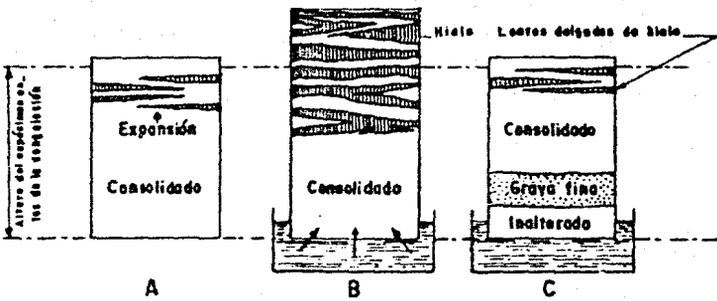


FIGURA V-1

## ESPÉCIMEN DE SUELO FINO.

EL ESPÉCIMEN A DESCANSA EN UNA BASE SÓLIDA E IMPERMEABLE, EN TANTO QUE LOS B Y C TIENEN SU PARTE INFERIOR SUMERGIDA EN AGUA. EN LOS TRES CASOS, LA TEMPERATURA DE LAS CARAS SUPERIORES SE MANTIENE POR ABAJO DEL PUNTO DE CONGELACIÓN DEL AGUA. EN A, EL AGUA QUE FORMA LOS ESTRATOS FINOS DEL HIELO PROCEDE DE LA PARTE INFERIOR DEL ESPÉCIMEN, EN TANTO QUE EN EL B, EL AGUA PROCEDE DE LA FUENTE INFERIOR. TERZAGHI LLAMÓ AL ESPÉCIMEN A UN SISTEMA CERRADO POR NO VARIAR EN ÉL EL CONTENIDO TOTAL DE AGUA EN LA MASA DE SUELO; EN CONTRA POSICIÓN, B SERÍA UN SISTEMA ABIERTO. EN EL CASO C, AUNQUE PUDIERA PARECER UN SISTEMA ABIERTO, LO ES CERRADO, POR EFECTO DE LA CAPA GRUESA EXISTENTE.

EN EL SISTEMA A, EL AGUA QUE FORMA LOS LENTES DE HIELO ASCIENDE DE LA PARTE INFERIOR, CON LO QUE SE INDUCE UN PROCESO DE CONSOLIDACIÓN EN LA ZONA INFERIOR DE LA MUESTRA. SEGU RAMENTE EL PROCESO PROSIGUE HASTA QUE EL CONTENIDO DE AGUA EN LA PARTE INFERIOR DEL ESPÉCIMEN SE REDUCE AL LÍMITE DE CONTRACCIÓN, SIEMPRE Y CUANDO LA TEMPERATURA AMBIENTE SEA LO SUFICIENTEMENTE BAJA. EL INCREMENTO TOTAL DEL VOLUMEN ASOCIADO A UN SISTEMA CERRADO TENDRÁ, ASÍ, COMO LÍMITE EL INCREMENTO VOLUMÉTRICO QUE EL AGUA SUFRE POR CONGELACIÓN; POR LO GENERAL OSCILA ENTRE EL 3% Y EL 5% DEL VOLUMEN TOTAL DEL SUELO.

EN LOS SISTEMAS ABIERTOS (SISTEMA B DE LA FIGURA V-1), EL DESARROLLO INICIAL DE LOS LENTES DE HIELO TAMBIÉN SE DEBE AL AGUA QUE COMIENZA A ASCENDER DE LOS NIVELES INFERIORES -

DEL SUELO, CON LO QUE LA MUESTRA TAMBIÉN SE CONSOLIDA EN UN PRINCIPIO. SIN EMBARGO, A MEDIDA QUE EL PROCESO PROGRESA, AUMENTA LA CANTIDAD DE AGUA QUE SE VA EXTRAYENDO DE LA FUENTE DE AGUA LIBRE, HASTA QUE SE IGUALAN LOS FLUJOS PROCEDENTES DE LA PARTE INFERIOR DE LA MUESTRA Y DE LA FUENTE LIBRE, A PARTIR DE CUYO MOMENTO SE MANTIENE CONSTANTE EL CONTENIDO DE AGUA EN LA PARTE INFERIOR DE LA MUESTRA.

LA OBSERVACIÓN EN REGIONES EN QUE PREVALECEM MUY BAJAS TEMPERATURAS DURANTE MUCHO TIEMPO DEMUESTRA QUE CUANDO UN SUELO NATURAL TRABAJA COMO SISTEMA ABIERTO PUEDEN FORMARSE EN ÉL LENTES DE HIELO DE VARIOS METROS DE ESPESOR. UN SISTEMA ABIERTO SE CONVIERTE EN CERRADO SIN MÁS QUE INTERCALAR ENTRE LA SUPERFICIE DE CONGELAMIENTO Y EL NIVEL FREÁTICO UNA CAPA DE GRAVA, ANÁLOGA A LA SIMBOLIZADA EN EL ESPÉCIMEN C DE LA FIGURA V-1. COMO EL AGUA YA NO PUEDE SUBIR POR CAPILARIDAD, ATRAVESANDO LA CAPA DE SUELO GRUESO, DE TAL ESTRATO HACIA ARRIBA EL SUELO SE COMPORTA COMO UN SISTEMA CERRADO.

SE HA ENCONTRADO QUE LOS LENTES DE HIELO NO SE DESARROLLAN A NO SER QUE, EN AÑADIDURA A LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS NECESARIAS, EXISTA EN EL SUELO UN CIERTO PORCENTAJE MÍNIMO DE PARTÍCULAS FINAS. TAMBIÉN INFLUENCIA EL GRADO DE UNIFORMIDAD DE LAS PARTÍCULAS Y EL TIPO DE ESTRATIFICACIÓN. EN GENERAL, SE DICE QUE UN SUELO ES SUSCEPTIBLE A LA ACCIÓN DE LAS HELADAS, CUANDO PUEDEN DESARROLLARSE EN ÉL LENTES APRECIABLES DE HIELO PURO.

## 2.1 EFECTOS DE LA HELADA.

CUANDO EL AGUA SE CONGELA EN LOS VACÍOS DE UN SUELO

BAJO UNA PRESIÓN MODERADA ACTÚA COMO UNA CUÑA, QUE SEPARA -  
 LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS Y AUMENTA EL VOLUMEN DE LOS VACIOS.  
 SI EL SUELO NO ES SUSCEPTIBLE A LA HELADA, COMO LAS GRAVAS  
 Y LAS ARENAS O SI TRABAJA COMO UN SISTEMA CERRADO, EL AUMEN-  
 TO DE VOLUMEN TIENE COMO LÍMITE SUPERIOR, UN 10% DEL VOLUMEN  
 INICIAL DE LOS VACIOS, POR LO QUE EN UNA FORMACIÓN CON SUPER-  
 FICIE HORIZONTAL, LA ELEVACIÓN DE DICHA SUPERFICIE NO PUEDE  
 SER MAYOR QUE:  $H = 0.1 N H$  (A)

DONDE N ES LA POROSIDAD DEL SUELO Y H EL ESPESOR EN QUE SE -  
 DEJA SENTIR EL EFECTO DE LA CONGELACIÓN. POR OTRA PARTE, EN  
 UN SISTEMA ABIERTO CONSTITUIDO POR SUELO SUSCEPTIBLE A LAS -  
 HELADAS, LA EXPANSIÓN POR CONGELACIÓN PUEDE SER MUCHO MAYOR  
 QUE EL LÍMITE INDICADO. LA PRESIÓN QUE EJERCE EL SUELO CON-  
 GELADO AL EXPANDERSE ES DIFÍCIL DE MEDIR CON CIERTA EXACTI--  
 TUD, PERO ES GRANDE Y, TEÓRICAMENTE, PUEDE LLEGAR A VALORES  
 DE UN ORDEN EXTRAORDINARIO, QUE EXCEDEN CON MUCHO A LAS CAR-  
 GAS USUALES SOBREPUESTAS. ASÍ, CUALQUIER ESTRUCTURA COLOCA-  
 DA SOBRE EL SUELO SE LEVANTA JUNTAMENTE CON ÉL.

DURANTE EL DESHIELO DE PRIMAVERA, LA ZONA CONGELADA SE -  
 FUNDE, PROCESO QUE OCURRE EN VARIAS SEMANAS Y VA ACOMPAÑADO  
 DE ASENTAMIENTOS DEL SUBSUELO. ESTE ASENTAMIENTO DEPENDE DE  
 SI SE HAN FORMADO O NO LENTES DE HIELO PURO DURANTE EL PERÍO-  
 DO DE CONGELACIÓN. EN SUELOS NO SUSCEPTIBLES, EL ASENTAMIENT-  
 O MÁXIMO POSIBLE TAMBIÉN ESTARÁ ACOTADO POR LA EXPRESIÓN -  
 (A) Y OTRO TANTO SUCEDERÁ CON LOS SISTEMAS CERRADOS. EN AM-  
 BOS CASOS EL VALOR REAL DEL ASENTAMIENTO NO PUEDE EXCEDER EL  
 AUMENTO PREVIO DEL VOLUMEN POR CONGELACIÓN. EN LOS SISTEMAS

ABIERTOS DE SUELOS SUSCEPTIBLES, CUANDO SE HAN FORMADO CRISTALES DE HIELO PURO, EL ASENTAMIENTO DEL DESHIELO ESTÁ FORMADO NO SOLO POR EL VOLUMEN DEL HIELO, SINO TAMBIÉN POR LOS COLAPSOS ESTRUCTURALES DE LAS BÓVEDAS DONDE SE ALOJABAN LOS CRISTALES, LO QUE PUEDE LLEGAR A SER UN EFECTO IMPORTANTE. - LAS ESTRUCTURAS QUE SUFREN ESTOS ASENTAMIENTOS SUELEN PASAR POR GRAVES DIFICULTADES, AGRAVADAS POR EL HECHO DE QUE LOS ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES SON NORMALMENTE IMPORTANTES. ESTOS EFECTOS SUELEN CAUSAR GRAVES DAÑOS A LOS CAMINOS.

EL ESPESOR DE LOS LENTES DE HIELO QUE SE FORME EN LOS SUELOS SUSCEPTIBLES A LA CONGELACIÓN DEPENDE DE MUCHOS FACTORES, ENTRE LOS QUE PUEDEN ENUMERARSE EL GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD DEL SUELO, LA FACILIDAD DE DRENAJE (TANTO PARA ABSORBER, COMO PARA CEDER AGUA), LA INTENSIDAD DEL FRÍO Y DURACIÓN DEL MISMO, ESPECIALMENTE ESTE ÚLTIMO FACTOR.

LAS SOLUCIONES QUE SE HAN ADOPTADO PARA EVITAR LA ACCIÓN NOCIVA DEL CONGELAMIENTO DE LAS CAPAS SUPERFICIALES DEL TERRENO POR EFECTO CLIMÁTICO, PUEDEN AGRUPARSE EN TRES TIPOS DIFERENTES:

A) SUBSTITUCIÓN DE SUELOS SUSCEPTIBLES POR OTROS NO SUSCEPTIBLES, HASTA PROFUNDIDADES QUE LLEGUEN MAS ABAJO QUE LA PENETRACIÓN DEL EFECTO CLIMÁTICO EXTERNO.

B) DRENAJE ADECUADO, PARA ABATIR EL NIVEL FREÁTICO A UNA PROFUNDIDAD MAYOR QUE LA ALTURA MÁXIMA DE ASCENSIÓN CAPILAR DEL SUELO.

C) CONVERSIÓN DE UN SISTEMA ABIERTO PRE-EXISTENTE EN CERRADO, ÉSTO SE LOGRA COLOCANDO AL NIVEL APROXIMADO DE LA -

PROFUNDIDAD DE CONGELACIÓN UNA CAPA DE MATERIAL GRUESO, NO -  
CAPILAR. POSTERIORMENTE SE VOLVERÁ A RELLENAR LA EXCAVACIÓN,  
CON EL MATERIAL ORIGINAL.

ADEMÁS DE LOS CAMBIOS VOLUMÉTRICOS COMENTADOS EN LOS PÁ-  
RRAFOS ANTERIORES, EL DESHIELO EN LOS SUELOS PRODUCE UNA DIS-  
MINUCIÓN EN LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE LOS MIS-  
MOS Y, CONSECUENTEMENTE, UNA DISMINUCIÓN DE SU CAPACIDAD DE  
CARGA. ESTO ES FÁCILMENTE EXPLICABLE, PUES AL FUNDIRSE EL -  
HIELO, EL SUELO SE COMPRIME Y EL AGUA EXPERIMENTA PRESIONES  
DE PORO, QUE SOLO SE DISIPAN CUANDO SE PRODUZCA UN COMPLETO  
DRENAJE, LO QUE SUCEDE NORMALMENTE EN UN PERÍODO DE VARIAS -  
SEMANAS, A NO SER QUE HAYAN TOMADO PRECAUCIONES ESPECIALES.

### 3. SUELOS COLAPSABLES.

EN ÉPOCAS RECIENTES HA IDO AUMENTANDO CONTINUAMENTE  
EL INTERÉS QUE DESPIERTA ESTE FENÓMENO SUSCEPTIBLE DE PRESEN-  
TARSE EN ALGUNOS TIPOS DE SUELOS PARTICULARMENTE EXISTENTE -  
EN ZONAS ÁRIDAS, EN QUE EXISTEN CONDICIONES DE DESECACIÓN. -  
CONSISTENTE EN UNA PÉRDIDA MUY RÁPIDA DE VOLUMEN DEL SUELO,  
QUE SE TRADUCE EN UNA IMPORTANTE SUBSIDIENCIA SUPERFICIAL, -  
ASOCIADA TAMBIÉN A UNA PÉRDIDA RÁPIDA DE RESISTENCIA Y A UN  
DESMORONAMIENTO ESTRUCTURAL INTERNO, TODO LO CUAL TIENE LU--  
GAR EN EL MOMENTO EN QUE EL SUELO ABSORBE CANTIDADES IMPOR--  
TANTES DE AGUA.

SE HA DENOMINADO AL PROCESO RÁPIDO DE DISMINUCIÓN DE VO-  
LUMEN, COLAPSO Y AL SUELO QUE LA SUFRE COLAPSABLE.

LA LITERATURA ACTUAL SOBRE EL TEMA HACE VER QUE EL FENÓ-  
MENO PUEDE PRESENTARSE EN UNA GRAN VARIEDAD DE SUELOS, AUN--

QUE LA GRAN MAYORÍA DE ELLOS PARECEN POSEER BÁSICAMENTE GRANOS DE FORMA REDONDEADA. ES MUY COMÚN QUE EL TAMAÑO ESTÉ EN EL ORDEN QUE USUALMENTE SE ATRIBUYE A LOS LIMOS, PERO NO ES RARO ENCONTRAR CONCENTRACIONES IMPORTANTES DE PARTÍCULAS DE TAMAÑO MAYOR, DEL CORRESPONDIENTE A LAS ARENAS Y AÚN A LAS GRAVAS; TAMBIÉN ES MUY COMÚN QUE EXISTA EN LOS SUELOS SUSCEPTIBLES UN CIERTO CONTENIDO DE ARCILLA.

LAS FORMACIONES EN QUE SE HAN PRESENTADO PROBLEMAS DE COLAPSO TAMBIÉN VARÍAN ENTRE LÍMITES MUY AMPLIOS. DESDE LUEGO MUCHOS PROBLEMAS SE LOCALIZAN EN FORMACIONES DE LOES Y OTROS DEPÓSITOS EÓLICOS, PERO TAMBIÉN SE HAN PRESENTADO EN FORMACIONES ALUVIALES, RESIDUALES Y EN DEPÓSITOS HECHOS POR EL HOMBRE.

TODOS LOS PROBLEMAS DE COLAPSO QUE SE HAN ESTUDIADO HASTA EL MOMENTO HAN OCURRIDO EN SUELOS QUE PRESENTABAN DOS CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES EN COMÚN. POR UN LADO UNA ESTRUCTURA SUELTA, MANIFESTADA, POR EJEMPLO, POR UNA RELACIÓN DE VACÍOS RELATIVAMENTE ALTA Y, POR EL OTRO LADO, UN CONTENIDO DE AGUA MENOR QUE EL CORRESPONDIENTE A LA SATURACIÓN.

EFFECTIVAMENTE, TODO PARECE INDICAR QUE EL COLAPSO DE ESTOS SUELOS ESTÁ ÍNTIMAMENTE RELACIONADO CON SU CONTENIDO DE AGUA Y QUE, CUANDO ÉSTE ES RELATIVAMENTE BAJO CON RESPECTO AL GRADO DE SATURACIÓN, LA SUSCEPTIBILIDAD ES MAYOR. ESTA ES LA RAZÓN POR LA QUE LOS PROBLEMAS TIENDEN A APARECER EN ZONAS DE FUERTE DESECACIÓN. SIN EMBARGO, LA CONDICIÓN DE CLIMA ÁRIDO O DE INTENSA EVAPORACIÓN SUPERFICIAL NO ES INDISPENSABLE Y SE HAN SEÑALADO CASOS DE COLAPSO CUANDO SE HUMEDE

CEN LOS SUELOS EN REGIONES DEFINITIVAMENTE NO ÁRIDAS, DE MANERA QUE SU CONTENIDO DE AGUA PASA DE VALORES MÁS BAJOS A OTROS MÁS CERCANOS AL GRADO DE SATURACIÓN.

### 3.1 CAUSAS DEL FENÓMENO.

TODOS LOS CASOS DE COLAPSO INVESTIGADOS EN LA PRÁCTICA INGENIERIL MOSTRARON SUELOS CON ESTRUCTURA PANALOIDE Y PARTÍCULAS REDONDEADAS UNIDAS ENTRE SÍ POR ALGUNA CLASE DE CEMENTACIÓN. EN TODOS LOS CASOS, ESTA CEMENTACIÓN ERA SUSCEPTIBLE DE SER REMOVIDA O REDUCIDA CUANDO EL MATERIAL ABSORBÍA AGUA. EL MECANISMO DEL COLAPSO PARECE SER UN DERRUMBE DE LOS GRANOS HACIA LOS VACIOS, PRECISAMENTE CUANDO DESAPARECE LA CEMENTACIÓN ENTRE ELLOS.

### 3.2 IDENTIFICACIÓN RÁPIDA.

CONSTITUYE UNA NECESIDAD INGENIERIL LA IDENTIFICACIÓN DE LOS SUELOS COLAPSABLES Y LA PREDICCIÓN SUFICIENTEMENTE APROXIMADA DEL COLAPSO QUE SON SUSCEPTIBLES DE SUFRIR. EN ALGUNOS CASOS, SERÁ NECESARIO TAMBIÉN DISCERNIR LA EVOLUCIÓN DE LAS DIFERENTES ETAPAS DEL COLAPSO CON EL TIEMPO.

PARA UNA IDENTIFICACIÓN RÁPIDA SE HA UTILIZADO EL VALOR DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS. SI EN LA NATURALEZA EL SUELO TIENE UNA RELACIÓN DE VACIOS MAYOR QUE LA QUE SE ADQUIERE CUANDO SE LE SITÚA EN EL LÍMITE LÍQUIDO, AL ABSORBER AGUA SE TRANSFORMARÁ EN UN SUELO CON MUY BAJA RESISTENCIA; ANTES DE ALCANZAR EL 100% DE SATURACIÓN, TAL SUELO SUFRIRÁ IMPORTANTES COLAPSOS ESTRUCTURALES, ACOMPAÑADOS DE REDUCCIONES VOLUMÉTRICAS DE CONSIDERACIÓN.

OTRO ASPECTO DE IMPORTANCIA A TRATAR, SERÍA EL ECONÓMI-

CO; ASPECTO DEL CUAL NUNCA PUEDE ESCAPAR EL INGENIERO. ESTE ASPECTO ES TRATADO CON DETALLE EN LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN PARTE SEGUNDA DE LA SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS, POR LO QUE SE CONSIDERA QUE CUALQUIER TEMA QUE SE TRATASE, YA FUESE DE COSTOS, PRECIOS UNITARIOS, ESTIMACIONES, ETC., SOLO SERÍA UNA PARTE DEL TRATAMIENTO GENERAL QUE SE LE DÁ EN DICHA OBRA, POR DEMÁS COMPLETA Y QUE REPRESENTA UNA BASE PARA CUALQUIER ANÁLISIS QUE SE DESEE HACER EN ESTE SENTIDO.

EN GENERAL LO QUE SE DESEA DE ESTA TESIS, A PESAR DE -- LAS CARENCIAS QUE PUDIERA TENER, ES SER UNA GUÍA EN LA EJECUCIÓN DE LOS ESTUDIOS GEOTÉCNICOS EN LOS CAMINOS, COMO SU TÍTULO LO DICE, OBJETIVO QUE SE DESEA, SE HAYA CUMPLIDO.

A N E X O " A "

CUESTIONARIO PARA RECONOCIMIENTO GEOTECNICO INICIAL

ESTIMACION DE PROBLEMAS GEOTECNICOS ESPECIALES

DIRECCION GENERAL DE \_\_\_\_\_  
 DEPARTAMENTO DE \_\_\_\_\_  
 OFICINA DE \_\_\_\_\_

CUESTIONARIO PARA RECONOCIMIENTO  
 INICIAL DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTECNICO

CARRETERA: \_\_\_\_\_

T R A M O: \_\_\_\_\_

SUB-TRAMO: \_\_\_\_\_

DE KM. \_\_\_\_ + \_\_\_\_ a KM. \_\_\_\_ + \_\_\_\_

ORIGEN: \_\_\_\_\_

FECHA \_\_\_\_\_

El objeto de este reconocimiento inicial será el de zonificar -  
 el tramo por estudiar.

I.- ZONIFICACION PISIOGRAFICA

1.- CARACTERISTICAS TOPOGRAFICAS SUPERFICIALES O MORFOLOGICAS

( Poner una cruz en la casilla correspondiente al tipo  
 de terreno entre los kilometrajes a la izquierda ) .

U B I C A C I O N			T I P O D E T E R R E N O				
de Km	a	Km	Escarpado	Montañoso	Lomerío		plano
					fuerte	suave	
+		+					
+		+					
+		+					
+		+					
+		+					



## II. ESTIMACION DE PROBLEMAS GEOTECNICOS ESPECIALES

- 1 ZONAS LACUSTRES
- 2 LADERAS INESTABLES
- 3 MALA CALIDAD DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
- 4 ZONAS FUERTEMENTE EROSIONADAS
- 5 EROSIONES REMONTANTES
- 6 FALLAS
- 7 INESTABILIDAD DE CANTILES
- 8 ZONAS PANTANOSAS
- 9 ZONAS DE INUNDACIÓN
- 10 ESTRATIFICACIÓN O FRACTURAMIENTO DESFAVORABLES
- 11 FLUJOS DE AGUA
- 12 NIVEL FREÁTICO ELEVADO
- 13 OTROS PROBLEMAS

A N E X O " B "

TABLA DE DATOS PARA EL CALCULO DE CURVAMASA

TABLA DE PRESTAMOS

FORMA PARA DIBUJO DEL PERFIL DE SUELOS

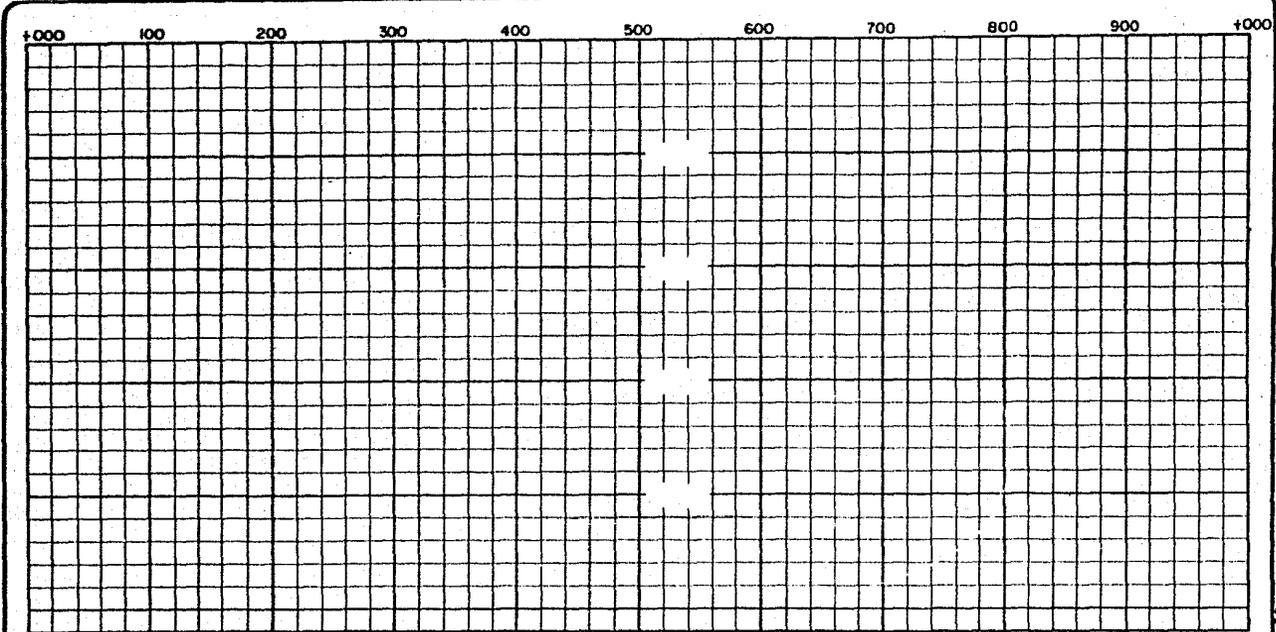
FORMA PARA DIBUJO DEL CROQUIS DE LA PLANTA

TABLAS DE OBRAS COMPLEMENTARIAS DE DRENAJE

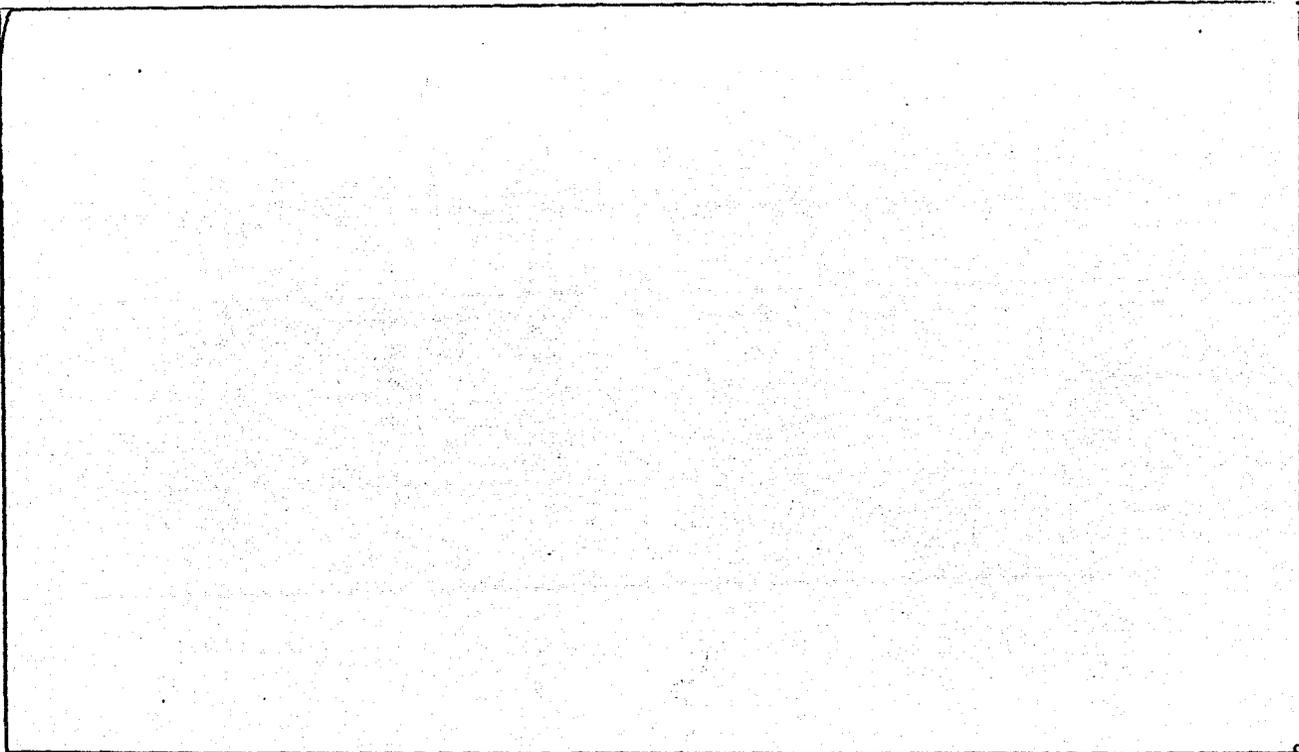




CAMINO \_\_\_\_\_  
TRAMO \_\_\_\_\_  
SUB-TRAMO \_\_\_\_\_  
ORIGEN \_\_\_\_\_



NOMENCLATURA :



CARRETERA \_\_\_\_\_ TRAMO \_\_\_\_\_  
SUB-TRAMO \_\_\_\_\_ ORIGEN \_\_\_\_\_

SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS  
DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS TECNICOS  
DEPARTAMENTO DE GEOTECHNIA  
CROQUIS DE LA PLANTA



APENDICE "A"  
CLASIFICACION DE SUELOS Y ROCAS

INTRODUCCION

LAS ROCAS Y LOS SUELOS SON MATERIALES CUYA FORMACIÓN ES CAPA DEL CONTROL HUMANO, POR LO TANTO, ES NATURAL QUE SUS CARACTERÍSTICAS INGENIERILES EN UN CIERTO LUGAR DISTEN MUCHAS VECES DE LAS ADECUADAS Y AÚN DE LAS ESTRICTAMENTE ACEPTABLES PARA LA OBRA PROYECTADA. ÉSTOS MATERIALES SON HETEROGÉNEOS Y SUS PROPIEDADES VARIAN NO SOLAMENTE EN EL ESPACIO SINO TAMBIÉN EN EL TIEMPO.

EL HOMBRE HA INTENTADO DESDE TIEMPOS REMOTOS "CLASIFICAR" A LAS ROCAS Y A LOS SUELOS, AUNQUE EN UN PRINCIPIO NO NECESARIAMENTE PARA FINES INGENIERILES. UNA CLASIFICACIÓN IMPLICARÍA EL PODER ENCASILLARLOS SIGUIENDO UN PROCEDIMIENTO FÁCIL EN UN CIERTO NÚMERO PEQUEÑO DE GRUPOS EN TAL FORMA QUE, UNA VEZ ASÍ CLASIFICADOS PUDIERA TENERSE CUALQUIER INFORMACIÓN SOBRE SUS PROPIEDADES CUALESQUIERA QUE ÉSTAS FUESEN.

EN TIEMPOS MODERNOS SE HA PERDIDO LA ESPERANZA DE LOGRAR UNA CLASIFICACIÓN CON LAS CUALIDADES ANOTADAS. ES PRINCIPALMENTE POR ESTA RAZÓN QUE EL DESARROLLO DE VARIAS CLASIFICACIONES HA TENIDO LUGAR SEGÚN LOS OBJETIVOS PERSEGUIDOS EN ELLAS. SIN EMBARGO, LA EXISTENCIA DE VARIAS CLASIFICACIONES HA TENIDO EL GRAVE INCONVENIENTE DE IMPEDIR UNA COLABORA

CIÓN EFECTIVA ENTRE LOS USUARIOS DE CLASIFICACIONES DIFERENTES. LA EXPERIENCIA, EL CRITERIO, EL JUICIO CONSTRUCTIVO Y EN FIN LA REALIZACIÓN TÉCNICA DE UNA OBRA INGENIERIL, EN LA ACEPCIÓN MÁS AMPLIA DE ESTE TÉRMINO, REQUIERE DEL LIBRE CONCURSO DE LOS REALIZADORES DE DIVERSOS TIPOS DE OBRAS.

UN SISTEMA DE CLASIFICACIÓN ÚNICO NO TENDRÍA EL GRAVE IMPEDIMENTO ANOTADO SI COMO CONDICIÓN ESENCIAL TIENE LA DE PODER DAR LA INFORMACIÓN FUNDAMENTAL QUE GUÍE AL INGENIERO HACIA LA MEJOR REALIZACIÓN DE SU LABOR.

ES AFORTUNADO QUE UN SISTEMA DE ESTE TIPO HAYA SIDO DISEÑADO PARA SUELOS Y QUE HASTA LA FECHA SU APLICACIÓN HAYA SIDO DE GRAN UTILIDAD EN DIFERENTES CAMPOS DE LA INGENIERÍA SIN QUE SE REQUIERA DE PRUEBAS COMPLICADAS NI CONOCIMIENTOS MUY ESPECIALIZADOS. EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS ES USADO HOY EN DÍA EN VARIOS PAÍSES DEL MUNDO Y ES DE LOS POCOS QUE INCLUYE EN SU ESTRUCTURA LAS CARACTERÍSTICAS QUE SE HAN JUZGADO MÁS IMPORTANTES EN UN SUELO DETERMINADO. EN CUANTO A LAS ROCAS, LA CLASIFICACIÓN COMÚNMENTE USADA EN LOS TEXTOS DE GEOLOGÍA ANEXADA DE ADJETIVOS QUE INDICAN SUS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y SU GRADO DE ALTERACIÓN QUÍMICA, TAMBIÉN HA SIDO USADA CON ÉXITO EN LAS OBRAS INGENIERILES.

ES DE ESPERARSE QUE A TRAVÉS DEL USO DE ESTE SISTEMA, SE VERIFIQUE LA BONDAD DEL MISMO Y SIGUIENDO LA CONSTANTE EVOLUCIÓN, SE PROPONGAN LAS MODIFICACIONES Y ADICIONES QUE POSITIVAMENTE LA MEJOREN EL DÍA DE MAÑANA.

## 1. CLASIFICACIÓN GENERAL DE LOS SUELOS Y MATERIALES PÉ

## TREOS.

LOS MATERIALES QUE CONSTITUYEN LA CORTEZA TERRESTRE, PARA FINES DE CLASIFICACIÓN SE AGRUPAN EN 3 DIVISIONES: SUELOS, FRAGMENTOS DE ROCA Y ROCA.

EL TÉRMINO "SUELO" SE APLICA A TODAS AQUELLAS PARTÍCULAS MENORES QUE 7.6 CM. (3"). EL TÉRMINO "FRAGMENTOS DE ROCA" SE APLICA A TODOS AQUELLOS FRAGMENTOS MAYORES DE 7.6 CM. (3") Y QUE NO FORMAN PARTE DE UNA FORMACIÓN ROCOSA PROPIAMENTE DICHA. EL TÉRMINO "ROCA" SE USA PARA CUANDO SE TIENEN FORMACIONES ROCOSAS.

AUNQUE EN LA NATURALEZA ESTOS MATERIALES NO SE ENCUENTRAN AISLADOS, SINO MAS BIEN MEZCLAS DE UNOS CON OTROS, PARA FINES DE IDENTIFICACIÓN PUEDEN CONSIDERARSE PROVISIONALMENTE COMO NO MEZCLADOS.

EL "SUELO" SE SUBDIVIDE EN SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS O "FINOS" Y SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS O "GRUESOS". LOS FINOS SON AQUÉLLOS CUYAS PARTÍCULAS SON MENORES QUE LA MALLA NÚM. 200 Y LOS "GRUESOS" SON LOS QUE SE RETIENEN EN LA MALLA NÚM.200 Y PASAN LA MALLA DE 7.6 CM. (3"). LOS "FINOS" COMPRENDEN LOS GRUPOS: SUELOS ORGÁNICOS, LIMOS Y ARCILLAS. LOS SUELOS ORGÁNICOS SON LOS QUE CONTIENEN UNA CANTIDAD APRECIABLE DE MATERIA ORGÁNICA Y UN MATERIAL FINO ORGÁNICO ES LIMO O ARCILLA, SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS DE PLASTICIDAD. LOS SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS EN QUE PREDOMINA LA MATERIA ORGÁNICA QUEDAN EN UN GRUPO DENOMINADO "TURBA"

LOS GRUESOS COMPRENDEN LOS GRUPOS DENOMINADOS ARENA Y GRAVA, SIENDO LA FRONTERA ENTRE ELLOS LA MALLA NÚM. 4.

LOS "FRAGMENTOS DE ROCA" SE SUBDIVIDEN EN CHICOS, MEDIANOS Y GRANDES. LOS FRAGMENTOS CHICOS SON AQUELLOS QUE SE RETIENEN EN LA MALLA DE 7.6 CM. (3") Y SU DIMENSIÓN MÁXIMA ES MENOR QUE 30 CM. LOS FRAGMENTOS DE ROCA MEDIANOS SON AQUELLOS CUYA DIMENSIÓN MÁXIMA ESTÁ COMPRENDIDA ENTRE 30 CM. Y 1 M.

LOS FRAGMENTOS GRANDES SON AQUELLOS CUYA DIMENSIÓN MÁXIMA ES MAYOR QUE 1 M.

LAS ROCAS SE SUBDIVIDEN EN ÍGNEAS, SEDIMENTARIAS Y METAMÓRFICAS SEGÚN SU ORIGEN.

LAS ROCAS ÍGNEAS COMPRENDEN LOS GRUPOS DE ROCAS ÍGNEAS EXTRUCTIVAS Y ROCAS ÍGNEAS INTRUSIVAS. LAS ROCAS SEDIMENTARIAS COMPRENDEN A LOS GRUPOS: CLÁSTICAS, ORGÁNICAS Y QUÍMICAS; LAS ROCAS METAMÓRFICAS COMPRENDEN LAS NO FOLIADAS Y LAS FOLIADAS.

EN LA TABLA A-1 APARECEN LOS GRUPOS CARACTERÍSTICOS MENCIONADOS Y LOS SÍMBOLOS DE CADA UNO DE ELLOS.

## 2. SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (VERSIÓN S. O. P.).

EL SISTEMA CUBRE LOS SUELOS GRUESOS Y LOS FINOS, DISTINGUIENDO A AMBOS POR EL CRIBADO A TRAVÉS DE LA MALLA 200; LAS PARTÍCULAS GRUESAS SON MAYORES QUE DICHA MALLA Y LAS FINAS, MENORES. UN SUELO SE CONSIDERA GRUESO SI MÁS DEL 50% DE SUS PARTÍCULAS SON GRUESAS, Y FINO, SI MÁS DE LA MITAD DE SUS PARTÍCULAS, EN PESO, SON FINAS.

EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS VERSIÓN S. O. P., SE PRESENTA EN FORMA SINTETIZADA EN LA TABLA -

DIVISIONES	SUB-DIVISIONES	GRUPO	SÍMBOLO	DIMENSIONES DE LAS PARTICULAS o FRAGMENTOS
SUELOS	ALTAMENTE ORGANICOS	TURBA	P <sub>t</sub>	-----
		ORGANICOS	O	< MALLA # 20
	FINOS	LIMOS	M	< MALLA # 200
		ARCILLAS	C	< MALLA # 200
		ARENAS	S	> # 200 Y < # 4
	GRUESOS	GRAVAS	G	> # 4 Y < 7.6cm (3")
CHICOS		F <sub>c</sub>	> 7.6cm (3") Y < 30 cm	
FRAGMENTOS DE ROCA	MEDIANOS	F <sub>m</sub>	> 30 cm Y < 1 m	
	GRANDES	F <sub>g</sub>	> 1 m	
	IGNEAS	EXTRUSIVAS	R <sub>ie</sub>	-----
ROCAS	IGNEAS	INTRUSIVAS	R <sub>ii</sub>	-----
		SEDIMENTARIAS	CLASTICAS	R <sub>sc</sub>
	QUIMICAS	R <sub>sq</sub>	-----	
	ORGANICAS	R <sub>so</sub>	-----	
	METAMORFICAS	NO FOLIADAS	R <sub>mn</sub>	-----
		FOLIADAS	R <sub>mf</sub>	-----

TABLA A-1

A-2, A TRAVÉS DE LA CUAL SE ENCUENTRA TODA LA INFORMACIÓN REFERENTE A DICHO SISTEMA.

EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS NO SE CONCRETA A UBICAR EL MATERIAL DENTRO DE ALGUNOS DE LOS GRUPOS, SINO QUE ABARCA ADEMÁS UNA DESCRIPCIÓN DEL MISMO, TANTO ALTERADO COMO INALTERADO. ESTA DESCRIPCIÓN PUEDE JUGAR UN PAPEL IMPORTANTE EN LA FORMACIÓN DE UN SANO CRITERIO TÉCNICO Y, EN OCASIONES, PUEDE RESULTAR DE FUNDAMENTAL IMPORTANCIA PARA PONER DE MANIFIESTO CARACTERÍSTICAS QUE ESCAPAN A LA MECÁNICA DE LAS PRUEBAS QUE SE REALIZAN.

EN LOS SUELOS GRUESOS, EN GENERAL, DEBEN PROPORCIONARSE LOS SIGUIENTES DATOS: NOMBRE TÍPICO, PORCENTAJES APROXIMADOS DE GRAVA Y ARENA, TAMAÑO MÁXIMO DE LAS PARTÍCULAS, ANGULOSIDAD Y DUREZA DE LAS MISMAS, CARACTERÍSTICAS DE SU SUPERFICIE, NOMBRE LOCAL Y GEOLÓGICO Y CUALQUIER OTRA INFORMACIÓN PERTINENTE, DE ACUERDO CON LA APLICACIÓN INGENIERIL QUE SE VA A HACER DEL MATERIAL.

EN LOS SUELOS GRUESOS EN ESTADO INALTERADO, SE AÑADIRÁN DATOS SOBRE ESTRATIFICACIÓN, COMPACIDAD, CEMENTACIÓN, CONDICIONES DE HUMEDAD Y CARACTERÍSTICAS DE DRENAJE.

EN SUELOS FINOS, SE PROPORCIONARÁN, EN GENERAL, LOS SIGUIENTES DATOS: NOMBRE TÍPICO, GRADO Y CARÁCTER DE SU PLASTICIDAD, CANTIDAD Y TAMAÑO MÁXIMO DE LAS PARTÍCULAS GRUESAS, COLOR DEL SUELO HÚMEDO, OLOR, NOMBRE LOCAL Y GEOLÓGICO Y CUALQUIER OTRA INFORMACIÓN DESCRIPTIVA PERTINENTE, DE ACUERDO CON LA APLICACIÓN QUE SE VAYA A HACER DEL MATERIAL.

RESPECTO DEL SUELO EN ESTADO INALTERADO, DEBERÁ AGREGAR

CRITERIO DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO

TABLA A-2

SUELOS DE PARTICULAS GROSAS MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL ES RETENIDO EN LA MALLA N° 200 (↓)		SUELOS DE PARTICULAS FINAS MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL PARA LA MALLA N° 200 (USESE LA CURVA GRANULOMETRICA PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO)		SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS	SIMBOLOS DEL GRUPO
		ARENAS MAS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRESA PASA LA MALLA N° 4 (Usese la curva granulométrica para identificar las fracciones de suelo)	GRAVAS MAS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRESA ES RETENIDA EN LA MALLA N° 4		
		ARENAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE DE PART. FINAS.)	GRAVAS LIMPAS (POCO O NADA DE PART. FINAS.)		GW
		ARENAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE DE PART. FINAS.)	GRAVAS CON FINOS (CANT. APRECIABLE DE PART. FINAS.)		GP
		SM	SP		GM
		SC	SW		GC
					SW
					SP
					SM
					SC
					ML
					CL
					OL
					MH
					CH
					OH
					P <sub>t</sub>

DETERMINESE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA DE LA CURVA GRAULOMETRICA DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINOS (FRACCION QUE PASA LA MALLA N° 200) LOS SUELOS ORGICOS SE CLASIFICAN COMO SIGUAN  
MENOS DE 5%: GW, GP, SW, SP  
MAS DE 12%: OH, OC, OM, OC

COEF. DE UNIFORMIDAD (C<sub>u</sub>) COEF. DE CURVATURA (C<sub>c</sub>)  
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ , MAYOR DE 4       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}}$ , ENTRE 1 Y 3

NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACION PARA GW

LIMITES DE PLASTICIDAD ABAJO DE LA LINEA "A" O I<sub>p</sub> MENOR QUE 6

LIMITES DE PLASTICIDAD ARRIBA DE LA LINEA "A" CON I<sub>p</sub> MAYOR QUE 6

$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ , MAYOR DE 8       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}}$ , ENTRE 1 Y 3

NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACION PARA SW

LIMITES DE PLASTICIDAD ABAJO DE LA LINEA "A" O I<sub>p</sub> MENOR QUE 6

LIMITES DE PLASTICIDAD ARRIBA DE LA LINEA "A" CON I<sub>p</sub> MAYOR QUE 6

EQUIVALENCIA DE SIMBOLOS  
 G, GRANA M, LIMO O, SUELOS ORGANICOS W, MEN GRADUADOS L, BAJA COMPRESIBILIDAD  
 S, ARENA C, ARGILLA P, TURBA P, MAL GRADUADA H, ALTA COMPRESIBILIDAD

COMPARANDO SUELOS A IGUAL LIMITE LIQUIDO, LA TENACIDAD Y LA RESISTENCIA EN ESTADO SECO AUMENTAN CON EL INDICE PLASTICO

INDICE PLASTICO

LIMITE LIQUIDO

CARTA DE PLASTICIDAD PARA CLASIFICACION DE SUELOS DE PARTICULAS FINAS EN EL LABORATORIO

✦ TODOS LOS TAMAÑOS DE LAS MALLAS EN ESTA CARTA SON LOS US. STANDARD

# ISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS

(VERSION S.O.P.)

TABLA A-2

PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION EN EL CAMPO (Excluyendo las partículas menores de 7.6 cm. (3") y basando las fracciones en pesos sólidos)				SIMBOLOS DEL GRUPO (*)	NOMBRES TÍPICOS	INFORMACION NECESARIA PARA LA DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS		
<b>SUELOS DE PARTICULAS GRISESAS</b> <small>Más de la mitad del material es retenido en la malla N° 200 (-)</small>	<b>GRAVAS</b> <small>Más de la mitad de la fracción gruesa pasa la malla N° 4</small> <small>Para clasificación visual puede usarse 1/2 cm. como equivalente a la abertura de la malla N° 4</small>	<b>GRAVAS LIMPIAS</b> <small>(Peso peso de partículas finas)</small>	AMPLIA GAMA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS CON AUSENCIA DE ALGUNOS TAMAÑOS INTERMEDIOS.	G W	GRAVAS BIEN GRADUADAS, MEZCLAS DE GRAVA Y ARENA CON POCO O NADA DE FINOS.	<p>Dése el nombre típico; indíquense los porcentajes aproximados de grava y arena, tamaño máximo, angulosidad, características de la superficie y dureza de las partículas gruesas; nombre local y geológico, cualquier otra información descriptiva pertinente y el símbolo entre paréntesis.</p> <p>Para los suelos inalterados agréguense información sobre estratificación, compactación, cementación, condiciones de humedad y características de drenaje.</p> <p>Ejemplo:            Arena limosa, con grava, como un 20% de grava de partículas duras angulosas y de 15 cm. de tamaño máximo; arena gruesa a fina de partículas redondeadas a subangulosas, alrededor de 15% de finos no plásticos de baja resistencia en edo. seco; compacta y húmeda en el lugar; arena aluvial (SM).</p>		
		<b>GRAVAS CON FINOS</b> <small>(Cantidad especie de partículas finas)</small>	FRACCION FINA POCO O NADA PLASTICA (PARA IDENTIFICACION VEASE GRUPO ML ABAJO).	G P	GRAVAS MAL GRADUADAS, MEZCLAS DE GRAVA Y ARENA CON POCO O NADA DE FINOS.			
		<b>ARENAS</b> <small>Más de la mitad de la fracción gruesa pasa la malla N° 4</small> <small>Para clasificación visual puede usarse 1/2 cm. como equivalente a la abertura de la malla N° 4</small>	<b>ARENAS LIMPIAS</b> <small>(Peso o más de partículas finas)</small>	AMPLIA GAMA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS.	G M		GRAVAS LIMOSAS, MEZCLAS DE GRAVA, ARENA Y LIMO	
		<b>ARENAS CON FINOS</b> <small>(Cantidad especie de partículas finas)</small>	FRACCION FINA PLASTICA (PARA IDENTIFICACION VEASE GRUPO CL ABAJO).	G C	GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLAS DE GRAVA - ARENA Y ARCILLA.			
		<b>ARCILLOSOS</b> <small>(Cantidad especie de partículas finas)</small>	AMPLIA GAMA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS.	S W	ARENAS BIEN GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA CON POCO O NADA DE FINOS.			
		<b>ARENAS</b> <small>Más de la mitad de la fracción gruesa pasa la malla N° 4</small> <small>Para clasificación visual puede usarse 1/2 cm. como equivalente a la abertura de la malla N° 4</small>	<b>ARENAS LIMPIAS</b> <small>(Peso o más de partículas finas)</small>	PROMEDIO DE UN TAMAÑO O UN TIPO DE TAMAÑOS CON AUSENCIA DE ALGUNOS TAMAÑOS INTERMEDIOS.	S P		ARENAS MAL GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA CON POCO O NADA DE FINOS.	
<b>SUELOS DE PARTICULAS FINAS</b> <small>Más de la mitad del material pasa la malla N° 200</small> <small>(Las partículas de 0.075 mm. de diámetro libre en 200)</small>	<b>LIMOS Y ARCILLAS</b> <small>LIMITE LIQUIDO MENOR DE 80</small>	<b>ARCILLOSOS</b> <small>(Cantidad especie de partículas finas)</small>	FRACCION FINA POCO O NADA PLASTICA (PARA IDENTIFICACION VEASE GRUPO ML ABAJO).	S M	ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMO	<p>Para los suelos inalterados agréguense información sobre la estructura, estratificación, consistencia tanto en estado alterado como remoldeado, condiciones de humedad y de drenaje.</p> <p>Ejemplo:            Limo arcilloso, café, ligeramente plástico porcentaje reducido de arena fina; numerosos agujeros verticales de raíces, firme y seco en el lugar; loess (ML)</p>		
		<b>ARCILLOSOS</b> <small>(Cantidad especie de partículas finas)</small>	FRACCION FINA PLASTICA (PARA IDENTIFICACION VEASE GRUPO CL ABAJO).	S C	ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y ARCILLA			
		PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION EN LA FRACCION QUE PASA LA MALLA N° 40						
		<b>LIMITE LIQUIDO MAYOR DE 80</b>	<b>RESISTENCIA EN EDO SECO</b> <small>(CARACTERISTICAS AL ROMPIMIENTO)</small>	<b>DILATANCIA</b> <small>REACCION AL AGUADO</small>	<b>TENACIDAD</b> <small>(CONSISTENCIA CRICA DEL LIMITE PLASTICO)</small>		ML	LIMOS INORGANICOS, POLVO DE ROCA, LIMOS ARENOSOS O ARCILLOSOS LIGERAMENTE PLASTICOS.
		<b>LIMITE LIQUIDO MENOR DE 80</b>	<b>NULA A LIBERA</b>	<b>RAPIDA A LENTA</b>	<b>NULA</b>		CL	ARCILLAS INORGANICAS DE BAJA A MEDIA PLASTICIDAD, ARCILLAS CON GRAVA, ARCILLAS ARENOSAS, ARCILLAS LIMOSAS, ARCILLAS POBRES.
		<b>LIMITE LIQUIDO MAYOR DE 80</b>	<b>LIBERA A MEDIA</b>	<b>LENTO</b>	<b>LIBERA</b>		OL	LIMOS ORGANICOS Y ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD.
<b>LIMITE LIQUIDO MENOR DE 80</b>	<b>LIBERA A MEDIA</b>	<b>LENTO A NULA</b>	<b>LIBERA A MEDIA</b>	MH	LIMOS INORGANICOS, LIMOS MICACEOS O DIATOMACEOS, LIMOS ELASTICOS.			
<b>LIMITE LIQUIDO MAYOR DE 80</b>	<b>ALTA A MUY ALTA</b>	<b>NULA</b>	<b>ALTA</b>	CH	ARCILLAS INORGANICAS DE ALTA PLASTICIDAD, ARCILLAS FRANCAS.			
<b>LIMITE LIQUIDO MENOR DE 80</b>	<b>ALTA A MUY ALTA</b>	<b>NULA A MUY LENTA</b>	<b>LIBERA A MEDIA</b>	OH	ARCILLAS ORGANICAS DE MEDIA A ALTA PLASTICIDAD, LIMOS ORGANICOS DE MEDIA PLASTICIDAD.			
<b>SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS</b>			<b>FACILMENTE IDENTIFICABLES POR COLOR O POR SENSACION ESPONJOSA Y FRECUENTEMENTE POR SU TEXTURA FIBROSA</b>	Pt	TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS			

\* CLASIFICACIONES DE FRONTERA - Los suelos que poseen las características de dos grupos se designan con la combinación de los símbolos. Ejemplo GW-OC mezcla de grava y arena bien graduada con cementación arcillosa.  
 † Todos los tamaños de las mallas en este carta son los U.S. Standards

SE INFORMACIÓN RELATIVA A SU ESTRUCTURA, ESTRATIFICACIÓN, -- CONSISTENCIA EN LOS ESTADOS INALTERADOS Y REMOLDEADO, CONDICIONES DE HUMEDAD Y CARACTERÍSTICAS DE DRENAJE.

## 2.1 IDENTIFICACIÓN EN CAMPO.

HASTA AHORA SE HA HECHO REFERENCIA A UN SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS QUE SE BASA EN EL TRABAJO DE LABORATORIO, SIN EMBARGO, ADEMÁS DE ESTE SISTEMA, SE CUENTAN CON CRITERIOS DE IDENTIFICACIÓN EN EL CAMPO, ES DECIR, CUANDO NO SE POSEE LABORATORIO PARA UNA IDENTIFICACIÓN ESTRICTA. DE ESTOS CIERTOS CRITERIOS SE HABLARÁ A CONTINUACIÓN.

### 2.1.1 IDENTIFICACIÓN EN CAMPO DE SUELOS GRUESOS.

LA IDENTIFICACIÓN DE ESTOS SUELOS EN EL CAMPO, SE HACE SOBRE UNA BASE PRÁCTICAMENTE VISUAL. EXTENDIENDO UNA MUESTRA SECA DEL SUELO SOBRE UNA SUPERFICIE PLANA PUEDE JUZGARSE, EN FORMA APROXIMADA SU GRADUACIÓN, TAMAÑO DE PARTÍCULAS, FORMA Y COMPOSICIÓN MINERALÓGICA. PARA DISTINGUIR LAS GRAVAS DE LAS ARENAS PUEDE USARSE EL TAMAÑO 1/2 CM. COMO EQUIVALENTE A LA MALLA NÚM. 4, Y PARA LA ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE FINOS BASTA CONSIDERAR QUE LAS PARTÍCULAS DE TAMAÑO CORRESPONDIENTE A LA MALLA NÚM. 200, SON APROXIMADAMENTE LAS MÁS PEQUEÑAS QUE PUEDA DISTINGUIRSE A SIMPLE VISTA.

### 2.1.2 IDENTIFICACIÓN EN CAMPO DE SUELOS FINOS.

LAS PRINCIPALES BASES DE CRITERIO PARA IDENTIFICAR SUELOS FINOS EN EL CAMPO, SON LA INVESTIGACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DILATANCIA, DE TENACIDAD Y DE RESISTENCIA EN ESTADO SECO. EL OLOR Y EL COLOR DEL SUELO PUEDEN AYUDAR, ESPECIALMENTE EN SUELOS ORGÁNICOS.

EN LA TABLA A-2 SE PRESENTA UN CUADRO EN DONDE SE RESUME LA FORMA DE OBTENCIÓN DE LA DILATANCIA, RESISTENCIA EN ESTADO SECO Y TENACIDAD, PROPIEDADES DE LAS CUALES SE HARÁ UNA DESCRIPCIÓN GENERAL.

A) DILATANCIA.

ES LA VELOCIDAD CON QUE UNA PASTILLA DE SUELO CAMBIA SU CONSISTENCIA Y CON LA QUE EL AGUA APARECE Y DESAPARECE; DEFINE LA INTENSIDAD DE LA REACCIÓN E INDICA EL CARÁCTER DE LOS FINOS DEL SUELO, ASÍ PUES, LAS ARENAS LIMPIAS MUY FINAS DAN LA REACCIÓN MÁS RÁPIDA Y DISTINTIVA, MIENTRAS QUE LAS ARCILLAS PLÁSTICAS NO TIENEN REACCIÓN. LOS LIMOS INORGÁNICOS, - TALES COMO EL TÍPICO POLVO DE ROCA, DAN UNA REACCIÓN MODERADA.

B) TENACIDAD.

LA POTENCIALIDAD DE LA FRACCIÓN COLOIDAL ARCILLOSA DE UN SUELO SE IDENTIFICA POR LA MAYOR O MENOR TENACIDAD AL ACERCARSE AL LÍMITE PLÁSTICO Y POR LA RIGIDEZ DE LA MUESTRA AL ROMPERSE FINALMENTE ENTRE LOS DEDOS.

C) RESISTENCIA EN ESTADO SECO.

UNA RESISTENCIA EN ESTADO SECO BAJA, ES REPRESENTATIVA DE LOS SUELOS DE BAJA PASTICIDAD, LOCALIZADOS BAJO LA LÍNEA "A" (DE LA CARTA DE PLASTICIDAD) Y AÚN DE ALGUNAS ARCILLAS INORGÁNICAS MUY LIMOSAS, QUE SE ENCUENTRAN LIGERAMENTE SOBRE LA LÍNEA "A" (CL). LAS RESISTENCIAS MEDIAS DEFINEN GENERALMENTE A LAS ARCILLAS DEL GRUPO CL O EN OCASIONES A LOS GRUPOS CH, MH U OH, QUE SE LOCALICEN MUY CERCA DE LA LÍNEA "A". LAS RESISTENCIAS ALTAS LAS POSEEN LA MAYORÍA DE LAS CH, ASÍ

**PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION PARA  
SUELOS FINOS O FRACCIONES FINAS  
DE SUELO EN EL CAMPO**

Estos procedimientos se ejecutan con la fracción que pase por la malla N° 40 (aproximadamente 0.5 mm).

Para fines de clasificación en el campo, si no se usa la malla, simplemente se quitan a mano las partículas gruesas que obstruyan o dificulten las pruebas.

**DILATANCIA  
(Reacción al agitado)**

Después de quitar las partículas mayores que la malla N° 40, prepárese una pastilla de suelo húmedo de aproximadamente 10 cm<sup>3</sup>; si es necesario, añádase suficiente agua para dejar el suelo suave, pero no pegajoso.

Colóquese la pastilla en la palma de la mano y agítese horizontalmente, golpeando vigorosamente varias veces contra la otra mano. Una reacción positiva consiste en la aparición de agua en la superficie de la pastilla, la cual cambia adquiriendo una apariencia de hígado y se vuelve lustrosa. Cuando la pastilla se oprime entre los dedos, el agua y el lustre desaparecen de la superficie, la pastilla se vuelve tiesa y finalmente se agrieta o se desmorona. La rapidez de la aparición del agua durante el agitado y de su desaparición durante la opresión sirve para identificar el carácter de los finos en un suelo.

**RESISTENCIA EN ESTADO SECO  
(Característica al rompimiento)**

Después de eliminar las partículas mayores que la malla N° 40, móldese un cilindro de suelo de 2.5 cm de diámetro por 2.5 cm de altura hasta alcanzar una consistencia de masilla, añadiendo agua si es necesario. Déjese secar completamente la pastilla en un horno, al sol o al aire y pruébese su resistencia rompiéndola y desmoronándola entre los dedos. Esta resistencia es una medida del carácter y la cantidad de la fracción coloidal que contiene el suelo. La resistencia en estado seco aumenta con la plasticidad.

**TENACIDAD  
(Consistencia cerca del límite plástico)**

Después de eliminar las partículas mayores que la malla N° 40, móldese un espécimen de aproximadamente 10 cm<sup>3</sup> hasta alcanzar la consistencia de masilla. Si el suelo está muy seco debe agregarse agua, pero si está pegajoso debe extenderse el espécimen formando una capa delgada que permita algo de pérdida de humedad por evaporación. Posteriormente el espécimen se rola a mano sobre una superficie lisa o entre las palmas, hasta hacer un rollito aproximadamente 3 mm de diámetro; se amasa y se vuelve a rolar varias veces. Durante estas operaciones el contenido de agua se reduce gradualmente y el espécimen llega a ponerse tieso, pierde finalmente su plasticidad y se desmorona cuando se alcanza el límite plástico. Después que el rollo se ha desmoronado, los pedazos deben juntarse y continuar al amasado entre los dedos en forma ligera, hasta que la masa se desmorona nuevamente.

COMO LAS CL LOCALIZADAS MUY ARRIBA DE LA LÍNEA "A". POR ÚLTIMO, LAS RESISTENCIAS MUY ALTAS, SON TÍPICAS DE ARCILLAS - INORGÁNICAS DEL GRUPO CH, LOCALIZADAS EN POSICIONES MUY ELEVADAS RESPECTO A LA LÍNEA "A".

#### D) COLOR.

EN EXPLORACIONES DE CAMPO, EL COLOR DEL SUELO SUELE SER UN DATO ÚTIL PARA DIFERENCIAR LOS ESTRATOS Y PARA IDENTIFICAR TIPOS DE SUELO CUANDO SE POSEE EXPERIENCIA LOCAL. EN GENERAL, EXISTEN ALGUNOS CRITERIOS RELATIVOS AL COLOR; POR EJEMPLO, EL COLOR NEGRO Y OTROS DE TONOS SUELEN SER INDICATIVOS DE LA PRESENCIA DE LA MATERIA ORGÁNICA COLOIDAL. LOS COLORES CLAROS Y BRILLANTES SON MAS BIEN PROPIOS DE SUELOS - - INORGÁNICOS.

#### E) OLOR.

LOS SUELOS ORGÁNICOS (OH Y OL) TIENEN POR LO GENERAL UN OLOR DISTINTIVO, QUE PUEDE USARSE PARA IDENTIFICACIÓN; EL OLOR ES PARTICULARMENTE INTENSO SI EL SUELO ESTÁ HÚMEDO, Y DISMINUYE CON LA EXPOSICIÓN AL AIRE, AUMENTANDO POR EL CONTRARIO, CON EL CALENTAMIENTO DE LA MUESTRA HÚMEDA.

### 3. CLASIFICACIÓN DE FRAGMENTOS DE ROCA.

LOS FRAGMENTOS DE ROCA SON TODOS AQUÉLLOS CUYO TAMAÑO ES MAYOR QUE 7.6 CM. (3") Y NO FORMAN PARTE DE UNA FORMACIÓN ROCOSA.

#### 3.1 DIVISIÓN DE LOS FRAGMENTOS.

LOS FRAGMENTOS DE ROCA SE SUBDIVIDEN EN:

A) FRAGMENTOS CHICOS (Fc). SON AQUÉLLOS CUYO TAMAÑO ESTÁ COMPRENDIDO ENTRE LA MALLA DE 7.6 CM. (3") Y 30 CM. DE DI

## MENSIÓN MÁXIMA.

B) FRAGMENTOS MEDIANOS (FM). SON AQUÉLLOS CUYA DIMENSIÓN MÁXIMA ESTÁ COMPRENDIDA ENTRE 30 CM. Y 1 M.

C) FRAGMENTOS GRANDES (FG). SON AQUÉLLOS CUYA DIMENSIÓN MÁXIMA ES MAYOR DE 1 M.

### 3.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES.

EN ESTE TIPO DE MATERIALES DEBERÁN INDICARSE LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS: CLASIFICACIÓN PETROGRÁFICA, CARACTERÍSTICAS DE GRANULOMETRÍA, TAMAÑO MÁXIMO DE LOS FRAGMENTOS, FORMA DE LOS MISMOS, CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE, GRADO DE ALTERACIÓN Y CUALQUIER OTRA INFORMACIÓN DESCRIPTIVA PERTINENTE.

PARA LOS MATERIALES "IN SITU" DEBERÁ AGREGARSE INFORMACIÓN SOBRE SU ESTRUCTURA, ESTRATIFICACIÓN, COMPACIDAD, CEMENTACIÓN, CONDICIONES DE HUMEDAD Y CARACTERÍSTICAS DE DRENAJE.

A CONTINUACIÓN SE DESCRIBEN CADA UNA DE LAS CARACTERÍSTICAS QUE HAN SIDO MENCIONADAS Y LOS ADJETIVOS QUE DEBERÁN USARSE PARA ESPECIFICAR CADA UNA DE ELLAS.

#### A) CLASIFICACIÓN PETROGRÁFICA.

CONSISTENTE EN ESPECIFICAR, DE QUE TIPO DE ROCA SE TRATA.

#### B) CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS.

EN ESTE CASO, DEBERÁ INDICARSE SI SE TRATA DE UN MATERIAL DE FRAGMENTOS DE TAMAÑO "UNIFORME" O, EN EL CASO DE COMPRENDER VARIOS TAMAÑOS, DEBERÁ ESTIMARSE SI EL MATERIAL ESTÁ "MAL GRADUADO" O "BIEN GRADUADO", CON UN CRITERIO SIMILAR AL QUE SE USA EN EL PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACIÓN DE SUELO EN

EL CAMPO. TAMBIÉN SE INDICARÁ EL TAMAÑO MÁXIMO DE LOS FRAGMENTOS.

C) FORMA.

LA FORMA DE LOS FRAGMENTOS DEBERÁ INDICARSE CON LOS TÉRMINOS "ACICULAR" CUANDO TENGA FORMA DE AGUJA, "LAMINAR" CUANDO TENGA FORMA DE LÁMINA Y "EQUIDIMENSIONAL" CUANDO SUS TRES DIMENSIONES TENGAN EL MISMO ORDEN DE MAGNITUD. ESTA ÚLTIMA COMPRENDE LOS SIGUIENTES CASOS: "ANGULOSOS" CUANDO EL FRAGMENTO TENGA VÉRTICES Y ARISTAS AGUDAS, "SUBANGULOSOS" CUANDO ESTOS VÉRTICES Y ARISTAS NO SEAN AGUDOS, "SUBREDONDEADOS" - CUANDO LOS VÉRTICES Y LAS ARISTAS PRÁCTICAMENTE NO EXISTAN Y "REDONDEADOS" CUANDO TENGAN PRÁCTICAMENTE LA FORMA ESFÉRICA.

D) CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE.

LAS CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE DEBERÁN CALIFICARSE SEGÚN LOS TÉRMINOS: LISA, LIGERAMENTE RUGOSA, MEDIANAMENTE RUGOSA Y MUY RUGOSA.

E) GRADO DE ALTERACIÓN.

EL GRADO DE ALTERACIÓN DEBERÁ INDICARSE USANDO LOS TÉRMINOS: SANOS, POCO ALTERADOS, MEDIANAMENTE ALTERADOS Y MUY - ALTERADOS. EL GRADO DE ALTERACIÓN PUEDE JUZGARSE POR LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS DE LOS FRAGMENTOS: FALTA DE LUSTRE, MANCHAS LOCALES Y SONIDO CUANDO SON GOLPEADAS CON UN MARTILLO.

F) ESTRUCTURA.

EL TÉRMINO ESTRUCTURA QUE AQUÍ SE USA, SE REFIERE A LA MANERA EN QUE ESTÁN COLOCADOS ENTRE SI LOS DIFERENTES CONSTITUYENTES DE UN DEPÓSITO PÉTRICO. LA ESTRUCTURA ES IMPORTANTE

DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE TODO DEPÓSITO, SIENDO ESENCIAL EL QUE LOS FRAGMENTOS ROCOSOS ESTÉN EN CONTACTO DIRECTO O SEPARADOS POR SUELO. EN EL SEGUNDO CASO, EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONJUNTO ESTÁ DETERMINADO FUNDAMENTALMENTE POR LAS PROPIEDADES DEL SUELO QUE SE PARA LOS FRAGMENTOS. EN UN DEPÓSITO QUE ESTÉ CONSISTITUIDO POR FRAGMENTOS DE ROCA Y SUELO FINO, LOS CASOS EXTREMOS QUE PUEDEN PRESENTARSE SON UN DEPÓSITO EN QUE TODOS LOS FRAGMENTOS SEAN RESISTENTES Y ESTÉN EN CONTACTO ENTRE SÍ, CONSTITUYENDO UNA ESTRUCTURA SIMPLE Y EL SUELO FINO SOLO SE PRESENTE LLENANDO PARCIALMENTE LOS HUECOS DE ESTA ESTRUCTURA SIMPLE, O UN DEPÓSITO QUE SE ENCUENTRE CONSISTITUIDO PREDOMINANTEMENTE POR SUELO FINO LIMOSO O ARCILLOSO Y LOS FRAGMENTOS SE ENCUENTREN AISLADOS SIN PRESENTAR NINGÚN CONTACTO ENTRE ELLOS. ES EVIDENTE QUE BAJO LA APLICACIÓN DE UNA CARGA RÁPIDA, EL MATERIAL DEL PRIMER CASO MENCIONADO SE COMPORTARÁ COMO "PURAMENTE FRICCIONANTE", MIENTRAS QUE EN EL SEGUNDO CASO, EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO SERÁ EL DE UN SUELO FINO.

#### G) ESTRATIGRAFÍA.

LA ESTRATIGRAFÍA, EN CASO DE PRESENTARSE, DEBERÁ DESCRIBIRSE INDICANDO EL ESPESOR DE LOS ESTRATOS, EL TIPO DE MATERIAL QUE CONSTITUYE DICHOS ESTRATOS Y EL ECHADO DE ELLOS; SE DEBE EXPLICAR CLARAMENTE QUE SE TRATA DE UN MATERIAL NO ESTRATIFICADO, CUANDO ASÍ OCURRA.

#### H) COMPACIDAD.

LA COMPACIDAD DEBERÁ JUZGARSE USANDO LOS TÉRMINOS: MUY SUELTO, SUELTO, POCO COMPACTO, COMPACTO Y MUY COMPACTO.

#### 1) CEMENTACIÓN.

LA CEMENTACIÓN QUÍMICA ENTRE LOS FRAGMENTOS DEBERÁ EXPRESARSE CON LOS TÉRMINOS: NULA, LIGERA, MEDIA Y ALTA, DE ACUERDO CON LA MAGNITUD DE ESFUERZO NECESARIO PARA SEPARAR LOS FRAGMENTOS, DEBIENDO INDICARSE, CUANDO SEA POSIBLE, SI EL TIPO DE CEMENTACIÓN ES CON CARBONATOS, CON SILICATOS, CON ALUMINATOS, O CON ÓXIDOS DE FIERRO. QUEDA ENTENDIDO QUE UNA CEMENTACIÓN ALTA ESTÁ EN EL LÍMITE DE LO QUE SE PODRÍA CONSIDERAR UNA ROCA SEDIMENTARIA. EL GRADO DE CEMENTACIÓN DEBERÁ ESTIMARSE EN UNA MUESTRA REPRESENTATIVA DEL MATERIAL QUE SE HAYA DEJADO SUMERGIDA EN AGUA CUANDO MENOS 24 HORAS.

#### J) CONDICIONES DE HUMEDAD.

LAS CONDICIONES DE HUMEDAD DEBERÁN INDICARSE CON LOS TÉRMINOS: SECO, POCO HÚMEDO, MUY HÚMEDO Y SATURADO.

#### K) CARACTERÍSTICAS DE DRENAJE.

LAS CARACTERÍSTICAS DE DRENAJE EN UN DEPÓSITO, SE REFIEREN A LA FACILIDAD CON LA QUE UN DEPÓSITO DE MATERIAL PUEDE DRENARSE EN EL CASO DE QUE LLEGUE A SATURARSE. LAS CARACTERÍSTICAS DE DRENAJE DEBERÁN CALIFICARSE CON LOS ADJETIVOS: NULAS, MALAS, MEDIAS Y BUENAS.

ESTAS CARACTERÍSTICAS DEPENDEN TANTO DE LAS PROPIEDADES HIDRÁULICAS DE LOS MATERIALES CONSTITUYENTES COMO DE LA TOPOGRAFÍA Y LA NATURALEZA DE LAS FORMACIONES GEOLÓGICAS CIRCUNDANTES.

### 4. CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS.

#### 4.1 LINEAMIENTOS GENERALES PARA CLASIFICAR LAS ROCAS.

ESTA CLASIFICACIÓN ESTÁ BASADA EN CARACTERÍSTICAS -

QUE PUEDEN SER OBSERVADAS DIRECTAMENTE EN EL CAMPO SIN AYUDA DEL MICROSCOPIO; EN CONSECUENCIA, PARA CLASIFICAR UNA ROCA - SE DEBEN TOMAR EN CUENTA COMO FACTORES PRINCIPALES, SU COMPOSICIÓN MINERALÓGICA Y SU TEXTURA.

EN LA TABLA A-3 SE PRESENTA UNA LISTA DE LOS PRINCIPALES MINERALES QUE CONSTITUYEN LAS ROCAS, SUS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS MÁS IMPORTANTES, TEXTURA Y TIPO DE ROCAS MÁS COMUNES.

PARA CLASIFICAR UNA ROCA SE SUGIERE SEGUIR EL PROCEDIMIENTO QUE A CONTINUACIÓN SE INDICA.

A) UNA VEZ QUE SE HA EXAMINADO CUIDADOSAMENTE UNA MUESTRA DE LA ROCA, DEBERÁN DEFINIRSE EN EL ORDEN QUE SE INDICA LOS TRES ASPECTOS FUNDAMENTALES SIGUIENTES: TIPO DE TEXTURA, MINERALES QUE LA CONSTITUYEN Y GRUPO A QUE PERTENECE (IGNEAS, SEDIMENTARIA O METAMÓRFICA).

B) CON LA INFORMACIÓN ANTERIOR SE ENTRA EN LA TABLA CORRESPONDIENTE A-4, A-5 O A-6 PARA DETERMINAR LA CLASE DE ROCA QUE SE TRATA.

C) UNA VEZ DETERMINADO EL NOMBRE DE LA ROCA SE CONSULTA LA DESCRIPCIÓN CORRESPONDIENTE, CON EL FIN DE COMPROBAR SU CLASIFICACIÓN.

#### 4.2 TEXTURA DE LAS ROCAS.

LA TEXTURA DE UNA ROCA ESTÁ REPRESENTADA POR EL ORDEN, LA ORIENTACIÓN, EL TAMAÑO, LA FORMA Y EL ENLACE DE LAS PARTÍCULAS QUE LA CONSTITUYEN Y QUE SE OBSERVAN A SIMPLE VISTA O CON LA AYUDA DE UNALENTE DE POCO AUMENTO. QUEDAN EXCLUIDAS LAS INNUMERABLES TEXTURAS QUE, AUNQUE FORMADAS EN LOS MISMOS PRINCIPIOS, SOLO SON VISIBLES AL MICROSCOPIO A -

## LISTA DE MINERALES

Carbonatos, Sulfatos, Cloruros y Oxidos, Comunes.

TABLA A-3

MINERAL	FORMA	CRUCERO	DUREZA	DENSIDAD	OTRAS PROPIEDADES
<b>CALCITA</b> - Carbonato de calcio, $\text{CaCO}_3$	"Dientes de perro", ó cristales aplanados, con excelente crucero; granular, con crucero; también en masas de grano demasiado fino para ver el crucero con claridad.	Tres cruceros muy perfectos, en ángulos oblicuos, que dan a los fragmentos formas romboidéricas	3	2.72	Generalmente incolora, blanco o amarilla, o de cualquier color debido a impurezas. Transparente u opaco; la variedad transparente muestra muy fuerte <u>doble refracción</u> (p.e. 1 punto, a través de la calcita, aparece como 2). Lustre vítreo u opaco. <u>hierve fácilmente con ácido clorhídrico trío, diluido.</u>
<b>DOLOMITA</b> - Carbonato de calcio y de magnesio, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	Los cristales, de caras rombicas muestran buen crucero. También se presenta en masas de grano fino.	Tres cruceros perfectos en ángulos oblicuos como la calcita.	3.5-4	2.9	Color variable, pero generalmente blanco. Transparente o translúcido. Lustre vítreo o apérido. <u>Pulverizada, hierve lentamente con el ácido clorhídrico diluido, pero los cristales grandes no.</u>
<b>YESO</b> - Sulfato hidratado de calcio, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Cristales tabulares, y masas granulares, terrosas, fibrosas y aún con crucero.	Un crucero perfecto que da <u>láminas flexibles</u> delgadas. Otros 2 son menos perfectos.	2	2.2-2.4	<u>Incolora o blanca</u> por impurezas, otros colores. Transparente u opaco. Lustre vítreo, apérido o sedoso. Las laminitas de crucero son flexibles, pero no <u>elásticas</u> como las de la mica.
<b>HALITA</b> - (Sal de roca) Cloruro de sodio, $\text{NaCl}$	Cristales cúbicos (Fig. 2-6) Masas granulares.	Crucero cúbico excelente (3 cruceros en ángulo recto entre sí).	2-2.5	2.1	<u>Incolora o blanca</u> , pero por impurezas, presenta diversos colores. El color puede estar distribuido sin uniformidad en el cristal. Transparente o translúcido. Lustre vítreo. Sabor salado.
<b>ÓPALO</b> - Sílice hidratada, con 3% a 12% de agua: $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . No tiene una estructura interior geométrica definida, por lo tanto, es un mineraloide, no un verdadero mineral.	<u>Amorfo</u> . Generalmente, en vetas o en masas irregulares que muestran una estructura <u>bandeada</u> . Puede ser terroso.	Ninguno. <u>Fractura conchoidal</u>	5-6.5	2.1-2.3	<u>Color variable en alto grado, a menudo en fajas u ondulado</u> . Translúcido u opaco. <u>Lustre parecido al de la cera.</u>
<b>CALCEDONIA</b> - (Cuarzo criptocristalino). Óxido de silicio, $\text{SiO}_2$	Cristales demasiado pequeños para ser visibles. A veces con <u>bandas</u> muy marcadas. También en masas.	Ninguno. <u>Fractura conchoidal</u>	6-6.5	2.6	El color es por lo común blanco o gris claro, pero las impurezas le pueden dar cualquier color. Se distingue del ópalo por su <u>lustre opaco o nebuloso.</u>

MINERAL	FORMA	CRUCERO	DUREZA	DENSIDAD	OTRAS PROPIEDADES
<b>CUARZO</b> - (Cristal de roca) Bióxido de silicio, $\text{SiO}_2$	Cristales <u>prismáticos de seis caras</u> . Terminados por 6 caras triangulares. También macizo.	Ninguno o apenas notable. <u>Fractura conchoidal</u> .	7	2.65	Generalmente <u>incoloro</u> , o blanco, pero puede ser <u>amarillo, rosado, pardo ahumado transiéntico</u> , y aun negro. <u>Transparente u opaco</u> . <u>Lustre vítreo o graso</u> .
<b>MAGNETITA</b> - Combinación de óxidos ferroso y férrico $\text{Fe}_3\text{O}_4$	Cristales bien formados, de 8 caras; generalmente en agregados compactos, o granos diseminados o sueltos en la argina.	Ninguno. Fractura conchoidal o disparraja. Puede partirse en forma que parece crucero.	5.5-6.5	5-5.2	<u>Negra</u> Opaca. Lustre metálico o submetálico. <u>Raspadura negra fuertemente atraída por un imán</u> . La magnetita es un mineral importante de hierro.
<b>HEMATITA</b> - Óxido férrico, $\text{Fe}_2\text{O}_3$	Sumamente variada; compacta, granular, fibrosa; o terrosa, micécea; rara vez en cristales bien formados.	Ninguno, pero algunas ejemplares fibrosas o micéceas se parten como si tuvieran crucero; fractura desigual o astillado.	5-6.5	4.9-5.3	Color gris de acero, pardo rojizo, rojo o negro de hierro. Lustre metálico o terroso. <u>Raspadura característica roja parduzca</u> . La hematita es el mineral de hierro más importante.
<b>"LIMONITA"</b> - El estudio microscópico muestra que el material llamado limonita no es un solo mineral. La mayoría de las "limonitas" es la variedad, en cristales muy finos, del mineral GOETHITA que contiene agua absorbida. Óxido férrico hidratado, con cantidades menores de otros elementos. Aproximadamente: $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Masas compactas o terrosas; puede presentar estructura fibrosa radial.	Ninguno. Fractura conchoidal o terrosa.	1-5.5	3.6-4	Color <u>amarillo</u> , pardo o negro. Lustre terroso opaco, que la distingue de la hematita. <u>Raspadura característica pardo-amarillenta</u> . Mineral común de hierro.
<b>HELEO</b> - Óxido de hidrógeno $\text{H}_2\text{O}$	Granos irregulares, polifacetas irregulares en forma de flecos, con simetría exagonal, macizo.	Ninguno. Fractura conchoidal.	1.5	0.9	Incoloro, blanco o azul. Lustre vítreo. Fug de a $0^\circ\text{C}$ . por la tanta, es líquido a la temperatura del cuarto. <u>Bajo de peso específico</u> .
<b>Silicatos comunes en la formación de las rocas.</b>					
<b>FELDSPATO POTÁSICO</b> (Ortoclasa, microclina y tschermakita). Silicato de aluminio y de potasio, $\text{KAISi}_3\text{O}_8$	Cristales en forma de caja; macizo, con crucero excelente.	Uno perfecto y uno bueno que hacen un ángulo de $90^\circ$	6	2.5-2.6	Generalmente <u>blanco, gris, rosado</u> , o amarillo pálido, rara vez incoloro. Generalmente opaco, pero puede ser transparente en las rocas volcánicas. Vítreo. Lustre opacado en el mejor crucero. <u>Se distingue de la plagioclasa por la ausencia de estrías</u> .

TABLA A-3

MINERAL	FORMA	CRUCERO	DUREZA	DENSIDAD	OTRAS PROPIEDADES
<b>FELDSPATO PLAGIOCLA SA</b> -(Feldespatos sodico-cálcicos). Un grupo de soluciones sólidas de silicatos de aluminio, sodio y calcio. $NaAlSi_3O_8$ a $CaAl_2Si_2O_8$	En cristales bien formados y en masas granulares o con crucero.	<u>Los buenos cruceros casi en ángulo recto, (86°) No muy claro en algunas rocas volcánicas</u>	6-6.5	2.6-2.7	Generalmente <u>blanco o gris</u> , pero puede presentar otros colores. Algunas variedades — grises presentan un juego de colores llamado <u>opalescencia</u> . Transparente en algunas rocas volcánicas. Lustre vítreo o aperlado. Se distingue de la ortoclasa por la <u>presencia en la cara del mejor crucero, de estrías</u> (líneas finas paralelas).
<b>MUSCOVITA</b> -(Mica blanca; cola de pescado). Un silicato complejo de potasio y aluminio, $KAl_2Si_2O_6(OH)_2$ aproximadamente, pero varía.	Cristales como escamas delgadas, o en agregados foliados, escamosos.	Perfecto en una dirección, que separa laminillas delgadas, transparentes, flexibles.	2-3	2.8-3.1	<u>Incolora</u> ; pero puede ser gris, verde o pardo claro en piezas gruesas. <u>Transparente o translúcida</u> . Lustre aperlado a vítreo
<b>BIOTITA</b> -(Mica negra). Un silicato complejo de potasio, hierro, aluminio y magnesio, de composición variable, — pero aproximada: $K(Mg, Fe)_2AlSi_2O_{10}(OH)_2$	Cristales como escamas delgadas, generalmente de 6 lados, y en masas escamosas foliados.	Perfecto en una dirección que da laminillas delgadas, flexibles.	2.5-3	2.7-3.2	Negra o parda oscura. <u>Translúcida u opaca</u> . Lustre aperlado o vítreo. Raspadura blanca o verdosa.
<b>PIROXENA(O)</b> . Un grupo de soluciones sólidas de silicatos, principalmente de silicatos de Ca, Mg y Fe con cantidades variables de otros elementos. Variedades más comunes: <u>augita e hipersteno</u> .	Generalmente en cristales cortos, prismáticos, de 6 caras; <u>el ángulo entre caras alternas de caras de 90°</u> . También en masas compactas y en granos diseminados.	Los cruceros en ángulo casi recto. Crucero no siempre bien desarrollado: la fractura, en algunos ejemplares, desigual o conchoidal.	5-6	3.2-3.6	Por lo común el color es verdoso o negro. Lustre opaco o vítreo. Raspadura gris verdosa. <u>Se distingue de la anfíbola por el crucero a 90° y las caras de 6 caras</u> y por el hecho de que la mayoría de los cristales son cortos y muy duros en vez de prismas largos y delgados como en la anfíbola.
<b>ANFIBOLA</b> —Un grupo de silicatos complejos, en solución sólida, principalmente de Ca, Mg, Fe y Al. Composición semejante a la piroxena, pero contiene un poco de ión de hidroxilo (OH). La variedad más común de las anfíbolas es la <u>hornblenda</u> .	<u>Cristales largos, prismáticos, de 6 caras;</u> también en masas irregulares o fibrosas, con cristales que se entrelazan, y en granos diseminados.	<u>Los buenos cruceros que se encuentran en ángulos de 56° y 124°</u>	5-6	2.9-3.2	Color negro o verde claro, o aún incolora. Opaca. <u>Lustre vítreo intenso en las superficies de crucero</u> . Se distingue de la piroxena por la diferencia en el ángulo del crucero y por la forma del cristal. La anfíbola tiene mucho mejor crucero y mayor lustre que la piroxena.
<b>OLIVINO</b> —Silicato de hierro y de magnesio, $(Fe, Mg)_2SiO_4$	Generalmente en <u>granos como de vidrio</u> y en agregados granulares.	Tan débil que es raro verlo: <u>Fractura conchoidal</u> .	6.5-7	3.2-3.6	<u>Varios tonos del verde</u> , también amarillento opalescente y parduzco cuando está algo alterado. <u>Transparente o translúcida</u> . Lustre vítreo. Se parece al cuarzo en pequeños fragmentos, pero tiene un <u>color verdoso característico</u> o menos que este alterado.

COMPOSICION Y CLASIFICACION DE ROCAS IGNEAS			
PRINCIPALES MINERALES QUE FORMAN LAS ROCAS	R O C A S		
	EXTRUSIVAS (Grano fino o porfirico)	INTRUSIVAS (Grano grueso)	
CUARZO $Si, O_2$	RIOLITA	GRANITO	ROCAS CLARAS
FELDSPATO POTASICO (Ortoclasa) $KAlSi_3O_8$	TRAGUITA	SIENITA	
FELDSPATO SODICO-CALCOICO (Plagioclasas) $Ca, Al, Si, O_2$ $Na, Al, Si, O_2$	ANDESITA	DIORITA	ROCAS OSCURAS **
Silicatos Ferromagnesicos: Nico. M.E. Monoclinos Pirroxeno Olivino	DACITA	GRANODIORITA	
	BASALTO	GABRO	
	AUGITITA	PEROXENITA	
	LIMBURGITA	PERDOTITA	

ORIGEN	NATURALEZA	R O C A												
ERUCCIONES TRANQUILAS	VITREA	OBSIDIANA PERLITA PIEDRA POMEZ ** RETINITA (Piedra Puz)												
ERUCCIONES EXPLOSIVAS	PROCLASTICA (FRAGMENTOS)	PIEDRA POMEZ BLOQUES BOMBAS	AGLOMERADO											
		<table border="0"> <tr> <td>Sueltas</td> <td>Consolidadas</td> </tr> <tr> <td>GRUBAS</td> <td>BRECCIAS</td> </tr> <tr> <td>LAPILLI</td> <td>TOBAS</td> </tr> <tr> <td>ARENAS</td> <td>ARENISCAS</td> </tr> <tr> <td>CENIZAS</td> <td>TOBAS</td> </tr> <tr> <td>POLVOS</td> <td>TOBAS</td> </tr> </table>		Sueltas	Consolidadas	GRUBAS	BRECCIAS	LAPILLI	TOBAS	ARENAS	ARENISCAS	CENIZAS	TOBAS	POLVOS
Sueltas	Consolidadas													
GRUBAS	BRECCIAS													
LAPILLI	TOBAS													
ARENAS	ARENISCAS													
CENIZAS	TOBAS													
POLVOS	TOBAS													

\*\* Incluye aqui solo por ser vitrea.

\*\* \*\* Roca basica.

TABLA A-4

ROCAS METAMORFICAS	
ROCA ORIGINAL	PRODUCTO METAMORFICO
ARENISCA	CUARCITA
CALIZA	MARMOL
LUTITA	PIZARRA
BASICAS	ESQUISTOS, SERPENTINA, ETC.
GRANITO, DIORITA Y CONGLOMERADO	GNEISS

TABLA A-5

ROCAS SEDIMENTARIAS			
ORIGEN	AGENTE TRANSPORTADOR	SEDIMENTO SUELO	SEDIMENTO CONSOLIDADO
M E C A N I C O	AGUA	GRAVA (ARISTAS REDONDEADAS) GRAVA (ARISTAS AGUDAS) ARENA LIMO ARCILLA	CONGLOMERADO  BRECHA ARENISCA LIMOLITA ARGILITA
	VIENTO	MEDANOS LOESS	ARENISCA
	HIELO	GRAVAS ANGULOSAS ARENA LIMO ARCILLA	} TILITA
	GRAVEDAD	GRAVA ANGULOSA	
ORIGEN	NATURALEZA	SEDIMENTO	CONSOLIDADO
Q U I M I C O	CALCAREA	CALIZA DOLOMITA ARAGONITA TRAVERTINO MARGA	
	CALCAREA ARCILLOSA		
	SILICOSA	PEDERNAL GEYSERITA	
	SALINA	EVAPORITAS: SAL GEMA YESO BORAX TEQUESQUITE CRISTALILLO	
O R G A N I C O	CALCAREA	CALIZA CORAL COQUINA CRETA (SASCAB)	
	SILICOSA	DIATOMITA (TIZAR)	
	CARBONOSA	TURBA LIGNITO HULLA ANTRACITA	

TABLA A-6

TRAVÉS DE UNA LÁMINA DELGADA DE LA ROCA.

#### 4.2.1 TEXTURAS COMUNES DE LAS ROCAS IGNEAS.

LAS DIFERENCIAS EN EL GRADO DE CRISTALIZACIÓN Y EN EL TAMAÑO DE LOS CRISTALES DETERMINAN LA TEXTURA DE UNA ROCA ÍGNEA; AMBOS FACTORES DEPENDEN DE LA VELOCIDAD DE ENFRIAMIENTO, AUNQUE PUEDEN TENER INTERVENCIÓN LA CONSTITUCIÓN QUÍMICA DEL MAGMA Y SU CONTENIDO DE MATERIALES VOLÁTILES.

A) PIROCLÁSTICA. CONSTITUIDA POR PARTÍCULAS DE VIDRIO VOLCÁNICO, TROZOS PEQUEÑOS DE PÓMEZ, FENOCRISTALES Y FRAGMENTOS DE ROCA VOLCÁNICA CEMENTADOS. LAS PARTÍCULAS DE VIDRIO Y PÓMEZ PUEDEN ALTERARSE EN PARTE, CONVIRTIÉNDOSE EN ARCILLAS. LAS ROCAS PIROCLÁSTICAS SON EL PRODUCTO DE EXPLOSIONES VOLCÁNICAS.

B) VÍTREA. CONSTITUIDA ESENCIALMENTE DE VIDRIO VOLCÁNICO. PUEDEN ESTAR DISEMINADOS EN EL VIDRIO PEQUEÑOS FENOCRISTALES DE FELDESPATO O DE OTROS MINERALES.

EL VIDRIO PUEDE SER ESPUMOSO, LLENO DE MINÚSCULAS BURBUJAS QUE FORMAN UNA TEXTURA VITREA PUMÍTICA.

C) AFANÍTICA. CONSTITUIDA PRINCIPALMENTE POR DIMINUTOS CRISTALES (MENORES DE 0.5 MM.) CON RESIDUO VITREO ENTRE LOS CRISTALES, O SIN ÉL. AÚN CUANDO LOS CRISTALES PUEDEN OBSERVARSE A SIMPLE VISTA, NO ES POSIBLE IDENTIFICARLOS SIN LA AYUDA DE MICROSCOPIO. SU PRESENCIA DA A LA ROCA UN LUSTRE PÉTREO U OPACO; EN CONTRASTE CON EL LUSTRE DE VIDRIO DE LAS ROCAS DE TEXTURA VÍTREA. LA MAYOR PARTE DE LAS CORRIENTES DE LAVA TIENEN TEXTURA AFANÍTICA.

D) GRANULAR (FANERÍTICA). CONSTITUIDA POR CRISTALES -

LO SUFICIENTEMENTE GRANDES PARA VERLOS E IDENTIFICARLOS SIN LA AYUDA DE UNALENTE O DE UN MICROSCOPIO. HAY ROCAS EN LAS QUE EL TAMAÑO MEDIO PUEDE VARIAR DESDE 0.5 MM. HASTA MÁS DE 1 CM.

E) PORFIRITICA. COMPUESTA DE DOS TAMAÑOS DIFERENTES DE LOS MINERALES, QUE DAN A LA ROCA UNA APARIENCIA MOTEADA. DICHA TEXTURA HA SIDO ATRIBUIDA A UN CAMBIO EN LA VELOCIDAD DE ENFRIAMIENTO MIENTRAS EL MAGMA ESTABA EN CRISTALIZACIÓN.

#### 4.2.2 TEXTURAS COMUNES EN LAS ROCAS SEDIMENTARIAS.

LAS DIFERENCIAS ENTRE LA NATURALEZA DE LAS PARTÍCULAS CONSTITUYENTES Y LA MANERA EN QUE ESTÁN UNIDAS, DETERMINAN LA TEXTURA DE UNA ROCA SEDIMENTARIA.

A) CLÁSTICA. FORMADA POR FRAGMENTOS DE ROCAS, PARTÍCULAS MINERALES O CONCHAS, CUYO CONJUNTO HA SIDO CEMENTADO.

B) ORGÁNICA. FORMADA POR ACUMULACIONES DE DETRITOS ORGÁNICOS (CONCHAS, RESIDUOS, HUESOS, ETC.) EN LAS CUALES LAS PARTÍCULAS ORGÁNICAS INDIVIDUALES SE ENCUENTRAN EN MUY BUEN ESTADO, POR LO QUE EN LA ROCA DOMINAN LOS RASGOS ORGÁNICOS.

C) CRISTALINA. CONSTITUIDA POR CRISTALES QUE HAN SIDO PRECIPITADOS DE SOLUCIONES Y ENTRELAZADOS ÍNTIMAMENTE POR MUTUA INTERPENETRACIÓN DURANTE SU CRECIMIENTO. LA ROCA DEBE - SU COHERENCIA A ESTE ENLAZAMIENTO DE CRISTALES Y NO A LA PRESENCIA DE UN CEMENTANTE, COMO EN EL CASO DE LAS TEXTURAS - - CLÁSTICAS Y ORGÁNICAS.

#### 4.2.3 TEXTURAS COMUNES EN LAS ROCAS METAMÓRFICAS.

LAS DIFERENCIAS EN LA ORIENTACIÓN O ALINEAMIENTO DE LOS CRISTALES Y EL TAMAÑO DE LOS MISMOS, DETERMINAN LA --

TEXTURA DE UNA ROCA METAMÓRFICA. HAY DOS GRUPOS GENERALES - DE TEXTURAS. LAS TEXTURAS FOLIADAS EN LAS CUALES LOS MINERALES LAMINARES O EN FORMA DE HOJA, ESTÁN CASI TODOS ALINEADOS PARALELAMENTE UNOS CON OTROS, DE TAL MANERA QUE LA ROCA SE - DIVIDE FÁCILMENTE A LO LARGO DE LOS CRUCEROS CASI PARALELOS, BIEN ORIENTADOS, DE SUS PARTÍCULAS MINERALES CONSTITUYENTES. LAS TEXTURAS NO FOLIADAS, CONSTITUIDAS YA SEA DE MINERALES - EQUIDIMENSIONALES O DE MINERALES LAMINARES ORIENTADOS AL - - AZAR, LO QUE HACE QUE LA ROCA SE ROMPA EN PARTÍCULAS ANGULO- SAS.

A) GNÉISICA. TOSCAMENTE FOLIADA; LAS HOJAS INDIVIDUALES TIENEN UN ESPESOR DE UN MILÍMETRO O MÁS, PUDIENDO LLEGAR A MEDIR VARIOS CENTÍMETROS.

LAS HOJAS O LÁMINAS PUEDEN SER RECTAS, APLANADAS, ONDULADAS O DENTADAS.

B) ESQUISTOSA. HOJAS MUY FINAS QUE FORMAN BANDAS DELGADAS PARALELAS, A LO LARGO DE LAS CUALES LA ROCA SE PARTE O - DIVIDE CON FACILIDAD. LOS MINERALES INDIVIDUALES SE OBSER-- VAN DISTINTOS; LOS MINERALES SON PRINCIPALMENTE LAMINARES O EN FORMA DE BASTONCILLO, PRINCIPALMENTE LA MICA, LA CLORITA Y LA ANFÍBOLA. PUEDEN ESTAR PRESENTES, PERO NO EN FORMA A-- BUNDANTE, ALGUNOS MINERALES EQUIDIMENSIONALES, COMO EL FEL-- DESPATO, EL GRANATE Y LA PIROXENA.

C) APIZARRADA. FOLIACIÓN MUY FINA EN HOJAS PLANAS, CA-- SI RÍGIDAMENTE PARALELAS, DE FÁCIL SEPARACIÓN DEBIDO AL PARA-- LELISMO CASI PERFECTO DE CRISTALES MICROSCÓPICOS Y ULTRAMI-- CROSCÓPICOS DE MINERALES PRINCIPALMENTE MICA.

D) GRANOBLÁSTICA. NO FOLIADAS O DÉBILMENTE FOLIADAS -- COMPUESTA DE GRANOS MINERALES QUE SE INTERPENETRAN MUTUAMENTE Y QUE CRISTALIZARON SIMULTÁNEAMENTE. LOS MINERALES SON -- LO SUFICIENTEMENTE GRANDES, COMO PARA SER IDENTIFICADOS CON FACILIDAD SIN EL USO DEL MICROSCOPIO Y SON TODOS DEL TIPO -- EQUIDIMENSIONAL, TALES COMO EL FELDESPATO, EL CUARZO, EL GRANATE Y LA PIROXENA.

E) FELSÍTICA CÓRNEA NO FOLIADO. LOS GRANOS MINERALES -- SON POR LO COMÚN MICROSCÓPICOS O ULTRAMICROSCÓPICOS, AUNQUE UNOS CUANTOS PUEDEN SER VISIBLES.

#### 4.3 ESTRUCTURA DE LAS ROCAS.

LA ESTRUCTURA DE LAS ROCAS ES LA SERIE DE RASGOS -- MORFOLÓGICOS DE LAS ROCAS, DEBIDOS A AQUEDADES, DEFORMACIONES O DISCONTINUIDADES.

CUANDO LOS MINERALES QUE FORMAN UNA ROCA ÍGNEA SE PRESENTAN EN FORMA DE CRISTALES VISIBLES A SIMPLE VISTA, COMO -- EN EL CASO DE UN GRÁNITO O DE UNA DIORITA LO MÁS SEGURO ES -- QUE SE TRATE DE UNA ROCA INTRUSIVA.

CUANDO LA ROCA ÍGNEA ES DE TEXTURA VITREA, AFANÍTICA O PORFIRÍTICA, SEGURAMENTE SE TRATA DE UNA ROCA EXTRUSIVA. ALGUNAS VECES ESTAS ROCAS PRESENTAN EN EL CAMPO UNA ESTRUCTURA FLUIDAL, COMO LA RIOLITA, CARACTERÍSTICA QUE LE HA DADO SU -- NOMBRE, ÉSTO SE PUEDE OBSERVAR EN EL EJEMPLO DE MANO, PUES -- LOS CRISTALES, PRINCIPALMENTE LOS DE CUARZO, ESTÁN ALINEADOS EN DIRECCIÓN DE LA CORRIENTE. OTRAS VECES, LA RIOLITA, LA -- ANDESITA Y LA DACITA PRESENTAN UNA ESTRUCTURA EN FAJAS DE -- DISTINTO COLOR, EN SEÑAL DE LA FLUIDEZ DE LA LAVA DE QUE PRO

CEDIERON. LOS BASALTOS EN CAMBIO PRESENTAN CON FRECUENCIA - UNA ESTRUCTURA RUGOSA O ACORDONADA.

LAS ROCAS SEDIMENTARIAS DE TEXTURA CLÁSTICA NO PRESEN-- TAN DIFICULTAD PARA SU IDENTIFICACIÓN CUANDO SU GRANO ES - - GRUESO, A PARTIR DE LA ARENISCA. SIN EMBARGO, SE DA EL CASO DE QUE ALGUNA ARENISCA DE GRANO MUY GRUESO PUEDA SER CONFUNDI DA CON UN CONGLOMERADO FINO, ENTONCES SE LE DÁ ESTE ÚLTIMO - NOMBRE (TAMBIÉN SE LE HA LLAMADO ARENISTA CONGLOMERÁTICA).

LA IDENTIFICACIÓN DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS DE TEXTURA CLÁSTICA DE GRANO FINO, PUEDEN PRESENTAR ALGUNA DIFICULTAD. DESDE LUEGO LA MAYORÍA DE LAS ROCAS DE ESTE TIPO ESTÁN DIS-- PUESTAS EN CAPAS DELGADAS (ESTRATOS DELGADOS), PERO HAY ALGU NAS, COMO LAS CALIZAS MARGOSAS, QUE SE PRESENTAN EN BANCOS - GRUESOS. CUANDO ESTÁN SOMETIDAS A PRESIONES, TANTO UNAS CO- MO OTRAS SUFREN TRANSTORNOS EN SU POSICIÓN ORIGINAL QUE SE SU PONE HORIZONTAL Y PRESENTA INCLINACIONES, CURVATURAS, PLIE-- GUES SENCILLOS Y COMPLICADOS, QUE ALGUNAS VECES CONSERVAN - AÚN EN EJEMPLARES DE MANO. EN ESTE ÚLTIMO CASO HAY QUE ATEN DER NO SOLO A LA TEXTURA DE LA ROCA SINO TAMBIÉN A SU ESTRU<sup>U</sup>CTURA. ESTO ES IMPORTANTE, PUES PUEDE HABER CASOS EN QUE EL TAMAÑO DE UN EJEMPLAR DE MANO NO ALCANCE A TRADUCIR EL ESPE- SOR DE LA CAPA DE ROCA EN EL CAMPO.

ALGUNAS CALIZAS DE ORIGEN ORGÁNICO PRESENTAN UNA ESTRU<sup>U</sup>CTURA EN BANCOS GRUESOS O EN GRANDES MASAS (CORALES) Y ÉSTO - NO APARECE EN UN EJEMPLAR DE MANO.

LA DIATOMITA (TIZA) ESTÁ FORMADA POR CARAPACHOS TAN PE- QUEÑOS QUE SOLO PUEDEN VERSE AL MICROSCOPIO CON UN FUERTE AU

MENTO; PERO EL POLVO DEL MATERIAL, FROTADO ENTRE LOS DEDOS Y MUY CERCA DEL OIDO PRODUCE UN LIGERO RUIDO QUE LO HACE DISTINGUIR DEL CAOLIN, ADEMÁS DE QUE AL TACTO ES DIFERENTE. - POR OTRA PARTE, UNA POCA DE AGUA HACE VER INMEDIATAMENTE QUE LA DIATOMITA NO ES PLÁSTICA.

LAS LUTITAS (LODOS ENDURECIDOS) ABARCAN NO SOLO A FORMACIONES ARCILLOSAS Y LIMOSAS, SINO TAMBIÉN A LAS MARGOSAS. - EXPUESTAS A LA INTEMPERIE, ESTAS ROCAS SE ALTERAN FÁCILMENTE, SE AGRIETAN PRIMERO, SE ROMPEN DESPUÉS, SE DESHACEN Y DAN LU GAR A LA FORMACIÓN DE SUELOS SUMAMENTE PLÁSTICOS.

HAY QUE ADVERTIR QUE LAS MARGAS ESTÁN AQUÍ COMPRENDIDAS EN LAS LUTITAS, EN GENERAL, PUES SU APARIENCIA ES LA MISMA - CUANDO SE PRESENTAN EN CAPAS DE POCO ESPESOR. CON EL ÁCIDO CLORHÍDRICO SE PUEDE HACER LA DISTINCIÓN CON FACILIDAD, PUES SOLAMENTE LAS MARGAS HACEN EFERVESCENCIA CON ÉL, DEBIDO A LA PRESENCIA EN ELLAS DE CARBONATO DE CALCIO.

CUANDO SE TRATA DE ROCAS METAMÓRFICAS FOLIADAS, LA ESTRUCTURA TIENE MUCHA INTERVENCIÓN EN SU IDENTIFICACIÓN.

EL GNEIS PRESENTA UNA ESTRUCTURA EN FAJAS O BANDAS, QUE SEPARAN A LOS MINERALES QUE LO FORMAN, ÉSTO ES, HAY UNAS FAJAS DE CUARZO, OTRAS DE MICA, OTRAS DE FELDESPATO, ETC. SI EL EJEMPLAR, QUE SE EXAMINA ESTÁ ROTO PARALELAMENTE A UNA DE ESTAS FAJAS, PRESENTARÁ LA TEXTURA CORRESPONDIENTE A CADA - UNA DE DICHAS BANDAS. ÉSTO ES MÁS NOTABLE EN LOS ESQUISTOS, PUES EN ELLÓS DESTACARÁ SOBRE TODO EL MINERAL ABUNDANTE (LA-CLORITA, LA MICA, ETC.) Y PUEDE NO NOTARSE SU ESTRUCTURA, -- QUE CASI SIEMPRE ES MUY PLEGADA, MÁS QUE EN LOS GNEISES, Y -

LOS CRISTALES DE LOS MINERALES SON MÁS PEQUEÑOS.

LA FISILIDAD DE LAS PIZARRAS ES INDEPENDIENTE DE LA ESTRATIFICACIÓN, ÉSTO ES, SE DIVIDEN FÁCILMENTE EN LÁMINAS QUE NO TIENEN RELACIÓN CON LA POSICIÓN ORIGINAL DE LOS ESTRATOS. ASÍ COMO EN LOS ESQUISTOS SE LLAMA ESQUISTOCIDAD A LA PROPIEDAD QUE TIENEN DE DIVIDIRSE FÁCILMENTE EN LÁMINAS CORTAS Y DELGADAS, SE LLAMA PIZARROSIDAD A LA PROPIEDAD QUE TIENEN LAS PIZARRAS DE DIVIDIRSE EN HOJAS O LÁMINAS MÁS O MENOS AMPLIAS, EN UNA DIRECCIÓN INDEPENDIENTE DE LA DE LOS PLANOS DE ESTRATIFICACIÓN.

ENTRE LAS ROCAS METAMÓRFICAS NO FOLIADAS ESTÁ EL MARMOL, EN EL QUE EL CARBONATO DE CALCIO DE LAS CALIZAS DE QUE PROCEDE ESTÁ CONVERTIDO EN CALCITA, QUE FORMA CRISTALES DE TODOS LOS TAMAÑOS, DESDE MUY GRANDES HASTA MUY PEQUEÑOS.

EL MÁRMOL NEGRO CONTIENE CARBÓN GRAFÍTICO Y PROVIENE DE CALIZAS QUE CONTIENEN ORIGINALMENTE CARBÓN FINALMENTE DIVIDIDO. EN EJEMPLARES DE MANO ESTAS CALIZAS HAN SIDO CONFUNDIDAS A VECES CON EL BASALTO.

CUANDO SE TRATA DE CARBONATOS O DE ROCAS QUE LO CONTIENEN, LA APLICACIÓN DEL ÁCIDO CLORHÍDRICO HACE QUE SE DESPRENDA EL ANHÍDRIDO CARBÓNICO ( $\text{CO}_2$ ) QUE LOS FORMA, LO QUE SE EFECTÚA CON EFERVESCENCIA, QUE ES MAYOR MIENTRAS MAYOR ES LA CONCENTRACIÓN DEL ÁCIDO Y, DESDE LUEGO, EL CONTENIDO DE CARBONATO EN LA ROCA QUE SE ANALIZA.

ES SUFICIENTE UNA CONCENTRACIÓN AL 10%, QUE TIENE LA VENTAJA DE QUE CUANDO SE TRATA DE CARBONATO DOBLE DE CALCIO Y DE MAGNESIO (DOLOMÍA Y DOLOMITA), O DE CALIZAS DOLOMÍTICAS,

ESTAS ROCAS NO HACEN EFERVESCENCIA O LA HACEN MUY DÉBIL CON EL ÁCIDO DILUIDO. ENTONCES SE OBTIENE CON LA NAVAJA UN POCO DE POLVO DEL EJEMPLAR Y ASÍ SE LOGRA LA EFERVESCENCIA Y LA IDENTIFICACIÓN.

## APENDICE "B"

### BANCOS DE MATERIALES

#### INTRODUCCION

UNO DE LOS COSTOS MÁS IMPORTANTES EN LA CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE VÍAS TERRESTRES CORRESPONDE A LOS MATERIALES, ROCA, GRAVA, ARENA Y OTROS SUELOS, POR LO QUE SU LOCALIZACIÓN Y SELECCIÓN SE CONVIERTE EN UNO DE LOS PROBLEMAS BÁSICOS DEL INGENIERO CIVIL, EN CONEXIÓN ESTRECHA CON EL GEÓLOGO. LA EXPERIENCIA DIARIA ENSEÑA QUE, SI SE DA A ESTAS TAREAS LA DEBIDA IMPORTANCIA, PODRÁN LOCALIZARSE DEPÓSITOS DE MATERIALES APROPIADOS CERCA DEL LUGAR DE SU UTILIZACIÓN, ABATIENDO LOS COSTOS DE TRANSPORTACIÓN, QUE SUELEN SER DE LOS QUE MÁS AFECTAN LOS TOTALES; OTRAS VECES, SE LOGRARÁ OBTENER MATERIALES UTILIZABLES EN ZONAS QUE ANTES DEPENDÍAN DE OTRAS MÁS ALEJADAS EN ESTE ASPECTO. POR ESTAS RAZONES, NO ES DE EXTRAÑAR QUE LA BÚSQUEDA CIENTÍFICA Y LA EXPLORACIÓN RACIONAL DE LOS MATERIALES OCUPE MÁS Y MÁS LA ATENCIÓN DE LOS GRUPOS TÉCNICOS INTERESADOS.

DURANTE MUCHOS AÑOS LA DETECCIÓN DE BANCOS DE MATERIALES DEPENDIÓ DE MÉTODOS EXPLORATORIOS COMUNES, DESDE LA SIMPLE OBSERVACIÓN SOBRE EL TERRENO, HASTA EL EMPLEO DE POZOS A CIELO ABIERTO, POSTEADORAS, BARRENOS Y AÚN MÁQUINAS PERFORADORAS. EN ÉPOCAS MÁS RECIENTES, LOS ESTUDIOS GEOFÍSICOS, DE

GRAN POTENCIALIDAD EN ESTAS CUESTIONES, HAN VENIDO A SUMARSE A LA TÉCNICA DISPONIBLE, AHORRANDO MUCHO TIEMPO Y ESFUERZO HUMANOS Y MUCHA EXPLORACIÓN.

UN PUNTO FUNDAMENTAL EN LA DETERMINACIÓN DE BANCOS DE MATERIALES ES LA VALUACIÓN DE LAS ROCAS O SUELOS CONTENIDOS, LA QUE SUELE SER MUY DIFÍCIL DE ESTABLECER EN FORMA CUANTITATIVA.

LA VALUACIÓN PRELIMINAR DE LOS SUELOS SE HACE SOBRE TODO CON BASE EN EXPERIENCIA PRECEDENTE; LA CLASIFICACIÓN EN EL SISTEMA UNIFICADO AYUDA EN TODOS LOS CASOS, PUES ESTE SISTEMA LLEVA APAREJADO AL ENCASILLAMIENTO EN UN GRUPO DETERMINADO, TODO UN CONJUNTO DE ÍNDICES DE COMPORTAMIENTO. LA VALUACIÓN EN DETALLE DE LOS SUELOS CONSTITUTIVOS DE UN BANCO HA DE HACERSE CON BASE EN PRUEBAS DE LABORATORIO.

#### 1. LOCALIZACIÓN DE BANCOS.

POCOS ASPECTOS PRÁCTICOS SON TAN IMPORTANTES EN LA REALIZACIÓN DE UNA VÍA TERRESTRE Y, A LA VEZ, RESULTAN TAN ALUSIVOS PARA UN TRATAMIENTO GENERAL, QUE EL QUE SE REFIERE AL DESARROLLO DE CRITERIOS Y TÉCNICAS PARA LA LOCALIZACIÓN DE BANCOS DE MATERIALES.

LOCALIZAR UN BANCO ES MÁS QUE DESCUBRIR UN LUGAR EN DONDE EXISTA UN VOLUMEN ALCANZABLE Y EXPLOTABLE DE SUELOS O ROCAS QUE PUEDA EMPLEARSE EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA DETERMINADA PARTE DE UNA VÍA TERRESTRE, SATISFACIENDO LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DE LA INSTITUCIÓN CONSTRUCTORA Y LOS REQUERIMIENTOS DE VOLUMEN DEL CASO. EL PROBLEMA TIENE OTRAS MUCHAS IMPLICACIONES. HA DE GARANTIZARSE QUE LOS BANCOS ELEGI

DOS SEAN LOS MEJORES ENTRE TODOS LOS DISPONIBLES EN VARIOS - ASPECTOS QUE SE INTERRELACIONAN. EN PRIMER LUGAR EN LO QUE SE REFIERE A LA CALIDAD DE LOS MATERIALES EXTRAÍBLES, JUZGADA EN RELACIÓN ESTRECHA CON EL USO A QUE SE DEDICARÁN. EN - SEGUNDO LUGAR, TIENEN QUE SER LO MÁS FÁCILMENTE ACCESIBLES Y LOS QUE SE PUEDAN EXPLOTAR POR LOS PROCEDIMIENTOS MÁS EFI-- CIENTES Y MENOS COSTOSOS. EN TERCER LUGAR, TIENEN QUE SER - LOS QUE PRODUZCAN LAS MÍNIMAS DISTANCIAS DE ACARREO DE LOS - MATERIALES EN LA OBRA, RENGLÓN ÉSTE CUYA REPERCUSIÓN EN LOS COSTOS ES DE LAS MÁS IMPORTANTES. EN CUARTO LUGAR, TIENEN - QUE SER LOS QUE CONDUZCAN A LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS MÁS SENCILLOS Y ECONÓMICOS DURANTE SU TENDIDO Y COLOCACIÓN - FINAL EN LA OBRA, REQUIRIENDO LOS MÍNIMOS TRATAMIENTOS. EN QUINTO LUGAR, PERO NO EL MENOS IMPORTANTE, LOS BANCOS DEBEN ESTAR LOCALIZADOS DE TAL MANERA QUE SU EXPLOTACIÓN NO CONDUZCA A PROBLEMAS LEGALES DE DIFÍCIL O LENTA SOLUCIÓN Y QUE NO PERJUDIQUEN A LOS HABITANTES DE LA REGIÓN. ES EVIDENTE QUE EN CUALQUIER CASO PRÁCTICO MUCHOS DE LOS REQUISITOS ANTERIORES ESTARÁN EN CONTRAPOSICIÓN Y LA DELICADA LABOR DEL INGE-- NIERO ESTRIBA PRECISAMENTE EN ELEGIR EL CONJUNTO DE BANCOS - QUE CONCILIE DE LA MEJOR MANERA LAS CONTRADICCIONES QUE RESULTEN EN CADA CASO.

AHORA, EXISTE UN SEGUNDO GRUPO DE CONDICIONES, FORMADO POR LAS INTERRELACIONES ENTRE LOS ELEMENTOS DEL PRIMERO. POR EJEMPLO, DE ENTRE DOS MATERIALES POSIBLES PARA UN CIERTO USO PODRÁ HABER UNA DIFERENCIA EN LA CALIDAD TÉCNICA CUANDO ES-- TÁN EN ESTADO NATURAL, PERO LA DIFERENCIA PODRÁ ANULARSE O -

AÚN INVERTIRSE SI EL PEOR MATERIAL RECIBE UN TRATAMIENTO ADECUADO, SE UTILIZA DE ALGUNA MANERA O SI, TAL VEZ, EL PROYECTO SE MODIFICA DE MANERA QUE UN MATERIAL QUE NO ERA ORIGINALMENTE APROPIADO, AHORA RESULTA UTILIZABLE. DE HECHO, ESTA INTERRELACIÓN ENTRE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y EL PROYECTO DE LA OBRA ES ESENCIAL A TAL GRADO QUE, EL PROYECTO DE UNA VÍA TERRESTRE CARECE DE SENTIDO SI NO SE LE ENFOCA COMO UN CONJUNTO QUE COMPRENDA LOS BANCOS DE MATERIALES DISPONIBLES Y LA UTILIZACIÓN QUE DE ELLOS PRETENDA HACERSE.

EVIDENTEMENTE TODO EL COMPLICADO BALANCE QUE SE HA ESBOZADO COMIENZA CON UNA ETAPA DE LOCALIZACIÓN SIMPLE, AL FINAL DE LA CUAL EL INGENIERO DEBE DISPONER DE UN MAPA DONDE APAREZCAN TODOS LOS POSIBLES APROVECHAMIENTOS DE MATERIAL QUE PUEDAN INTERESAR A SU OBRA, HABIÉNDOSE PROBABLEMENTE EXCLUIDO OTROS MUCHOS, POR ALGÚN O ALGUNOS INCONVENIENTES OBVIOS. ENTRE TODO ESTE CONJUNTO DE BANCOS QUE SE VEAN FACTIBLES, DEBERÁ EL INGENIERO DESARROLLAR SUS LÍNEAS DE OPCIÓN EN ESTRECHA VINCULACIÓN CON SU PROYECTO.

LA BÚSQUEDA Y LOCALIZACIÓN DE BANCOS DE MATERIALES PUEDE HACERSE PRINCIPALMENTE POR FOTOINTERPRETACIÓN O POR RECONOCIMIENTOS TERRESTRES DIRECTOS; ESTOS ÚLTIMOS PUEDEN AUXILIARSE, A SU VEZ, POR FOTOINTERPRETACIÓN O POR MÉTODOS DE PROSPECCIÓN GEOFÍSICA.

BIEN SEA QUE SE UTILICE COMO ÚNICO MÉTODO DE DETECCIÓN O COMO COMPLEMENTO DE UN ESTUDIO DE FOTOINTERPRETACIÓN, EL RECONOCIMIENTO TERRESTRE DEL FUTURO BANCO ES INDISPENSABLE. EN ÉL DEBERÁ DEFINIRSE NO SOLO LA POSIBILIDAD DE LA EXPLOTA-

CIÓN, SINO TAMBIÉN EL GRADO DE DIFICULTAD DE LA MISMA, LOS PROBLEMAS QUE PUDIERAN ACARREAR AGUAS SUPERFICIALES O SUBTERRÁNEAS, LOS VOLÚMENES DISPONIBLES, LAS FACILIDADES LEGALES, ETC. EL INGENIERO QUE REALICE ESTA LABOR PREVIA HA DE RECURRIR SIEMPRE A LA EXPERIENCIA LOCAL, QUE PODRÁ ENSEÑARLE MUCHAS COSAS ÚTILES, DE LAS QUE FÁCILMENTE PUEDEN PASAR INADVERTIDAS.

LOS BANCOS PARA TERRACERÍAS EN GENERAL ABUNDAN Y SON FÁCILES DE LOCALIZAR, PUES PARA ESE FIN SIRVEN CASI TODOS LOS MATERIALES QUE SEAN ECONÓMICAMENTE EXPLOTABLES (EXCEPTUANDO ÚNICAMENTE LOS SUELOS MH, CH Y OH CON LÍMITE LÍQUIDO MAYOR DE 100% Y LOS SUELOS PT). SIN EMBARGO, PUEDEN PRESENTARSE ALGUNOS PROBLEMAS, PRECISAMENTE POR APARECER ESOS MATERIALES MERECEDORES DE RECHAZO POR SU MALA CALIDAD, EN LLANURAS LACUSTRES, ZONAS DE INUNDACIÓN, DEPÓSITOS DE DELTA, GRANDES PLANICIES ALUVIALES Y COSTERAS Y OTRAS ZONAS, EN DONDE ABUNDEN LOS DEPÓSITOS MUY FINOS. EN TODOS ESTOS CASOS, NO ES RARO TENER QUE BUSCAR LOS APROVISIONAMIENTOS DE MATERIALES FUERA DE ESAS ZONAS, SI NO SON DEMASIADO EXTENSAS.

LOS BANCOS DE TERRACERÍAS CONVIENE FIJARLOS NO DEMASIADO ESPACIADOS, PARA NO DAR LUGAR A DISTANCIAS DE ACARREO EXCESIVAS; LA SEPARACIÓN ÓPTIMA ESTÁ EN LA MAYORÍA DE LOS CASOS DE LA PRÁCTICA, ALLÁ DONDE SE ALCANCE EL EQUILIBRIO DE COSTOS ENTRE EL ACARREO, POR UN LADO Y EL COSTO DE DESPALME Y PREPARACIÓN DEL BANCO POR EL OTRO.

EN LO QUE SE REFIERE A LA CAPA SUBRASANTE, LAS ESPECIFICACIONES QUE DEBERÁN CUMPLIR DICHO MATERIALES, DEPENDERÁN -

DE LAS NORMAS DE CADA INSTITUCIÓN, ENCARGADA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA. UN REQUISITO QUE CONDICIONA ADICIONALMENTE LOS BANCOS DE MATERIALES ELEGIDOS ES AHORA EL DE LOGRAR HOMOGENEIDAD EN LONGITUDES SIGNIFICATIVAS, PARA EVITAR QUE LAS ESTRUCTURAS Y ESPESORES DE LAS CAPAS DE PAVIMENTO SUPRAYACENTES VARÍEN CON DEMASIADA FRECUENCIA.

LOS BANCOS PARA SUBRASANTE SUELEN ENCONTRARSE EN LOS OTEROS BAJOS Y EXTENDIDOS, EN FORMACIONES DE ROCAS MUY ALTERADAS, EN ZONAS LIMOARENOSAS DE LOS DEPÓSITOS DE RÍOS, EN ZONAS DE DEPÓSITO VOLCÁNICO DE NATURALEZA PIROCLÁSTICA, COMO CONOS CINERÍTICOS O TOBÁCEOS, EN HORIZONTES ARENOSOS DE FORMACIONES ESTRATIFICADAS EXTENSAS, ETC.

## 2. EXPLORACIÓN Y MUESTRÉO DE BANCOS.

LA EXPLORACIÓN DE UNA ZONA EN LA QUE SE PRETENDA ESTABLECER UN BANCO DE MATERIALES DEBE TENER LAS SIGUIENTES METAS:

A) DETERMINACIÓN DE LA NATURALEZA DEL DEPÓSITO, INCLUYENDO TODA LA INFORMACIÓN QUE SEA DABLE OBTENER SOBRE SU GEOLOGÍA, HISTORIA DE EXPLOTACIONES PREVIAS, RELACIONES CON ESCURRIMIENTOS DE AGUA SUPERFICIAL, ETC.

B) PROFUNDIDAD, ESPESOR, EXTENSIÓN Y COMPOSICIÓN DE LOS ESTRATOS DE SUELO O ROCA QUE SE PRETENDAN EXPLOTAR.

C) SITUACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA, INCLUYENDO POSICIÓN Y VARIACIONES DEL NIVEL FREÁTICO.

D) OBTENCIÓN DE TODA LA INFORMACIÓN POSIBLE SOBRE LAS PROPIEDADES DE LOS SUELOS Y LAS ROCAS, LOS USOS QUE DE ELLOS SE HAYAN HECHO, ETC.

LA INVESTIGACIÓN COMPLETA ESTÁ FORMADA POR TRES ETAPAS:

A) RECONOCIMIENTO PRELIMAR, QUE DEBE INCLUIR LA OPINIÓN DE UN GEÓLOGO. EN ESTA ETAPA DEBE CONSIDERARSE ESENCIAL EL CONTAR CON EL ESTUDIO GEOLÓGICO DE LA ZONA, POR SENCILLO QUE SEA.

B) LA EXPLORACIÓN PRELIMINAR, EN LA QUE POR MEDIO DE PROCEDIMIENTOS SIMPLES Y EXPEDITOS, PUEDA OBTENERSE INFORMACIÓN SOBRE EL ESPESOR Y COMPOSICIÓN DEL SUBSUELO, LA PROFUNDIDAD DEL AGUA FREÁTICA Y DEMÁS DATOS QUE PERMITAN, EN PRINCIPIO, DEFINIR SI LA ZONA ES PROMETEDORA PARA LA IMPLANTACIÓN DE UN BANCO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL QUE SE BUSCA Y SI, POR CONSIGUIENTE, CONVIENE CONTINUAR LA INVESTIGACIÓN SOBRE ELLA.

C) LA EXPLOTACIÓN DEFINITIVA, EN LA QUE POR MEDIO DE SONDEOS Y PRUEBAS DE LABORATORIO HAN DE DEFINIRSE DETALLADAMENTE LAS CARACTERÍSTICAS INGENIERILES DE LOS SUELOS Y LAS ROCAS ENCONTRADAS.

LAS ARMAS DE EXPLORACIÓN PARA LOCALIZACIÓN Y VALUACIÓN DE BANCOS SON LA FOTOINTERPRETACIÓN, LOS SONDEOS Y LA PROYECCIÓN GEOFÍSICA. COMO QUE RARA VEZ SE REQUIERE EXPLOTAR A PROFUNDIDADES GRANDES, MAYORES DE 10 M., LOS MÉTODOS DE SONDEOS PRELIMINAR Y DEFINITIVO PUEDEN NO SER DIFERENTES. EL POZO A CIELO ABIERTO, LA POSTEADORA Y LOS BARRENOS HELICOIDALES SON LOS MÉTODOS MÁS EMPLEADOS EN SUELOS. LA DIFERENCIA ENTRE EL ESTUDIO PRELIMINAR Y EL DEFINITIVO SUELE RADICAR MÁS BIEN EN EL NÚMERO DE SONDEOS, QUE EN LA INVESTIGACIÓN DEFINITIVA DEBEN CORROBORAR LA INFORMACIÓN PRELIMINAR, DEFI-

NIENDO CLARAMENTE LAS DISTINTAS FORMACIONES EXISTENTES Y CUBICAR CON LA APROXIMACIÓN REQUERIDA EL VOLUMEN DE MATERIAL - QUE VAYA A SER NECESARIO. NO DEBE EXCLUIRSE, AL REALIZAR EXPLORACIÓN DEFINITIVA EN SUELOS, EL EMPLEO DE MÉTODOS DE EXPLORACIÓN MÁS REFINADOS O CAPACES DE IR A MAYORES PROFUNDIDADES, QUE PUDIERAN REQUERIRSE EN ALGUNAS OCASIONES.

LOS BANCOS DE SUELO HAN DE MUESTREARSE PARA CONOCER EN EL LABORATORIO LAS CARACTERÍSTICAS QUE INTERESEN PARA DEFINIR O AUTORIZAR SU USO. NO EXISTE NINGUNA REGLA PARA FIJAR EL NÚMERO DE SONDEOS QUE ES NECESARIO HACER EN UN CASO DADO. ALGUNAS INSTITUCIONES FIJAN UN DETERMINADO NÚMERO DE SONDEOS POR CADA NÚMERO DE METROS CÚBICOS DE MATERIAL POR EXPLOTAR, LO CUAL NO TOMA EN CUENTA NI LA HOMOGENEIDAD O HETEROGENEIDAD DE LA FORMACIÓN, NI NINGUNA OTRA DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS PARTICULARES, POR LO QUE EL ANTERIOR NO PARECE SER UN BUEN CRITERIO PARA DEFINIR LA EXPLORACIÓN, SERÁ PREFERIBLE CEÑIRSE EN CADA CASO A LAS CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DEL BANCO EN ESTUDIO, TENIENDO MUY EN CUENTA LAS CONDICIONES GEOLÓGICAS LOCALES, LOS FRENTES QUE HAN DE ATACARSE, ETC.

NATURALMENTE, LA MUESTRA QUE SE EXTRAIGA DEPENDERÁ DE LA UTILIZACIÓN QUE PRETENDA HACERSE DEL SUELO. EN BANCOS PARA TERRACERÍAS ES COMÚN REALIZAR ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS, LÍMITES DE PLASTICIDAD, PRUEBAS DE COMPACTACIÓN, CÁLCULO DE COEFICIENTE DE VARIACIÓN VOLUMÉTRICA, TODO LO CUAL SUELE REQUERIR MUESTRAS ENTRE 50 Y 100 KG., COMO MÍNIMO. SE TRATA SENCILLAMENTE DE CLASIFICAR AL SUELO Y CONOCER SUS CARACTERÍSTICAS EN CUANTO A COMPACTACIÓN.

A CONTINUACIÓN SE DA UNA LISTA, EN DONDE SE PRESENTAN - LAS PRUEBAS DE LABORATORIO QUE SE EFECTÚAN A SUELOS QUE SE - EXTRAEN DE BANCOS, EN LO REFERENTE A TERRACERÍA Y CAPA SUBRASANTE.

I. TERRACERÍAS.

A) CLASIFICACIÓN: LÍMITES DE PLASTICIDAD.

GRANULOMETRÍA.

B) CALIDAD: PESO VOLUMÉTRICO MÁXIMO.

A VECES VALOR RELATIVO DE SOPORTE.

II. CAPA SUBRASANTE.

A) CLASIFICACIÓN: LÍMITES DE PLASTICIDAD.

GRANULOMETRÍA.

B) CALIDAD: PESO VOLUMÉTRICO MÁXIMO.

VALOR RELATIVO DE SOPORTE.

EXPANSIÓN.

EQUIVALENTE DE ARENA.

C) DISEÑO: DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE, POR MEDIO DEL MÉTODO DEL CUERPO DE INGENIEROS, U.S.A. O BIEN; PRUEBAS DE HVEEM O BIEN; PRUEBAS TRIAXIALES DE TEXAS.

3. TIPOS DE BANCOS.

LAS FUENTES MÁS TÍPICAS DE APROVISIONAMIENTO DE MATERIALES SON EL PRÉSTAMO LATERAL, LA COMPENSACIÓN LONGITUDINAL O TRANSVERSAL Y EL USO DE BANCOS ESPECÍFICOS. EN LO QUE SIGUE SE PROPORCIONA ALGUNA INFORMACIÓN GENERAL SOBRE TIPOS DE BANCOS QUE, SI BIEN SE ENFOCAN AL TERCER TIPO DE FUENTE,

PUDIERA COMPRENDER EN ALGUNOS CASOS A LAS DOS ANTERIORES.

LOS DEPÓSITOS DE RÍO RECIBEN EL NOMBRE GENÉRICO DE ALUVIONES. DEBIDO A QUE EL AGUA A LO LARGO DEL CURSO TIENE OCA SIÓN DE EROSIONAR MATERIALES MUY DIFERENTES, ES NORMAL QUE - LOS ALUVIONES ESTÉN FORMADOS POR MATERIALES MUY VARIADOS; - SIN EMBARGO, LA DEPOSICIÓN SÍ OCURRE SIGUIENDO ALGUNAS LEYES GENERALES FÁCILES DE ENTENDER. LA CAPACIDAD DEL AGUA PARA - TRANSPORTAR SEDIMENTOS DEPENDE DE LA VELOCIDAD DE LA CORRIEN TE Y DE SU GASTO; ÉSTO CONDICIONA UN GRAN PODER EROSIVO EN - LAS ZONAS DE CURSO ALTO, EN QUE LA CORRIENTE SUELE TENER - - GRANDES PENDIENTES Y, POR ENDE, GRANDES VELOCIDADES, POR LO QUE EL AGUA ES CAPAZ DE ARRASTRAR SEDIMENTOS MUY GRUESOS, - DEL TAMAÑO DE LA GRAVA Y LA ARENA Y AÚN FRAGMENTOS DE ROCA, QUE VAN RODANDO CAUCE ABAJO. EN EL CURSO MEDIO, LA PENDIEN TE DE LOS RÍOS DISMINUYE Y CORRESPONDIENTEMENTE LO HACE LA - VELOCIDAD POR LO QUE SE RESTRINGE LA FUERZA EROSIVA POR ESTE CONCEPTO; ES MUY COMÚN QUE POR ESTA RAZÓN, EN EL CURSO MEDIO DE LOS RÍOS SE DEPOSITEN LOS MATERIALES DEL TAMAÑO DE LA GRA VA Y DE LA ARENA, SIENDO ESTAS ZONAS MUY APROPIADAS PARA LA BÚSQUEDA DE ESTOS BANCOS. EN LA ETAPA FINAL DE SU RECORRI-- DO, EL RÍO USUALMENTE PIERDE MUCHA VELOCIDAD, ENTRA A ZONAS MÁS PLANAS, DIVAGA Y BUSCA SU SALIDA EN EL MAR, EN UN LAGO O EN OTRO RÍO IMPORTANTE; EN ESTA ETAPA, EL PODER EROSIVO DIS MINUYE AÚN MÁS ESPECIALMENTE CERCA DE LA DESEMBOCADURA, EN - DONDE SUELE EJERCERSE UN EFECTO DE FRENAJE MUY IMPORTANTE - POR PARTE DE LAS MASAS DE AGUA COMPARATIVAMENTE ESTÁTICAS A LOS QUE EL RÍO TERMINARÁ POR DESEMBOCAR. ESTA ES LA ZONA EN

LA QUE LA CORRIENTE DEPOSITA LOS MATERIALES MÁS FINOS, DEL TIPO DE LOS LIMOS Y LAS ARCILLAS. SI EL RÉGIMEN SE HACE MUY LENTO EN LA DESEMBOCADURA, SE FORMARÁ UN DELTA, CON PREDOMINIO NOTORIO DE SEDIMENTOS MUY FINOS.

AL RÉGIMEN ANTERIOR, QUE SE PODRÍA CONSIDERAR LIGADO AL RÉGIMEN DE VELOCIDAD DE ESCURRIMIENTO, SE SUPERPONE EL EFECTO DEL GASTO EN EL PODER EROSIVO, QUE HASTA CIERTO PUNTO ES CONTRARIO. EN LA PARTE ALTA DEL RÍO SE TENDERÁ A TENER GASTO BAJO Y, POR ESTE CONCEPTO, EL PODER EROSIVO DE LA CORRIENTE SERÁ PEQUEÑO. EL GASTO TENDERÁ A AUMENTAR EN EL CURSO MEDIO Y SOBRE TODO, EN EL INFERIOR Y, POR ELLO SIEMPRE CONSIDERANDO EXCLUSIVAMENTE ESTE EFECTO, EL PODER EROSIVO Y DE TRANSPORTE DE LA CORRIENTE IRÁ CRECIENDO A MEDIDA QUE ÉSTA SE ACERCA AL MAR. EL EFECTO DEL GASTO ES IMPORTANTE EN LOS RÍOS QUE TIENEN TENDENCIA A SUFRIR FUERTES CRECIENTES, TANTO MÁS, CUANDO QUE A DICHAS CRECIENTES SUELEN ASOCIARSE VELOCIDADES ANORMALMENTE ALTAS.

EN TÉRMINOS GENERALES LA INFLUENCIA DE LA VELOCIDAD EN EL RÉGIMEN DE EROSIÓN ES MAYOR QUE LA DEL GASTO, PERO EN RÍOS QUE SE INUNDAN CON MUCHA VIOLENCIA AMBOS EFECTOS PUEDEN IGUALARSE Y LA SITUACIÓN AÚN PUDIERA INVERTIRSE.

EL INGENIERO QUE BUSCA BANCOS SUELE TENER INFORMACIÓN BASTANTE PRECISA EN CUANTO A LA NATURALEZA DEL RÍO QUE TENGA EN ESTUDIO. SI ÉSTE NO ES SUSCEPTIBLE DE SUFRIR CRECIENTES VIOLENTAS EN PERIODICIDAD CORTA, PREVALECE EL ESQUEMA DE DEPÓSITO QUE SE DESCRIBIÓ AL HABLAR DEL EFECTO DE LA VELOCIDAD. SE PODRÁ ESPERAR ENCONTRAR BOLEOS Y GRAVAS EN EL CURSO

ALTO, GRAVAS Y ARENAS EN EL MEDIO Y LIMOS Y ARCILLAS, EN EL BAJO Y LA DESEMBOLCADURA. SI EL RÍO TIENE CRECIENTES IMPORTANTES RELATIVAMENTE POCO ESPACIADAS EN EL TIEMPO SERÁ MUY PROBABLE ENCONTRAR SEDIMENTOS MÁS GRUESOS EN LAS ZONAS MÁS BAJAS, ESPECIALMENTE EN LOS MEANDROS, EN LAS LLANURAS DE INUNDACIÓN O EN LAS TERRAZAS FLUVIALES VECINAS, LUGARES EN DONDE LA VELOCIDAD, AÚN EN CRECIENTE EXTRAORDINARIA, TENDRÁ A DISMINUIR.

LOS SEDIMENTOS QUE SEA DABLE ENCONTRAR EN EL CURSO DE UN RÍO TAMBIÉN DEPENDEN MUCHO DE LA NATURALEZA DE LAS FORMACIONES QUE EL RÍO ATRAVIESA.

EN RESUMEN, LOS DEPÓSITOS QUE SEA DABLE ENCONTRAR EN VALLES FLUVIALES, LLANURAS DE INUNDACIÓN Y EN TERRAZAS Y ABANCOS ALUVIALES SON RELATIVAMENTE VARIABLES, NO SÓLO EN NATURALEZA MINERALÓGICA, SINO TAMBIÉN EN TAMAÑO Y DEPENDEN DEL DESARROLLO DE LA CORRIENTE, DE SU RÉGIMEN HIDROLÓGICO Y DE LAS FORMACIONES QUE SE ATRAVIESAN.

EN LAS ZONAS EN QUE LAS SERRANÍAS SE JUNTAN CON LAS PLANICIES DE COSTA ES MUY FRECUENTE ENCONTRAR SISTEMÁTICAMENTE DE TRECHO EN TRECHO LOS DENOMINADOS DEPÓSITOS DE PIÉ DE MONTE, GRANDES FORMACIONES DE ARENAS LIMOSAS Y GRAVAS, INCLINADAS Y ONDULANTES, DEJADAS POR LOS RÍOS, QUE BAJAN Y PIERDEN VELOCIDAD AL ENTRAR EN LA PLANICIE.

LOS LAGOS ACTÚAN COMO DEPÓSITOS DE SEDIMENTACIÓN PARA LAS CORRIENTES QUE A ELLOS LLEGAN. ES COMÚN QUE CUANDO EL RÍO ENTRA AL LAGO TIENDA A DEPOSITAR EN LA ORILLA LOS SEDIMENTOS MÁS GRUESOS QUE AÚN TRAIGA EN SUSPENSIÓN, DEPENDIENDO

EL TAMAÑO DEL RÉGIMEN ANTERIOR DEL RÍO; DE ESTA MANERA, ES FRECUENTE QUE LA DESEMBOLCADURA DEL RÍO EN EL LAGO FORME UN DELTA MÁS O MENOS IMPORTANTE, EN EL QUE SERÁ POSIBLE ENCONTRAR ARENAS O LIMOS. LOS SEDIMENTOS MÁS FINOS PENETRAN EN LAGO CON EL AGUA DEL RÍO Y SE DEPOSITAN EN ZONAS MÁS PROFUNDAS. EN ÉPOCAS DEL AÑO DE AGUAS ABUNDANTES EL DEPÓSITO PRINCIPAL ESTÁ FORMADO POR EL MATERIAL LIMOSO QUE HAYA ALCANZADO A ENTRAR AL LAGO Y LAS ARCILLAS MÁS GRUESAS, PERO LAS ARCILLAS MÁS FINAS SE DEPOSITAN MÁS BIÉN EN LAS ÉPOCAS DE ESTIAJE, CUANDO LAS AGUAS DEL LAGO ESTÁN MÁS TRANQUILAS. POR LO ANTERIOR, LOS DEPÓSITOS LACUSTRES SUELEN SER ESTRATIFICADOS, CON CAPAS BASTANTE HOMOGÉNEAS DE MATERIALES FINOS, EN LAS QUE SE MANIFIESTA CIERTA TENDENCIA A UNA ALTERNANCIA DE ESTRATOS LIMO ARCILLOSOS CON OTROS DE ARCILLAS MUY FINAS. EL ESTANCAMIENTO DE LAS ZONAS LACUSTRES SUELE PROPICIAR LA DEPOSICIÓN DE MATERIA ORGÁNICA, POR LO QUE NO ES RARO QUE EN LOS DEPÓSITOS LACUSTRES HAYA SUELOS DE TAL NATURALEZA O TURBAS, GENERALMENTE ESTAS ÚLTIMAS EN LAS PARTES MÁS SUPERFICIALES. TAMBIÉN, ES COMÚN LA PRESENCIA DE ESQUELETOS SILICOSOS DE MICROORGANISMOS Y CONCHAS CALCÁREAS, QUE SE INCORPORAN AL CONJUNTO.

EN MÉXICO ES RELATIVAMENTE FRECUENTE ENCONTRAR DEPÓSITOS LACUSTRES EN LUGARES DONDE EL CORRESPONDIENTE LAGO HA DESAPARECIDO DESDE HACE MUCHO TIEMPO, DANDO LUGAR A ZONAS MUY PROBLEMÁTICAS, TANTO DESDE EL PUNTO DE VISTA DE CIMENTACIÓN DE OBRAS VIALES, COMO DE LOCALIZACIÓN DE BANCOS DE MATERIALES APROPIADOS.

EN MÉXICO AL IGUAL QUE EN OTRAS PARTES, SON RELATIVAMENTE FRECUENTES EN ZONAS DESÉRTICAS Y MONTAÑOSAS, RÍOS QUE NO DESEMBOCAN EN NINGÚN CUERPO DE AGUA, SINO QUE DESAPARECEN, - EXTENDIÉNDOSE EN UNA ZONA PLANA, EN LA CUAL FORMAN UN VERDADERO ABANICO ALUVIAL. NATURALMENTE SE TRATA DE RÍOS DE RÉGIMEN TORRENCIAL MUY ESPORÁDICO, QUE NO HAN TENIDO AÚN LA OPORTUNIDAD DE LABRARSE UN CAUCE COMPLETO Y QUE, AL PERDER ABRUPTAMENTE EL CONFINAMIENTO QUE TENÍAN EN EL TRAYECTO MONTAÑOSO, QUEDAN SIN CAPACIDAD DE TRANSPORTE. EN ESTOS ABANICOS ALUVIALES SE DEPOSITAN AL MISMO TIEMPO PRÁCTICAMENTE TODOS LOS SEDIMENTOS QUE TRAIGA EL RÍO, SIN NINGUNA CLASIFICACIÓN POR TAMAÑOS, POR LO QUE EN ELLOS PUEDE ENCONTRARSE DEPÓSITOS MUY HETEROGÉNEOS CON ABUNDANCIA DE GRAVA, ARENAS Y LIMOS.

EL VIENTO ES OTRO ELEMENTO DE TRANSPORTE FUNDAMENTAL; - ARRASTRA SOBRE EL SUELO PARTÍCULAS RELATIVAMENTE GRUESAS Y - SUSPENDE Y TRANSPORTA LIMOS Y ARENAS MUY FINAS. LA DISTANCIA DE ACARREO DEPENDE DEL TAMAÑO DE LA PARTÍCULA Y DE LA FUERZA DEL VIENTO, VARÍA DESDE PEQUEÑOS TRECHOS DE ALGUNOS METROS, HASTA MUCHOS KILÓMETROS.

UN DEPÓSITO EÓLICO MUY TÍPICO ES EL LOESS. EL ORIGEN DE LOS LOESS SUELE ESTAR EN DEPÓSITOS GLACIALES O EN ZONAS DESÉRTICAS, A PARTIR DE LOS CUALES SOBREVINO EL TRANSPORTE DEL VIENTO; EL LOESS PRIMARIO ESTÁ FORMADO POR PARTÍCULAS DE LIMO TAL COMO EL VIENTO LAS DEPOSITÓ, SIN NINGUNA ALTERACIÓN QUÍMICA POSTERIOR, EN TANTO QUE EN EL LOESS SECUNDARIO HA HABIDO YA ALTERACIÓN QUÍMICA, GENERALMENTE POR EL AGUA. EL PREDOMINIO, DE LAS PARTÍCULAS DE LIMO ES GRANDE EN TODOS LOS

LOESS, PUES LAS ARENAS GENERALMENTE SON DEMASIADO GRUESAS PARA SUFRIR TANTO TRANSPORTE AEREO Y LAS ARCILLAS SE DEFIENDEN MUCHO MÁS DEL EMBATE DEL VIENTO. AL DEPOSITARSE, LAS PARTÍCULAS ADQUIEREN UNA ESTRUCTURA PANALOIDE EXTREMADAMENTE SUELTA, EN CUYOS NEXOS SUELEN DEPOSITARSE ARCILLAS, CARBONATOS DE CALCIO Y ÓXIDOS DE HIERRO, QUE DAN AL CONJUNTO BUENA ESTABILIDAD, QUE SE PIERDE SI EL AGUA LAVA Y DISUELVE ESAS LIGAS. POR ESTA CAUSA, MUCHOS INGENIEROS PREFIEREN, CON RAZÓN, EXPONER LOS LOESS EN CORTES VERTICALES, OBTENIENDO MEJORES RESULTADOS QUE CON TALUDES INCLINADOS, MÁS EXPUESTAS A LAS LLUVIAS.

LOS LOESS SON BUENOS Y ABUNDANTES BANCOS PARA MATERIALES DE TERRACERÍA, PERO PUEDEN PRESENTAR PROBLEMAS DE REBOTE ELÁSTICO CUANDO SE USAN EN LA CAPA SUBRASANTE, POR LO QUE NO CONVIENE ACEPTARLOS PARA ESTE FIN SIN PRUEBAS ESPECIALES. EN GENERAL, EL MATERIAL ES MUY SENSIBLE A LA COMPACTACIÓN, LA CUAL PUEDE MEJORAR GRANDEMENTE SU COMPORTAMIENTO MECÁNICO. COMO QUIERA QUE LOS LOESS APARECEN EN AMPLIAS EXTENSIONES Y DEPÓSITOS PROFUNDOS, EN LAS ZONAS CUBIERTAS POR ELLOS NO SUELEN APARECER OTROS MATERIALES, POR LO QUE ÉSTOS DEBERÁN BUSCARSE O FUERA DE LA FORMACIÓN O EN CERROS NO CUBIERTOS; POR SU GRAN POROSIDAD, LAS AGUAS SUPERFICIALES SE INFILTRAN, DE MANERA QUE EN LAS ZONAS DE LOESS, SOBRE TODO PRIMARIOS, TAMPOCO HABRÁ ARROYOS SUSCEPTIBLES DE PROPORCIONAR GRAVAS O ARENAS.

OTRA FORMACIÓN EÓLICA TÍPICA SON LOS MÉDANOS DE ARENA, FUENTE OBVIA, DE ESTE MATERIAL, AUNQUE LA CANTIDAD QUE PUEDE

OBTENERSE NO ESTÁ MUCHAS VECES EN CORRESPONDENCIA CON LA CALIDAD, PUES LA ARENA RESULTA DEMASIADO UNIFORME PARA MUCHOS USOS.

LOS DEPÓSITOS GLACIALES SON OTRA FUENTE POSIBLE DE MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN, AÚN CUANDO EN MÉXICO SEAN ESCASOS. PUEDEN SER FORMADOS DIRECTAMENTE POR EL HIELO EN MOVIMIENTO O POR LAS AGUAS DEL DESHIELO. GENERALMENTE, EN EL PRIMER CASO, SON DEPÓSITOS MUY HETEROGÉNEOS QUE ADQUIEREN LA FORMA DE UN CONJUNTO DE BOLEOS, EMPACADOS EN UNA MATRIZ ARENO-ARCILLOSA. EN EL CASO DE LOS DEPÓSITOS FORMADOS POR EL AGUA DE DESHIELO, SU NATURALEZA ES MUCHO MÁS PARECIDA A UN DEPÓSITO FLUVIAL, SI BIEN LA CAPACIDAD DE ARRASTRE DE GRUESOS ES EN LOS GRACIARES, MAYOR.

LOS SUELOS RESIDUALES CONSTITUYEN OTRA FRECUENTE FUENTE DE MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN, CUYA NATURALEZA VARÍA MUCHO DE ACUERDO CON LA NATURALEZA DE LA ROCA MADRE Y EL GRADO DE ALTERACIÓN SUFRIDO. EN GENERAL, LAS ROCAS SEDIMENTARIAS PRODUCEN SUELOS MUY ARCILLOSOS, EXCEPTUANDO LAS ROCAS MUY SILICOSAS. LAS ROCAS ÍGNEAS PUEDEN PRODUCIR SUELOS ARENOSOS O ARCILLOSOS DEPENDIENDO DE LO SECO O HÚMEDO QUE SEA EL AMBIENTE DE ALTERACIÓN; LAS ROCAS DE NATURALEZA ÁCIDA TIENEN MAYOR TENDENCIA A PRODUCIR SUELOS GRANULARES, EN TANTO QUE LAS DE NATURALEZA BÁSICA DEVIENEN CASI SIEMPRE EN ARCILLAS.

ES COMÚN QUE LOS SUELOS RESIDUALES CONTENGAN PARTÍCULAS DE TODOS LOS TAMAÑOS, PUESTO QUE NO HAN SUFRIDO NINGÚN PROCESO DE SELECCIÓN COMO LOS QUE PRODUCEN LOS MEDIOS DE TRANSPORTE YA ANTERIORMENTE TRATADOS, DEPENDIENDO DEL TAMAÑO PREDOMINANTE.

MINANTE, ESTAS FORMACIONES RESIDUALES PUEDEN SER FUENTES DE -  
ABASTECIMIENTO DE MATERIALES PARA TERRACERÍAS O SUBRASANTES.  
EN GENERAL, PARA ESTE ÚLTIMO CASO ES NECESARIO SOMETERLOS A  
UN PROCESO DE ELIMINACIÓN A MANO DE FRAGMENTOS DE ROCA MÁ S O  
MENOS INTEMPERIZADO, MAYORES DE 7.5 CM.

#### 4. EXPLOTACIÓN DE BANCOS.

LA EXPLOTACIÓN DE BANCOS SE HACE UTILIZANDO DETERMI  
NADOS EQUIPOS CON CARACTERÍSTICAS Y USOS BIEN ESTABLECIDOS -  
POR LA EXPERIENCIA PREVIA DE CONSTRUCCIÓN. LA SELECCIÓN DE  
EQUIPO ADECUADO PARA UN CASO PARTICULAR SERÁ FUNCIÓN DE TRES  
FACTORES FUNDAMENTALES:

- A) DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO.
- B) EL TIPO DE MATERIAL POR ATACAR.
- C) LA DISTANCIA DE ACARREO DEL MATERIAL.

ESTABLECIDA LA CLASE DE EQUIPO, SU TAMAÑO ES SOBRE TODO  
FUNCIÓN DEL VOLUMEN DE LA OBRA POR EJECUTAR, DEL TIEMPO EN -  
QUE DICHA OBRA DEBE REALIZARSE Y DEL ESPACIO DISPONIBLE PARA  
LAS MANIOBRAS.

EN MUCHOS PAÍSES DE DESARROLLO INDUSTRIAL LIMITADO EL -  
ASPECTO DE DISPONIBILIDAD DE EQUIPO RESULTA DECISIVO. EN LA  
ACTUALIDAD EXISTEN MÁQUINAS SUMAMENTE DIVERSIFICADAS, CUYA -  
UTILIZACIÓN CONJUNTA Y RACIONALMENTE PROGRAMADA PERMITE EX--  
PLOTACIONES MUY EFICIENTES Y ECONÓMICAS, PERO ES NORMA COMÚN  
EN MUCHAS NACIONES EL QUE NO PUEDA DISPONERSE EN FORMA GENE--  
RAL DE PARQUES DE MAGUINARIA TAN ESPECIALIZADOS. DE ESTA MA  
NERA, HACIENDO A UN LADO ALGUNAS NACIONES DE INDUSTRIALIZA--  
CIÓN MUY AVANZADA, LO COMÚN ES QUE LOS PROCESOS DE EXPLOTA--

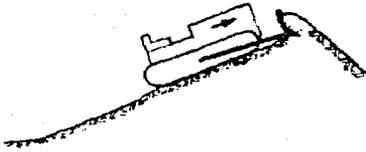
CIÓN DE BANCOS HAYAN DE HACERSE CON BASE EN ALGUNOS EQUIPOS TRADICIONALES, DE USO DIVERSO Y UTILIZACIÓN FRECUENTE. DE HECHO, DE NINGUNA MANERA DEBE EXCLUIRSE LA EXPLOTACIÓN MANUAL, CON PICO Y PALA.

EN LA FIGURA B-1 SE MUESTRA EN FORMA SIMPLEMENTE ESQUEMÁTICA ALGUNA DE LAS OPERACIONES QUE SUELE EXIGIR LA PREPARACIÓN DE UN BANCO, ANTES DE SER EXPLOTADO, QUE INCLUYEN EL DESMONTE Y LA LIMPIEZA SUPERFICIAL Y UN POSIBLE AFLOJE DE MATERIAL PARA FACILITAR LAS MANIOBRAS DE CARGA Y TRANSPORTE.

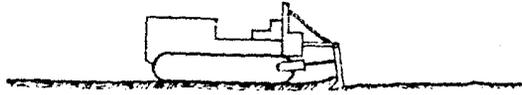
LA FIGURA B-2 ESQUEMATIZA ALGUNO DE LOS CASOS DE EXPLOTACIÓN CON PALA MECÁNICA, QUE ES UN EQUIPO DE USO FRECUENTE. EL ELEMENTO DE ATAQUE DE LA PALA ES MUY VARIABLE DE ACUERDO CON LA NATURALEZA Y LA POSICIÓN RELATIVA DEL BANCO. LA CUCHARA NORMAL SE USA PARA CARGAR MATERIALES ROCOSOS O SUELOS, CUANDO ESTÁN EN FRENTES VERTICALES O AMONTONADOS; LA OPERACIÓN CON DRAGA DE ARRASTRE SE UTILIZA CUANDO EL MATERIAL HA DE SER RECOGIDO, COMO SUCEDE CUANDO ESTÁ A NIVEL INFERIOR QUE LA MÁQUINA O CUANDO ESTÁ BAJO AGUA; LA ALMEJA ES ÚTIL CUANDO EN UNA MEZCLA DE ABUNDANTES FRAGMENTOS DE ROCA Y SUELOS, SE DESEA SELECCIONAR LOS PRIMEROS PARA SU UTILIZACIÓN.

EN LA FIGURA B-3 SE ESQUEMATIZA EL TRABAJO DE UN CARGADOR FRONTAL, MUY UTILIZADO EN LA PRÁCTICA DE LAS VÍAS TERRESTRES.

LAS FIGURAS B-4 Y B-5 MUESTRAN ESCREPAS, QUE PUEDEN SER AUTOCARGABLES O QUE SIRVEN ÚNICAMENTE PARA TRANSPORTAR (VAGONETAS), PERO QUE HAN DE SER CARGADAS EN UNA MANIOBRA ADICIONAL.



a) Limpieza del banco con tractor provisto de cuchillo frontal.



b) Preparación y alije del banco con arado

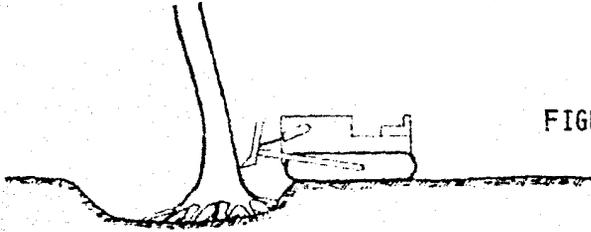
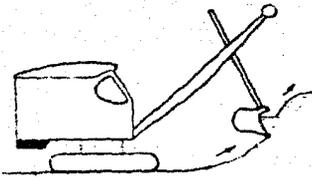
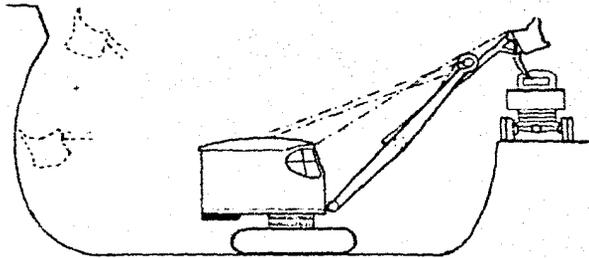


FIGURA B-1

c) Desmonte

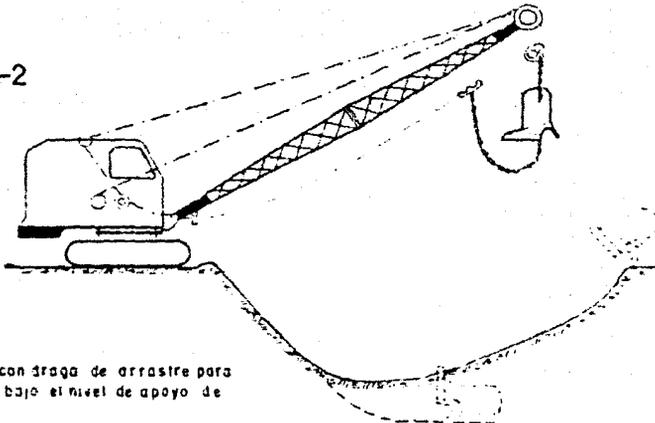


a) Operación normal en un depósito de voladura



b) Operación en frente vertical

FIGURA B-2



c) Operación con grúa de arrastre para materiales bajo el nivel de apoyo de la máquina

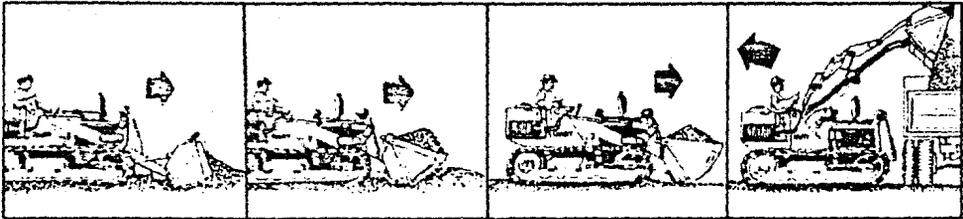


FIGURA B-3



FIGURA B-4



FIGURA B-5

Es de señalar el uso cada vez mayor que se está haciendo de tractores pesados con arados para fragmentar los materiales hasta un grado tal que puedan ser removidos por el propio tractor o por otras máquinas, evitando así operaciones de barrenación y uso de explosivos, que siempre son más lentas y costosas. El tractor se utiliza también como máquina excavadora y empujadora, por efecto de su cuchillas frontal, estando limitada la primera acción generalmente a no más de 50 cm.; para estos trabajos suele recurrirse casi siempre al tractor de orugas, quedando reservado el de llantas neumáticas para maniobras de remolque de equipo de transporte a distancias cortas (entre 150 m. y 2,500 m.).

En la construcción pesada se impone cada vez más la utilización de escrepas auto-propulsadas y autocargables, cuando la naturaleza del material permite su operación, pues obviamente resultan equipos muy rápidos y versátiles en lo que se refiere tanto al material que con ellos se puede manejar, como a la distancia a que es económico efectuar el acarreo. Es frecuente que se ayude su capacidad de autocarga empujándolas con un tractor, el cual se emplea en la disgregación del material durante el tiempo de acarreo de la motoescrepa. Las escrepas no autopropulsadas se emplean remolcadas, generalmente por tractores de llantas y operan eficientemente en distancias de acarreo cortas.

También se ven cada vez con mayor frecuencia en los bancos de materiales cargadores frontales de brazos articulados, bien sea de orugas o sobre llantas; los primeros son más po-

TENTES Y CAPACES DE TRABAJAR CON FRAGMENTOS DE ROCA MÁS GRANDES O EN TERRENOS MÁS DUROS, PARA LOS SEGUNDO SON MÁS RÁPIDOS EN LAS IDAS Y VENIDAS Y SOBRE TODO EN LOS GIROS. ACARREOS MUY CORTOS, DE MENOS DE CIENTO METROS SE HAN HECHO DIRECTAMENTE CON EL CARGADOR.

LA PALA MECÁNICA EXIGE FRENTE DE ATAQUE BIEN DEFINIDOS Y DE VOLÚMENES ABUNDANTES, DE MANERA QUE NO HAYAN DE SER TRANSLADADAS CON FRECUENCIA. LA GRAN MAYORÍA OPERA SOBRE ORUGAS, LO QUE PERMITE QUE SE ADAPTEN A CUALQUIER TIPO DE TERRENO, AÚN CON PENDIENTES MUY FUERTES, CONSERVANDO SIEMPRE BUENA ESTABILIDAD; LAS PALAS SOBRE LLANTAS TIENEN MUCHA MAYOR CAPACIDAD DE TRANSLACIÓN, PERO SON INFERIORES EN LAS CUALIDADES NOMBRADAS INMEDIATAMENTE ATRÁS.

EL TRANSPORTE DE LOS MATERIALES SUELE HACERSE EN LAS VÍAS TERRESTRES CASI UNIVERSALMENTE EN CAMIÓN. SE EXCEPTÚAN LOS ACARREOS MUY CORTOS O LOS MUY LARGOS; EN LOS PRIMEROS, PUEDEN UTILIZARSE VAGONETAS HALADAS, TRACTOR DE LLANTAS U OTROS ELEMENTOS SIMILARES, EN TANTO QUE EN LOS ACARREOS MUY LARGOS, EL FERROCARRIL O EL TRANSPORTE FLUVIAL O MARÍTIMO SUELEN SER MÁS ECONÓMICOS.

EN LA EXPLOTACIÓN DE LOS BANCOS ES FUNDAMENTAL ESTABLECER UNA RELACIÓN ADECUADA ENTRE LA CAPACIDAD DE LAS MÁQUINAS REMOVEDORAS Y EXCAVADORAS Y LOS ELEMENTOS DE TRANSPORTE; SOLO ASÍ PODRÁN EVITARSE COSTOSAS INTERFERENCIAS O TIEMPOS OCIOSOS. CONVIENE QUE LA CAPACIDAD DE LA CAJA DE LOS VEHÍCULOS TRANSPORTADORES SEA UN MÚLTIPLO ENTERO DE LA CAPACIDAD DEL ELEMENTO QUE EXCAVA O CARGA.

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

LA INGENIERÍA DE SUELOS EN LAS VÍAS TERRESTRES, CARRETERAS, FERROCARRILES Y AEROPISTAS, VOLUMEN I - ALFONSO RICO Y HERMILO DEL CASTILLO. - LIMUSA - 1981.

LA INGENIERÍA DE SUELOS EN LAS VÍAS TERRESTRES, CARRETERAS, FERROCARRILES Y AEROPISTAS, VOLUMEN II - ALFONSO RICO Y HERMILO DEL CASTILLO. - LIMUSA - 1981.

MECÁNICA DE SUELOS, TOMO I - JUÁREZ BADILLO Y RICO RODRÍGUEZ. - LIMUSA - 1976.

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE MATERIALES PÉTREOS Y SUELOS - SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS - 1965.

METODOLOGÍA PARA EL ANTEPROYECTO DE CAMINOS - SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS.

ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN, PARTE SEGUNDA - SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS - 1971.