LIBRO: **PRY. PROYECTO**

TEMA: **CAR. Carreteras**

PARTE: ***1. ESTUDIOS***

TÍTULO: 02. Estudios Geotécnicos

CAPÍTULO: *010. Determinación de las Características de los Suelos y Rocas, para el Cálculo del Diagrama de Masas*

A. CONTENIDO

Esta Norma contiene los criterios generales para determinar las características de los suelos y rocas, que se presentan en el informe geotécnico para el cálculo de la curva masa, en el proyecto de una carretera, que se indican en la Norma N·PRY·CAR·1·02·001, *Ejecución de Estudios Geotécnicos*.

B. DEFINICIONES

B.1. MATERIAL EXCAVABLE (E)

Es aquel conformado por suelos y fragmentos menores de roca que subyacen en la corteza terrestre, que pueden ser removidos y transportados utilizando medios mecánicos convencionales.

COMUNICACIONES
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

B.2. MATERIAL NO EXCAVABLE (NE)

Es aquel conformado por macizos rocosos y fragmentos de roca que subyacen en la corteza terrestre, que no pueden ser removidos y/o excavados con equipos convencionales requiriendo equipo especializado, explosivos y/o químicos expansivos, para ser removidos posteriormente con equipos de construcción convencionales por medios mecánicos.

C. REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las siguientes:

NORMAS Y MANUAL	DESIGNACIÓN
Ejecución de Estudios Geotécnicos	N·PRY·CAR·1·02·001
Exploración Directa del Subsuelo	N·PRY·CAR·1·02·003
Exploración Indirecta del Subsuelo	N·PRY·CAR·1·02·004
Prospección por Refracción Sísmica	N·PRY·CAR·1·02·005
Presentación del Estudio Geotécnico	N·PRY·CAR·1·02·015
Materiales para Terraplén	N·CMT·1·01
Materiales para Subyacente	N·CMT·1·02
Materiales para Subrasante	N·CMT·1·03
Muestreo de Materiales para Terracería	M·MMP·1·01
Clasificación de Fragmentos de Roca y Suelos	M·MMP·1·02
Granulometría de Materiales Compactables para Terracerías	M·MMP·1·06
Límites de Consistencia	M·MMP·1·07

D. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE SUELOS Y ROCAS

Las características de suelos y rocas, obtenidos mediante exploración directa, durante la ejecución de estudios geotécnicos, a fin de definir su aprovechamiento o no para la elaboración del diagrama de masas a lo largo del eje de proyecto de una carretera, se realizará en el lugar de los sondeos o en laboratorio, según corresponda.

D.1. Se realizará el muestreo de los materiales en los sondeos efectuados mediante exploración directa, conforme lo indicado en la Norma N·PRY·CAR·1·02·003, *Exploración Directa del Subsuelo* o mediante exploración indirecta conforme lo establecido en la Norma N·PRY·CAR·1·02·004, *Exploración Indirecta del Subsuelo*, durante la ejecución de estudios geotécnicos, como se indica en la Norma N·PRY·CAR·02·001, *Ejecución de Estudios Geotécnicos* o mediante el análisis en campo o en laboratorio, de las muestras de materiales recabadas en esos sondeos, como se indica en el Manual M·MMP·1·01, *Muestreo de Materiales para Terracerías*.

D.2. Del análisis de materiales que se realice, tanto en el lugar en donde se lleven a cabo los sondeos como a través de pruebas de laboratorio, de las muestras de suelos obtenidas en los sondeos realizados, será necesario que el geotecnista determine los estratos en los que los materiales se encuentran en forma natural con apariencia homogénea, así como el espesor de cada estrato, para que el proyectista defina un perfil estratigráfico de los tipos de materiales existentes.

D.3. Para la clasificación de los suelos y rocas, se utilizará el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), cuyos criterios de identificación se indican en el Manual M·MMP·1·02, *Clasificación de Fragmentos de Roca y Suelos*.

COMUNICACIONES
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

D.4. En fragmentos de roca, cuyo tamaño es mayor de siete coma cinco (7,5) cm (3 in) y hasta doscientos (200) cm (80 in), la clasificación se efectuará en el lugar de la ejecución de los sondeos. Los fragmentos se identifican por su tamaño, forma, textura y grado de alteración, utilizando para ello las características que se indican en la Tabla 1 de esta Norma.

TABLA 1.- Características de fragmentos de roca

Característica	Requisito o aspecto
Tamaño	Grande: mayores de 75 cm y menores de 2 m Mediano: mayores de 20 cm y menores de 75 cm Chico: mayores de 7,5 cm y menores de 20 cm
Forma	Redondeada Subredondeada Angulosa Lajeada Acicular
Textura	Lisa Rugosa Muy rugosa
Grado de alteración	Sanos Alterados Muy alterados

D.5. En los suelos, la determinación de las características podrá efectuarse en campo en forma visual, por su color, olor y textura, o a través de pruebas de laboratorio que se aplican en las muestras recabadas en los sondeos efectuados. Las características requeridas de los suelos para efectuar la clasificación se indican en la Tabla 2 de esta Norma.

TABLA 2.- Características de los suelos

Tipo de pruebas	Característica[1]
En forma aproximada en el campo	Dilatancia Tenacidad Resistencia en estado seco
En el laboratorio	Granulometría simplificada Límites de consistencia

[1] Determinadas de acuerdo con los procedimientos contenidos en los Manuales que se señalan en la Cláusula C. de esta Norma.

E. CLASIFICACIÓN DE MATERIALES ATENDIENDO A SU DIFICULTAD DE EXTRACCIÓN

Para definir la dificultad de extracción de materiales en el cálculo del diagrama de masas, cuyos volúmenes se requiera extraer a lo largo del eje del proyecto, en la ejecución de los cortes y terraplenes de una carretera, el proyectista considerará uno o ambos criterios siguientes:

E.1. CRITERIO BASADO EN EL TIPO DE ROCAS Y SUELOS

Para la aplicación de este criterio, se requerirá efectuar la clasificación de las rocas y suelos, como se indica en la Fracción D. de esta Norma.

COMUNICACIONES
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

E.1.1. Material excavable (E)

Se considera todo material blando o suelto que puede ser extraído con escrepa de capacidad apropiada para ser jalada con tractor de tipo oruga, de sesenta y siete (67) a ochenta y dos (82) kilowatts (90 a 110 hp) en la barra, sin ayuda de arados o tractores empujadores, independientemente de que éstos últimos se utilicen para obtener mayor rendimiento. Se consideran como material excavable los suelos de cultivo, los limos y las arenas; pero también se consideran dentro de este tipo, los suelos poco o nada cementados, con partículas de hasta siete coma cinco (7,5) centímetros (3 in).

También se considerará material excavable a aquellos que por la dificultad de extracción y carga, sólo pueden ser excavados eficientemente por tractor de orugas con cuchilla de inclinación variable, de ciento once (111) a ciento diecinueve (119) kilowatts (149 a 160 hp) en la barra, o con pala mecánica de capacidad mínima de un (1) metro cúbico, sin el uso de explosivos, aunque por conveniencia se utilicen éstos para aumentar el rendimiento; o bien, que pueden ser aflojados con arado de seis (6) toneladas jalado con tractor de orugas, de ciento cuatro (104) a ciento diecinueve (119) kilowatts (140 a 160 hp) en la barra. Además, se considera como material excavable los fragmentos de roca menores de setenta y cinco (75) centímetros y que son mayores de siete coma cinco (7,5) centímetros (3 in). Los materiales comúnmente clasificables como material excavable, considerando las condiciones antes descritas, son las rocas muy o medianamente alteradas, que presenten alto grado de fracturamiento, conglomerados medianamente cementados, areniscas blandas y tepetates.

E.1.2. Material no excavable (NE)

Todo aquel material que, por su dificultad de extracción, sólo puede ser excavado mediante el uso de explosivos, se considera un material no excavable (NE).

Son materiales no excavables las rocas ígneas y metamórficas sanas, con mediano o poco grado de fracturamiento, así como las areniscas y conglomerados fuertemente cementados. Entre los materiales no excavables, también se encuentran los fragmentos de roca sueltos con dimensión mayor de setenta y cinco (75) centímetros.

E.1.3. Criterios de clasificación en materiales mixtos

A los materiales que presenten mayor dificultad de extracción que los descritos como material excavable (E) pero menor que los descritos como material no excavable (NE), se les fijará una clasificación intermedia, de acuerdo con la dificultad que hayan presentado para su extracción y carga, asignando porcentajes de material E y NE, respectivamente, en proporción con las características medias del material con que se trate. La clasificación de los materiales se realizará considerando lo siguiente:

E.1.3.1. Para clasificar un material se tomará en cuenta la dificultad que haya presentado para su extracción y carga, clasificándolo en material excavable (E) y no excavable (NE), mencionando los dos tipos de material que se encontraron, comenzando por el porcentaje de material excavable (E) seguido del porcentaje de material no excavable (NE). Por ejemplo, un suelo poco o nada cementado, con partículas menores de siete coma cinco (7,5) centímetros se clasificará 100-0, es decir, cien (100) por ciento material excavable (E) y cero (0) por ciento de material no excavable (NE). Otro ejemplo puede ser un material semejante al anterior, pero que se clasifique 50-50, es decir, cincuenta (50) por ciento de material excavable (E) y cincuenta (50) por ciento de material no excavable (50).

E.1.3.2. Si el corte por clasificar está compuesto por materiales de diferente grado de dificultad para su extracción cuando muestren separación definida, cada material se clasificará por separado, tomando en cuenta los volúmenes parciales; posteriormente se definirá la clasificación general resultante para el volumen total, considerando siempre si se trata de material excavable (E) y material no excavable (NE). Por ejemplo, una capa de material excavable (E) que corresponda a una clasificación 100-0, con un volumen equivalente al treinta (30) por ciento, colocado sobre un material que represente una clasificación como material no excavable (NE), o sea 0-100, el volumen total se clasificará 30-70.

E.1.3.3. Cuando no sea posible hacer la clasificación separada de cada uno de los materiales encontrados, se fijará a todo el volumen del corte una clasificación representativa de la extracción y carga, considerando siempre los dos materiales: excavable (E) y no excavable (NE), aun cuando para alguno de ellos corresponda cero (0).

E.1.3.4. Cuando el corte por clasificar esté formado por material no excavable (NE), alternado en capas o con bolsas de material excavable (E), en proporción tal que el material no excavable (NE) constituya por lo menos el setenta y cinco (75) por ciento del total, el conjunto se clasificará como material no excavable (NE). En aquellos casos en que la disposición de los materiales y el espesor de sus capas sea tal que permita atacarlos con eficiencia aisladamente, los distintos volúmenes se clasificarán por separado, aun cuando el material no excavable (NE) sea igual o mayor a setenta y cinco (75) por ciento, del volumen total del corte por clasificar.

E.2. CRITERIO BASADO EN ESTUDIOS DE PROSPECCIÓN POR REFRACCIÓN SÍSMICA

Para la aplicación de este criterio, se efectuarán estudios de prospección por refracción sísmica a lo largo del eje del trazo proyectado, en las zonas de cortes o en las zonas de túneles, como se indica en la Norma N·PRY·CAR·1·02·005, *Prospección por Refracción Sísmica*.

E.2.1. Material excavable (E)

Es aquel material que, al ejecutar un estudio de prospección sísmica, presenta una velocidad de propagación de las ondas sísmicas, menor o igual de dos mil quinientos (2 500) metros por segundo.

E.2.2. Material no excavable (NE)

Es aquel material que, al ejecutar un estudio de prospección sísmica, presenta una velocidad de propagación de las ondas símicas, mayor de dos mil quinientos (2 500) metros por segundo.

E.2.3. Criterios de clasificación de materiales mixtos

Los criterios indicados en el Inciso E.1.3 de esta Norma, también son aplicables a la clasificación de suelos y rocas, mediante estudios de prospección por refracción sísmica.

F. APROVECHAMIENTO DE ROCAS Y SUELOS PARA TERRACERÍAS

El proyectista definirá en el cálculo del diagrama de masas, los volúmenes de materiales producto de cortes, así como, aditivos y estabilizadores que mejoren las características del suelo y puedan ser incorporados y utilizados en la formación de las terracerías, considerando los aspectos que se indican a continuación.

F.1. MATERIALES PARA CUERPO DE TERRAPLÉN

Las rocas y suelos existentes en las zonas de cortes o en las de túneles, podrán ser aprovechados para la formación de terracerías, en el cuerpo de terraplén, cuando sus características de calidad cumplan con los requisitos indicados en la Norma N·CMT·1·01, *Materiales para Terraplén*.

COMUNICACIONES
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

F.2. MATERIALES PARA CAPA SUBYACENTE

Los suelos existentes en las zonas de cortes o en las de túneles, podrán ser aprovechados para la formación de terracerías, en la capa subyacente, cuando sus características de calidad cumplan con los requisitos indicados en la Norma N·CMT·1·02, *Materiales para Subyacente*.

F.3. MATERIALES PARA CAPA SUBRASANTE

Los suelos existentes en las zonas de cortes o en las de túneles, podrán ser aprovechados para la formación de terracerías, en la capa subrasante, cuando sus características de calidad cumplan con los requisitos indicados en la Norma N·CMT·1·03, *Materiales para Subrasante*.

G. INFORME DE RESULTADOS

El proyectista presentará las características de rocas y suelos determinados en la ejecución de estudios geotécnicos, en un informe técnico, como se indica en la Norma N·PRY·CAR·1·02·015, *Presentación del Estudio Geotécnico*, a fin de definir el aprovechamiento o desperdicio de los materiales a través del cálculo de volúmenes en el diagrama de masas de un proyecto de carretera.

COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA
Dirección General de Servicios Técnicos
Av. Coyoacán 1895
Col. Acacias, Benito Juárez, 03240
Ciudad de México
www.gob.mx/sct