

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA



TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO DE MINAS Y METALURGISTA**

## **MANUAL DE LABORATORIO DE AGREGADOS PARA CONCRETO Y EXPLOTACIÓN DE CANTERAS ENFOCADO AL PEQUEÑO Y MEDIANO MINERO**

Por: Ricardo Alan Mata Larios

Director de Tesina: Ing. Miguel Idefonso Vera Ocampo

DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA  
DEPARTAMENTO DE EXPLOTACIÓN DE MINAS Y METALURGIA

“Todo hombre debe decidir alguna vez si se lanza a triunfar arriesgándolo todo, o se sienta a contemplar el paso de los triunfadores”

-Juan Antonio Montiel-

Maratonista

“Si caes es para levantarte, si te levantas es para seguir, si sigues es para llegar a donde quieres ir y si llegas, es para saber que lo mejor esta por venir...”

-Elbano mendoza-

Profesor egresado de la Upel-Maracay en la especialidad de ingles. Venezuela

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero utilizar este espacio de mi trabajo para dar gracias infinitamente a Dios, por darme la oportunidad de estar vivo y permitirme tener el apoyo, la salud, el tiempo y los recursos para estudiar Ingeniería de Minas y Metalurgia, a quien ruego su bendición para alcanzar el éxito.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Ingeniería, al Ing. Miguel Ildelfonso Vera Ocampo, M.I. José Enrique Santos Jallath, M.A. Gabriel Ramírez Figueroa, M.I. Sergio Tirado Ledesma, Ing. Mauricio Mazari Hiriart y todos mis profesores en el largo camino, por brindarme el conocimiento y las herramientas para poder ser un profesionista que trabaje por el bien de México.

Le doy las gracias a mis padres, Ricardo Jesús Mata Pérez y Sandra Larios Morán, quienes gracias a su amor y apoyo, tengo la fortuna de ser universitario... la vida entera no me alcanza para agradecerles todo el esfuerzo y sacrificio que han hecho por mi hermana y por mí, Dios nos dio los mejores padres, los amo.

A mis amados y preciosos abuelos, Ing. Angel Larios Sanjuanico y Julia Morán Estrada, son también mis padres y les debo gran parte de ésta pequeña meta, los amo. A mis hermanos, Lic. Pamela Sinaid Mata Larios e Ing. Antonio Colchado Argumedo que han sido un gran ejemplo a seguir, a mi querido tío, Lic. Víctor Javier Larios Morán, a mí querida familia Villanueva y Larios Valdes. A quien ha sujetado mi mano en los mejores y peores momentos, mi consejera y el amor de mi vida, Dra. Karla Yolanda González Villanueva.

Gracias por todo el tiempo que me han permitido estar en sus vidas.

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	6
Justificación	7
Objetivo	11
Metodología	11
Metas	12
<b>CAPÍTULO 1. ASPECTOS GENERALES</b>	13
1.1 Concreto	13
1.2 Especificaciones para concreto de acuerdo a diferente normatividad	14
1.3 Normas American Society for Testing Materials (ASTM)	14
1.4 Normatividad Mexicana	15
1.4.1 Norma Oficial Mexicana (NOM)	15
1.4.2 Norma Mexicana (NMX)	16
<b>CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS</b>	17
2.1 Composición de los agregados	17
2.2 Terminología de agregados	18
2.3 Terminología ASTM	19
2.4 Características físicas y químicas de los agregados	20
2.5 Influencia de los agregados dentro del concreto	21
<b>CAPÍTULO 3. CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS</b>	22
3.1 Características intrínsecas	24
3.2 Características modificables	26
<b>CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE AGREGADOS</b>	28
4.1 Instalaciones de un laboratorio	28
4.2 Equipo de un laboratorio	31
4.3 Acreditación de un laboratorio	38
4.3.1 Entidad Mexicana de Acreditación (EMA)	38
4.3.2 Organización Internacional para Estandarización (ISO 9001)	39
<b>CAPÍTULO 5. PRUEBAS Y PROCEDIMIENTOS</b>	40
5.1 Granulometría	41
5.2 Densidad de arenas	43
5.3 Densidad de gravas	48
5.4 Límites de consistencia y contracción lineal	51
5.5 Masa volumétrica	56
5.6 Pérdidas por lavado	59
5.7 Abrasión de los Ángeles	62
5.8 Contenido de materia orgánica	65
5.9 Cuarteo de muestras con cuarteador mecánico	67
5.10 Cuarteo de muestras manual	69
5.11 Base de datos para resultados obtenidos en las pruebas	70

<b>CAPÍTULO 6. EXPLOTACIÓN DE CANTERAS</b>	71
6.1 Canteras	71
6.2 Características de las canteras	72
6.3 Principales rocas extraídas en canteras	73
6.4 Clasificación de los tipos de explotación de canteras	73
6.5 Características intrínsecas del yacimiento	73
6.6 Características extrínsecas del yacimiento	74
6.7 Métodos de explotación de canteras	74
6.7.1 Canteras en ladera	74
6.7.2 Canteras en terreno horizontal	75
6.8 Ciclo de minado	76
6.8.1 Barrenación y voladura	78
6.8.2 Rezagado, cargado y acarreo	89
6.9 Equipos de producción	91
6.10 Cálculo de reservas	95
<b>CAPÍTULO 7. FINANCIAMIENTO Y TRÁMITES MINEROS</b>	96
7.1 Fondo Nacional de Apoyo para las Empresas en Solidaridad (FONAES)	96
7.2 Fideicomiso de Fomento Minero (FIFOMI)	97
7.2.1 Tipos de crédito	98
7.2.2 Crédito directo	102
7.3 Procedimiento para realizar trámites mineros	103
7.4 Concesión minera	106
<b>CONCLUSIONES</b>	109
<b>APÉNDICE</b>	112
<b>GLOSARIO</b>	119
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	123

## INTRODUCCIÓN

México cuenta con una amplia tradición minera. Su territorio posee una gran riqueza y un alto potencial minero.

En nuestro país, la minería no metálica cuenta con un gran potencial, ya que la sociedad se encuentra en constante crecimiento y para la industria de la construcción, uno de sus principales materiales son los agregados pétreos.

En todos los estados de la república, encontramos pequeña y mediana minería, la cual se realiza en muchas ocasiones de manera insegura y poco productiva, por lo tanto, los agregados extraídos en dichas canteras o bancos de producción no cuentan con la acreditación para ser utilizados en construcciones importantes de las que se hacen cargo grandes empresas.

Aplicando conocimientos de ingeniería, se elabora un manual cuyo contenido, guíe a los pequeños y medianos mineros en los trámites para realizar una explotación legal y en regla, así como realizar una explotación segura que sea productiva y los procedimientos para certificar que los agregados que se busca comercializar, son de calidad y cumplen con la normatividad establecida en nuestro país.

Los agregados dentro del concreto representan del 60-85% del volumen total de la mezcla (70-85% del peso) y consisten en partículas con la resistencia adecuada y no deben contener materiales que pudieran causar daños o deterioro del concreto aplicado en obra.

Se define como explotación de canteras a la extracción de materiales y agregados que serán utilizados en la industria de la construcción y obras civiles. Una cantera es una explotación minera que se realiza a cielo abierto, donde es posible extraer rocas industriales, ornamentales o agregados pétreos, por medio de obras localizadas sobre el nivel topográfico natural de la zona, donde exista afloramiento de roca, y una capa vegetal que debe ser removida para realizar la explotación minera, a través de bancos descendentes hasta el límite del yacimiento.

Las canteras deben satisfacer las necesidades locales donde sea requerido material de construcción, como el caso de carreteras, edificios, localizando la explotación de una nueva cantera en las cercanías de la obra y cubrir el suministro de material necesario para la dicha obra.

## Justificación

Actualmente es muy común observar, a pie de carretera, pequeños bancos de material o explotaciones a pequeña escala realizadas por personas no calificadas que cubren la demanda de una sola persona o una pequeña población. Este tipo de explotaciones se realizan en terrenos de particulares, las cuales pueden llegar a ser ilegales y sin bases de ingeniería adecuadas que podrían afectar el medio ambiente y la seguridad de quien las trabaje (figura 1 y 2).

Por el motivo mencionado, se elabora un manual de lectura fácil, que guíe al pequeño y mediano minero para iniciar o transformar su explotación en una cantera que cumpla con todos los trámites que son requisitos para ser una empresa y explotación legal, así como ayudar a realizar labores de minado que sean seguros y productivos.

Para que los productos obtenidos en las canteras o bancos de producción de pequeños y medianos mineros obtengan un valor agregado y alcancen la meta de ser una gran empresa, el manual explica detalladamente las pruebas que se deben de practicar en los agregados para garantizar calidad y que cumpla con la normatividad mexicana.



**Figura 1.** Ejemplo de un banco de materiales a pie de carretera. (Google maps)





**Figura 2.** Banco de material para satisfacer la demanda de agregados de poblados cercanos en el estado de Querétaro.



**Tabla 1.** Cuento de explotaciones no metálicas en el país

<b>Estado</b>	<b>Concesionarios (minas y bancos de material)</b>	<b>Material</b>
Aguascalientes	21	Grava, arena, cantera, caliza mármol
Baja California	21	Grava, arena, caliza, granito
Baja California Sur	2	Yeso
Campeche	34	Grava, arena, caliche, yeso, material de relleno
Chiapas	26	Grava, arena, mármol, caliza, arcilla
Chihuahua	75	Grava, arena, caliza, arena, arcilla, yeso, caliche, tezontle
Coahuila	28	Caliza, dolomita, travertino, arena sílica
Colima	5	Caliza, yeso
Durango	36	Grava, arena, mármol,
Estado de México	30	Grava, arena, yeso
Guanajuato	48	Grava, arena, caliza, tezontle
Guerrero	20	Caliza, dolomita, yeso, mármol
Hidalgo	45	Grava, arena, caliza
Jalisco	17	Grava, arena, caliza, calcita
Michoacán	3	Cal, cantera
Morelos	32	Grava, arena, caliza, tezontle, toba
Nayarit	3	Grava, arena, calcita
Nuevo León	29	Caliza, calcita, dolomita, mármol, yeso
Oaxaca	5	Grava, arena, yeso, cantera, mármol, travertino
Puebla	55	Grava, arena, caliza, dolomita, yeso, travertino
Querétaro	23	Grava, arena, caliza, calcita, mármol
San Luis Potosí	46	Caliza, aluvi3n, dolomita
Tamaulipas	21	Grava, arena, caliza, cantera, travertino
Tlaxcala	24	Grava, arena, tezontle, cantera
Veracruz	73	Grava, arena, tezontle, cantera rosa, caolín
Zacatecas	34	Grava, arena, cantera,

[1]

La información se recolectó del Servicio Geológico Mexicano (SGM). Los estados que no están presentes en la tabla, es debido a que no hay información actualmente disponible en SGM.

Un laboratorio tiene un costo de acuerdo a las instalaciones y equipos que se deseen tener en él. Tomando como ejemplo el laboratorio de metalurgia de la Facultad de Ingeniería, el cual tiene un valor aproximado de \$500,000 hasta un laboratorio industrial con otro tipo de equipos puede llegar hasta \$1,000,000 de acuerdo a la industria a la que esté enfocado<sup>[28]</sup>

El análisis demuestra que la explotación de agregados pétreos, es de gran importancia económica en cada estado y la economía del país. La minería no metálica en estados como Aguascalientes, Baja California, Colima, Oaxaca, Estado de México, Veracruz es más grande e importante que la minería metálica.

Las grandes empresas como Cementos Mexicanos (CEMEX), Holcim-Apasco, Cementos Moctezuma, Lafarge, son las más importantes en la industria cementera de México y tienen en sus unidades laboratorios de pruebas físicas para agregados como es el caso del Centro de Tecnología de Cemento y Concreto (CTCC) de CEMEX. La mediana y pequeña minería, es abundante en todo el país y se debe incrementar el apoyo y la ingeniería en dichas explotaciones a fin de formar grandes empresas de capital mexicano que cubran necesidades estatales, nacionales o que lleguen a formar parte de canteras proveedoras de las empresas antes mencionadas y además, poder certificar su producto.

## **Objetivo**

Proporcionar una herramienta útil y fácil de usar, que le permita al pequeño y mediano minero, transformar una explotación artesanal en una explotación industrial.

Dar a conocer a los interesados en mejorar las condiciones de trabajo de una cantera o banco de material, la importancia de la Ingeniería de Minas para desarrollar industrias cada vez de mayor importancia económica

Aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de los estudios de la carrera de Ingeniería de Minas y Metalurgia, así como desarrollar nuevas habilidades que permitan comprender los métodos de explotación de canteras así como el trabajo y valor de un laboratorio de agregados y de esta forma poder ayudar cualitativamente el desarrollo de la industria de los agregados.

Describir de manera clara los procedimientos que se explican en la normatividad mexicana. De manera concreta enseñar los procesos y partes fundamentales de una explotación de materiales no metálicos.

Guiar al usuario en las opciones a las que puede recurrir para recibir un crédito financiero, así como para orientar en los trámites que deben de cubrirse para realizar una explotación minera.

## **Metodología**

Se aprenden y realizan pruebas físicas a muestras de agregados en un laboratorio, así como se recopila información teórica y práctica adquirida en canteras para elaborar el “Manual de laboratorio de agregados para concreto y explotación de canteras enfocado al pequeño y mediano minero” con la finalidad de que sea una herramienta que ayude al crecimiento y desarrollo de la industria de los agregados en beneficio de la sociedad abriendo puertas para Ingenieros de Minas y Metalurgistas.

## **Metas**

- Comprender que son los agregados, su normatividad presente, clasificación y sus diferentes características.
- Enlistar los requisitos para la instalación de un laboratorio de agregados para concreto, su acreditación y su equipamiento.
- Explicar detalladamente los procedimientos de las pruebas que forman parte de la caracterización de los agregados para que sean aprobados en el uso de la elaboración de concreto.
- Guiar en el proceso de la explotación de canteras con el fin de realizar explotaciones efectivas, productivas y seguras.
- Brindar una herramienta que guíe al usuario en su necesidad de obtener un crédito para la mejora o inicio de sus labores de explotación minera.

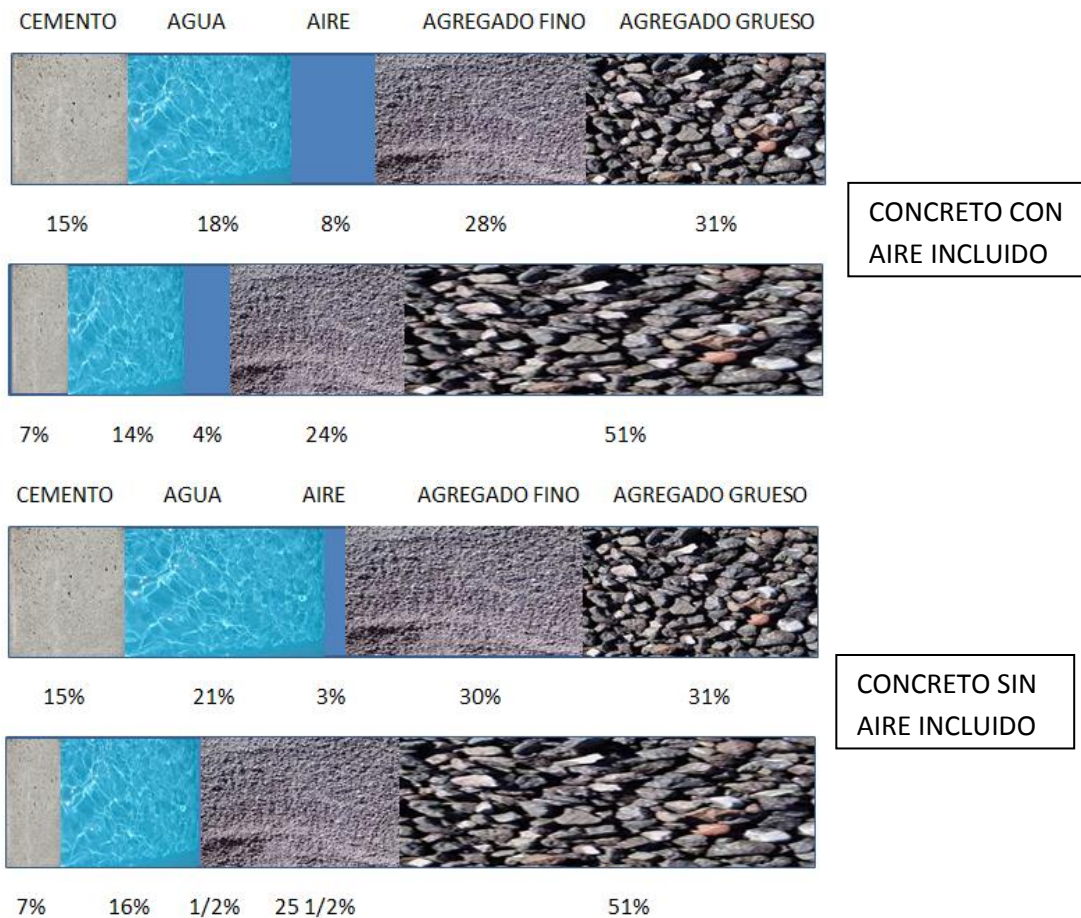
# CAPÍTULO 1

## ASPECTOS GENERALES

### 1.1 Concreto [2]

El concreto es una mezcla, la cual está compuesta de cemento, agua, aire atrapado y una variedad de diferentes tipos de agregados.

Los agregados dentro del concreto representan del 60-85% del volumen total de la mezcla (70-85% del peso) y consisten en partículas con la resistencia adecuada y no deben contener materiales que pudieran causar daños o deterioro del concreto aplicado en obra (figura 3).



**Figura 3.** Diferentes composiciones del concreto de acuerdo al contenido de agregados.



## 1.2 Especificaciones para concreto de acuerdo a diferente normatividad<sup>[2]</sup>

Existen una gran variedad de normas que dictan las especificaciones y métodos de prueba para agregados. Algunas de estas normatividades son:

- NMX C-111 Norma Mexicana
- ASTM C 33 Norma E.U.A.

Existen en nuestro país diferentes estándares especiales de acuerdo a diferentes empresas como las siguientes:

- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)
- Petróleos Mexicanos (PEMEX)
- Comisión Federal de Electricidad (CFE)

## 1.3 Normas American Society for Testing Materials (ASTM)<sup>[3]</sup>

Las normas ASTM (American Society for Testing Materials) son documentos desarrollados y establecidos dentro de los principios de consenso de la organización, cumpliendo los requisitos de los diferentes procedimientos aplicados.

**Tabla 2.** Referencias de las pruebas para agregados en ASTM.

Prueba	Referencia
Partículas deleznales	ASTM C-142. Standard Test Method for clay lumps and friable particles in aggregates
Estudios petrográficos	ASTM C-295. Standard Guide for petrographic examination of aggregates for concrete
Intemperismo acelerado	ASTM C-88. Standard Test Method for soundness of aggregates by use of sodium sulfate or magnesium sulfate
Contenido de material orgánica	ASTM C-40. Standard Test Method for organic impurities in fine aggregates for concrete
Pérdida por lavado	ASTM C-117. Standard Test Method for material finer than 75 µm (no. 200) sieve in mineral aggregates by washing
Granulometría	ASTM C-136. Standard Test Method for sieve analysis of fine and coarse aggregates
Densidad	ASTM C- 127. Standard Test Method for specific gravity and absorption of coarse aggregates
Abrasión de Los Angeles	ASTM C-131. Standard Test Method for resistance to degradation of small-size coarse aggregate by abrasion and impact in the Los Angeles machine

#### 1.4 Normatividad Mexicana<sup>[4]</sup>

Son un conjunto de normas de elaboración mexicana, con el objetivo de asegurar los diferentes valores, cantidades y características de manera mínima y máxima para diseñar, producir o el servicio de los bienes de consumo entre personas morales y/o físicas de nuestro país.

##### 1.4.1 Norma Oficial Mexicana (NOM)<sup>[4]</sup>

Las NOM (figura 4) son de uso obligatorio para mejorar dentro del alcance y la aplicación de las mismas, aun cuando las actividades o productos se realicen durante la vigencia de la norma aplicable. Estas normas tienen acceso público y su distribución es libre. Las NOM forman parte de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, en el Artículo 3 Fracción XI, la cual dice lo siguiente:

*Artículo. 3, Fracción XI. Norma oficial mexicana: la regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las dependencias competentes, conforme a las finalidades establecidas en el artículo 40, que establece reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se refieran a su cumplimiento o aplicación.*



**Figura 4.** Logotipo que representa la Norma Oficial Mexicana

#### 1.4.2 Norma Mexicana (NMX)<sup>[4]</sup>

El uso de las NMX (figura 5) no es obligatorio, pero su uso se puede considerar como obligatorio en caso de que una NOM haga referencia a ellas para realizar determinado producto o llevar a cabo una actividad. Las NMX a diferencia de las NOM, tienen un acceso restringido y su venta se realiza por medio de un número de serie y se otorga un documento de licencia para el uso exclusivo de la persona física o moral que realizó la adquisición. Suele ser común que la impresión o copia lleve como marca de fondo el nombre, razón social de la persona física/moral o empresa propietaria de la licencia otorgada.

Las NMX forman parte de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, en el Artículo 3, Fracción X, la cual dice lo siguiente:

*Artículo 3, Fracción X. Norma mexicana: la que elabore un organismo nacional de normalización, o la Secretaría, en los términos de esta Ley, que prevé para un uso común y repetido reglas, especificaciones, atributos, métodos de prueba, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado.*



**Figura 5.** Logotipo de Organización Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (ONNCE), la cual realiza las pruebas NMX que se aplican a los agregados <sup>[5]</sup>

## CAPÍTULO 2

# AGREGADOS

### 2.1 Composición de los agregados<sup>[2]</sup>

Los agregados utilizados en la elaboración de concreto, se definen como un material granular, que puede tener diferente presentación, las cuales son grava, arena, piedra triturada o diferentes elementos que son aportación de la tecnología, que mezclados con un cementante forman el concreto.

El agregado grueso es aquella porción de material retenido por la malla #4 (4.75 mm). Un agregado fino es aquel material que no es retenido por la malla # 4 (4.75 mm) (figura 6).



**Figura 6.** Representación de grava y arena de diferente granulometría comercial<sup>[31]</sup>

Las mallas, también conocidas como tamiz o criba, son una tela elaborada con alambres de acero, donde la nomenclatura se determina de acuerdo a la separación entre los hilos de acero. El tamaño nominal está dado por el límite superior de la granulometría que pasa el 100% del material.

En un metro cúbico de concreto, podemos observar que el 60% de la composición está ocupada por los agregados, por lo que son de gran importancia en la elaboración de concreto con diferentes fines.

Un agregado pétreo dentro de la industria de la construcción, se definen como aquellas rocas producto de un proceso industrial conocido como trituración y clasificación, y se utiliza dentro de la mezcla para elaborar concreto, mortero, asfalto, y diferentes aplicaciones dentro de las obras civiles.

Para que un agregado sea aceptado en la aplicación industrial, debe de garantizar un comportamiento estable frente a la acción de diferentes agentes externos, debe contar con resistencia mecánica frente a cargas y vibraciones.

**Tabla 3.** Clasificación de los agregados de acuerdo a su granulometría. [6]

<b>NOMBRE</b>	<b>INTERVALO EN mm</b>
Morro	80-150
Grava gruesa	50-80
Grava media	40-60
Grava menuda	30-50
Gravilla	20-30
Garbancillo	5-20
Arena gruesa	2-5
Arena fina	0.05-2

## 2.2 Terminología de agregados<sup>[2]</sup>

Los nombres por los que se conoce a los agregados en todo el mundo, es de acuerdo al origen del término, los cuales, se clasifican de la siguiente manera:

**Tabla 4.** Origen e influencia de la terminología de agregados

<b>Origen</b>	<b>Influencia</b>
ASTM	Mundial
Normas y reglamentos de construcción	País
Práctica local	Ciudad o región



### **2.3 Terminología ASTM<sup>[3]</sup>**

Dentro de la American Society for Testing Materials, se manejan términos específicos para cada material, los cuales manejan definiciones similares a las normas mexicanas, como las siguientes aquí descritas:

- Agregado
  - Material granular, el cual puede ser arena, grava, piedra triturada o escoria, usado con un medio cementante para formar concreto.
  
- Agregado grueso
  - Agregado predominantemente retenido en la malla no. 4 (4.75mm).
  
- Agregado fino
  - Agregado que pasa la malla no. 4 (4.75mm), la malla no. 3/8" (9.5 mm) y retenido casi en su totalidad por la malla no. 200 (0.075 mm).
  
- Agregado pesado
  - Agregado de alta densidad, el cual puede ser barita, magnetita, limonita, ilmenita, hierro o acero.
  
- Agregado ligero
  - Agregado de baja densidad usado para producir concreto ligero, incluye: pómez, lutitas, pizarras.
  
- Grava
  - Agregado grueso resultante de la desintegración natural y abrasión de rocas o transformación de un conglomerado débilmente cementado.

- Arena

-Agregado fino resultado de la desintegración y abrasión de roca o la transformación de una arenisca completamente friable (material que fácilmente se pulveriza).

## 2.4 Características físicas y químicas de los agregados [2]

Las características de los agregados deben ser evaluadas antes de ser empleados en la elaboración del concreto, llamado como colada y poder garantizar su eficiencia y durabilidad dentro de su aplicación en las obras civiles.

**Tabla 5.** Normas que especifican el análisis de diferentes características de un agregado.

Característica	Pruebas aplicables		
	Normas	NMX	ASTM
Granulometría	C-111	C 33	
Limpieza	C-111	C 33	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Finos indeseables</li> </ul>			D2419
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materia orgánica</li> </ul>	C-88	C 40	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Partículas inconvenientes</li> </ul>	C-84; C-71; C-75; C-172	C117; C 142; C88; C123	
Densidad	C-164; C-165	C 127; C 128	
Sanidad	C-75	C 88	
Absorción y porosidad	C-164; C-165	C 127; C 128	
Forma de partícula	C-265; C-165	C 295; C 128	
Textura superficial	C-265	C 295	
Reactividad con los álcalis			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Examen petrográfico</li> </ul>	C-265	C 295	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Método químico</li> </ul>	C-271; C-272	C 289; C 586	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Barras de mortero</li> </ul>	C-180	C 227; C 1105	

## 2.5 Influencia de los agregados dentro del concreto<sup>[2]</sup>

- En estado fresco

**Tabla 6.** Importancia de los agregados en un concreto en estado fresco.

Propiedad del concreto	Característica de los agregados que la influye
Peso unitario	Densidad Tamaño máximo; granulometría
Manejabilidad	Granulometría Forma de partícula
Contracción plástica	Limpieza Partículas friables
Requerimiento de agua	Tamaño máximo; granulometría Sanidad Limpieza
Pérdida de revenimiento	Absorción
Segregación	Tamaño máximo; granulometría

- En estado endurecido

**Tabla 7.** Importancia de los agregados en un concreto en estado endurecido.

Propiedad del concreto	Característica de los agregados que la influye
Durabilidad	Textura superficial Absorción Porosidad Reactividad con los álcalis
Resistencia a la compresión	Limpieza Tamaño máximo; granulometría Forma de partícula Resistencia mecánica Partículas friables Textura superficial
Cambios volumétricos	Tamaño máximo; granulometría Forma de partícula Presencia de arcilla Módulo de elasticidad
Costo	Tamaño máximo; granulometría Forma de partícula Textura superficial Limpieza
Resistencia a la abrasión	Resistencia a la abrasión
Peso unitario	Densidad
Permeabilidad	Porosidad
Partículas friables; terrones de arcilla	Irregularidades superficiales

## CAPÍTULO 3

# CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS

Dentro de la industria se pueden encontrar diferentes clasificaciones de los agregados de acuerdo a sus características.

- Modo de fragmentación: es la diferencia del agregado en base al proceso que le da el grado de clasificación:

- Naturales
- Manufacturados
- Mixtos

- Tamaño de partícula: es la división de los agregados en 2 fracciones cuya frontera es la malla #4 y que pueden ser dosificadas en forma individual. La clasificación está dada en función del tamaño nominal.

- Origen: las rocas pueden ser de diferente formación:

- Ígneas
- Sedimentarias
- Metamórficas

- Composición: existen una gran variedad de agregados utilizados en la industria de la construcción como:

- Andesita
- Basalto
- Caliche
- Caliza
- Granito
- Tezontle

- Color



**Figura 7.** Gama de colores elaborada con información de agregados CEMEX y las tablas de Colores Munsell [7]



### 3.1 Características intrínsecas [2]

Dentro de las características conocidas de los agregados se pueden explicar los siguientes conceptos:

- **Peso específico:** es la cantidad de masa contenida en un volumen o densidad.

$$\gamma = \frac{P}{V} = \frac{mg}{V} = \rho g$$

Donde:

- $\gamma$ = peso específico
- P= peso de una sustancia
- V= volumen
- m= masa
- $\rho$ =densidad
- g=gravedad

No existe un límite establecido para la aprobación en el peso específico de los agregados, solo van a depender del peso unitario del concreto que se desee fabricar de acuerdo a su uso en las obras civiles.

La densidad es un factor que afecta la formulación del concreto, ya que si el agregado cuenta con una menor densidad, se requiere de una cantidad de cemento diferente para alcanzar una resistencia determinada que sea requerida.

La clasificación de los agregados de acuerdo a su peso específico es la siguiente:

- Baja densidad
- Ligero
- Ligero estructural
- Normal
- Pesado

- **Porosidad:** es la relación existente del volumen de vacíos entre el volumen total.

- **Absorción:** es el incremento que sufre un agregado en su masa por ser un cuerpo sólido poroso, como resultado del contacto y la penetración de un líquido dentro de sus poros permeables.
- **Sanidad:** es una cualidad de algunos agregados, que consiste en soportar la acción agresiva de la intemperie a la que se encuentre expuesto el concreto en el que está formando parte. La falla del agregado se puede observar en grietas, fisuras y defectos del concreto.
- **Resistencia mecánica:** Esta característica también depende de la pasta de cemento, la mezcla agua/cemento y de la adherencia de la pasta con los agregados. El ensaye más representativo es la evaluación de la Resistencia por Aplastamiento.
- **Resistencia a la abrasión:** es la oposición que presentan los agregados ante diferentes desgastes, rupturas o desintegración por efecto de la abrasión. La prueba representativa se llama "Abrasión de Los Ángeles" que se efectúa para evaluar el desgaste producto de una carga de esferas metálicas (medios de molienda) dentro de un cilindro giratorio conocido como molino.
- **Módulo de elasticidad:** es la relación existente entre un esfuerzo normal ( $\sigma$ ) y su correspondiente deformación ( $\epsilon$ ) para el esfuerzo de compresión bajo el límite del material.

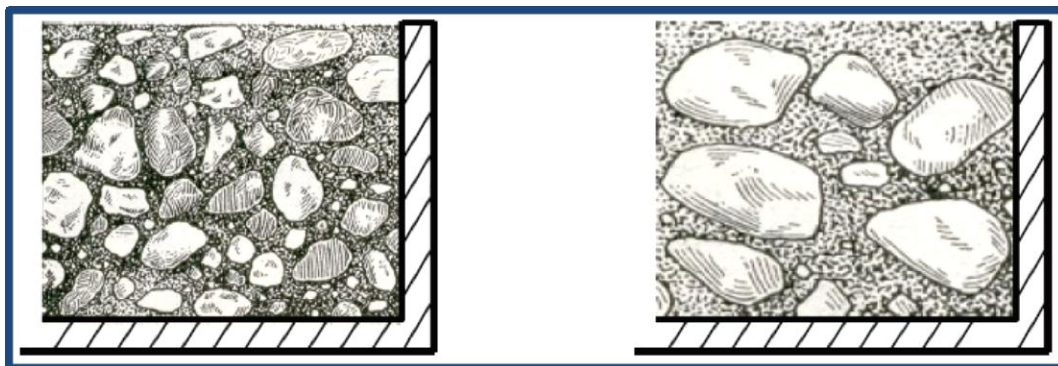
### 3.2 Características modificables [2]

Los agregados poseen diferentes características que pueden ser modificadas por medios físicos y químicos de manera natural o por medio de la intervención del hombre.

- Composición granulométrica:
  - Agregados finos: se debe realizar un análisis donde el material se separa por tamaños con el fin de conocer la continuidad de tamaños presentes. Se procede a calcular el “Modulo de finura” el cual es la centésima parte de la suma de los porcentajes acumulados en las mallas estándar.
  - Agregados gruesos: se lleva a cabo un análisis en el cual, el material se separa por tamaños cuya selección va de acuerdo con el tamaño máximo presente en el material con el que se trabaja.
- Tamaño de partícula: es el espacio que ocupan los agregados presentes en el concreto y por tanto afectan en el consumo estimado de cemento, así como una variación en el consumo de agua (figura 8).

La selección de tamaño máximo de agregado se hace de acuerdo al siguiente criterio:

- No debe exceder de  $1/5$  de la menor dimensión entre lados de cimbra.
- No debe exceder de  $1/3$  del peralte de las losas.
- No debe exceder de  $3/4$  partes del espaciamiento libre entre varillas



**Figura 8.** Espacio ocupado por los agregados en el concreto

- Forma: se define de acuerdo al radio de los tres ejes principales del agregado a ensayar (figura 9). Es recomendable no exceder el 20% de partículas planas y alargadas.

La forma de los agregados se clasifica de la siguiente manera:



**Figura 9.** Diferentes formas de los agregados [32]

- Textura superficial: consiste en la estimación visual que se realiza por medio de estudios petrográficos. En otras palabras puede decirse que es el grado de rugosidad o tersura superficial del agregado (figura 10).



**Figura 10.** Comparación de la textura de los agregados.

- Materiales contaminantes: existen una gran cantidad de diferentes materiales que pueden contaminar los agregados como los siguientes:

- Limos y arcillas
- Materia orgánica
- Partículas inconvenientes
- Sales inorgánicas

## CAPÍTULO 4

# ANÁLISIS DE AGREGADOS

### 4.1 Instalaciones de un laboratorio

Las instalaciones de un laboratorio deben permitir que las actividades realizadas dentro de él, se desarrollen de manera eficaz y segura. Aunque el diseño final de un laboratorio sea obra de ingenieros o arquitectos, el personal (laboratoristas) debe participar en las decisiones que afectarán en definitiva su entorno de trabajo y a las condiciones en que éste se desarrolla (figura 13).



**Figura 13.** Ejemplo de un laboratorio totalmente equipado (Laboratorio de Metalurgia. Facultad de Ingeniería).

El laboratorio de pruebas físicas para agregados debe diseñarse con criterios enfocados a la eficiencia. Debido a que el volumen de trabajo puede cambiar rápidamente, no es recomendable diseñar un laboratorio tomando sólo en cuenta los pormenores de las actividades previstas en el momento de construcción. En el caso de que el volumen de trabajo sea constante, los acontecimientos pueden exigir cambios en las instalaciones.

En ocasiones, los avances en la instrumentación para pruebas físicas pueden alterar las necesidades de espacio y las condiciones para realizar un determinado análisis.

En las instalaciones es importante considerar la construcción de espacios para laboratoristas, el personal administrativo y el de oficina, así como baños y aseos para todo el personal.

Dentro de las instalaciones de trabajo no es recomendable comer, beber o fumar, y son actividades estrictamente prohibidas en los laboratorios; por los que se debe tomar en cuenta reservar una zona separada para este fin como espacios libres o comedores.

Debe construirse una habitación independiente para uso de laboratoristas, ya que ello no sólo proporciona un mayor grado de seguridad al personal del laboratorio, sino que además contribuye a asegurar la integridad de las muestras que arriben al laboratorio.

En caso de incendio o cualquier otra emergencia, deben preverse por lo menos dos entradas/salidas en cada habitación, siempre que sea posible la ubicación de ésta.

Con la finalidad de garantizar un trabajo de calidad, las características del diseño que pueden ser causa de resultados erróneos o esfuerzos inútiles, con el incumplimiento de los plazos y el incremento de los costos consiguientes deben ser modificadas. Unos resultados erróneos pueden deberse a la contaminación de las muestras (por ejemplo la mezcla de material de diferentes bancos).

Aunque unas prácticas de trabajo correctas suelen bastar para resolver satisfactoriamente casi todas las situaciones, es muy importante un diseño que prevea un aislamiento de muestras y las sustancias utilizadas para diferentes usos dentro del laboratorio. Este aislamiento debe mantenerse en todas las instalaciones donde: se lava y limpia el equipo, se almacena el instrumental de vidrio, se utiliza ropa protectora y se guardan registros.

El control adecuado de la temperatura, humedad y el polvo es de gran importancia para el bienestar del personal, el funcionamiento de los instrumentos y la seguridad en el trabajo presente en las instalaciones.

El equipo electrónico requiere de niveles determinados de temperatura y humedad ambiental. Los equipos de computación deben de protegerse de campos magnéticos provenientes de otros aparatos.



También, es necesario ocasionalmente un sistema de agua fría en la red de abastecimiento o de refrigeración localizada para que ciertos aparatos funcionen debidamente.

Las muestras y reactivos deben de almacenarse en condiciones reguladas. Algunas de estas sustancias deben ser protegidas de la luz solar o de las lámparas que las puedan afectar. Las balanzas e instrumentos ópticos delicados necesitan protección contra las vibraciones (por ejemplo de una cribadora, máquina de abrasión).

Todas estas necesidades deben identificarse y documentarse de manera que en el sistema de garantía de la calidad puedan incluirse procedimientos adecuados para regularlas y tomar las medidas oportunas por parte del personal administrativo.

La elaboración de registros, deben de abarcar los siguientes aspectos:

- Las muestras que se reciben, almacenan, manejan y analizan en condiciones ambientales no afecten negativamente las pruebas con fines de conservar la calidad.
- Los controles de la temperatura, la humedad y la luz en las zonas sensibles sean adecuados para proteger las muestras, reactivos, el personal y el equipo.
- Llevar un registro de los resultados de cada prueba realizada por el laboratorio.

Debe ser responsabilidad del laboratorista que sólo se ejecuten dentro del laboratorio pruebas e inspecciones, por lo tanto, se deben tomar las muestras representativas correctas, que se realice con la seguridad establecida en el laboratorio, identificar muestras y pruebas, comunicar los resultados al jefe inmediato y entregar de manera oportuna los resultados de las pruebas.



## 4.2 Equipo de un laboratorio

En un laboratorio es muy importante contar con todo el equipo necesario para realizar las pruebas de acuerdo a lo establecido en las normas, así como equipo de seguridad e instalaciones como a continuación se enlista:

**Tabla 8.** Equipo que forma parte de un laboratorio.

Balanza (Aproximación 1g)



Balanza (aprox. 1g)



Balanza (Aproximación 0.1g).



Fuente de calor (Horno, Parrilla o Estufa).



Charola.



Espátula y brocha.



Mallas o cribas



Recipiente cilíndrico para peso volumétrico con factor y tara conocidos con capacidad mínima de 14 litros



Calibrador de Espacios.



Pisón cilíndrico metálico, superficie plana, con un diámetro de  $25 \pm 3$  mm y un peso de  $340 \pm 0.15$  g



Frasco de vidrio transparente, con tapa, graduado con una capacidad mínima de 300 ml.



Máquina de los Ángeles.



Varilla de acero de sección circular de 16 mm de diámetro y 60 cm de longitud.



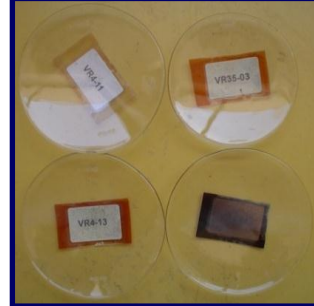
Enrasador (regla metálica) de acero de sección rectangular de 3 mm de espesor, 50 mm de ancho y una longitud de 100 mm mínima, (mayor al diámetro del recipiente que se va usar)



Cucharón o pala.



Vidrios de Reloj.



Copa de Casa Grande espátula y Ranurador.



Cristal de por lo menos 10 x 10cm



Moldes Rectangulares de 10x2x2cm.



Picnómetro



Molde metálico de cono truncado



Carta de Colores.



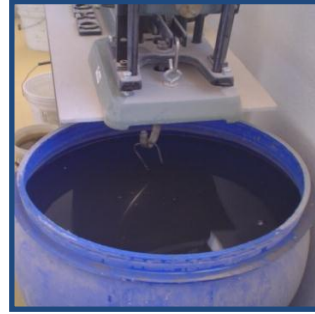
Carga abrasiva. Esferas de acero con un diámetro promedio de 45mm y cada una con una masa entre 390 y 445g



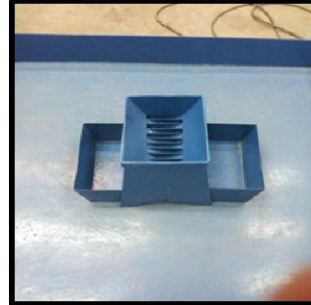
Canastilla de alambre



Tanque de agua



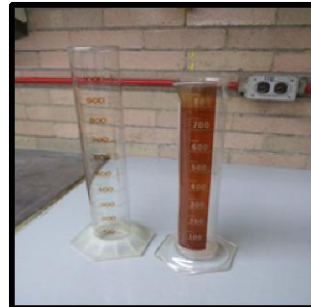
Cuartheador Johns



Extintor



Probetas



Pizeta





Equipo de seguridad



Cribador automático



Señalamiento de equipo de protección personal



Señalamiento de prohibiciones dentro del laboratorio





### 4.3 Acreditación de un laboratorio

Para acreditar un laboratorio en México, es importante conocer las siguientes instituciones:

#### 4.3.1 EMA [8]

La acreditación, es el reconocimiento a la competencia técnica de un laboratorio. En nuestro país, quien otorga ese reconocimiento es la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) (figura 11).

Esta demostración de la competencia técnica involucra aspectos que bajo una certificación ISO 9001 no se contemplan. En consecuencia, resulta primordial el utilizar los servicios de un laboratorio acreditado.

La acreditación es el acto que da la seguridad y avala que los laboratorios (calibración, ensayo, clínicos) unidades de verificación (organismos de inspección) y organismos de certificación ejecuten las regulaciones, normas o estándares correspondientes con precisión para que comprueben, verifiquen o certifiquen los productos y servicios que consume la sociedad.

Las entidades de acreditación, son los órganos que garantizan que los organismos de evaluación de la conformidad sean confiables y técnicamente competentes.

El objetivo es acreditar a los organismos sometidos a evaluación y cumplan con la normativa nacional e internacional con un enfoque de mejora continua y responsabilidad social, anticipándonos a sus expectativas con el fin de contar con una estructura suficiente, confiable y técnicamente competente. Para mayor información, consultar [8] de la bibliografía.



**Figura 11.** Logotipo con el que se identifica a la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA).

#### 4.3.2 ISO 9001<sup>[9]</sup>

Es un conjunto de normas sobre la calidad y las gestiones. La Norma ISO 9001 ha sido elaborada por el Comité Técnico ISO/TC176 de ISO (Organización Internacional para la Estandarización) y especifica los requisitos para un buen sistema de gestión de la calidad que pueden utilizarse para su aplicación interna por las organizaciones, para certificación o con fines contractuales (figura 12).

El laboratorio puede mejorar su manera de trabajar, lo cual significaría un incremento de clientes además, para gestionar el riesgo de la mejor manera posible, reduciendo costos y mejorando la calidad del servicio ofrecido. La gestión de un sistema de calidad aporta el marco que se necesita para supervisar y mejorar la producción en el trabajo.

Los procedimientos del laboratorio para el estudio de bancos debe tomar en consideración factores como:

-Los métodos de recopilación e identificación de muestras. El método de selección aleatoria de muestras. Los criterios de aceptación. Los criterios de rechazo. Las reglas para ajustes del alcance de la inspección. Las reglas para la separación y clasificación de lotes rechazados.

-La errónea aplicación de las técnicas estadísticas podría indicar un nivel erróneo de la calidad del producto.

Para mayor información, consultar <sup>[9]</sup> de la bibliografía



**Figura 12.** Logotipo que representa a las ISO 9001.

## CAPÍTULO 5

### PRUEBAS Y PROCEDIMIENTOS

El laboratorio de Agregados brinda un valor adicional al producto explotado que se busca utilizar en la industria de la construcción. Se realizan pruebas para analizar las propiedades físicas de los agregados y tener un control de calidad de los materiales.

La calidad de los agregados no es posible determinarla de manera visual, por este motivo, se han desarrollado diferentes pruebas que hacen posible evaluar las propiedades físicas y químicas de los agregados.

- Granulometría
- Densidad y Absorción
- Límites de consistencia y  
contracción lineal
- Masa volumétrica
- Pérdidas por lavado
- Abrasión e impacto
- Contenido de materia orgánica
- Cuarteo

**Tabla 9.** Normas para las pruebas de laboratorio de agregados

Pruebas	Normas
Granulometría	NMX C 77
Densidad y absorción	NMX C 165 y 164
Límites de consistencia y contracción lineal	NMX C 416
Masa volumétrica	NMX C 073
Perdida por lavado	NMX C 84
Abrasión e impacto	NMX C 196
Contenido de materia orgánica	NMX C 88
Cuarteo de muestras con cuarteador mecánico y manual	NMX C 170

A continuación, se explica de manera breve y clara el procedimiento para realizar pruebas físicas a los agregados que arriben a un laboratorio.

### 5.1 Granulometría:

Norma mexicana NMX-C-077-1997-ONNCCE [10]

*La norma establece el método para el análisis granulométrico de agregados finos y gruesos, con el fin de determinar la distribución de las partículas de diferentes tamaños por medio de cribas.*

1. Obtener una muestra representativa de material (mezclar de manera que se integren todos los fragmentos). La muestra debe pesar de 500g a 1000g. Para agregado fino y para un agregado grueso, el peso dependerá del tamaño nominal máximo:

**Tabla 10.** Granulometría

Tamaño nominal máximo (mm)	Masa mínima de la muestra (kg)
10	2
13	4
20	8
25	12
40	16
50	20
65	25
75	45
90	70

2. Armar el sistema de cribas de acuerdo al tipo de curva granulométrica a trabajar
3. Colocar las cribas en la cribadora automática (en caso de contar con el equipo) y agitar por de 10 min. (si se hace en forma manual se debe agitar al menos 200 veces en forma circular).
4. Dejar reposar por 5 minutos el material, permitiendo el asentamiento de las partículas finas.

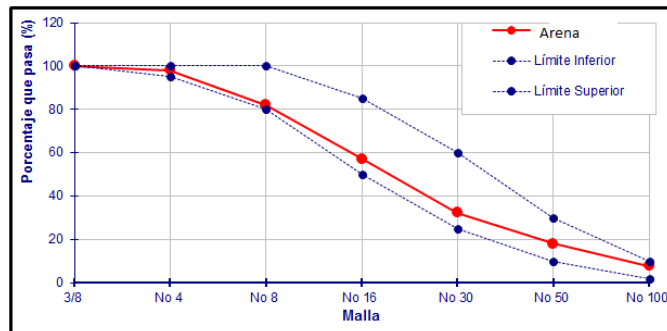
- El material que se encuentre en cada criba debe ser pesado, limpiando perfectamente la criba con ayuda de una brocha y anotar los resultados (figura 14).



**Figura 14.** Ejemplo de granulometrías de agregados finos y gruesos.

A continuación se da un ejemplo de los resultados de la prueba

No. De malla	Retenido (g)	% Retenido		% Pasa
		Parcial	Acumulado	
tres octavos	0	0	0	100
No. 4	10.9	2	2	98
No. 8	89.8	16	18	82
No. 16	137.5	25	43	57
No. 30	138.9	25	68	32
No. 50	78.9	14	82	18
No.100	57	10	92	8
Charola	43	8		
SUMA	556	100		



## 5.2 Densidad de arenas:

Norma mexicana NMX-C-165-ONNCCE-2004 [11]

*La norma establece el método de prueba para la determinación de la masa específica aparente y la absorción del agregado fino en la condición de saturado y superficialmente seco. Estos datos se emplean para el cálculo y dosificación del concreto con cemento.*

1. Tomar una muestra representativa del material que será de 1.5 a 2kg.
2. El material se coloca en una charola disponible que se encuentre limpia y se cubre con agua por 24 horas a fin de sobresaturar la muestra (figura 15).



**Figura 15.** Muestra de arena en saturación por 24 horas

3. Finalizadas las 24 horas, se coloca la muestra en una parrilla para quitar humedad.
4. Se retira de la parrilla la arena una vez que evapore el agua en exceso y se noten las partículas en su estado Saturado y Superficialmente Seco (conocido como SSS).
5. Enfriar el material en una charola extendida limpia (figura 16).



**Figura 16.** Muestra de arena enfriándose

6.- Mezclar la arena con las manos para eliminar la humedad superficial.

7.- Para determinar el punto de SSS, se realiza el siguiente procedimiento:

7.1 Se coloca un cono truncado en el centro de una base vidrio (o acrílico si no se dispone de un vidrio) con el diámetro mayor apoyado sobre la base.

7.2 Sujetar firmemente el cono (evitar mover la mano durante la prueba) y llenarlo con arena hasta rebasar el borde superior (figura 17).



**Figura 17.** Llenado de cono truncado para determinar el SSS [34]

7.3 Compactar el material con el pisón 10 veces sin aplicar fuerza (solo el peso del pisón), colocar el pisón a una altura de 3mm y dejarlo caer en el agregado. Repetir el llenado del cono hasta el borde superior y compactar 10 veces. Finalmente hacer el procedimiento anterior pero ahora compactando 5 veces, enrasar (tres llenados del cono) (figura 18).



**Figura 18.** Compactación y enrasado del cono truncado (agregados CEMEX).

7.4 Retirar con cuidado el cono y levantarlo verticalmente.



7.5. Si el agregado no pierde la forma (izquierda) esto indica que el agregado está aún sobresaturado, y si al retirar el cono se disgrega totalmente (derecha) indica que se ha secado más allá de la condición de SSS (figura 19).



**Figura 19.** Muestra que no se encuentra en SSS (agregados CEMEX).

7.5 El agregado se encuentra en el punto SSS si al retirar el cono se disgrega hasta la mitad del cono. Se repite este proceso a partir del punto 7.1 para corroborar (figura 20).



**Figura 20.** Muestra en SSS (agregados CEMEX).

8. Colocar de 500 a 600 gramos de arena en el picnómetro para determinar el peso de la muestra en el estado SSS y registrarlo (figura 21).



**Figura 21.** Picnómetro con material en estado SSS [34]

9. Cerrar el picnómetro con su tapa truncada y llenarlo de agua hasta formar un menisco en la punta de la tapa, eliminando las burbujas de aire dentro del picnómetro, se seca el excedente de agua que escurra por el picnómetro (figura 22).



**Figura 22.** Picnómetro lleno y sin burbujas de aire (agregados CEMEX).

10. Pesar el picnómetro con muestra y agua. Registrar.

11. Vaciar el picnómetro y llenarlo de agua hasta que se forme el menisco en la parte superior. Registrar.

12. Con el material sobrante, se toma un mínimo de 200 g, se registra el peso para determinar el % de absorción, se seca el material y se determina su peso seco (figura 23).



**Figura 23.** Muestra seca para determinar absorción del material y ejemplo de resultados.

Ejemplo de los resultados de la prueba

$$M_{ESSS} = \frac{S}{(B+S-C)} \quad \%ABS = \left( \frac{S^2-F}{F} \right) X 100$$

$$M_{ES} = \frac{M_{ESSS}}{1 - \frac{\%ABS}{100}}$$

Peso de la Muestra S.S.S.	<b>S</b>	620.80
Picnómetro + Muestra + Agua	<b>C</b>	1,916.30
Picnómetro + Agua	<b>B</b>	1,537.10
Peso de la Muestra S.S.S.	<b>S2</b>	432.30
Masa Muestra Seca	<b>F</b>	420.70
<b>M<sub>ESSS</sub></b>		2.57
<b>M<sub>ES</sub></b>		2.50
<b>% ABS</b>		2.8%

### 5.3 Densidad de gravas:

Norma mexicana NMX-C-164-ONNCCE-2002 [12]

*La norma establece el método de prueba para la determinación de la masa específica aparente y la absorción del agregado grueso en la condición de saturado y superficialmente seco. Estos datos se emplean para el cálculo y dosificación del concreto con cemento.*

1. Tomar una muestra representativa del material.
2. Colocar la muestra en un recipiente, cubrir con agua por 24 horas para sobresaturarlo (figura 24).



**Figura 24.** Muestra de grava en saturación por 24 horas

3. Al finalizar las 24 horas, sacar el material hasta que se encuentre en su estado Saturado Superficialmente Seco (figura 25).



**Figura 25.** Comparación de una muestra saturada y una en estado SSS (agregados CEMEX).

4. Se pesa la muestra en el estado SSS (figura 26).



**Figura 26.** Tomando el peso de la muestra en estado SSS.

5. Pesar la canastilla vacía dentro del tanque de agua y registrar (figura 27).



**Figura 27.** Canastilla sumergida para registrar su peso [34]

6. Colocar el material en la canastilla, sumergir en el tanque y registrar el peso (figura 28).



**Figura 28.** Muestra en estado SSS que se vuelve a saturar (agregados CEMEX).

- Retirar el material de la canastilla, llevarlo al horno o parrilla y eliminar toda la humedad (figura 29).



**Figura 29.** Muestra se lleva al horno para comprobar su absorción (agregados CEMEX).

En el horno la temperatura debe ser de  $105 \pm 2^\circ\text{C}$  por 24 horas.

En parrilla o estufa debe estarse moviendo constantemente para evitar que la muestra se queme y se retira del fuego cuando al colocarse un cristal sobre el agregado se retire sin estar empañado.

- Enfriar el material a con el mismo peso y registrar el peso del agregado en estado seco.

A continuación se muestra un ejemplo de la prueba (CEMEX):

$$M_{ESSS} = \frac{A}{(A-B+C)} \quad \%ABS = \left( \frac{A-M_{MS}}{M_{MS}} \right) \times 100$$

Peso de la Muestra S.S.S.	<b>A</b>	1,487.60
Peso Canastilla + Agregado en Agua	<b>B</b>	1,320.00
Peso Canastilla en Agua	<b>C</b>	315.00
Masa Muestra Seca	<b>M<sub>MS</sub></b>	1,450.00
<b>M<sub>ESSS</sub></b>		3.08
<b>% ABS</b>		2.6%



#### 5.4 Límites de consistencia y contracción lineal (plasticidad):

Norma mexicana NMX-C-416-ONNCCE-2003 [13]

*Los límites se basan en el concepto de que en un material fino puede tener diferentes estados de consistencia según su humedad, sólido, plástico, y líquido. Se mide la cohesión del agregado y su contenido de humedad.*

1. Tomar una muestra representativa del material y secarla en el horno por 24 horas a  $105\pm 5^{\circ}\text{C}$  hasta que el agregado se encuentre totalmente seco.
2. Cribar el material por medio de la criba # 40 y desechar el material que sea retenido por la criba (figura 30).



**Figura 30.** Cribado de la muestra con la #40.

3. Recolectar 1 kg de material en una charola y agregar agua hasta obtener una pasta suave y espesa (moldeable).
4. Después de 24 horas, el material saturado se le debe retirar el exceso de agua (no dejarlo secar completamente) (figura 31).



**Figura 31.** Muestra después de saturarse por 24 horas.

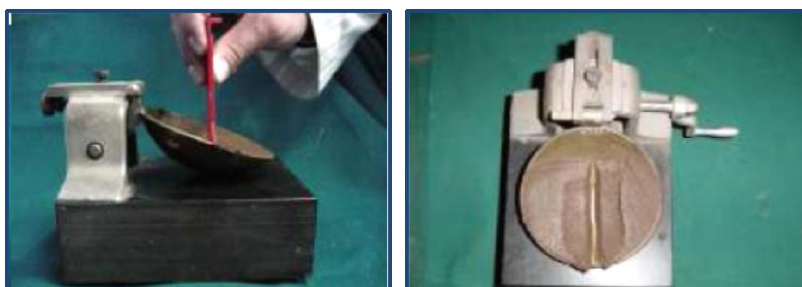


5. Revolver el material en el cristal, dividirlo en cuatro partes, tomar la parte cuarteada y colocarlo en la Copa de Casagrande extendiéndola por el fondo de la misma con un espesor de al menos 1 centímetro (figura 32).



**Figura 32.** Copa de Casagrande y cuarteo de la muestra [33]

6. Ranurar el material en la copa y girar la manija (2 golpes por segundo). Contar los golpes hasta que la ranura se cierre longitudinalmente aproximadamente 1.3 cm al llegar al golpe  $25 \pm 1$  (figura 33).



**Figura 33.** Ranurado en la copa de Casagrande [33]

Sí la ranura se cierra antes del golpe 24, significa que el material tiene exceso de agua, por lo que se debe dejar reposar el material en el vidrio más tiempo (figura 34); en el caso de que no se cierre después del golpe 26 indica que al material le falta agua y se debe agregar un poco de agua al material para obtener el punto necesario y realizar la prueba.



**Figura 34.** Muestra con exceso de agua [33]

7. Inmediatamente, con la espátula cortar el material a cada lado de la ranura y colocarlo en un vidrio de reloj o molde y registrar el peso (figura 35).



**Figura 35.** Muestras listas para entrar al horno [33]

8. Repetir el proceso del inciso 7 para verificar la lectura, meterlos al horno por 24 hrs, al final anotar el peso seco y obtener la diferencia de pesos para calcular el porcentaje de límite líquido.
9. Con la espátula formar una capa plana de 3 x 5 cm y con un espesor de 3 milímetros, cortar una línea y rodarlo sobre el cristal o sobre la palma de la mano con el fin de hacer un “rollo”, detener este proceso hasta que se genere fracturas longitudinales en el rollo. Realizar 8 rollos similares (figura 36).



**Figura 36.** Formación de rollos de plasticidad (agregados CEMEX).

10. Tarar los vidrios de reloj y colocar 4 rollos en cada vidrio y registrar el peso de cada vidrio (figura 37).



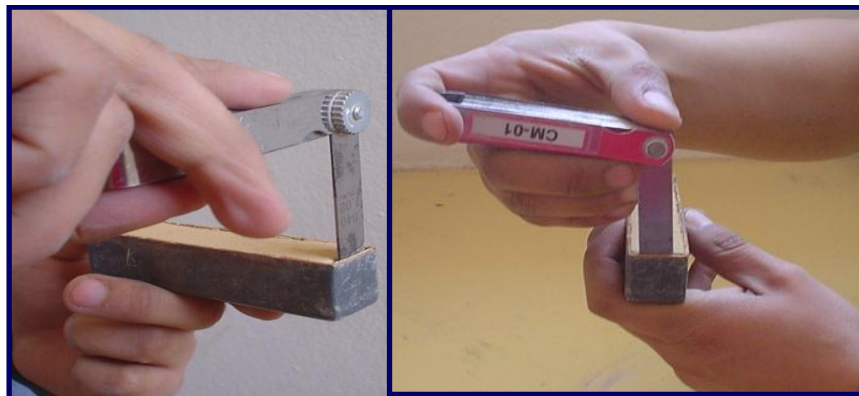
**Figura 37.** Rollos listos para entrar al horno (agregados CEMEX).

11. Meter los vidrios al horno por 24 hr, después anotar el peso seco y obtener la diferencia de pesos para calcular el porcentaje de límite plástico.
12. Rellenar 3 moldes de contracción lineal con el material sobrante, utilizando una espátula en dos capas y compactando el material eliminando cualquier hueco. En la segunda capa enrasar con la espátula pasándola por el borde del molde compactando al mismo tiempo (figura 38).



**Figura 38.** Llenado de los moldes de contracción lineal con material sobrante [34]

13. Meter los moldes al horno durante 24 hr. Después sacar los moldes y dejar enfriar por 30 minutos.
14. La contracción se mide con el calibrador para determinar la longitud de la abertura del material contraído, obteniendo el porcentaje de contracción (figura 39).



**Figura 39.** Medición de la contracción lineal (agregados CEMEX).

A continuación se da un ejemplo de resultados de la prueba realizada de plasticidad (CEMEX)

Formulas:

$$LL = \frac{(PC_{Hum} - PC_S)}{(PC_S - PC_V)} \quad LP = \frac{(PP_{Hum} - PP_S)}{(PP_S - PP_V)}$$

$$IP = LL - LP \quad CL = \left[ \frac{L_i - L_f}{L_i} \right] \times 100$$

Límite líquido				
Vidrio de reloj	Peso vidrio	Peso húmedo	Peso seco	LL%
A	56.1	70	68	16.81
B	56	70.8	68.7	16.54

Límite Plástico				
Vidrio de reloj	Peso vidrio	Peso húmedo	Peso seco	LP%
C	56.6	63.9	63.1	12.31
D	38.3	44.1	43.6	9.43

**Contracción Lineal**

	Molde		Contracción	
	(#)	(l)	(mm)	(%)
	18	100.13	1.70	1.70%
	4	99.18	1.35	1.36%
	2	99.87	1.10	1.10%

Límite Líquido (%)	16.67%
Límite Plástico (%)	10.87%
Contracción Lineal (%)	1.39%
Índice de Plasticidad (%)	5.80%

## 5.5 Masa volumétrica:

Norma mexicana NMX-C-073-ONNCCE-2004 [14]

*Esta Norma mexicana establece el método de prueba para la determinación de la masa volumétrica de los agregados finos y gruesos o de una combinación de ambos y es aplicable a agregados cuyo tamaño máximo nominal no excedan de 150 mm.*

1. Tomar una muestra y retirar la humedad por completo del agregado.
2. La prueba de masa volumétrica compactada, sólo es válida para agregados con un Tamaño Máximo Nominal (TMN) de 40mm o menor.
  - a. Utilizar el cucharón o la pala para vaciar el material en la olla dividiendo en tres capas de igual espesor (figura 40).



**Figura 40.** Llenado de la olla para masa volumétrica (agregados CEMEX).

- b. compactar con la varilla cada capa 25 veces en forma de espiral, introduciéndola 1 pulgada en la segunda y tercera capa (figura 41).



**Figura 41.** Compactaciones en segunda y tercera parte del recipiente (agregados CEMEX).

c. En la tercera capa llenar la olla hasta sobrepasar el borde después del varillado.



**Figura 42.** Enrasado manual para gravas (agregados CEMEX).

El enrase para los agregados gruesos se hace de manera visual y manual, eliminando partículas de tal manera que las salientes sobre la superficie del borde compensen las depresiones por debajo de él (figura 42).

En el caso de los agregados finos, el enrase se hace utilizando el enrasador, realizando una operación de corte horizontal (figura 43).



**Figura 43.** Enrasado de arenas (agregados CEMEX).



- d. Colocar el recipiente sobre la báscula y registra el peso.
3. La prueba de masa volumétrica suelta, sólo es válido aplicarla en agregados con un Tamaño Máximo Nominal (TMN) de 100mm o menor.
- 3.1 se utiliza el cucharón o la pala para vaciar el material en la olla en una sola capa hasta que el material se derrame por los bordes (figura 44).
- El material no debe de ser vaciado a una altura mayor a 5cm.



**Figura 44.** Olla sin enrasar de arena (agregados CEMEX).

Enrasar utilizando la varilla retirando el material sobrante, sin ejercer presión sobre el agregado. Colocar la olla en la báscula y registrar el peso. A continuación se muestra un ejemplo de la prueba (CEMEX):

$$M_{vol} = (Masa - Tara) * Factor$$

Peso 1	18.46
Peso 2	18.40

Masa Volumétrica			
Suelta	12.90	1,740	kg/m <sup>3</sup>
Compactada	12.52	1,661	kg/m <sup>3</sup>
Tara	4.47	Factor	206.35



### 5.6 Pérdida por lavado:

Norma mexicana NMX-C-084-ONNCE-2006 [15]

*Esta Norma Mexicana especifica el método de prueba para determinar el contenido de partículas más finas de la criba por medio de lavado. Las partículas de arcilla y otras que se disgregan por el agua de lavado y las que son solubles en el agua son separadas durante esta prueba.*

1. Tomar una muestra representativa del material, ponerla a secar en el horno por 24 horas a  $105 \pm ^\circ\text{C}$  hasta que el agregado este totalmente seco (figura 45).

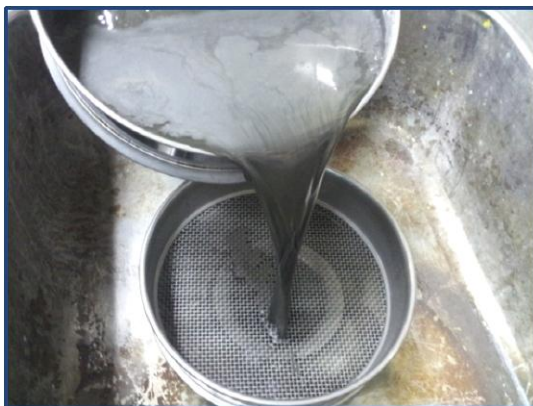


Tamaño máximo del agregado	Masa en g
M 2.36 (No. 8)	100
G 4.75 (No. 4)	500
G 9.5 ( $\frac{3}{8}$ " )	2000
G 19.0 ( $\frac{3}{4}$ " )	2500
G 38.0 ( $1\frac{1}{2}$ " ) o mayores	5000

**Figura 45.** Granulometría para la prueba de pérdida por lavado (Tabla NMX).

2. Sacar del horno y dejarlo enfriar sin modificar el peso. Registrar el peso.
3. Preparar dos charolas, una con el material y otra vacía.

4. Llenar con agua la charola hasta que el material fino empiece a flotar, revolver el material y vaciar el agua con cuidado sobre las cribas (figura 46).



**Figura 46.** Lavado de la muestra.

6. Repetir el proceso hasta que el agua en la charola se observe transparente, después con la corriente de agua fresca retirar el material retenido en las cribas y recuperarlo (figura 47).



**Figura 47.** Muestra en estado limpio.

7. Ya terminar de limpiar el material con el chorro de agua, se recolecta en la segunda charola y se mete al horno por 24 horas hasta quedar completamente seco.
8. Sacar el material del horno manteniendo el mismo peso a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C y dejarlo enfriar, pesar y registrar el peso.

A continuación se muestra un ejemplo de la prueba realizada en CEMEX:

$$\%PXL = \left( \frac{M_S - M_{sl}}{M_S} \right) \times 100$$

Masa Seca Antes del Lavado		749.40
Masa Seca Después del Lavado	$M_{sl}$	666.50
% PL		11

### 5.7 Abrasión de Los Ángeles:

Norma mexicana NMX-C-196-ONNCCE-1984 [16]

*Esta Norma Mexicana establece el método de prueba para la determinación de la resistencia a la degradación por abrasión e impacto de los agregados gruesos de tamaños nominales pequeños y grandes, empleando la máquina de Los Ángeles.*

1. Se introduce la muestra lista para realizar la prueba y la carga abrasiva (medios de molienda) en la máquina de los Ángeles, a una velocidad de 30 a 33 rpm completando de 500 a 1000 revoluciones, de acuerdo a la granulometría de la muestra con la que se cuenta (figura 48).



**Figura 48.** Muestras para la prueba y el interior del molino de bolas (agregados CEMEX).

**Tabla 11.** Granulometría (NMX-C-196-ONNCCE-1984)

Granulometría tipo	Número de esferas	Masa de la carga abrasiva en g
Tamaños grandes 1,2,3	12	5000±25
Tamaños chicos		
A	12	5000±25
B	11	5000±25
C	8	5000±20
D	6	5000±15

2.- Se descarga el material de la máquina para hacer una separación preliminar, empleando una criba de abertura mayor que la M 1.70 (figura 49).



**Figura 49.** Cribado de la prueba.

3. Se criba la porción que pasa la criba anterior por la criba M 1.70 (de acuerdo a la norma NMX-C-077) (figura 50 y 51).



**Figura 50.** Escala de la granulometría de la muestra.



**Figura 51.** Diferentes granulometrías resultados de la prueba.

4. Se lava el material retenido en la criba hasta eliminar totalmente el polvo y se pasa a secar en el horno.

Ejemplo de una prueba elaborada en CEMEX

$$\%P_{Ab} = \left( \frac{M_T - M_{MR}}{M_T} \right) \times 100$$

Retenido en malla (pulgadas)	Peso (g)
1	0
tres cuartos	0
un medio	2,500.90
tres octavos	2,500
<b>Total</b>	5000.9
<b>Total despues de 500 vueltas</b>	3,642.10
<b>Diferencia de peso</b>	1,358.80
<b>Porcentaje de Pérdida por Abrasión</b>	27.17

### 5.8 Contenido de materia orgánica:

Norma mexicana NMX-C-088-ONNCCE-1997 [17]

*Esta norma establece el método de prueba para la determinación aproximada de la presencia de materia orgánica dañina en agregados finos que se usan para la fabricación de concreto.*

1. Tomar una muestra representativa del material de 1.5 kg, secarla en el horno por 24 horas a  $105 \pm ^\circ\text{C}$  hasta que el agregado se encuentre totalmente seco (figura 52).



**Figura 52.** Muestra para realizar la prueba.

2. Dejar enfriar y colocar el material en el frasco destinado para la aplicación de la prueba hasta la marca de 130 ml (figura 53).



**Figura 53.** Recipiente que contiene la muestra [34]

3. Colocar la solución (hidróxido de sodio, también conocido como sosa) en el frasco hasta la marca de 200 ml., cerrarlo y agitar para eliminar burbujas de aire.



4. Abrir el frasco y llenar el mismo hasta la marca de 200 ml., cerrarlo por 24 horas (figura 54).



**Figura 54.** Recipiente con Sosa por 24 horas.

5. Finalizadas las 24 horas, se determina el contenido de materia orgánica del material aproximándolo al número más cercano designado en la carta de colores. El nivel máximo permitido por la norma es 3 (figura 55).



Muestra con CMO nivel menor a 1

Muestra con CMO nivel 3

Muestra con CMO nivel 5

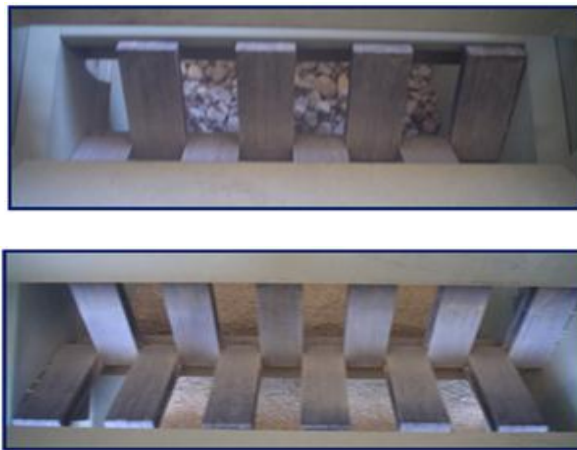
**Figura 55.** Diferentes resultados de contenidos de materia orgánica (agregados CEMEX).

### 5.9 Cuarteo de muestras con cuarteador mecánico:

Norma mexicana NMX-C-170-ONNCCE-1997 [18]

*La finalidad de esta norma es la de establecer los métodos para reducir las muestras de agregados obtenidas en el campo al tamaño requerido para las pruebas y que se conserven representativas como la muestra de campo. Estos métodos son aplicables a muestras que son relativamente homogéneas.*

1. Abrir las quijadas de acuerdo al tamaño y tipo de agregado que se desea cuartear (figura 56).



**Figura 56.** Cuarteador mecánico Johns con 8 y 12 aberturas (agregados CEMEX).

2. Colocar la muestra de agregado en la tolva y distribuirla uniformemente en toda su longitud (figura 57).



**Figura 57.** Cuarteado de grava y arena (agregados CEMEX).

3. Abrir la tolva del cuarteador estableciendo un flujo continuo hacia los dos recipientes.
4. Empujar con las manos el material para que caiga sobre los recipientes.
5. Sacar los recipientes del cuarteador, desechar el contenido de uno de ellos y el otro vaciarlo sobre la tolva del cuarteador nuevamente (figura 58).



**Figura 58.** Muestra cuarteada (agregados CEMEX).

6. Repetir los pasos anteriores hasta llegar a la cantidad deseada de agregado (figura 59).



**Figura 59.** Muestra en el peso ideal para realizar la prueba.

### **5.10 Cuarteo de muestras manual:**

Norma mexicana NMX-C-170-ONNCCE-1997 [18]

*La finalidad de esta norma es la de establecer los métodos para reducir las muestras de agregados obtenidas en el campo al tamaño requerido para las pruebas y que se conserven representativas como la muestra de campo. Estos métodos son aplicables a muestras que son relativamente homogéneas.*

1. Limpiar un área plana y uniforme dentro del laboratorio y colocar plástico sobre el piso, para mantener condiciones limpias y libres de materiales.
2. Verter el agregado sobre el plástico, homogenizando de tal manera que cada palada de material se deposite sobre la anterior, formando así una pila cónica.
3. Presionar la pila hasta que el material tenga un espesor y diámetro uniforme.
4. Dividir el material en cuatro partes, eliminando dos partes opuestas incluyendo todas las partículas finas, barriendo los espacios.
5. Mezclar nuevamente el material sobrante y repetir el procedimiento hasta que se tenga la cantidad deseada de agregado.

### 5.11 Base de datos para resultados

Los resultados deben de ser incluidos a una base de datos que se puede realizar en programas como Excel, con la finalidad de llevar un control de respaldo de las caracterizaciones totales realizadas en el laboratorio de agregados.

La organización básica y clara de la información debe incluir:

- Nombre de la prueba
- Normatividad aplicada
- Resultados obtenidos
- Límites establecidos en los que deben estar los resultados obtenidos.

A continuación se muestra un ejemplo:

PRUEBA	REFERENCIA	RESULTADOS	CALIFICACIÓN	LIMITES
Granulometría	NMX C 77	Dentro de los límites	Cumple	Establecido de acuerdo al concreto en el cual se adiciona el agregado
Densidad y absorción	NMX C 165 y 164	2.80%	Cumple	
Límites de consistencia y contracción lineal	NMX C 416	5.80%	Cumple	
Masa volumétrica	NMX C 073	1,740	Cumple	
Perdida por lavado	NMX C 84	11%	Cumple	
Abrasión e impacto	NMX C 196	27.17 g	Cumple	
Contenido de materia orgánica	NMX C 88	3	Cumple	

# CAPÍTULO 6

## EXPLOTACIÓN DE CANTERAS

### 6.1 Canteras [22]

Se define como explotación de canteras a la extracción de materiales y agregados que serán utilizados en la industria de la construcción y obras civiles. Una cantera es una explotación minera que se realiza a cielo abierto, donde es posible extraer rocas industriales, ornamentales o agregados pétreos, por medio de obras localizadas sobre el nivel topográfico natural de la zona, donde exista afloramiento de roca, y una capa vegetal como encape que debe ser removida para realizar la explotación minera, a través de bancos descendentes hasta el límite del yacimiento (figura 60).

Las canteras deben satisfacer las necesidades locales donde sea requerido material de construcción, como la construcción de carreteras, edificios, localizando la explotación de una nueva cantera en las cercanías de la obra y cubrir el suministro de material necesario para dicha obra.

Existen diferencias como el tamaño de explotación, menores inversiones iniciales y menor riesgo, de los mercados de este tipo de productos, a pesar de su carácter creciente regional e internacional.



**Figura 60.** Cantera de Triturados Gramol y cantera de Cementos Moctezuma.



## 6.2 Características de las canteras

Las canteras son aquellas explotaciones superficiales con las siguientes características (figura 61):

- Generalmente tienen un tamaño pequeño, una tecnificación escasa y bajas producciones (no estrictamente).
- Cuentan con uno o dos bancos, o bien constan de un único banco de gran altura.
- Se encuentran cercanas a vías de comunicación, y cercanas a poblaciones.
- Suministran materiales a un mercado local.



**Figura 61.** Anticlinal San Lucas, donde se encuentran las canteras de Gramol y Begassa, vistas desde la carretera 57 Nuevo León-Monclova. Cantera de caliza de Cementos Moctezuma unidad Tepetzingo, con varios bancos de trabajo.



### 6.3 Principales rocas extraídas en canteras

Las principales rocas obtenidas en las canteras son:

- Mármol
- Granito
- Calizas
- Pizarras
- Dolomita
- Yeso
- Anhidrita

### 6.4 Clasificación de los tipos de explotación de canteras

Agregados pétreos para la construcción	Rocas industriales	Roca ornamental
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arenas silíceas</li> <li>• Caliza</li> <li>• Basalto</li> <li>• Andesita</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yeso</li> <li>• Caolin</li> <li>• Arcilla</li> <li>• Puzolana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mármol</li> <li>• Travertinos</li> <li>• Onix</li> <li>• Granito</li> </ul>

### 6.5 Características intrínsecas del yacimiento

- Naturaleza del afloramiento
- Nivel freático regional.
- Estructura, distribución de diaclasas y fracturas en el macizo rocoso.
- Composición mineralógica, grado de alteración de los minerales, estabilidad química, etc.
- Propiedades físicas de la roca: dureza, modulo elástico, resistencia a la compresión, dilatación térmica etc.
- Discontinuidades, distribución y espesor de fracturas

## **6.6 Características extrínsecas del yacimiento**

- Ubicación del yacimiento
- Situación económica de la región
- Expectativas de mercado
- Demanda de los agregados
- Impacto ambiental en la zona de explotación
- Características climáticas de la zona donde se ubica la obra de explotación.

## **6.7 Métodos de explotación de canteras**

### **6.7.1 Canteras en ladera**

Este tipo de explotaciones manejan normalmente un único banco, cuya altura es cercana a los 20 metros, u ocasionalmente dos bancos, se aprecia que el yacimiento aflora por encima del nivel topográfico natural, por lo que el inicio de la explotación con la apertura de un frente de ataque en una sección lateral del afloramiento, para posteriormente llevar la explotación de minado con bancos descendentes hasta el límite inferior del depósito o hasta que la operación ya no resulte rentable (figura 62).

El acarreo se efectúa de manera descendente (a favor de la pendiente), reduciendo el desgaste de los motores de los camiones empleados, ya que la planta de trituración se encuentra en un nivel inferior al de los bancos de trabajo.

Es importante asegurar que la roca este bien cementada a lo largo de cualquier fractura o junta para que produzca una resistencia cohesiva relativamente alta.

En caso de existir una capa vegetal debe ser removida, lo que evita la necesidad de terreros, pues el material de encape es mínimo, además que el material minado y clasificado se comercializa en su totalidad.

### 6.7.2 Canteras en terrenos horizontales

El inicio de las operaciones de explotación es de manera de trinchera o en rampa descendente, alcanzando la profundidad del primer nivel, y colando obras para ensanchar la obra creada.

Para comenzar una explotación por bancos descendentes, se tiene la necesidad de efectuar el transporte de materiales en contrapendiente, disminuyendo el desgaste de los motores respecto a las canteras en ladera.

En este tipo de explotación de cantera, el yacimiento se encuentra cercano a la superficie, haciéndose necesario la remoción del encape, el cual generalmente es de unos cuantos metros, pero también es posible encontrar encapes hasta de 30 metros (figura 63).



**Figura 62.** Cantera Gramol en la cual, la explotación se realiza en un solo banco.



**Figura 63.** Cantera en terreno horizontal. San Vicente Chicoloapan Edo. De México.

## 6.8 Ciclo de minado

De existir encape vegetal, deberá ser removido

- Barrenación (figura 64)



**Figura 64.** Track drill realizando una barrenación

- Voladura (figura 65 y 66)



**Figura 65.** Voladura de Gramol realizada en el banco Norte



**Figura 66.** Voladura de Gramol en el banco Centro

- Rezagado (figura 67)



**Figura 67.** Cargador frontal rezagando un banco

- Acarreo (figura 68)



**Figura 68.** Góndolas utilizadas para el acarreo de material

### 6.8.1 Barrenación y voladura <sup>[23],[24]</sup>

Para realizar una barrenación es posible utilizar diferentes tipos de plantillas, haciendo su selección en función de las características de la roca y del grado de fragmentación o granulometría buscada, de acuerdo al uso final del agregado. En una voladura es de gran importancia evitar cuartones de grandes dimensiones que salgan del predio y la excesiva vibración, para evitar problemas y accidentes con poblaciones cercanas a la cantera.

Para seleccionar el diámetro de una barrenación es importante tomar en cuenta información de la geología (formaciones, estructural, mineralogía, estratificación), del tamaño de fragmentación requerida por los clientes, altura del banco y de aspectos económicos en relación a la inversión inicial y a los costos de operación.

La altura del banco puede ser determinada en función de los estratos de la formación; sin embargo, los factores determinantes en la selección de dicha altura, serán el tamaño de los equipos de cargado disponibles (alcance de las palas, los brazos de los cargadores) y los límites de seguridad establecidos.

Existen muchos tipos de plantillas de barrenación, dentro de las cuales las usadas son:

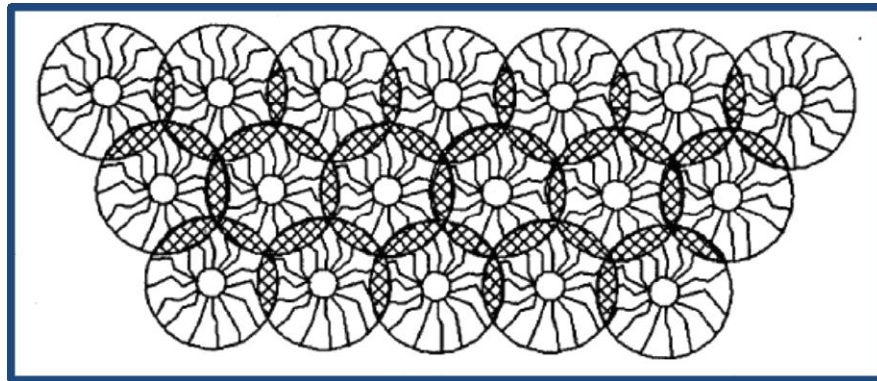
- Reticular
- Rectangular (figura 70)
- Tresbolillo (figura 69)

La plantilla reticular tiene las mismas dimensiones en espaciamiento y bordo, para formar una retícula de lados iguales. Los barrenos de cada una de las filas, están alineados directamente con los barrenos de la fila de enfrente.

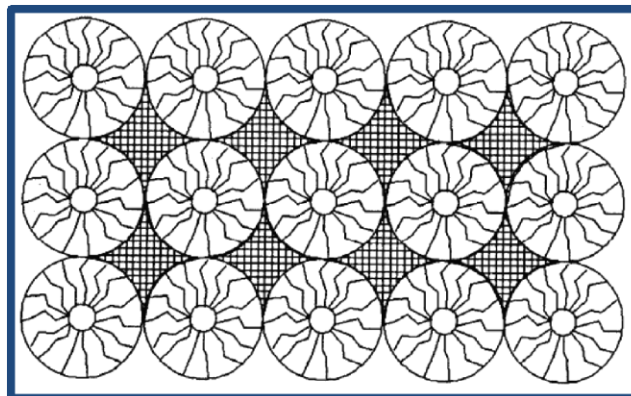
En la plantilla rectangular, la dimensión menor se tiene en el bordo y la mayor en el espaciamiento de tal forma que los barrenos de cada fila, queden también alineados detrás de los barrenos de la filas de enfrente.

La plantilla tresbolillo, puede tener un dimensionamiento semejante al de la plantilla rectangular, sin embargo, es usual dar una distancia

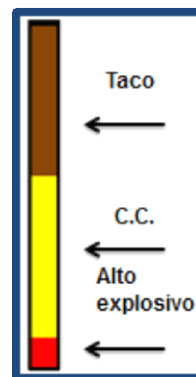
menor en el bordo y mayor en el espaciamiento. Los barrenos deberán perforarse en filas alternadas, de tal manera que los barrenos de la fila posterior queden alineados a la mitad de los de la fila anterior (figura 71). El tresbolillo generalmente requiere de barrenos adicionales o "de empuje" para lograr un banco con aristas uniformes en los extremos.



**Figura 69.** Plantilla en tresbolillo (Langerous).



**Figura 70.** Plantilla rectangular (Langerous).



**Figura 71.** Cargado de un barreno



A continuación se proporcionan fórmulas que se utilizan para calcular voladuras (en una voladura no es necesario aplicar todo el contenido del formulario)[25]

**Fuerza absoluta peso**

$$FAM_E = \frac{(FRM_E)(7.462)}{D_E}$$

FAM<sub>E</sub>=fuerza absoluta de la masa del explosivo (cal/cm<sup>3</sup>)

FRM<sub>E</sub>=fuerza relativa de la masa del explosivo (ANFO=100)

D<sub>E</sub>=densidad del explosivo (g/cm<sup>3</sup>)

**Longitud de la carga de base**

$$E_b = [(0.3 \rightarrow 0.5)xB] + S$$

E<sub>b</sub>= longitud de la carga de base del explosivo de alta densidad (m)

B=bordo promedio (m)

S=profundidad de sub-barrenación (m)

**Distancia actual a escala**

$$SD = \frac{D}{\sqrt{W}}$$

Peso de carga máxima por retardo

$$W = \left(\frac{D}{SD}\right)^2$$

Distancia máxima

$$D = (SD)(\sqrt{W})$$

SD= factor de distancia a escala

W= peso de la carga por retardo (kg)

D= distancia (m)

**Taco**

Para barrenos secos

$$T_d = (0.5)(D)$$

Para barrenos con agua

$$T_d = (1.0)(D)$$

T<sub>d</sub>= longitud mínima del taco de roca que consiste al tamaño de partícula (m)

D= diámetro de barreno (m)

**Bordo (figura 72)**

$$B = (D_E) \left( 2X \left[ \frac{d_e}{d_r} \right] + 1.5 \right)$$

B= bordo (m)

d<sub>e</sub>= densidad del explosivo (g/m<sup>3</sup>)

d<sub>r</sub>= densidad de la roca (g/m<sup>3</sup>)

D<sub>E</sub>= diámetro de la carga de columna (m)



**Figura 72.** Bordo de un banco

**Altura de la cara**

$$H = (5 \geq 10)(D)$$

H= altura de la cara (m)

D= diámetro de barreno (cm)

**Tiempo de retardo de barreno a barreno**

$$D_{hth} = \left( 0 \frac{ms}{m} \rightarrow 5 \right) \times S$$

D<sub>hth</sub>= tiempo de retardo entre barrenos en una fila (ms)

S= espaciamiento entre barrenos de una fila (m)

**Tabla 20.** Tiempos de retardo de acuerdo al tipo de roca (Austin Powder)

Tipo de roca	Ms/ft
Arena, carbón, arcillas	1.8-2.1
Calizas, esquisto, lutita	1.5-1.8
Granito, basalto, caliza, gneiss, gabbro, cuarzita	1.2-1.5
Gniess, mica, magnetita	0.9-1.2

**Densidad de carga**

$$d_l = (0.3404)(D_e^2)(d_e)$$

$d_l$ = densidad del explosivo cargado (kg/m)  
 $D_e$ = diámetro de explosivo de columna (m)  
 $d_e$ = densidad del explosivo (g/m<sup>3</sup>)

**Peso de la carga máxima por retardo**

$$W = \left(\frac{D}{SD}\right)^2$$

$W$ = peso de la carga por retardo (kg)  
 $D$ = distancia (m)  
 $SD$ = factor de distancia a escala

**Distancia mínima**

$$D = (SD)(\sqrt{W})$$

$D$ = distancia (m)  
 $SD$ = factor de distancia a escala  
 $W$ = peso de carga por retardo (kg)

**Factor de explosivo**

Volumen de roca

$$VR = \frac{W_e}{V}$$

$VR$ = factor de explosivo (kg/m<sup>3</sup>)  
 $W_e$ = peso total de explosivos utilizados en una voladura (kg)  
 $V$ = volumen total de roca generado en voladura (m<sup>3</sup>)

Peso de roca

$$PR = \frac{W_r}{W_e}$$

$PR$ = factor de explosivos (t/kg)  
 $W_r$ = peso total de roca generado en voladura (t)  
 $W_e$ = peso total de explosivos usado en voladura (kg)

**Fórmula de presión**

$$P = (0.000000233)(VDE^2)(d_E)$$

P= presión (kbar)  
 VDE= velocidad de detonación del explosivo (m/s)  
 d<sub>E</sub>= densidad del explosivo (g/cm<sup>3</sup>)

**Fuerza del peso relativo**

$$FPR_E = \frac{FPA_E}{91,000}$$

FPR<sub>E</sub>= fuerza de peso relativo del explosivo (ANFO= 100)  
 FPA<sub>E</sub>= fuerza de peso absoluto del explosivo (cal/g)

**Resistencia**

Circuitos paralelos

$$\frac{1}{R_{TOTAL}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Circuitos en serie

$$R_{TOTAL} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

R<sub>TOTAL</sub>= resistencia total del circuito eléctrico (Ω)  
 R<sub>1</sub> ... R<sub>2</sub>= resistencia de los estopines o de la bifurcación del circuito (Ω)

**Tiempo de retardo de fila a fila**

$$D_{rtr} = (2 \frac{ms}{ft} \rightarrow 15)xB$$

D<sub>rtr</sub>= tiempo de retardo entre filas consecutivas (ms)  
 B= bordo máximo frente a la fila de barrenos (m)

**Tabla 21.** Efectos de acuerdo al tiempo de retardo dado

Efectos	Ms/m
Voladura excesivamente violenta y pata	2
Pilas altas cerca de la cara, voladura moderada y pata	2-3
Altura de pila promedio, voladura promedio y pata	3-4
Pila mínima, con mínimo pata	4-6

**Tamaño de roca para el taco**

$$T_s = \frac{D}{12 \rightarrow 20}$$

T<sub>s</sub>= tamaño de partícula de roca triturada limpia para taco (cm)  
 D= diámetro de barreno (cm)

**Sub-barrenación**

$$J = (0.2 \rightarrow 0.5)B$$

J= sub-barrenación (m)  
 B= bordo (m)

**Espaciamiento (figura 73)**

**Tabla 22.** Espaciamiento de acuerdo al tiempo de voladura

	$\frac{H}{B} \geq 4$	$\frac{H}{B} < 4$
<b>Instantáneo</b>	$S = (2.0)(B)$	$S = \frac{H + (2B)}{3}$
<b>Retrasado</b>	$S = (1.4)(B)$	$S = \frac{H + (7B)}{8}$

H= altura de la cara (m)

B= bordo (m)

S= espaciamento entre barrenos (m)



**Figura 73.** Espaciamento entre filas y barrenos

**Longitud máxima de taco**

$$T = (0.7 \rightarrow 1.3)(B)$$

B= bordo (m)

T= longitud máxima de taco (m)

**Desplazamiento de agua**

$$C = \frac{L_W + L_C}{1 - \left(\frac{D_C}{D_h}\right)^2}$$

C= número de cartuchos de explosivo requeridos para levantar el agua

$L_W$ = longitud de la columna de agua a levantar (m)

$L_C$ = longitud de un cartucho de explosivo (m)

$D_C$ = diámetro del cartucho de explosivo (cm)

$D_h$ = diámetro del barreno (cm)

**Peso de roca por barreno**

$$W = (V)(d_r)$$

W= peso de roca generado por barreno (t)  
 V= volumen del banco de roca generado por barreno (m<sup>3</sup>)  
 d<sub>r</sub>= densidad del banco de roca (t/m<sup>3</sup>)

**Nivel de vibración**

Velocidad de partícula pico

$$PPV = (K)(SD^{-1.6})$$

PPV= velocidad de partícula pico (cm/s)  
 K=constante de transmisión del suelo (k= 160 si no se dispone de datos sísmicos)  
 SD= factor de distancia a escala

**Constante específica de transmisión del suelo del sitio**

$$K = (PPV)(SD^{1.6})$$

K= Constante de transmisión del suelo  
 PPV= velocidad de partícula pico (cm/s)  
 SD= factor de distancia a escala

**Volumen de roca por barreno**

$$V = \frac{(B)(S)(H)}{27}$$

V= Volumen de roca de banco por barreno (m<sup>3</sup>)  
 B= bordo (m)  
 S= espaciamiento (m)  
 H= altura de la cara (m)



**Figura 74.** Explosivos comúnmente utilizados en una voladura. Alto explosivo, estopín, tubo de choque, ANFO. (productos de Austin Powder).

Ejemplo sencillo de una voladura realizada en la cantera de Cementos Moctezuma Unidad Tepetzingo, la cual es explotada por Zemer Constructora S.A. de C.V. para determinar el explosivo necesario (figura 74).

**Tabla 23.** Datos a utilizar para resolver la incógnita de los kilogramos necesarios de explosivo para realizar una voladura

DATOS	
Voladura	Dz= 054
Banco	1620-1600
Ubicación	Lado oriente
Número de barrenos	30
Altura de los barrenos (m)	17.50
Altura del banco (m)	16
Sub-barrenación (m)	1.5
$\rho$ caliza (g/cm <sup>3</sup> )	2.6
$\rho$ explosivo (g/cm <sup>3</sup> )	0.8
Plantilla (m)	3.5 x 4
Peso de saco de ANFO (kg)	25
Cartuchos por caja	25

Solución

- Iniciamos determinando el área de la plantilla:

$$\text{plantilla} = (3.5\text{m})(4\text{m}) = 14 \text{ m}^2$$

- Multiplicamos el área de la plantilla por el número de barrenos:

$$\text{área total} = (14 \text{ m}^2)(30 \text{ barrenos}) = 420 \text{ m}^2$$

- Para determinar el volumen, multiplicamos el área total por la altura de los barrenos:

$$\text{volumen} = (420 \text{ m}^2)(16 \text{ m}) = 6,720 \text{ m}^3$$

- Para determinar el tonelaje a tumbar, multiplicamos el volumen por la densidad de la roca:

$$\text{tonelaje: } (6,720 \text{ m}^3) \left( 2,600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = 17'472,000 \text{ kg} = 17,472 \text{ ton}$$

- Para determinar los kg necesarios de explosivo, se multiplica el tonelaje por el factor de carga establecido:

$$\text{kg explosivo} = (17,471 \text{ ton}) \left( 0.120 \frac{\text{kg}}{\text{ton}} \right) = 2,096.52 \text{ kg necesarios}$$



- Para determinar altura total, multiplicamos altura por el número de barrenos:

$$\text{altura total} = (30 \text{ barrenos})(16 \text{ m}) = 480 \text{ m}$$

- Para determinar altura total de taco, se multiplica su altura por el número de barrenos:

$$\text{altura total taco} = (30 \text{ barrenos})(3.5 \text{ m}) = 105 \text{ m}$$

- De acuerdo a los datos obtenidos previamente, se determina altura a cargar con explosivo:

$$\text{altura a cargar: } 480\text{m} - 105\text{m} = 375 \text{ m}$$

- Para determinar el número de sacos necesarios en la voladura, dividimos los metros a cargar entre la altura aproximada obtenida por saco de ANFO, que es de 4 m:

$$\text{número de sacos necesarios} = \frac{375 \text{ m}}{4 \text{ m}} = 93.75 \approx 94 \text{ sacos}$$

- Cada barreno va cargado con un cartucho de emulsión, por lo que necesitamos 30.
- De acuerdo a los datos, cada caja contiene 25 emulsiones por lo es necesario adquirir dos cajas:

$$\text{cartuchos} = (2\text{cajas})(25 \text{ emulsiones}) = 50 \text{ cartuchos}$$

- Tenemos 20 emulsiones de reserva
- Cada cartucho de emulsión pesa 1 kg. Restamos el peso de la emulsión de los kg totales:

$$2,096.52\text{kg} - 30 \text{ kg} = 2,066.52 \text{ kg}$$

- Se calcula los sacos necesarios de ANFO:

$$(2,066.52 \text{ kg}) \left( \frac{1 \text{ saco}}{25 \text{ kg}} \right) = 82.66 \approx 83 \text{ sacos de ANFO}$$

- Calculamos el número de sacos por barreno:

$$\frac{83 \text{ sacos}}{30 \text{ barrenos}} = 2.77 \approx 3 \frac{\text{sacos}}{\text{barreno}}$$

Un cálculo de voladura puede simplificarse por medio de programas como Excel. El siguiente ejemplo es una voladura realizada en cantera por Zemer Constructora S.A. de C.V. en el nivel 1600 (figura 75).

**Tabla 24.** Datos y resultados obtenidos en Excel para calcular los kilogramos de explosivos necesarios para una voladura

DATOS		PLANTILLA	FACTOR DE CARGA	CARTUCHO X BARRENO	ALTURA TACO
		14	0.12	1	1.5
SACO ANFO	CARTUCHO X CAJA	PESO CARTUCHO	DENSIDAD	ALTURA CARGA DE COLUMNA	
25	25	1	2.6	4	

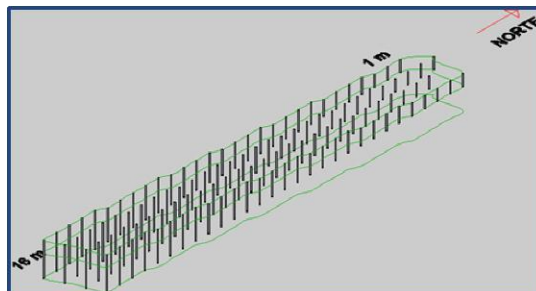
  

LINEA	BARRENOS	ALTURA (m)	ÁREA	VOLUMEN	TONELAJE	Kg EXPLOSIVO	SACOS NECESARIOS
1	16	3	224				
2	16	4	224	672	1747.2	209.664	8.38656
3	16	5	224	896	2329.6	279.552	11.18208
4	16	6	224	1120	2912	349.44	13.9776
5	16	7	224	1344	3494.4	419.328	16.77312
6	17	8	238	1568	4076.8	489.216	19.56864
7	17	9	238	1904	4950.4	594.048	23.76192
8	16	10	224	2142	5569.2	668.304	26.73216
				2240	5824	698.88	27.9552
<b>Σ</b>	<b>130</b>				<b>30903.6</b>	<b>3708.432</b>	<b>148.33728</b>

ALTURA TOTAL BARRENOS	A.T.B - A.TACO	CARTUCHOS DE EMULSION	Pg DE CARUCHOS	kg TOTALES NECESARIOS EXPLOSIVO	Kg ENTRE PESO SACO ANFO	CAJAS DE EMULSION	CAJAS TOTALES
48	46.5	16	16	193.664	7.74656	5.2	6
64	62.5	16	16	263.552	10.54208		
80	78.5	16	16	333.44	13.3376		
96	94.5	16	16	403.328	16.13312		
112	110.5	16	16	473.216	18.92864		
136	134.5	17	17	577.048	23.08192		
153	151.5	17	17	651.304	26.05216		
160	158.5	16	16	682.88	27.3152		
<b>849</b>	<b>837</b>	<b>130</b>	<b>130</b>	<b>3578.432</b>	<b>143.13728</b>		

Con una distribución de los barrenos realizada en AutoCAD previamente:



**Figura 75.** Representación en AutCAD de los barrenos que forman la voladura

### 6.8.2 Rezagado, cargado y acarreo

Una vez realizada la voladura, el material fragmentado debe quedar en el patio de maniobra para su rezagado, el material sobrante que quede no caiga por medio de la voladura en el banco, deberá ser rezagado por maquinaria (figura 76).



**Figura 76.** Cargador frontal rezagando un banco

El cargado y acarreo se efectúa normalmente con cargadores frontales y bandas o camiones de descarga trasera (de acuerdo a un estudio económico banda vs. camión) (figura 77).



**Figura 77.** Cargador frontal rezagando el material producto de la voladura hacia las tolvas de la banda transportadora. Martillo hidráulico reduciendo rocas mal fragmentadas en la voladura

Los camiones de descarga trasera son utilizados comúnmente cuando se tiene en operación una planta de trituración móvil, pues la alimentación a la tolva la efectúan de manera directa los cargadores (figura 78).



**Figura 78.** Camión con descarga trasera alimentando tolva.

Las bandas transportadoras, se utilizan para plantas de trituración y que tienen una alimentación constante y a distancias largas (figura 79).



**Figura 79.** Banda transportadora de un sector secundario.

El acarreo del material se realiza por medio de camiones de diferente capacidad de carga a los diferentes destinos de venta o entrega que se disponga (figura 80).



**Figura 80.** Flotilla de camiones utilizados en el acarreo de grava y arena en el área de Saltillo, Ramos Arizpe y Arteaga, Coahuila.

## **6.9 Equipos de producción**

La minería no metálica se caracteriza por la producción de grandes volúmenes de material con un bajo valor unitario. Por eso las unidades de producción deben estar ubicadas relativamente a distancias reducidas del mercado. Esta situación implica normalmente la cercanía a centros poblados.

Actualmente se busca la instalación de las plantas móviles de trituración para poder seguir el banco y permitir el uso de sistemas continuos de manejo y almacenamiento.

En México la explotación a cielo abierto y subterránea debe llevar a cabo sus obligaciones ecológicas, por lo que está sometida a fuertes presiones por parte de los organismos ambientales de las Administraciones Públicas, realizando actividades como la restauración de terrenos y planificaciones bien elaboradas y ejecutadas.

La maquinaria utilizada en las canteras es la común en la minería a cielo abierto, la cual es diferente a los equipos con los que se opera en la minería subterránea, donde una de las principales diferencias son la dimensiones de los equipos de acuerdo al tamaño de la explotación.

A continuación se hace un listado de los equipos básicos que se deben de adquirir para poder realizar exitosamente las operaciones de un banco de material o en mayor volumen, una cantera.

**Tabla 25.** Maquinaria utilizada comúnmente en canteras

**Track drill**

Se utiliza para realizar plantillas de barrenación.



**Bulldozer**

Su uso es en el rezagado de la carga, transporte con canastilla, limpieza de caminos.



**Bulldozer con ripper**

El ripper se utiliza para remover roca suave o con fracturamiento, con la posibilidad de remplazar el uso de explosivos



**Cargador frontal**

Se utiliza para el rezagado de roca a tolvas de bandas transportadoras, cargado de camiones.





**Mini cargador**

Se utiliza en el rezagado de volúmenes menores, los cuales no van directamente a producción



**Camiones**

Su uso es en el acarreo del producto final (arena, grava) a su destino de venta o entrega



**Martillo hidráulico**

Se utiliza para reducir de tamaño los cuarterones producto de la voladura, los cuales no lograron la granulometría deseada



**Bandas transportadoras**

Se utilizan para transportar la carga de la cantera a la planta de trituración y la separación de materiales





**Quebradoras**

Se utilizan para reducir la roca y obtener diferentes granulometrías, tanto de gravas y arenas.



**Pipas de agua**

Se utilizan para regar caminos y disminuir la emisión de polvos



**Camión repartidor de diesel**

Se utiliza para acercar combustible a los equipos en el área de trabajo



**Camionetas pick-up**

Su uso primordial es transportar a los empleados a su lugar de trabajo facilitando el paso por caminos difíciles



**6.10 Cálculo de reservas** [26]

Se realizan perfiles transversales para determinar las reservas no metálicas (figura 81). El resultado son las toneladas a extraer.

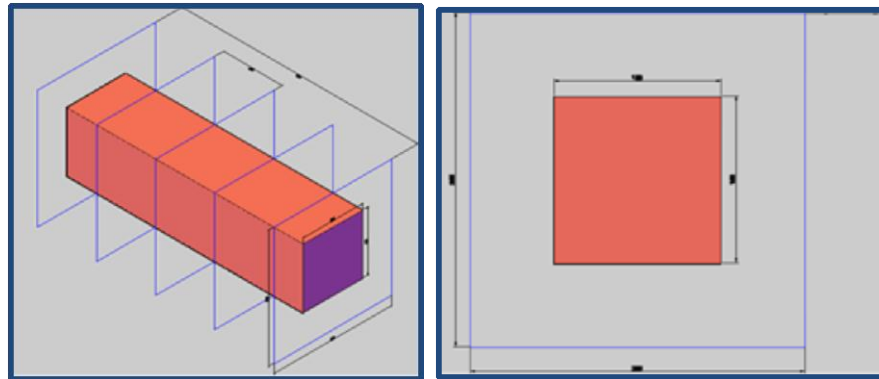
$$T = (2.6)(L)(\sum R.E.)$$

2.6: densidad de la roca (en este caso es caliza)

T: mineral a extraer (Ton)

L: distancia entre perfiles (m)

R.E: área de roca a extraer en cada perfil (m<sup>2</sup>)



**Figura 81.** Simulación realizada en AutoCAD, donde se divide un yacimiento en 5 secciones a una distancia definida para determinar el área de material de valor en cada una de ellas.

A continuación se plantea un pequeño ejercicio para calcular las toneladas a extraer en un banco.

**Tabla 26.** Ejercicio realizado en Excel para calcular reservas

línea	barrenos	altura de barreno (m)	espaciamiento (m)	bordo (m)
1	10	10	4	4
2	10			
3	10			
4	10			
total	40			
densidad caliza (ton/m <sup>3</sup> )	área por perfil (m <sup>2</sup> )	∑ perfiles (m <sup>2</sup> )	toneladas a extraer	
2.6	400	1600	16640	

## CAPÍTULO 7

# FINANCIAMIENTO Y TRÁMITES MINEROS [27]

### 7.1 FONAES [19]

El Fondo Nacional de Apoyo para las Empresas en Solidaridad (figura 82) es parte de la Secretaría de Economía enfocada a las iniciativas de emprendedores de recursos limitados apoyando diferentes proyectos, la constitución y consolidación de empresas sociales y la participación en esquemas de financiamiento, los cuales sean solicitados por la relación social que se ha formado previamente.

El FONAES promueve y fomenta que se constituyan empresas sociales, que incrementen su capital social, que logren adquirir nuevas tecnologías organizando independientemente esquemas para adquirir y mejorar su capitalización y financiamiento, promoviendo el desarrollo de la región.

El apoyo que se otorga por parte de FONAES puede ser en efectivo para abrir o ampliar un negocio, incluyendo Capital de Inversión y Capital de Trabajo, así como apoyo con capacitación en tecnología y administrativa.

FONAES apoya la población rural, campesinos, indígenas y grupos urbanos del sector social, que a través de un proyecto de inversión, demuestren su capacidad organizativa, productiva, empresarial y que tengan escasez de recursos para la implementación de sus proyectos productivos, comerciales o de servicios, en términos de las Reglas de Operación.

Para acceder a un apoyo del FONAES se necesitan los siguientes requisitos:

- Ser parte de la población objetivo
- Ser empresa social, grupo social o persona física
- Cumplir con los criterios de elegibilidad
- Presentar solicitud y documentación requerida (de acuerdo a lo establecido en las Reglas de Operación vigentes)
- Presentar un proyecto de inversión, productivo, de servicios o comercial
- Estar pendiente de las convocatorias que emita el FONAES para presentar la solicitud de apoyo.

## 7.2 FIFOMI [20]

El Fideicomiso de Fomento Minero (figura 83), es parte de la Secretaría de Economía, que a través de la Coordinación General de Minería apoya el fortalecimiento e integración del sector minero y sus cadenas productivas.

El financiamiento que se otorga puede utilizarse para la adquisición de bienes de capital como: maquinaria, obras civiles, plantas de beneficio. También el financiamiento de documentos con derecho como facturas, cartas de crédito, contra-recibos, para los proveedores de bienes y servicios, contratistas, etc.



**Figura 82.** Logotipo con el que se identifica a FONAES



**Figura 83.** Logotipo con el que se identifica a FIFOMI

Para mayor información consultar [19] y [20] de la bibliografía

### 7.2.1 Tipos de crédito <sup>[21]</sup>

FIFOMI otorga sus créditos en Moneda Nacional y/o dólares americanos, siempre y cuando la empresa facture y cotice en dicha moneda, generando una cantidad suficiente de divisas para amortizar el crédito.

**Tabla 27.** Tipo de crédito

<b>Tipo de crédito</b>	<b>Montos</b>
Habilitación o avío	Hasta USD 1'000,000 o su equivalente en M.N.
Refaccionario	Hasta USD 3'500,000 o su equivalente en M.N.
Pagos simples pasivos	Hasta USD 2'000,000 o su equivalente en M.N.
Avío revolvente	Hasta USD 500,000 o su equivalente en M.N.
Avío revolvente para apoyo de proveedores de la cadena productiva	Hasta USD 2'500,000 o su equivalencia en M.N.
Avío revolvente para apoyo de proveedores (Introdutores y/o beneficiadores de mineral)	Hasta USD 1'000,000 o su equivalencia en M.N.

Para cada tipo de crédito existe un plazo de pago, explicado en la siguiente tabla:

**Tabla 28.** Plazos otorgados para cada adquirir un crédito

<b>Tipo de crédito</b>	<b>Plazos</b>
Refaccionario	Hasta 10 años, incluyendo gracia en capital hasta de 24 meses
Habilitación o avío	Hasta 5 años, incluyendo gracia en capital hasta 12 meses
Simple para pago de pasivos	Hasta 5 años, incluyendo gracia en capital hasta de 6 meses
Avío revolvente para apoyo de proveedores	Hasta 3 años, sin periodo de gracia, con revisión y calificación gual.
Avío revolvente para apoyo de proveedores (introdutores y/o beneficiadores de mineral)	Revolvencia mínima de 30 días y máxima de 180 días.

Los requisitos para solicitar algún crédito de los mencionados en la tabla 15 son los siguientes:

**Tabla 29.** Requisitos para solicitar crédito . Documento REGLAS DE OPERACION DE CREDITOS DE PRIMER PISO DEL FIFOMI

No.	Documentos *	Observaciones	Crédito simple			Cuenta corriente	
			Ref.	Hab. ó Avío	Pago de Pasivos	Avío Rev.	Apoy o a prov.
1	Solicitud de crédito	Formatos FIFOMI (CD-01 y CD-02), debidamente requisitados por el solicitante.	✓	✓	✓	✓	✓
2	Autorización para solicitar Reportes de Crédito en el Buró de Crédito (original).	Formato autorizado por Buró de Crédito para FIFOMI, debidamente requisitado y con sus anexos. Para personas morales se deberá presentar autorización de la empresa, principal accionista y Director General y aval en su caso.	✓	✓	✓	✓	✓
3	Estructura organizacional	Organigrama hasta segundo nivel, incluyendo currícula del responsable del área técnica y administrativa-financiera.	✓	✓	✓	✓	✓
4	Cotizaciones de los bienes por adquirir y/o presupuestos de obras de desarrollo minero, obra civil, montaje, instalación, etc., con una antigüedad no mayor a tres meses.	De tratarse de equipo usado, deberá presentar avalúo (puede ser posterior a la autorización del crédito). Si es equipo de transporte su antigüedad no será mayor de 5 años. En caso de elementos de pailería o instalaciones, se aceptarán presupuestos cuando el solicitante sea el proveedor.	✓	N/A	N/A	N/A	N/A
5	Copia de la Cedula Fiscal	R.F.C.	✓	✓	✓	✓	✓
6	Estados financieros de los dos últimos ejercicios y parcial con una antigüedad no mayor a tres meses, contados a partir de la fecha de recepción en FIFOMI, o de apertura cuando se trate de proyectos de nueva creación.	Deberán contener: •Estado de Posición Financiera y relaciones analíticas. •Dictaminados o auditados por Despacho (en caso de estar Obligados CFF Art. 32-A). ó declaración fiscal de no estar obligado a dictaminar. •Copia de contratos de crédito vigentes, con otras instituciones financieras. •Nombre y firma del Representante legal y contador de la empresa. •De pertenecer a Grupo de empresas, deberá presentar Estados financieros consolidados.	✓	✓	✓	✓	✓
7	Estado de posición financiera o situación patrimonial con una antigüedad no mayor a 3 meses contados a partir de la fecha de recepción en FIFOMI.	Sólo en el caso de que se otorgue aval y deudor solidario, para garantizar la operación.	✓	✓	✓	✓	✓
8	Proyecciones financieras por el plazo del crédito, elaborados por la solicitante.	Incluyendo estado de posición financiera, estado de resultados, estado de costos, flujo de efectivo y bases y premisas de elaboración, firmados por el representante de la empresa y contador que las elaboró.	✓	✓	✓	N/A	N/A
9	Planos de ubicación de las concesiones mineras y/o yacimientos e instalaciones involucradas en el proyecto y en su	Incluir referencias naturales y de infraestructura que muestren claramente la localización del proyecto (sólo para minerales concesibles).	✓	✓	✓	N/A	N/A

No.	Documentos *	Observaciones	Crédito simple			Cuenta corriente	
			Ref.	Hab. ó Avío	Pago de Pasivos	Avío Rev.	Apoy o a prov.
	caso, de obras existentes y proyectadas.	Preferentemente a escala 1:500 de referencia (sólo para minerales concesibles).					
10	Estudio geológico de reservas, con antigüedad no mayor a 6 meses.	(En su caso certificadas por el SGM).	✓	✓	✓	N/A	N/A
11	Programa de inversión, indicando calendario de ejecución del proyecto.	Indicando tiempos e inversiones de las principales etapas, áreas o módulos.	✓	✓	✓	N/A	N/A
12	Proformas de las liquidaciones de mineral de la fundición o del comprador	Presentar copia simple y sólo para minerales metálicos.	✓	✓	✓	N/A	N/A
13	Diagrama de flujo del proceso productivo.	Actual y en su caso el que se pretende con el proyecto	✓	✓	✓	N/A	N/A
14	Permiso general de uso de explosivos vigente.	Cuando la explotación así lo requiera.	✓	✓	✓	N/A	N/A
15	Persona moral: Acta Constitutiva y en su caso últimas modificaciones a sus estatutos sociales, así como poderes de la persona(s) que suscriba(n) el (los) contratos y/o títulos de crédito y/o garantías en su caso. Persona Física Acta Nacimiento y Matrimonio	La G. Regional deberá presentar copia simple de las Escrituras Públicas correspondientes (legibles con la leyenda "Cotejada contra su original", con nombre y firma de quien cotejó), con datos de inscripción en el R.P.P.C.	✓	✓	✓	✓	✓
16	Acta de aportación de socios para futuros aumentos de capital	La G. Regional deberá presentar copia simple (legible con la leyenda "Cotejada contra su original", con nombre y firma de quien cotejó), en su caso con datos de inscripción en el R.P.P.C.	✓	✓	✓	✓	✓
17	Título de concesión minera vigente y/o Documentos que acrediten la titularidad de las instalaciones del proyecto a favor del solicitante.	Deberá presentar recibo de pago de derechos vigente, sobre las concesiones mineras.	✓	✓	✓	✓	✓
18	Escrituras y/o facturas de los bienes materia de garantía.	Presentar copia simple Posterior a la autorización, deberá presentar avalúos y certificados de libertad de gravamen que corresponda.	✓	✓	✓	✓	N/A
19	Contrato o documento que soporte el suministro de materia prima (cuando no se cuente con yacimiento propio). Contrato o carta compromiso de maquila de la planta de beneficio o empresa (en caso de no contar con planta propia).	Sólo para minerales metálicos. Presentar copia simple y debidamente ratificado por Notario o Corredor público. Para beneficio de minerales deberá indicar la vigencia de prestación del servicio de beneficio o procesamiento.	✓	✓	✓	✓	N/A
20	Licencia de funcionamiento de la Unidad Productiva o documento que acredite su trámite, expedida por la Autoridad competente.	Para proyectos nuevos el documento de trámite deberá estar debidamente formalizado	✓	✓	✓	✓	✓



**Tabla 30.** Requisitos para solicitar crédito . Documento REGLAS DE OPERACION DE CREDITOS DE PRIMER PISO DEL FIFOMI

LISTA DE REQUISITOS PARA CREDITO DE AVIO REVOLVENTE PARA APOYO DE PROVEEDORES (INTRODUCTORES Y/O BENEFICIADORES DE MINERAL)					
No.	Documentos	Concesionario		Planta propia ó Arrendada	
		P. física	P. moral	P. Física	P. moral
1	Solicitud de crédito (formato CD-01 y CD-02)	✓	✓	✓	✓
2	Autorización consulta buró de crédito <sup>1</sup>	✓	✓	✓	✓
3	Cédula del RFC.	✓	✓	✓	✓
4	Acta de nacimiento del concesionario.	✓	N/A	✓	N/A
5	Copia de identificación oficial	✓	N/A	✓	N/A
6	Acta constitutiva, última modificación a sus estatutos sociales y poder del representante. <sup>2</sup>	N/A	✓	N/A	✓
7	Documento que acredite la propiedad o uso temporal (contrato de arrendamiento) de la planta de beneficio, debidamente ratificado por Notario o Corredor Público.	N/A	N/A	✓	✓
8	Título de concesión minera que acredite la titularidad del lote minero a favor del solicitante, o en su defecto Contrato de Cesión de derechos de explotación sobre la concesión minera, debidamente ratificado por Notario o Corredor Público. <sup>3</sup>	✓	✓	N/A	N/A
9	Pago de derechos del último semestre sobre las concesiones mineras (lotes mineros) a favor del solicitante.	✓	✓	N/A	N/A
10	Contrato de prestación de servicios de maquila, de la planta de beneficio, debidamente ratificado por Notario o Corredor Público	✓	✓	N/A	N/A
12	Estados financieros parciales con relaciones analíticas, con antigüedad no mayor a 3 meses	✓	✓	✓	✓
13	Para aval; relación patrimonial, con antigüedad no mayor a 3 meses	✓	✓	✓	✓
14	Para garantía prendaria; relación de la maquinaria y equipo ofrecida en prenda, con descripción del bien, nombre del propietario y valor factura o en libros.	✓	✓	✓	✓
15	Dictamen Legal emitido por la Subdirección Jurídica del FIFOMI. <sup>4</sup>	✓	✓	✓	✓
16	Informe de verificación de garantías, emitido por la Gerencia Regional correspondiente.	✓	✓	✓	✓

### 7.2.2 Crédito Directo [21]

El Crédito Directo cuenta con una serie de montos y plazos para apoyar al micro, pequeño y mediano minero. El porcentaje de financiamiento que otorga FIFOMI es de acuerdo a la situación de la empresa y/o proyecto, como se explica a continuación:

**Tabla 31.** Porcentaje de financiamiento

Para empresas en operación	En base a la estructura financiera de ésta, se podrá financiar hasta el 100% del programa de inversión, sin incluir el IVA y sin rebasar el 100% del capital contable de la misma.
Para nuevos proyectos	El porcentaje a financiar será hasta el 50% del proyecto (de acuerdo al monto máximo de financiamiento autorizado), considerando la inversión con recursos propios ya realizados, sin incluir el IVA, buscando en ambos casos un equilibrio financiero en la inversión.

Para clasificar el tamaño de empresa o unidad productiva, en el caso de minerales concesibles, estará en función de sus ingresos brutos por ventas anuales y/o volumen de producción, y en la minería no metálica y no concesible, en función al número de empleos de carácter permanente, ocupados a la fecha de solicitud, conforme a lo siguiente:

**Tabla 32.** Tamaño de la empresa

Minería concesible			Minería no concesible y sector productivo		
TAMAÑO	Ingresos brutos	Producción (tons/mes)	Número de empleados		
			Industria	Comercio	Servicios
Micro	N/A	N/A	Hasta 30	Hasta 5	Hasta 20
Pequeña	Hasta 5,000	Hasta 3,000	31 a 100	6 a 20	21 a 50
Mediana	Más de 5,000 y hasta 20,000	Más de 3,000 y hasta 12,000	101 a 500	21 a 100	51 a 100
Grande	Más de 20,000	Más de 12,000	Más de 500	Más de 100	Más de 100

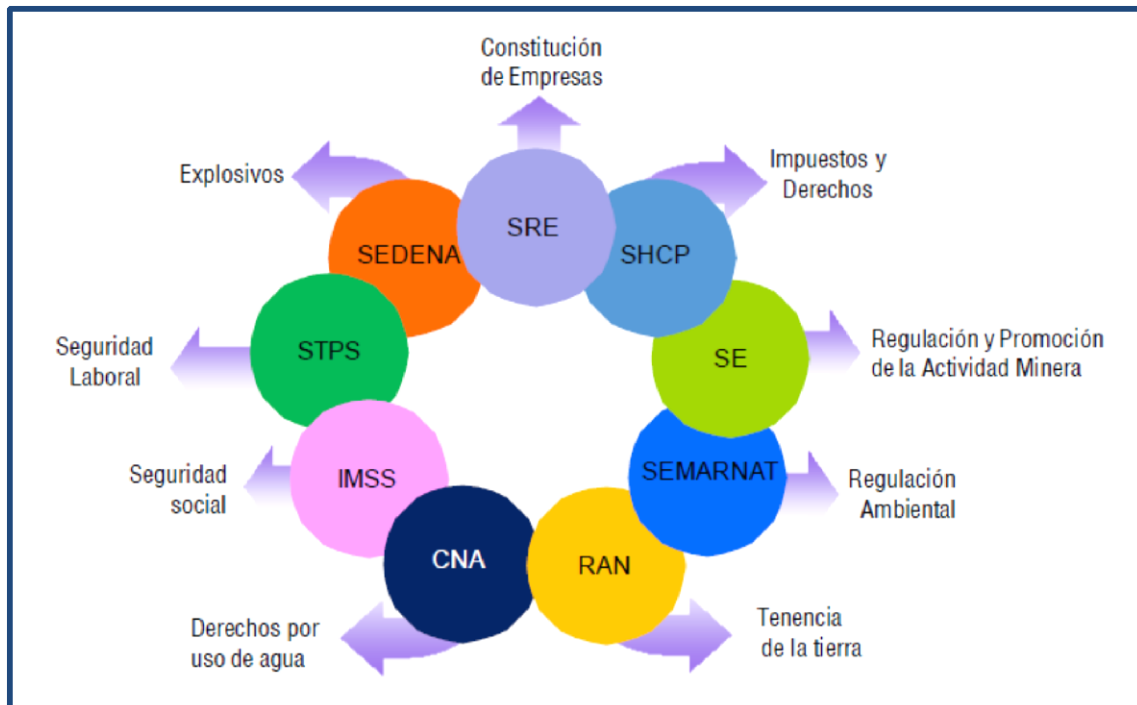
### 7.3 Procedimiento para realizar trámites mineros

Para facilitar el conjunto de procedimientos requeridos para iniciar una operación minera, la Dirección General de Promoción Minera clasifica las Dependencias Federales y Entidades del Sector, para facilitar el trámite al interesado.

**Tabla 33.** Dependencias Federales involucradas en la actividad minera (Guía de Trámites Mineros 2012).

<b>Dependencia Federal</b>	<b>Función</b>
Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE)	Autorización para la constitución de empresas
Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)	Registro fiscal de empresas y recaudación de impuestos y derechos
Secretaría de Economía (SE)	Regulación y promoción de la actividad minera e inscripción y/o registro de empresas con inversión extranjera directa
Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)	Regulación ambiental, fomento a la protección, restauración y conservación de los ecosistemas y recursos naturales, y bienes y servicios ambientales
Registro Agrario Nacional (RAN)	Regula los asuntos relacionados con tenencia de la tierra
Comisión Nacional del Agua (CNA)	Regular los derechos por uso de agua
Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)	Brindar servicio médico y seguridad social a los afiliados
Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS)	Proporcionar seguridad laboral a los trabajadores
Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA)	Autorizar y supervisar el uso de explosivos
Secretaría de Energía (SENER)	Conduce la política energética del país, dentro del marco constitucional vigente, para garantizar el suministro competitivo, suficiente, de alta calidad, económicamente viable y ambientalmente sustentable de energéticos que requiere el desarrollo de la vida nacional

La regulación de la actividad minera está a cargo principalmente de 9 Dependencias (figura 84):



**Figura 84.** Resumen de la actividad de cada una de las Dependencias involucradas en el sector minero. (Guía de tramites Mineros 2012).

Si un inversionista tiene el interés de iniciar e instalar una empresa minera en México, debe seguir los siguientes pasos:

- Tramitar ante a la Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE), el permiso para la constitución de sociedades; permiso mediante el cual se autoriza el uso de una denominación o razón social, así como su objeto social, para constituir una persona moral mexicana. Posteriormente, registrar la empresa ante Notario Público para obtener la escritura pública correspondiente a la constitución de la sociedad.
- Dar de alta a la empresa ante la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), como contribuyente, de acuerdo a las características específicas de cada empresa.

- Ante la Secretaría de Economía se tramitan las concesiones mineras, así como el registro de inversiones extranjeras si se trata de personas físicas o morales extranjeras y mexicanos que posean o adquieran otra nacionalidad y que tengan su domicilio fuera del territorio nacional.

En el caso de adquisición de bienes inmuebles, explotación de minas y aguas, fideicomisos por parte de los extranjeros; deberán inscribirse en el Registro Nacional de Inversiones Extranjeras (DGIE).

Coordinado dentro de la SE, se encuentra el Servicio Geológico Mexicano, quien cuenta con la infraestructura geológico minera (geología, geoquímica, geofísica, sensores remotos, infraestructura, entre otros) del país para la consulta de carácter pública y en forma gratuita. Es recomendable consultar la información disponible del GSM antes de realizar cualquier trámite.

- Solicitar ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (SEMARNAT) una evaluación de impacto ambiental por actividades de exploración, explotación y beneficio de minerales.
- Tramitar permiso por uso de agua ante la Comisión Nacional del Agua (CNA).
- Inscribirse como patrón al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) para afiliar a los trabajadores y cubrir servicio médico y prestaciones sociales.
- Obtener permiso de uso de explosivos ante la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA).

#### 7.4 Concesión minera [29]

La concesión minera es un acto del poder ejecutivo federal que faculta a personas físicas mexicanas y a las sociedades mercantiles constituidas conforme a las leyes mexicanas (por mexicanos o extranjeros), así como a ejidos y comunidades agrarias, para realizar la exploración, explotación y aprovechamiento de las sustancias minerales contenidas dentro del lote que ampara [35].

La expedición de concesiones mineras, reconocido por todas las leyes mexicanas que han regulado la materia, es que las mismas se otorgan al primer solicitante en tiempo de un lote minero sobre terreno libre [35].

La ley minera define el lote minero como un sólido de profundidad indefinida, limitado por planos verticales y cuya cara superior es la superficie del terreno, sobre el cual se determina el perímetro que comprende [35].

Se entiende por terreno libre el comprendido dentro del territorio nacional, con excepción del ubicado en las zonas marinas mexicanas o el amparado por zonas incorporadas a reservas mineras, concesiones y asignaciones mineras, al igual que por solicitudes de concesión y asignación minera en trámite [35].

Por medio de la página del Diario Oficial de la Federación [29] es posible adquirir la Ley Minera [29], de la cual se citan artículos que nos indican elementos que se consideran minerales, los cuales son de nuestro interés.

- Artículo 4. Son minerales o sustancias que en vetas, mantos, masas o yacimientos constituyen depósitos distintos de los componentes de los terrenos los siguientes:

II. Minerales o grupos de minerales de uso industrial siguientes: actinolita, alumbre, alunita, amosita, andalucita, anhidrita, antofilita, azufre, barita, bauxita, biotita, bloedita, boemita, boratos, brucita, carnalita, celestita, cianita, cordierita, corindón, crisotilo, crocidolita, cromita, cuarzo, dolomita, epsomita, estaurolita, flogopita, fosfatos, fluorita, glaserita, glauberita, grafito, granates, halita, hidromagnesita, kainita, kieserita, langbeinita, magnesita, micas, mirabilita, mulita, muscovita, nitratina, olivinos, palygorskita, pirofilita, polihalita, sepiolita, silimanita, silvita, talco, taquidrita, tenardita, tremolita, trona, vermiculita, witherita, wollastonita, yeso, zeolitas y zircón;

Los agregados no requieren de concesión, por lo que existe Artículo 5 de la Ley Minera

- Artículo 5. Se exceptúan de la aplicación de la presente Ley:

IV. Las rocas o los productos de su descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales de construcción o se destinen a este fin;

La Ley Minera indica en los siguientes artículos que el pequeño y mediano minero puede recibir apoyo de la Secretaría de Economía como a continuación se cita:

- Artículo 7. Son atribuciones de la Secretaría:

II. Elaborar y dar seguimiento al programa sectorial en materia minera y coordinar la elaboración y evaluación, así como dar seguimiento a los programas institucionales, regionales y especiales de fomento a la pequeña y mediana minería y al sector social;

- Artículo 8.- La Secretaría formulará los programas de fomento a la pequeña y mediana minería y al sector social, señalados en la fracción II del artículo anterior, y coordinará las acciones necesarias para su ejecución.

El reglamento de esta Ley establecerá los mecanismos para la instrumentación de los programas y acciones previstos por este artículo y precisará las características del pequeño y mediano minero por mineral o sustancia, con base en sus ingresos por ventas, el tonelaje total que extraigan o su participación en la producción nacional.

Para que el interesado pueda recibir una concesión minera, es importante cubrir los elementos solicitados en el siguiente artículo:

- Artículo 11.- Se consideran legalmente capacitadas para ser titulares de concesiones mineras las sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas:

-Cuyo objeto social se refiera a la exploración o explotación de los minerales o sustancias sujetos a la aplicación de la presente Ley;

-Que tengan su domicilio legal en la República Mexicana



-En las que la participación de inversionistas extranjeros, en su caso, se ajuste a las disposiciones de la ley de la materia.

- Artículo 12.- Toda concesión, asignación o zona que se incorpore a reservas mineras deberá referirse a un lote minero, sólido de profundidad indefinida, limitado por planos verticales y cuya cara superior es la superficie del terreno, sobre la cual se determina el perímetro que comprende.
- Artículo 34. Los titulares de concesiones mineras o quienes lleven a cabo obras y trabajos mediante contrato, deberán designar como responsable del cumplimiento de las normas de seguridad en las minas a un ingeniero legalmente autorizado para ejercer, siempre y cuando las obras y trabajos involucren a más de nueve trabajadores en el caso de las minas de carbón y más de cuarenta y nueve trabajadores en los demás casos.

Para mayor información, revisar [29] de la bibliografía.

Del Reglamento de la Ley Minera, es muy importante destacar el Capítulo III del Fomento de a la Pequeña y Mediana Minería y al Sector Social [30], de la cual citamos los siguientes artículos:

- ARTÍCULO 8o.- Los programas de fomento a la pequeña y mediana minería y al sector social deberán precisar:
  - I.- Las acciones que se desarrollarán y el tiempo que conllevará su ejecución por región
  - II.- Los requisitos para la obtención de créditos otorgados o descontados por el Fideicomiso de Fomento Minero
  - III.- Las medidas de descentralización y simplificación administrativas que adoptarán dicho Fideicomiso y el Consejo
  - IV.- Las obras de infraestructura que deberán concertarse con las autoridades competentes
  - V.- Los apoyos asistenciales que, en su caso, se concierten con la gran minería

VI.- Otros mecanismos para asegurar su debida instrumentación.

La Secretaría formulará dichos programas de acuerdo con lo dispuesto por la Ley de Planeación y evaluará trimestralmente el avance en la ejecución de los mismos.

- ARTÍCULO 9o.- Se considera pequeño o mediano minero a quien, respectivamente, satisfaga cualquiera de las características siguientes:
  - I.- Obtenga ingresos brutos por ventas anuales de minerales o sustancias sujetos a la aplicación de la Ley inferiores a cinco mil o veinte mil veces el salario mínimo general vigente en el Distrito Federal elevado al año
  - II.- Extraiga mensualmente hasta tres mil o doce mil toneladas de mineral
  - III.- Aporte hasta el 1.0 o 4.0% de la producción nacional anual del mineral o sustancia de que se trate.

Para mayor información consultar el [30] de la bibliografía.

## CONCLUSIONES

En la elaboración del “Manual de laboratorio de agregados para concreto y explotación de canteras enfocado al pequeño y mediano minero” se incorporan conocimientos de Ingeniería de Minas y Metalurgia, así como experiencias laborales personales con la finalidad de que sea una herramienta que guíe al usuario y le permita encontrar más herramientas para iniciar y mejorar sus labores de explotación y acreditación de los agregados que busca comercializar.

Se realiza un resumen de fácil lectura y entendimiento para dar conocimiento de la normatividad existente que esta publicada para la aplicación en los agregados. De la misma forma, se hace una extensa explicación acerca de que son los agregados, sus características y la importancia que tienen al formar parte de un concreto.

En el manual se busca transmitir la importancia de tener un laboratorio de agregados, la cual no solo consiste en conocer si el agregado explotado es de la calidad demandada, sino también para tener acreditarlo y darle mayor valor y así pueda alcanzar la posibilidad de que sea atractivo para construcciones mayores. Con éste objetivo en mente, se desarrolla detalladamente todo lo necesario para la instalación de un laboratorio de manera correcta, demostrando la importancia que merece la acreditación, para que el usuario se informe en como tener un laboratorio competente y acreditado.

Por medio del estudio de la normatividad NMX y la práctica, se desglosa de manera clara y detallada cada una de las pruebas que forman parte de una caracterización total con el objetivo de certificar la calidad del agregado para su uso en la elaboración de un concreto, guiando por medio de fotografías paso a paso para facilitar la comprensión y sea más atractivo al lector el documento.

La investigación y aplicación de los conocimientos adquiridos acerca de la explotación de canteras, es combinado de manera eficaz con la experiencia profesional para explicar las partes fundamentales de las que se compone una explotación, se busca guiar y dar a conocer las herramientas necesarias para que el usuario pueda evaluar que hace falta en su trabajo y los elementos a corregir para tener una explotación efectiva que sea segura.

La falta de información es algo que puede afectar a cualquier persona en diferentes ramas laborales, sociales y personales, por lo que el manual busca orientar y brindar conocimiento acerca de los financiamientos a los cuales el usuario puede tener acceso.

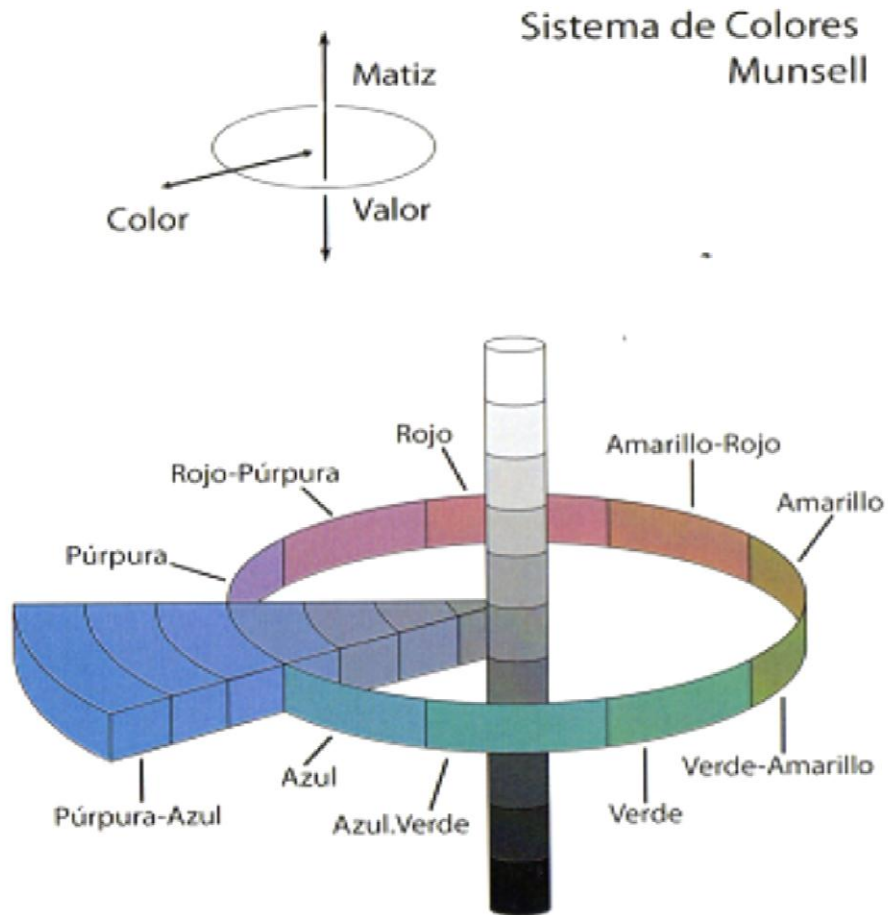
El manual expresa los aspectos fundamentales que se debe conocer y de ésta forma el usuario adquiere una herramienta para buscar el mejor financiamiento de acuerdo a su situación económica y laboral. La función del manual es ayudar al pequeño y mediano minero a formar una cantera como empresa.

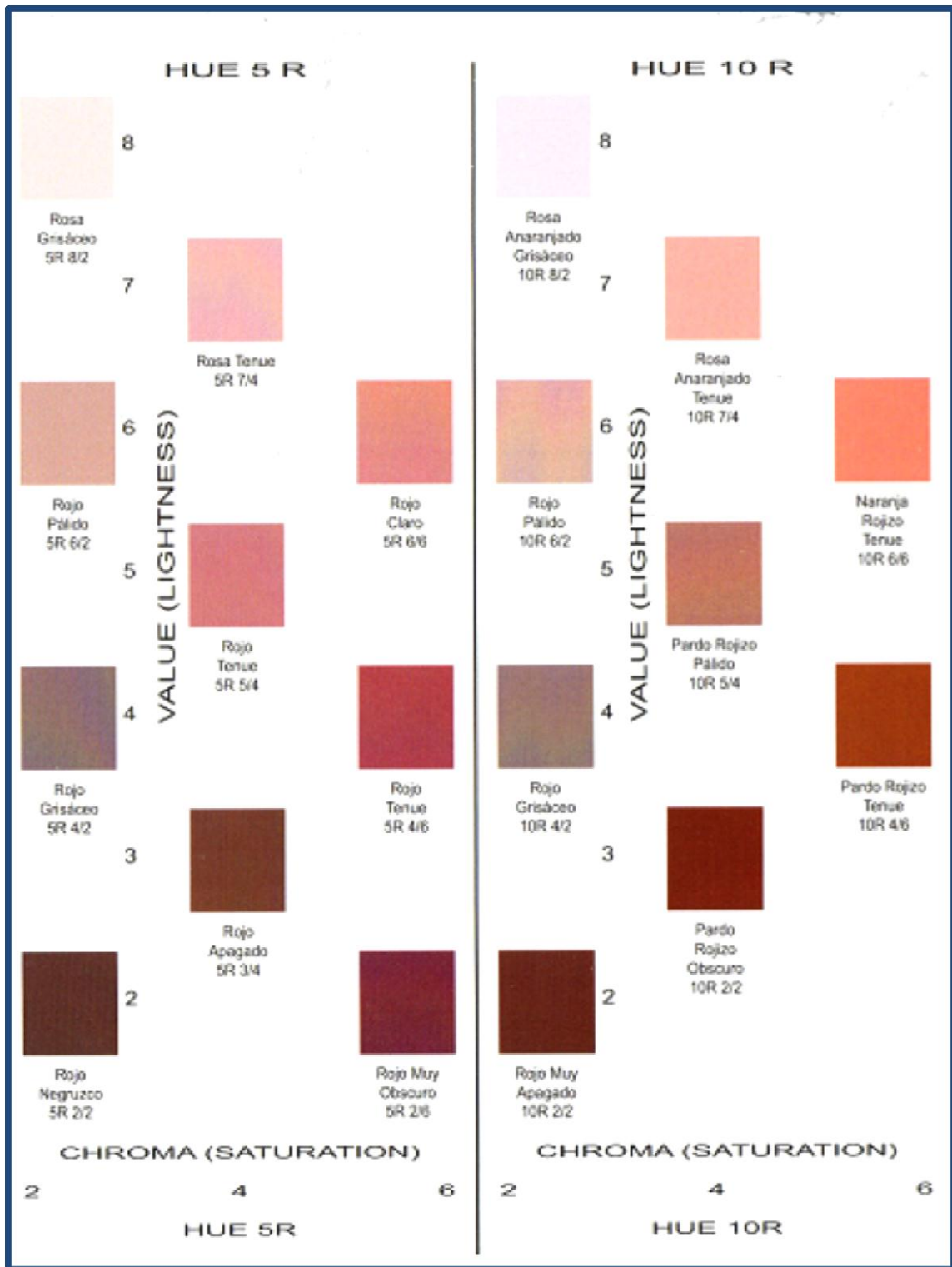
En general, se demuestra la comprensión de un tema de ingeniería real con una visión laboral que pueden tener los alumnos y personas que estén involucrados con la minería, buscando ser útil para la sociedad y generaciones futuras de estudiantes.

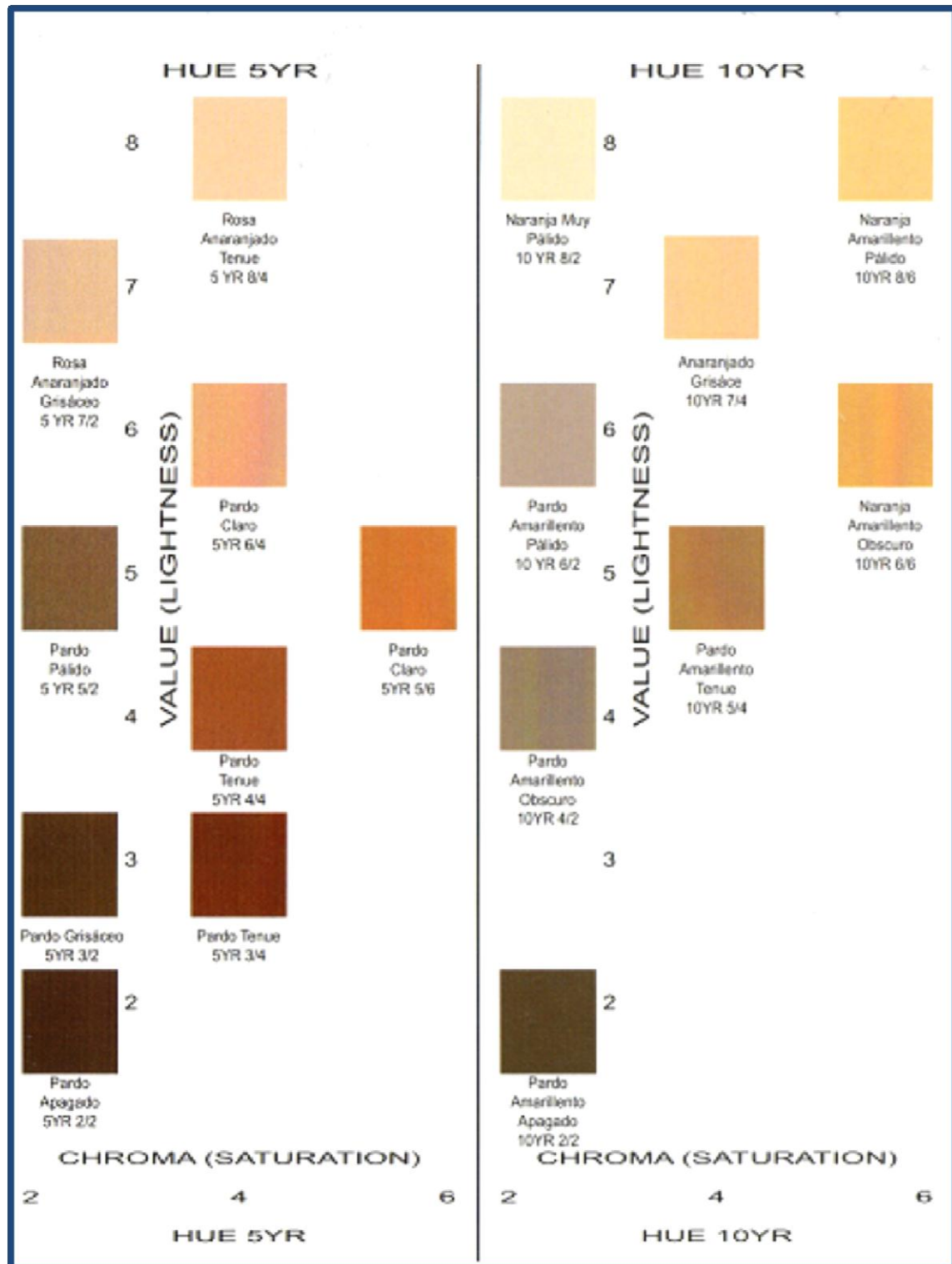
La aportación del “Manual de laboratorio de agregados para concreto y explotación de canteras enfocado al pequeño y mediano minero” es una herramienta que nos permite alcanzar más herramientas, busca ayudar y guiar al interesado en todos los procesos y trámites que involucra una explotación minera, siguiendo el objetivo de fomentar el progreso de nuevas y pequeñas explotaciones, así como el cambio positivo en la economía del usuario, el beneficio social y el impulso al trabajo del Ingeniero de Minas y Metalurgista.

# APÉNDICE <sup>[7]</sup>

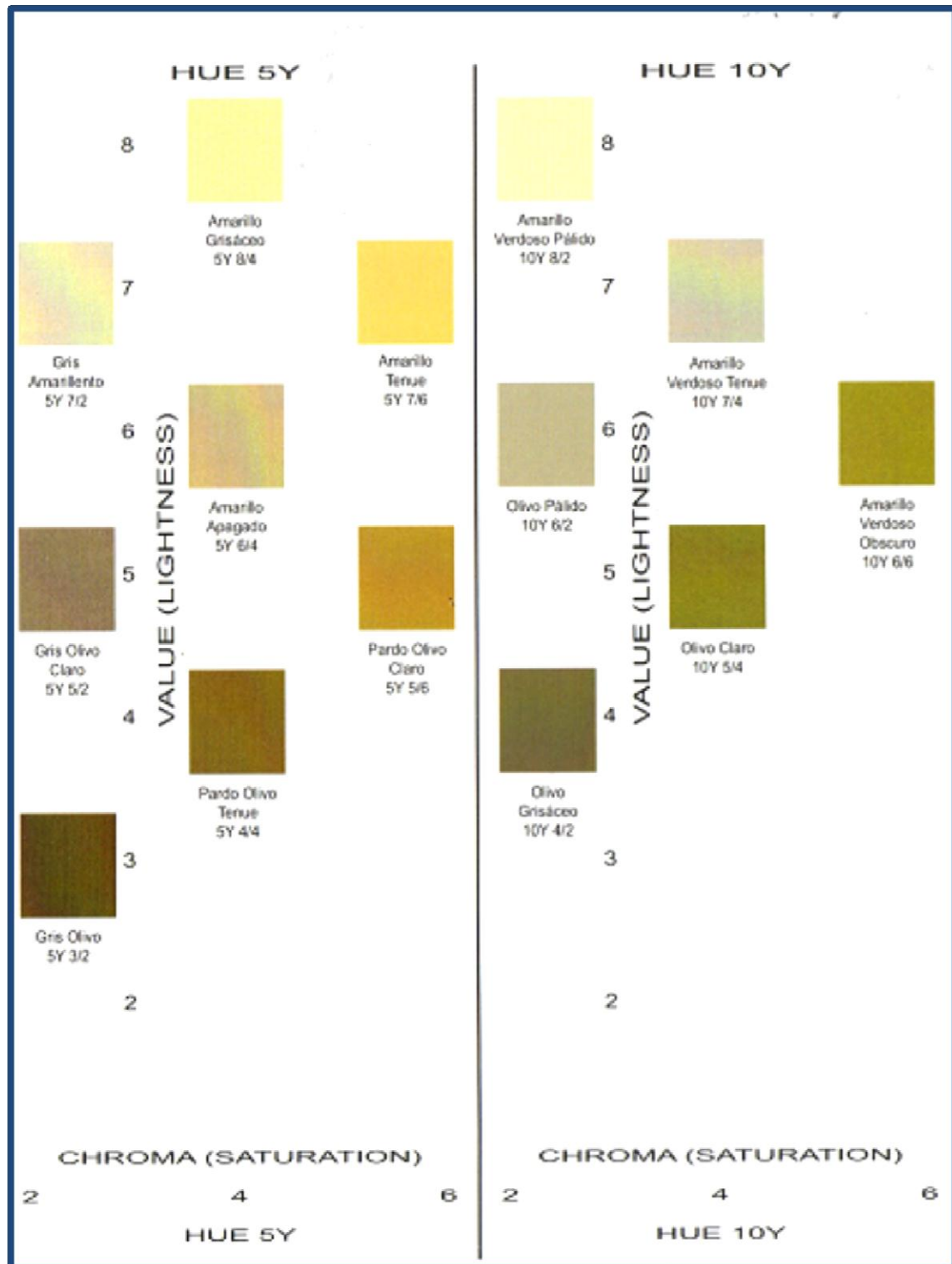
## TABLA DE COLORES PARA ROCAS

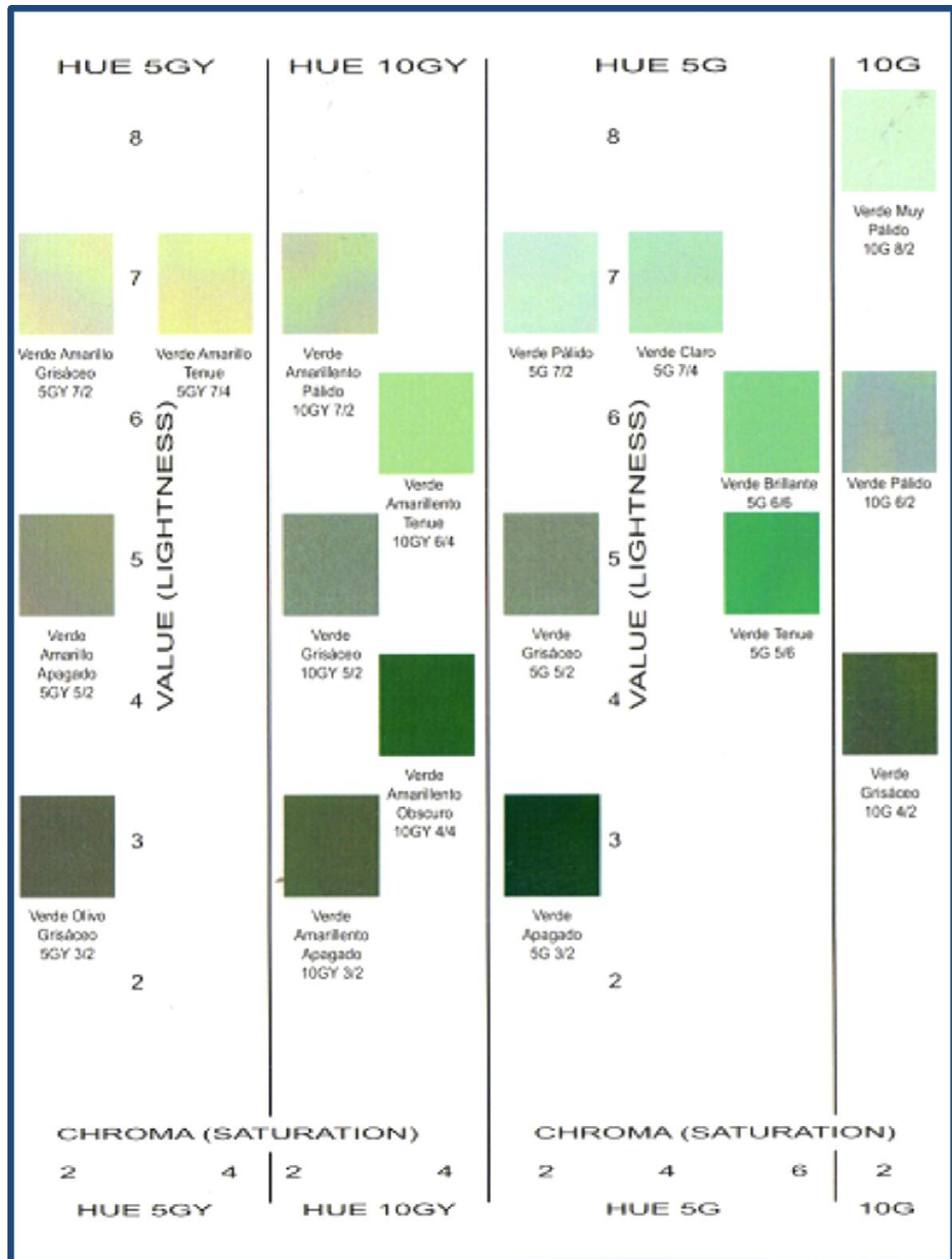


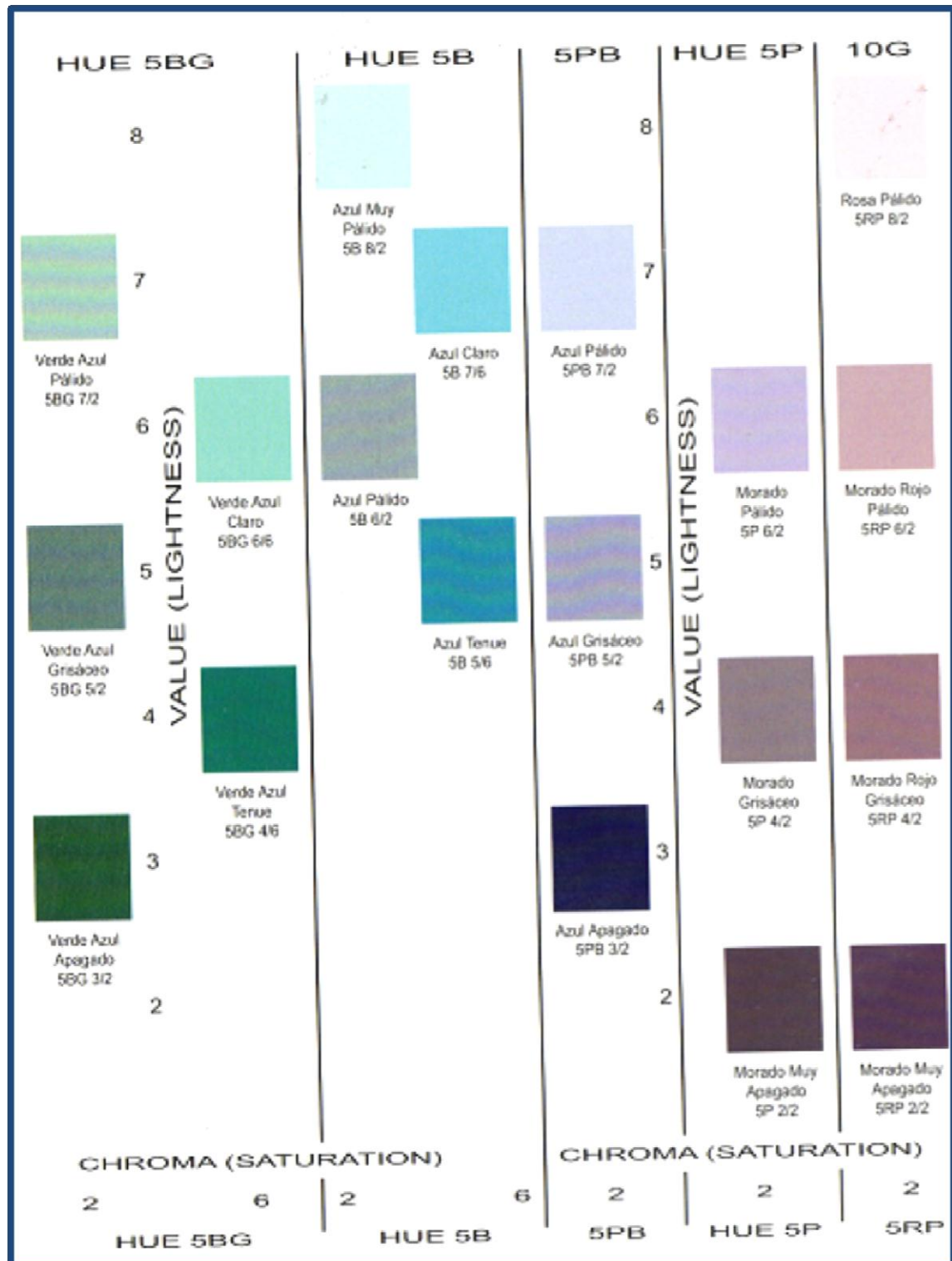


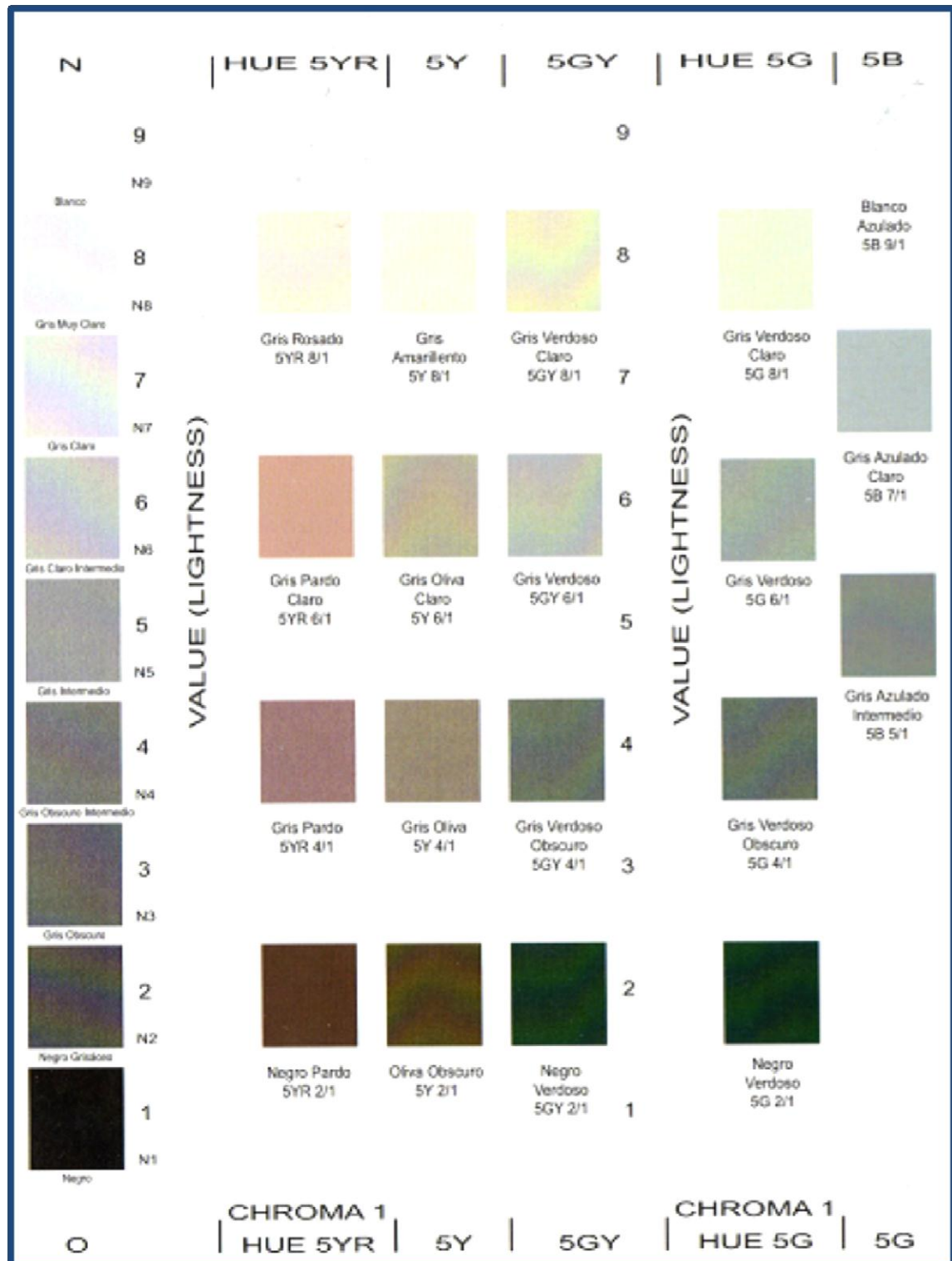












## GLOSARIO [24]

**ABRASIÓN.**- Acción mecánica de rozamiento y desgaste que provoca la erosión de un material.

**ACARREO.**-Transporte de mineral.

**ANDESITA.**- Es una roca ígnea. El nombre andesita deriva de su ocurrencia en Andes.

**ANFO.**-Siglas de las palabras en inglés Ammonium Nitrate Fuel Oil (mezcla de Nitrato de Amonio y Diesel).

**ANHIDRITA.**- Mineral compuesto de sulfato de calcio anhidro ( $\text{CaSO}_4$ ).

**ARCILLA.**- Constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados procedentes de la descomposición de minerales de aluminio. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, siendo blanca cuando es pura.

**AVÍO.**- preparar o disponer lo necesario para un fin determinado.

**BANCO.**-Terraplén macizo usado como camino.

**BANCO.**-Explotación escalonada.

**BARRENACIÓN.**-Grupo de barrenos perforados en una obra minera. Acción y efecto de barrenar.

**BARRENO.**-Perforación practicada en la roca para detonarla con explosivos.

**BASALTO.**- Roca ígnea de color oscuro.

**BUZAMIENTO.**-Inclinación de una veta, falla, capa o dique.

**CALICHE.**-Depósito endurecido de carbonato de calcio. Éste se sedimenta con otros materiales, como arena, arcilla, grava y limo.

**CALIZA.**- Roca sedimentaria compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ).

**CANTERA.**-Explotación a cielo abierto, generalmente de minerales o rocas industriales.

**CAÑUELA.**-Mecha o cordón de ignición para explosivos, constituido por un núcleo de pólvora negra, forrado con un tramado de hilos de algodón y una capa plástica de protección contra la humedad.

**CAOLIN.**- Arcilla blanca muy pura que se utiliza para la fabricación de porcelanas.

**CARGAR BARRENOS.**-Llenar los barrenos con materiales explosivos.

**CUARTÓN.**- Roca de grandes dimensiones.

**DELEZNABLE.**-Que se rompe o deshace fácilmente.

**DENSIDAD.**- Magnitud escalar referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen de una sustancia.

**DOLOMITA.**- Mineral compuesto de carbonato de calcio y magnesio. Se produce una sustitución por intercambio iónico del calcio por magnesio en la roca caliza.

**ECHADO.**-Angulo de inclinación de una veta o capa.

**EFICACIA.**- capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera.

**EFICIENCIA.**- Capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado.

**ENCAPE.**-Porción de roca que cubre un yacimiento.

**ESTOPIN.**-Detonador inicial para disparar sustancias explosivas de alta intensidad.

**EXPLORACIÓN.**-Investigación geológica que se realiza con objeto de descubrir nuevos yacimientos.

**EXTRÍNSECO.**- Que es impropio de una cosa o es exterior a ella.

**FALLA.**- Fractura con desplazamiento producida en un macizo rocoso.

**FULMINANTE.**-Detonador para disparar explosivos. Estopín.

**FUNDO.**-Propiedad minera. Concesión minera.

**GRANULOMETRÍA.**- Medición y gradación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

**IMPACTO.-** Efecto que produce una determinada acción sobre el agregado en distintos aspectos.

**INTEMPERISMO.-** Desintegración, descomposición y disgregación de una roca en la superficie terrestre o próxima a ella como consecuencia de su exposición a los agentes atmosféricos y físico-químicos.

**INTRÍNSECO.-** Que es propio o característico de una cosa por sí misma y no por causas exteriores

**LIMO.-** Material suelto con una granulometría comprendida entre la arena fina y la arcilla. Es un sedimento clástico incoherente transportado en suspensión por los ríos y por el viento, que se deposita en el lecho de los cursos de agua o sobre los terrenos que han sido inundados.

**LINEA DE FALLA.-** Intersección de la superficie de falla con un plano horizontal o con la superficie del terreno.

**LOTE MINERO.-** Fundo o propiedad minera.

**MÁRMOL.-** Roca metamórfica compacta formada a partir de rocas calizas que, sometidas a elevadas temperaturas y presiones, alcanzan un alto grado de cristalización.

**MECHA.-** Cañuela. Artificio de iniciación para explosivos.

**MINA.-** Conjunto de obras o excavaciones superficiales o subterráneas cuyo propósito se enfoca a la explotación o disfrute económico de minerales. Conjunto de obras mineras subterráneas o a cielo abierto (según sea el caso) encaminadas a la explotación de minerales.

**MOLINO.-** Equipo metalúrgico utilizado para moler minerales.

**NORMA.-** conjunto de estándares válidos en diferentes ambientes productivos

**PATIO.-** Espacio plano en el exterior de la mina. Área de maniobras, talleres, almacenes, planta de beneficio y oficinas de la mina.

**PEGAR.-** Detonar el explosivo. Dinamitar. Cuetear.

**PETROGRAFÍA.-** Rama de la geología que se ocupa del estudio e investigación de las rocas, en especial en cuanto respecta a su aspecto descriptivo, su composición mineralógica y su estructura.

**POLVORIN.-** Almacén o depósito de explosivos.



**PIZARRA.**- Roca metamórfica homogénea formada por la compactación de arcillas.

**PUZOLANA.**- Rocas volcánicas, en las que el constituyente amorfo es vidrio producido por enfriamiento brusco de la lava.

**RESERVAS.**-Volumen de mineral medido y explotable para operaciones a futuro.

**REVOLVENCIA.**-Supone la devolución de los recursos en plazos y condiciones acordadas por el usuario.

**RETARDADOR.**-Fusible que retarda el tiempo de detonación. Artificio de iniciación.

**REZAGA.**-Borra, tepetate o desperdicio. Material suelto producto de una voladura. Pila de mineral.

**REZAGAR.**-Levantar el material fragmentado después de una voladura.

**TACO.**-Separador de arcilla u otro material inerte que se coloca entre los bombillos de explosivo dentro de un barreno. Material inerte (generalmente los detritos de barrenación), con lo que se rellena la porción superior de un barreno, en operaciones a cielo abierto.

**TAJO.**-Explotación minera que realiza sobre un cuerpo mineral somero localizado en la superficie del terreno o muy cercano a ella. Operación minera superficial. Open Pit (en inglés).

**TEPETATE.**-Roca encajonante o rezaga sin valor comercial.

**TEZONTLE.**- Roca roja de origen volcánico que se ubica en las laderas de los cerros, volcanes y depresiones. Se emplea en la construcción de casas o diques.

**TRAVERTINO.**- Roca sedimentaria formada por depósitos de carbonato de calcio y es utilizada ampliamente como piedra ornamental en construcción, tanto de exterior como de interior.

**TRONAR.**-Acción y efecto de fracturar material rocoso con explosivos.

**YESO.**- Sulfato de calcio anhidro y 20,93% de agua y es considerado una roca sedimentaria, incolora o blanca en estado puro, sin embargo, generalmente presenta impurezas que le confieren variadas coloraciones, entre las que encontramos la arcilla, óxido de hierro, sílice, caliza.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Panorama minero del estado de Aguascalientes. SE. 2011. Pdf

Panorama minero del estado de Baja California. SE. 2008. Pdf

Panorama minero del estado de Baja California Sur. SE. 2008. Pdf

Panorama minero del estado de Campeche. SE. 2011. Pdf

Panorama minero del estado de Chiapas. SE. 2011. Pdf

Panorama minero del estado de Chihuahua. SE. 2011. Pdf

Panorama minero del estado de Coahuila. SE. 2011. Pdf

Panorama minero del estado de Colima. SE. 2011. Pdf

Panorama minero del estado de Durango. SE. 2011. Pdf

Panorama minero del Estado de México. SE. 2011. Pdf

Panorama minero del estado de Guanajuato. SE. 2011. Pdf

Panorama minero del estado de Guerrero. SE. 2011. Pdf

Panorama minero del estado de Hidalgo. SE. 2011. Pdf

Panorama minero del estado de Jalisco. SE. 2011. Pdf

Panorama minero del estado de Michoacán. SE. 2011. Pdf

Panorama minero del estado de Morelos. SE. 2011. Pdf

Panorama minero del estado de Nayarit. SE. 2011. Pdf

Panorama minero del estado de Oaxaca. SE. 2011. Pdf

Panorama minero del estado de Nuevo León. SE. 2006. Pdf

Panorama minero del estado de Puebla. SE. 2011. Pdf

Panorama minero del estado de Querétaro. SE. 2011. Pdf

Panorama minero del estado de San Luis Potosí. SE. 2011. Pdf

Panorama minero del estado de Tamaulipas. SE. 2011. Pdf

Panorama minero del estado de Tlaxcala. SE. 2011. Pdf

Panorama minero del estado de Veracruz. SE. 2010. Pdf

Panorama minero del estado de Zacatecas. SE. 2011. Pdf

[2]CEMEX. Introducción a los agregados para concreto.pdf. [www.cemex.com](http://www.cemex.com)

[3]IMCYC. Normas ASTM. UNAM.

[4][www.economia-nmx.gob.mx/normasmx/index.nmx](http://www.economia-nmx.gob.mx/normasmx/index.nmx)

[5] [www.masteracero.com](http://www.masteracero.com)

[6]URBINA & HERBERT. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Cátedra de Laboreo de Minas 2002

[7]MUNSELL. Tabla de colores para rocas.

[8][www.ema.org.mx](http://www.ema.org.mx)

[9][www.iso.org](http://www.iso.org)

[10]NMX-C-077-ONNCE-1997. Análisis granulométrico.pdf

[11]NMX-C-165-ONNCE-2004. Determinación de la masa específica y absorción de agua del agregado fino.pdf

[12]NMX-C-164-ONNCE-2002. Determinación de la masa específica y absorción de agua del agregado grueso.pdf

[13]NMX-C-416-ONNCE-2003. Límites de consistencia y contracción lineal. pdf

[14]NMX-C-073-ONNCE-2004. Masa volumétrica.pdf

[15] NMX-C-084-ONNCE-1990. Pérdida por lavado.pdf

[16]NMX-C-196-ONNCE-1984. Resistencia a la degradación por abrasión e impacto de agregado grueso usando la maquina de Los Angeles.pdf

[17]NMX-C-088-ONNCE-1997. Determinación de impurezas orgánicas en el agregado

[18]NMX-C-170-ONNCE-1997. Reducción de las muestras de agregados obtenidas en el campo al tamaño requerido para las pruebas.pdf

[19] [www.fonaes.org.mx](http://www.fonaes.org.mx)

[20] [www.fifomi.org.mx](http://www.fifomi.org.mx)

[21] FIFOMI. Reglas de operación de créditos de primer piso del fideicomiso de fomento minero. Secretaría de economía.pdf

[22] HERRERA, Juan. Métodos de minería a cielo abierto. Universidad Politécnica de Madrid. 2006-2007.pdf

[23] LANGEROUS. Diseño de voladura. Métodos de diseño de voladura.pdf

[24] LOPEZ. Victor. Fundamentos para la explotación de minas. UNAM. 1998

[25] AUSTIN POWDER. The blaster's guide. Common formulas used for blast design.pdf. [www.austinpowder.com](http://www.austinpowder.com)

[26] RECALDE. Eduardo. Metodología de planificación minera a corto plazo y diseño minero a mediano plazo en la cantera Pifo. Escuela Superior Politécnica del Litoral.pdf

[27] Guía de trámites mineros. Secretaria de economía 2012. Otorgada en el Servicio Geológico Mexicano. [www.sgm.gob.mx](http://www.sgm.gob.mx).

[28] Entrevista con el Ingeniero José de Jesús Huezco Casillas. Facultad de Ingeniería. UNAM.

[29] [www.dof.gob.mx](http://www.dof.gob.mx) Ley Minera.pdf

[30] [www.diputados.gob.mx](http://www.diputados.gob.mx) Reglamento de la Ley Minera.pdf

[31] [www.notasdeconcreto.blogspot.com](http://www.notasdeconcreto.blogspot.com)

[32] [www.linneoblogg.blogspot.mx/2010/08/el-suelo-12-caracterizacion](http://www.linneoblogg.blogspot.mx/2010/08/el-suelo-12-caracterizacion)

[33] [www.uniovi.es/usr/fblanco/Practica6.PropiedadesArcillas.PLASTICIDAD.pdf](http://www.uniovi.es/usr/fblanco/Practica6.PropiedadesArcillas.PLASTICIDAD.pdf)

[34] [www.elvec.com.mx](http://www.elvec.com.mx)

[35] [www.economia-dgm.gob.mx](http://www.economia-dgm.gob.mx)