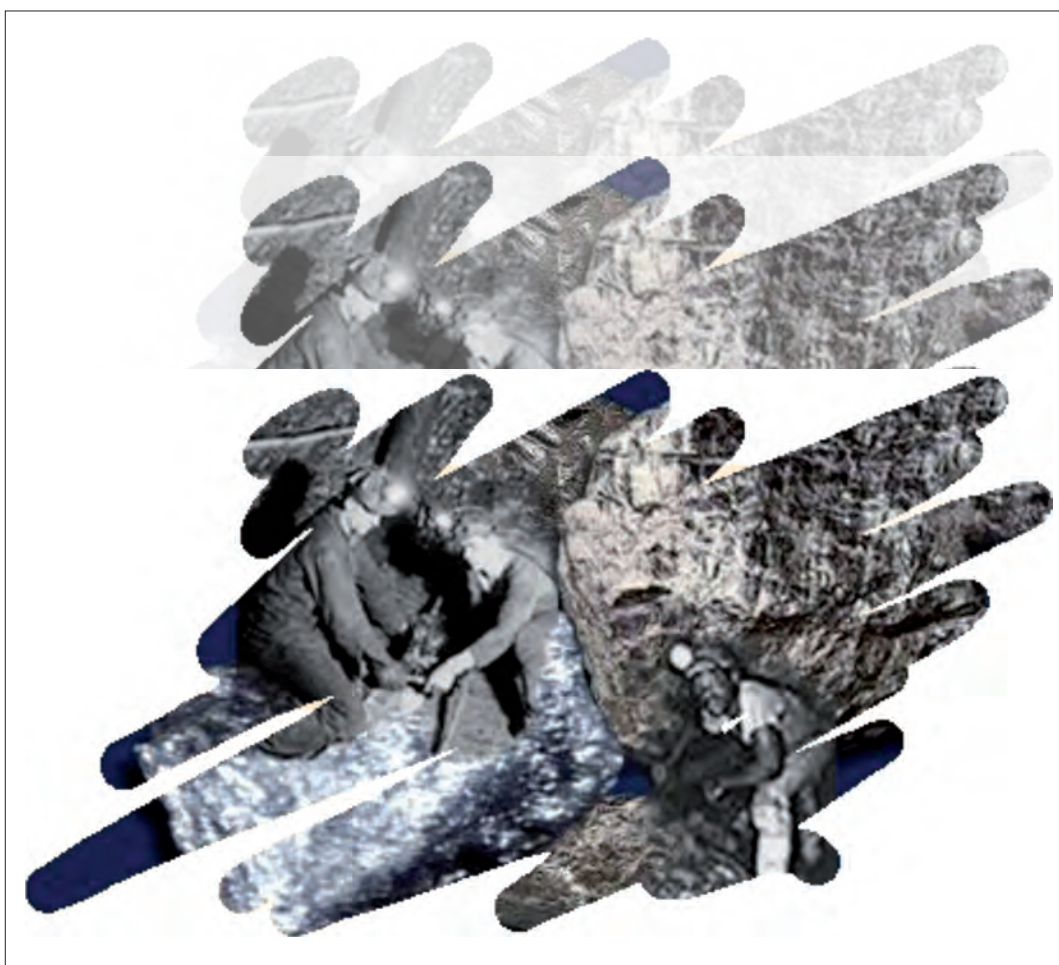


PERFIL DE MERCADO DEL GRAFITO



2013

ÍNDICE

	Pag.
RESUMEN EJECUTIVO	i
I. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MINERAL	
I.1 FICHA TÉCNICA	1
I.2 VARIEDADES	4
I.3 POTENCIAL GEOLÓGICO MINERO	7
I.4 PROCESOS DE OBTENCIÓN	12
I.5 PRINCIPALES USOS	16
I.6 MARCO LEGAL NORMATIVO	23
I.7 NORMAS NACIONALES E INTERNACIONALES	23
I.8 SITUACION DEL IMPUESTO ARANCELARIO APLICADO EN EL MARCO DE LOS TRATADOS DE LIBRE COMERCIO SUSCRITOS POR MEXICO	25
II. MERCADO	
II.1 PANORAMA DEL MERCADO INTERNACIONAL	26
II.2 MERCADO NACIONAL	28
II.3 COMERCIO EXTERIOR	29
II.4 PRECIOS	31
II.5 CANALES DE COMERCIALIZACIÓN	32
ANEXO ESTADÍSTICO	

RESUMEN EJECUTIVO

El grafito natural es una forma alotrópica del carbón. Es un mineral suave, de color gris a negro, brillo metaloide, peso específico de 2.23, dureza de 1-2, cristaliza en el sistema hexagonal, estable y químicamente inerte a temperatura normal, inodoro, no tóxico, resistente al calor y excelente conductor de calor y electricidad.

Sonora, actualmente, es el único productor de grafito en México, con un potencial de 1,634,800 toneladas en reservas de grafito amorfo. En 2012, la producción de grafito fue de 7,520 toneladas, 2.3% mayor, en relación a 2011.

Sus aplicaciones en México son principalmente en la industria del hierro y el acero. También es utilizado en la elaboración de productos refractarios, químicos, de revestimiento, y por sus cualidades de autolubricación y conducción de electricidad es usado en la fabricación de conductores en motores eléctricos y en la fabricación de baterías secas.

La balanza comercial en 2012 resultó con un superávit de 2.8 millones de dólares; en los últimos años las importaciones han tenido un comportamiento mixto en donde 2007, 2009 y 2011 disminuyeron las importaciones con respecto al año anterior, mostrando en general un crecimiento promedio anual de 11.9%, es decir, el producto mexicano ha venido perdiendo mercado.

El principal destino del grafito mexicano son: EU, 85.13%; Guatemala, 10.54%; Venezuela 1.92%; otros, 2.41%. Las importaciones provienen de EU, 55%; Brasil 17.4%; China 14.4%; Canadá, 10.8%; España 1.5%; Otros 0.9%.

En el mercado externo, sobretodo en el estadounidense, el grafito mexicano compite con su similar Chino que lo está desplazando por su precio bajo, ya que en calidad, el mineral mexicano es competitivo, guardando la siguiente proporción China, 51%; México, 22%; Canadá, 17%; Brasil, 6%; Otros, 4%.

I. CARACTERÍSTICAS GENERALES

I.1 FICHA TÉCNICA¹

Características físicas y químicas

El grafito natural es una forma alotrópica del carbón. Es un mineral suave, de color gris a negro, brillo metaloide, peso específico de 2.23, dureza de 1-2, cristaliza en el sistema hexagonal, estable y químicamente inerte a temperatura normal, inodoro, no tóxico, resistente al calor y excelente conductor de calor y electricidad. Es untuoso al tacto.

Es extremadamente refractario, siendo poco afectado por temperaturas superiores a los 3,000°C; tiene alta resistencia al intemperismo y los ácidos; se mezcla fácilmente con otros materiales tanto líquidos como sólidos.

Es compresible y maleable; resiste el ataque químico, el choque térmico, la contracción y la oxidación; tiene bajos coeficientes de fricción, expansión térmica y permeabilidad; flexible y sectil en un amplio rango de temperaturas y excelente lubricante.

Se encuentra en la naturaleza en pequeños cristales hexagonales en forma de agregados compactados, escamosos, terrosos y esféricos. El grafito frecuentemente se encuentra asociado con minerales como: cuarzo, feldespato, micas, calcita, pirita y óxidos de fierro.

¹ Dirección General de Desarrollo Minero.

Los electrones que se encuentran entre capa y capa son los que conducen la electricidad y éstos también son los que le dan el brillo al grafito ya que la luz se refleja sobre la nube electrónica. Tiene excelentes propiedades de resistencia al desgaste, especialmente con metales blandos. El grafito no es soluble en agua y no se derrite a altas temperaturas, sino que pasa al estado gaseoso directamente (sublimación) a temperaturas mayores de 3,800°C.

En ausencia de oxígeno, el grafito resiste muy bien la acción del calor. Asimismo, resiste la acción de las bases y de los ácidos no oxidantes, pero reacciona muy fácilmente con los ácidos oxidantes para dar lugar a la formación de compuestos interlaminares que contienen oxígeno e hidrógeno. La composición ideal límite podría responder a la fórmula C_{20} . Este compuesto interlaminar recibe el nombre de óxido grafítico. El tratamiento del grafito con flúor, a una temperatura de unos 500°C, da lugar a la formación de un compuesto interlaminar que responde a la fórmula $(CF)_n$.

Cuando se le añade un elemento como el magnesio y se utiliza el tratamiento adecuado, el grafito que ha tomado la forma de lámina durante la solidificación adquiere la forma esferoidal, dando origen a la fundición de grafito o fundición esferoidal, la cual se caracteriza por tener buena resistencia a la corrosión natural, capacidad para absorber las vibraciones y ser autolubrificante, así como características mecánicas más elevadas, su capacidad para deformarse antes de la rotura es muy superior a la fundición laminar, su módulo de elasticidad es casi como el del acero, la resistencia a la rotura por tracción y flexión es de 2 a 3 veces superior a la fundición laminar o gris y posee elevada resistencia a los choques.

Algunas de las áreas de nueva aplicación incluyen el asfalto eléctricamente conductor para pistas calentadas en los aeropuertos y los puentes de carreteras.

En el grafito, los átomos se vinculan en grupos de seis y adoptan la forma de un hexágono. Las ligaduras que unen a los átomos de cada hexágono resultan muy firmes, pero no lo son las que unen a los hexágonos entre sí. Esto permite que los grupos de átomos se deslicen a veces, unos sobre otros o cambien de posición, lo que hace que se separen fácilmente. Por eso, el grafito es blando y resbaladizo.

La forma en que los átomos de carbono en las sustancias orgánicas se unen entre sí en cadenas, resulta excepcional. El enorme número de compuestos orgánicos del carbono es consecuencia de las distintas disposiciones de los átomos de este elemento al unirse en cadenas abiertas o cerradas. Por esto hay tantos compuestos orgánicos de carbono. Éste entra en la formación de los compuestos complejos de toda la materia viva.

Propiedades del grafito

Propiedad	Características
<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura de fusión • Sublimación • Oxidación térmica • Combustión 	<p>Tiene dos puntos triples (punto en que coexisten en equilibrio tres fases)</p> <ul style="list-style-type: none"> – 3,550°C bajo una presión de 88 kg/cm² – 3,726°C a las 100,000 atmósferas de presión <p>Entre 3,300° y 3,550°C a una presión de 1.033 kg/cm²</p> <p>En presencia de oxígeno comienza a 300°C</p> <p>A 620° y 670°C es combustible en presencia de oxígeno</p>

I.2 VARIEDADES

Grafito natural

El grafito natural se clasifica en cristalino (escamoso y veta) y amorfo (microcristalino).

Cristalino		Amorfo
Escamoso	Veta	
<ul style="list-style-type: none"> • Se encuentra en forma de láminas planas de aspecto escamoso • Cada una de las láminas están separadas, cristalizadas en las rocas metamórficas como el mármol, gneis, esquisto, cuarzo, cuarcita con feldespato o mica • Las láminas tienen un aspecto grasoso y sus dimensiones son variables • De un depósito a otro se pueden encontrar variaciones en dureza, grosor, densidad y forma • Los depósitos comerciales importantes se presentan en capas o lentes 	<ul style="list-style-type: none"> • Se localiza en forma de vetas hidrotermales o en forma de acumulaciones a lo largo de las superficies de contacto entre pegmatitas y calizas • Comercialmente se separan de acuerdo a su tamaño • Las vetas varían en dimensión desde unos cuantos milímetros a más de 2 metros • Las impurezas que se presentan como granos en el grafito consisten de feldespato, cuarzo, mica, zircón, rutilo y apatito 	<ul style="list-style-type: none"> • Se encuentra en forma de partículas microcristalinas más o menos uniformemente distribuidas en rocas metamórficas suaves como pizarras y filitas • Esta variedad tiene una apariencia terrosa, negra y suave • El producto comercial contiene entre 50 y 94% de grafito • Se han formado por metamorfismo

Características del grafito natural

Componente	Unidad	Escamoso	Veta	Amorfo
Carbono	%	90.0	96.7	81.0
Azufre	%	0.1	0.7	0.10
Densidad	g/cm ³	2.29	2.26	2.31
Contenido de grafito	%	99.9	100.0	28.00
Densidad de cenizas	g/cm ³	2.91	2.89	2.68
Resistencia	ohm-cm	0.031	0.029	0.091

Grafito sintético

El grafito sintético primario es esencialmente carbono producido a partir de coque de petróleo calcinado. El grafito sintético secundario (polvo y desecho) es producido en forma similar a partir de rellenos carbonosos y materiales aglomerantes.

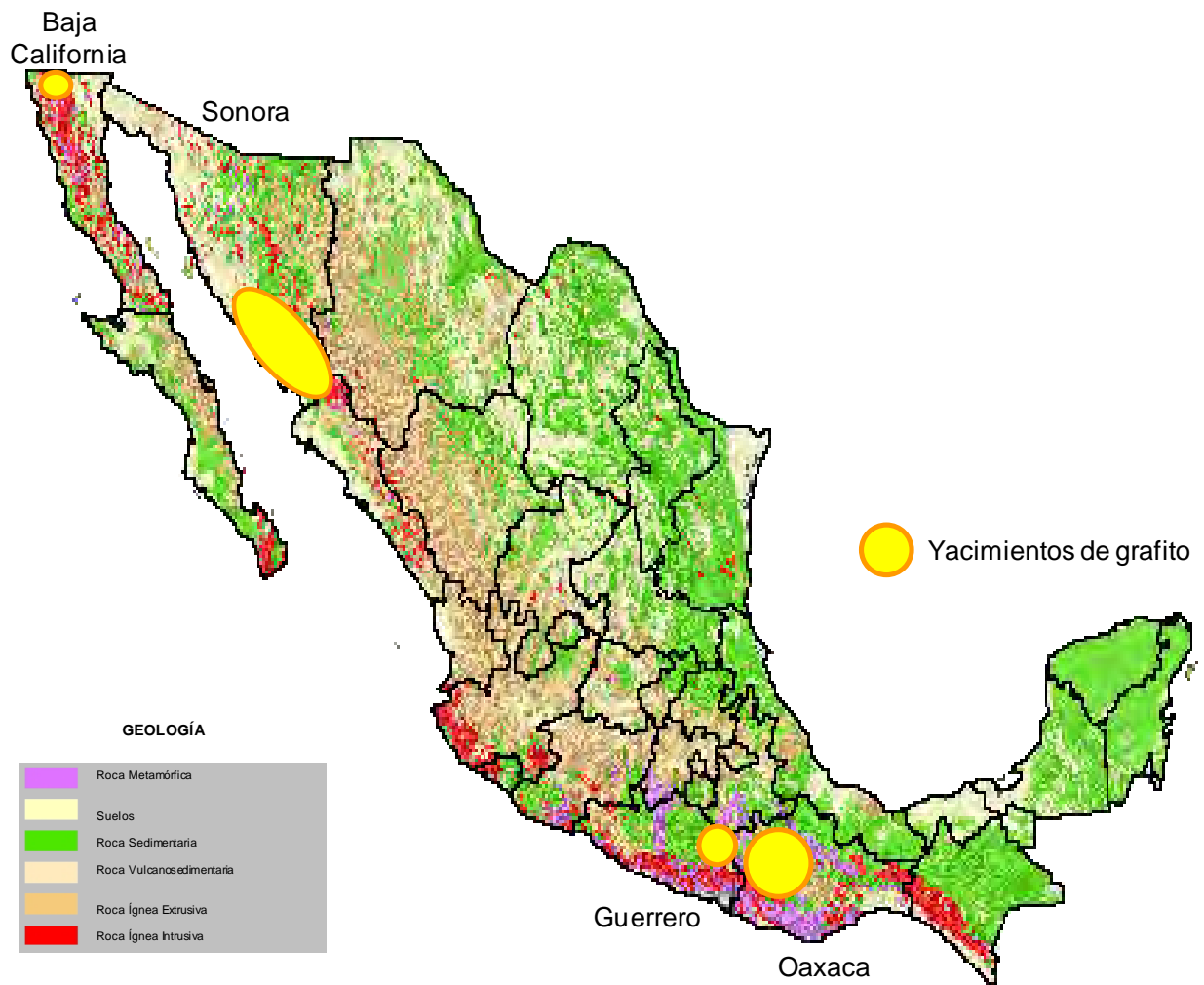
Por ser un subproducto de procesos controlados el contenido de carbono y grafito es más uniforme en sus diferentes tipos. Este tipo de grafito incrementa la densidad del electrodo, la resistencia y la conductividad eléctrica.

Por lo general los grafitos naturales y sintéticos tienen diferentes usos y funciones, por ello no compiten en los mismos mercados. Sólo en la producción de acero se prefiere grafito sintético al natural (amorfo), para aumentar el contenido de carbono en el acero.

Características del grafito sintético

Componente	Unidad	Primario	Secundario	Hojuelas
Carbono	%	99.9	99.0	97.00
Azufre	%	0.00	0.01	0.07
Densidad	g/cm ³	2.25	2.24	2.24
Contenido de grafito	%	99.9	92.3	95.0
Densidad de cenizas	g/cm ³	2.65	2.68	4.68
Resistencia	ohm-cm	0.035	0.042	0.024

I.3 POTENCIAL GEOLÓGICO MINERO²



El principal Estado productor de grafito amorfo en México es Sonora. Los yacimientos del Estado de Oaxaca no están en operación y son del tipo cristalino.

² Dirección General de Desarrollo Minero.

PRINCIPALES DISTRITOS MINEROS DE SONORA CON YACIMIENTOS DE GRAFITO

Distritos mineros	Yacimientos		
Carbonífero de Sonora	Se localiza en el centro del Estado, 150 km al este de Hermosillo. Tiene los yacimientos de grafito más importantes: San José de Moradillas y Ónavas, así como Peñitas y Ubalama. Los yacimientos de grafito amorfo son estratiformes y se originaron por metamorfismo que afectó a los mantos de carbón encajonados en el Grupo Barranca (Triásico-Jurásico). Los depósitos de grafito se localizan cerca de los contactos de cuerpos intrusivos laramídicos con rocas carbonosas. Las leyes en esta región son:		
	Región Moradillas	Región Ónavas	Región de Peñitas
	El Cochi 80-92 % C	La Chiripa 70-86% C	Carolina 75% C
	Lourdes 85-90 % C	Ubalama 78-80 % C	Covalmar 68-75 % C
Álamos-San Bernardo	Se localiza en el Sureste de Sonora, a 42 km al Este de Navojoa y a 9 km al Oeste de Álamos. Los principales yacimientos se encuentran en depósitos de metasomatismo del Grupo Barranca (Triásico-Jurásico). Las leyes en esta región son:		
	Topiyeca 86-88% C		
	San Juan 80-82% C		
	Dora Celia 84-86% C		

En el municipio La Colorada, Son., existen obras que han sido labradas sobre estructuras mineralizadas, las cuales consisten de cuerpos tabulares de grafito en forma de vetas o mantos. Estos cuerpos tabulares de grafito están encajonados en rocas metasedimentarias de la Fm. Barranca. Las rocas que afloran en el área corresponden a rocas sedimentarias con cierto grado de metamorfismo,

perteneciente a la Formación Barranca de edad Triásico-Jurásico; rocas ígneas intrusivas de composición diorítica, de edad cretácica; y rocas volcánicas de composición andesítica y riolítica, de edad terciaria. Los yacimientos minerales dentro del área estudiada, consisten en mantos de grafito con orientación al NW y echados al SW. Los espesores de estos mantos oscilan entre 0.50 y 1.10 m, afloran cuando menos 6 mantos, con longitudes de afloramiento visibles que van de 4 a 150 m. Los valores obtenidos con el muestreo superficial llevado a cabo reportan leyes muy por debajo de las mínimas aceptables, sin embargo, se espera que a profundidad las leyes se incrementen hasta el punto de llegar a ser económicas, como sucede en otras minas de grafito de esta región.

En el municipio de Guaymas, Son., la Fm Santa Clara está constituida por lutitas negras carbonosas y de estratos de arenisca, entre los cuales se presentan intercalados los mantos de grafito de diferentes grados de pureza, ya que en ocasiones se ven muy contaminados con arcilla. El grafito se presenta principalmente en forma de mantos y pequeñas inyecciones provocadas por fallamiento. En esta zona afloran rocas sedimentarias pertenecientes a la Formación Santa Clara, que es el miembro intermedio del Grupo Barranca del Triásico superior, representada por lutitas negras carbonosas, areniscas de color claro a gris, intercaladas con estas rocas. Se localizan mantos de grafito de diferentes grados de pureza, este paquete sedimentario forma el flanco de un anticlinal truncado por fallas.

Las rocas sedimentarias fueron afectadas por un cuerpo ígneo intrusivo de composición granodiorítico que lo metamorfizó dando origen al cambio de antracita a grafito, como última etapa de esta intrusión se inyectaron sills de diorita alterada a lo largo de un manto llamado Carolina en ocasiones dividiéndolo. El contenido promedio del manto Carolina es de 75.28% de carbón fijo, estos valores se obtuvieron en muestras de grafito colectadas lejos de la superficie del terreno

(en obra minera), ya que las muestras que se tomaron en superficie tanto de este manto como de los otros no reflejan el contenido real de carbón fijo debido a que está oxidado (intemperizado) lo que cambia sus contenidos de carbón fijo. En total se detectaron 3 mantos de grafito con rumbo predominante NW-SE, concordante con las rocas sedimentarias y su espesor promedio es de 1.20 m.

Localización de yacimientos de grafito en Oaxaca

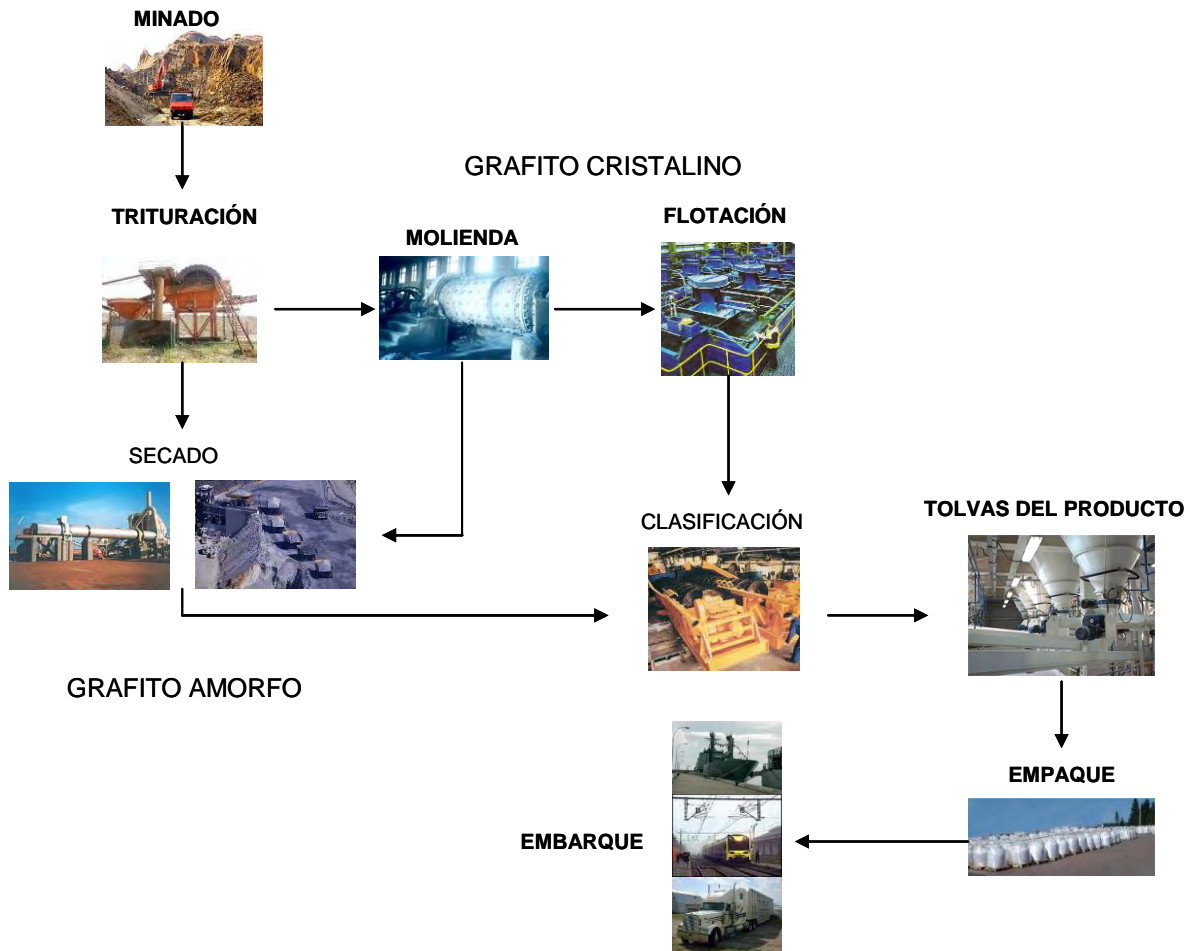
Los depósitos de grafito cristalino en Oaxaca se localizan principalmente en la región de los Valles Centrales; están alojados en rocas metamórficas del Complejo Oaxaqueño; consisten en pequeñas laminillas de textura hojosa o fibrosa que se orientan paralelamente a los planos de foliación del gneis. Estos depósitos afloran principalmente en Tlaxiahuaca con una ley de 4-6% de carbón fijo. Aflora en otras localidades como Cuicatlán, Ejutla, Nochixtlán, Tlaxiaco, Zimatlán, Etlá, Yucucundo y Huixtlapec.

Manifestaciones de grafito en otros Estados

En el estado de Guerrero, el grafito se localiza en la Fm Acatlán del Paleozoico, dentro de la cual se presenta a veces en forma de lentes y otras veces constituye un manchón negro sobre la superficie del terreno. La zona donde se observa mayor cantidad fue un área localizada al sur de Cualac, entre los poblados de Coatlico y Tlalapa, en donde la zona grafitosa alcanza un diámetro de 90 metros y una longitud cuando menos de 110 m. Existen también dentro de la misma zona otros afloramientos grafitosos sobre la brecha que comunica a Tlaxiahuac con Coatlico y en menor cuantía en los alrededores de Tlatlauquitepec. En general los grafitos de la región son de mala calidad ya que contienen algo de esquistos, abundantes vetas de cuarzo y cierto contenido de fierro diseminado en forma de pirita.

En el municipio de Tecate, BC, la mineralización de grafito es originada por procesos metamórficos; se presenta inyectado en fallas y fracturas, así como en forma de mantos o capas, presentando una ley de 86% de carbón fijo pero un volumen muy reducido de reservas de 28,320 ton. La superficie geológica del área estudiada, esta constituida por rocas metamórficas esquistosas, pertenecientes a los Esquistos Julián del Triásico - Jurásico y pequeños afloramientos de rocas ígneas graníticas del Cretácico. La mineralización de grafito se presenta en dos localidades dentro de rocas metamórficas esquistosas con características de estar inyectado en fallas y fracturas así como en forma de manto o capa, los resultados del muestreo fueron buenos, con una ley media de carbón fijo de 87.12% en obra minera y 86.83% de carbón fijo en catas exploratorias.

I.4 PROCESO DE OBTENCIÓN³



Extracción

En México la extracción se realiza en forma subterránea y a cielo abierto aplicando el plan de minado diseñado y posteriormente se acarrea el mineral a la planta de trituración. En esta etapa puede llevarse a cabo una trituración primaria del mineral.

³ Dirección General de Desarrollo Minero.

Trituración

Es una operación que generalmente se realiza en dos o tres etapas. La trituración secundaria se realiza con el fin de reducir aun más el tamaño del grano del mineral que proviene de la trituración primaria. La trituración puede ser un circuito abierto o cerrado, dependiendo del tamaño del producto.

Secado

El secado se realiza para remover la humedad, mecánicamente por medio de un secador horizontal, cuando no se tiene este equipo se realiza en patios a través del calor del sol, en este caso, el grafito se extiende en el suelo secándose primero la parte superior y con rastras se le va dando de vueltas para secar la parte que al principio quedó abajo. Este proceso se realiza en el grafito amorfo. Posteriormente, pasa al proceso de clasificación.

Molienda

La molienda es el proceso donde el tamaño de las partículas se reduce más que en la etapa anterior por una combinación de mecanismos de quebrado de impacto y abrasión ya sea en seco o en suspensión de agua, generalmente se realiza en húmedo. La molienda es la operación que requiere mayor consumo de energía dentro del proceso de los minerales. Este proceso se aplica a grafito cristalino, y al amorfo cuando lo requiera el cliente. En el caso de grafito cristalino, después de la molienda pasa al proceso de flotación.

Flotación

Proceso que permite la separación de impurezas del grafito y se realiza a través de la columna y celdas de flotación para obtener una mejor recuperación e incremento del contenido de carbono en el concentrado.

Clasificación

Es un proceso de mezcla de minerales en dos o más productos teniendo como base la velocidad con que caen los granos a través de un medio fluido. La aplicación en húmedo se lleva a cabo en partículas minerales que se consideran demasiado finas para ser separadas eficientemente por cribado.

Tolvas para el producto

Después de su clasificación, el producto es enviado a tolvas especiales de acuerdo a su tamaño, del cual puede existir una amplia variedad.

Empaque

Los productos de grafito varían en tamaño y contenidos de carbón. El empaque se realiza en bolsas o sacos sobre una plataforma de acarreo y a granel en tolva cerrada.

Embarque

Posteriormente a su empaque, el grafito es llevado a través de bandas transportadoras hasta el medio de transporte que lo llevará al cliente.

Control de calidad

Las técnicas de proceso de control computarizadas guían cada etapa del proceso de manufactura asegurando la calidad y la consistencia, lo cual proporciona confiabilidad a largo plazo a los clientes. Este proceso se realiza principalmente después de las siguientes etapas: molienda, clasificación y empaque.

Proceso de grafito sintético

El grafito sintético es un producto manufacturado hecho por el tratamiento a alta temperatura de los materiales amorfos del carbón. En los Estados Unidos, la materia de base primaria usada para hacer el grafito sintético es coque de petróleo

calcinado y alquitrán de carbón, que se componen de formas de carbón altamente “grafitizable”.

El proceso de fabricación consiste en varias mezclas, moldeado y operaciones de horneado seguidas de tratamiento térmico a temperaturas entre 2500°C y 3000°C. La temperatura de tratamiento térmico se requiere para conducir la transformación de fase sólido/sólido carbón amorfo a grafito. La morfología de la mayoría del grafito sintético varía de hojuelas en polvos finos a granos irregulares y agujas en productos más gruesos.

Durante el proceso de concentración las impurezas contenidas en los carbones precursores se reducen significativamente. Esto ocurre como resultado de la vaporización de alta temperatura de las impurezas volátiles, que en las temperaturas de proceso utilizadas incluye la mayoría de los óxidos de metal, azufre, nitrógeno, hidrógeno y todos los componentes orgánicos que eran parte del coque de petróleo o del alquitrán de carbón.

Como resultado de este tratamiento térmico, virtualmente todos los productos de grafito sintético son de pureza elevada. El grafito sintético está disponible en tamaños de partícula a partir de polvos de 2 milímetros a piezas de 2 centímetros. Las purezas son típicamente mayores a 99% de carbono.

I.5 PRINCIPALES USOS⁴

Grafito natural

Refractarios

En la producción de ladrillos de magnesita-grafito se requiere de grafito de alta calidad (90-99% C) en granos gruesos, con buena resistencia a la oxidación y alta resistencia a la corrosión, los cuales se usan en hornos de arco eléctrico. En refractarios de magnesita-grafito para refinar y mejorar los aceros en hornos-olla en los que se requiere de mayor resistencia a la temperatura y la corrosión. En refractarios de alúmina-grafito para la colada continua. El grafito da propiedades de resistencia al impacto térmico y a la corrosión de los refractarios de alúmina. Los canales que conducen metal fundido de la olla a la colada, se construyen de alúmina-grafito. En el área de control de salida del acero se utilizan compuertas de alúmina-grafito para manejar el flujo de metal. En la manufactura de crisoles. Al mezclar grafito con otros materiales como arcillas refractarias, arena, talco y mica se genera un acabado muy fino a la superficie de los moldes evitando que los metales se adhieran a las paredes de los moldes, facilita la remoción de la colada al enfriarse el molde y reduce costos de maquinado y terminado de productos. En la carburización del acero. Se utiliza como agente aislante en las coladas de acero.

⁴ Dirección General de Desarrollo Minero.

Revestimiento

Como recubrimiento de tubos de televisión, de sustancias explosivas, de fundición del fierro y acero; el grafito mezclado con arcillas es aplicado como delgado revestimiento para limpiar y liberar fácilmente el molde de los vaciados metálicos y en recubrimientos para frenos y clutch. En la fabricación de balatas y el fortalecimiento de metales.

Material eléctrico

Su calidad de autolubricación lo hace ideal en la fabricación de conductores en motores eléctricos y otros equipos eléctricos para aviones y submarinos, así como en la elaboración de cepillos de carbón para motores eléctricos y electrodos. Insertando átomos de calcio entre las láminas de la estructura hexagonal del grafito se obtiene un material (CaC_6) que es superconductor. El nuevo material se torna superconductor a 11.5 °K. El CaC_6 es un ejemplo de compuesto de grafito intercalado, una nueva clase de materiales electrónicos que consisten en intercalar átomos extraños como calcio, sodio o potasio entre las capas del grafito. El grafito es un semimetal y esto implica que los electrones donados o adquiridos por el átomo extraño alteran sus propiedades eléctricas transformándolo, bajo este punto de vista, en un metal. Para fabricar el nuevo superconductor se utiliza grafito pirolítico calentado a 350°C junto con una aleación fundida de litio-calcio en una atmósfera de argón.

Generación de electricidad

En la fabricación de baterías secas, el grafito se adhiere al dióxido de manganeso para dar una mejor conductividad y funciona como material absorbente. Tradicionalmente se ha usado en baterías secas de zinc-carbono, pero también en el uso de baterías recargables y alcalinas, estas últimas requieren de alto contenido de carbono.

Productos químicos

En la manufactura de empaques especiales; como ingrediente en la fabricación de caucho, explosivos y pulimentos. En la elaboración de fibras y municiones. En forma de polvos se emplea en lubricantes, recubrimientos y conductores.

Automotriz

En la sinterización se mezcla grafito de alta pureza con polvos de metal para obtener fórmulas específicas usadas en la industria automotriz. Por rechazo ecológico del asbesto, el grafito lo reemplaza en la producción de balatas. También es usado en la producción de escobillas para motores. En esta industria, en la sinterización se mezcla grafito de alta pureza con polvos metálicos para obtener formas específicas usadas en la industria automotriz (cuando se absorbe carbón se refuerzan los metales) y como rellenedor de juntas y cojinetes.

Pinturas

Como componente en la elaboración de pinturas y pigmentos. En la elaboración de pinturas para proteger superficies metálicas y pinturas antiestáticas de suelos.

Lubricantes

Como lubricante ya que se adhiere a la superficie metálica rellinando los poros.

Puntillas para lápices

En la elaboración de puntillas para lápices.

Grafito sintético

Electrodos

En la producción de acero y hornos de arco eléctrico, en el proceso de aluminio Hall-Hérault, hornos de carburo, hornos de reducción para fósforo y sílice.

Producción de acero

Para aumentar el contenido de carbón en el acero.

Fundición

Vaciado, sinterización, lingoteo, moldes de hierro fundido y crisoles.

Industria química

En la manufactura de plantas químicas (intercambiadores de calor, torres, bombas, tubería). En la actualidad se emplean grandes cantidades de grafito ultrapuro como moderador de los neutrones con el fin de reducir la acción de los neutrones del uranio en reactores nucleares.

Industria aeroespacial

Toberas de cohetes, narices cónicas, aspas de control, tubos de explosión y como aislante térmico.

Fibra de grafito

En la manufactura de raquetas, cañas de pescar, poste para salto de garrocha y esquís.

USOS DEL GRAFITO NATURAL Y SINTÉTICO

Usos	Cristalino	Amorfo	Sintético
Refractarios	✓	✓	
Lápices	✓	✓	
Pinturas	✓		
Crisoles y retortas	✓		
Lubricantes	✓	✓	
Baterías	✓	✓	
Manufactura de empaques	✓		
Fundición		✓	✓
Balatas		✓	
Plásticos		✓	
Municiones		✓	
Electrodos		✓	✓
Manufactura de componentes mecánicos		✓	
Aumento en el contenido del carbono en el acero		✓	✓
Escobillas para motores		✓	
Automotriz		✓	
Recubrimientos		✓	
Vaciado, sinterización, lingoteo y moldes para vaciado de Hierro.			✓
En la industria aeroespacial.			✓
Fibras			✓
Durante el proceso de fisión nuclear.			✓

ESPECIFICACIONES POR APLICACIÓN

Aplicación	Promedio de carbono (%)	Tamaño promedio de escama	Características físicas
------------	-------------------------	---------------------------	-------------------------

Fundición

Lavado de moldes y núcleos (E)	80-90	Malla 200	
Lavado de moldes y núcleos (A)	70-80	Malla 200	
Revestimiento de fundición (A)	40-70	53-75 µm	Bajo en sulfuros y minerales fácilmente fusibles; contiene cuarzo y mica.
Sinterización	98-99	5 µm	Natural o sintético.

Refractarios

Crisoles, moldes, ollas (E)	85-95	+150 µm	Grandes escamas, típicamente 75% +600 µm, 75% +400 µm ó 75% +300 µm. Bajo en fierro, mica y material carbonoso.
Ladrillos refractarios (A)	70-80	-200 mm y malla-600	
Ladrillos refractarios (E)	90-97	+180 a +150 µm	Tiende a tamaños más finos, más alto en carbono.
Ladrillos Mg-C (E)	85-90	+150 a -710 µm	De preferencia <2% de ceniza.
Refractarios Al-grafito (E)	min. 85	-600 a +150 µm	

Otros

Recubrimiento de frenos	Min. 98	-75 µm	Comúnmente mezclas de natural (60%) y sintético (40%). Bajo en minerales abrasivos (cuarzo y feldespato).
Baterías, celda seca	Min. 88	85% -75 µm	Natural o sintético, no contener conductores (Cu, Co, Ni, Sb y As). De preferencia <0.5% de azufre.
Baterías, alcalinas	Min. 98	-75 a 5 µm	
Cepillos de carbón	95-99	-50 µm	99% de carbono (<1% de sílice y ceniza).
Recubrimientos conductivos (A)	50-55		Puede contener 20-25% de sílice. Bajo en pirita y mica.
Explosivos		-150 µm	Sin sulfuros ni humedad.
Grafito expandible	Min. 90	-2mm a +250 µm	

Aplicación	Promedio de carbono (%)	Tamaño promedio de escama	Características físicas
Hoja de grafito	Min. 90		Bajo en sodio y cloruros lixiviables.
Lubricantes	98-99	106 a 53 µm	Bajo o libre de minerales abrasivos (cuarzo y feldespato) y sulfuros de metales.
Moderador neutro	99+		<0.04% de ceniza, <1ppm de tierras raras y boro.
Lápices	80-82	Extremadamente fino	Amorfo o escamoso.

Notas: A = Amorfo, E = Escama

SUSTITUTOS

Uso	Sustituto
Ánodos (electrodos)	Titanio.
Baterías	Litio, manganeso y tierras raras.
Siderurgia	Coke, antracita y electrodos usados.
Retardante de fuego	Óxido de antimonio, óxidos, boratos, cromita, diatomita, magnesita y magnesia, perlita, fosfatos, pumicita y vermiculita.
Material de fricción	Asbestos, barita, bauxita, alúmina, arcillas, granate, yeso, mica, pumicita, pirofilita, sílice, vermiculita, wollastonita y zircón.
Lubricante	Litio, mica, disulfuro de molibdeno y talco.
Refractario	Andalusita, bauxita, cromita, kianita, magnesita, dolomita, olivino, pirofilita, arcillas refractarias, sílice, sillimanita y zircón.

El polvo de grafito sintético puede ser un sustituto en la producción de fierro y acero, en el aumento del contenido de carbono en el acero, en la producción de electrodos en hornos eléctricos de arco, componentes mecánicos de ingeniería y escobilla para motores. Por su parte, el coque molido con olivino puede sustituirlo en el revestimiento de hornos.

I.6 MARCO LEGAL NORMATIVO

En el Artículo 4o. de la Ley Minera queda especificado que se sujetarán a ésta, entre otros, los minerales o grupos de minerales de uso industrial, incluyendo el grafito.

I.7 NORMAS NACIONALES E INTERNACIONALES

Las normas que operan en México y que se pueden consultar son las siguientes:

NORMAS NACIONALES (normas mexicanas)

Clave	Título
NMX-B-004-1991	Método para evaluar la microestructura del grafito en hierros colados
NMX-N-086-1983	Productos para oficinas y escuelas – lápices de grafito
NMX-J-179-1972	Electrodos de grafito para ser empleados en hornos de arco eléctrico
NMX-D-002-1970	Grafito empleado en el revestimiento de forros para frenos (balatas)

NORMAS INTERNACIONALES (ASTM de Estados Unidos)

Clave	Título
C781-08	Prueba de grafito y componentes borados de grafito para reactores nucleares de alta temperatura enfriados por gas
E1184-02	Análisis de absorción atómica electrotérmica (Horno de grafito)
E130-08	Designación de formas y tamaños de electrodos de grafito
C808-75(2005)	Reporte de resultados de prueba de fricción y desgaste de carbón manufacturado y relación de grafito y materiales de sello

Clave	Título
C783-85(2005)	Muestreo de núcleo de electrodos de grafito
C709-06	Terminología relativa a carbón manufacturado y grafito
C662-70(2005)	Especificación para tubería de grafito impermeable y enroscado
C625-95(2005)	Reporte de resultados de irradiación sobre grafito
B692-90(2006)	Especificación para material de contacto de 75% de plata - 25% de grafito
B664-90(2006)	Especificación para material de contacto de 80% de plata – 20% de grafito
A842-85(2004)	Especificación para grafito compactado en fundiciones de fierro
D3919-08	Medición de elementos traza en agua por espectrometría de absorción atómica en hornos de grafito
C1039-85(2005)	Métodos de prueba para porosidad aparente, gravedad específica aparente y densidad de volumen de electrodos de grafito
C1025-91(2005)	Método de prueba para modulo de ruptura en flexión de electrodo de grafito
C695-91(2005)	Método de prueba para resistencia a la compresión de carbón y grafito
A247-06	Método de prueba para evaluar la microestructura de grafito en moldes de fierro
D4018-99 (2008)	Método de prueba para propiedades de filamentos continuos de carbón y grafito remolcados.
C565-93 (2005)	Método de prueba para pruebas de tensión de materiales mecánicos de carbón y grafito.
C559-90 (2005)	Método de prueba para densidad de volumen por mediciones físicas de artículos manufacturados de carbón y grafito.

I.8 SITUACIÓN DEL IMPUESTO ARANCELARIO APLICADO EN EL MARCO DE LOS TRATADOS DE LIBRE COMERCIO SUSCRITOS POR MÉXICO

Fracción:
25041001 Grafito en polvo o en escamas

Exenta de arancel a partir del 1 de enero de 2010 (Art. 2 Decreto DOF 24/XII/2008).

Nota: Es conveniente consultar los Tratados de Libre Comercio respectivos para profundizar en el conocimiento de los mismos. Las tablas anteriores son enunciativas más no limitativas.

Fuente: www.economia.gob.mx/

II. MERCADO

II.1 PANORAMA DEL MERCADO INTERNACIONAL

La explotación del grafito se realiza en minas a cielo abierto o subterráneo. Las operaciones a cielo abierto son más económicas y se opta cuando la capota de material estéril puede ser removida económicamente. Las minas de Madagascar son en su mayoría de este tipo. En la República de Corea, México y Sri Lanka donde los depósitos son profundos, se requieren de técnicas de minado subterráneo.

Los principales países productores son: China, India, Brasil, Corea del Norte, Canadá y Rumania; en conjunto producen el 95.5% del total mundial.

PAÍSES LÍDERES EN PRODUCCIÓN Y COMERCIO DE GRAFITO

PRODUCTORES		IMPORTADORES		EXPORTADORES	
País	Ton.	País	Ton.	País	Ton.
Austria	800	Austria	15	Canadá	7,760
Brasil	73,000	Brasil	3,940	China	5,390
Canadá	25,000	Canadá	12,300	Francia	3,480
China	800,000	China	34,500	Alemania	3,170
India	150,000	Alemania	167	Hong Kong	273
Corea del Norte	30,000	India	26	Italia	1,480
Corea	50	Italia	186	Japón	2,790
Madagascar	3,800	Madagascar	831	Corea	3,450
México	6,700	México	19,000	México	9,080
Noruega	1,500	Sri Lanka	616	Países Bajos	285
Rumania	20,000	Países Bajos	114	Taiwán	4,040
Rusia	14,000	Otros	52	Reino Unido	1,210
Sri Lanka	3,500			Otros	17,800
Suecia	700				
Turquía	10,000				
Ucrania	5,800				
Uzbekistan	60				
Zimbawe	5,000				
Total	1,150,000		71,800		60,200

Fuente: Minerals Yearbook, 2011

ESTADOS UNIDOS

Producción

Desde el cierre de la mina Montana de la empresa United Minerals Co., en 1990, EU no ha producido grafito.

GRAFITO NATURAL (Miles de toneladas)

	2008	2009	2010	2011	2012 ^e
IMPORTACIONES	58	33	65	72	56
EXPORTACIONES	8	11	6	6	6
CONSUMO APARENTE	50	22	60	66	50
PRECIO (Promedio de dólar/ton en puertos extranjeros)					
Escamas	753	694	720	1,180	1,530
En trozo o desbastado (Sri Lanka)	2,550	2,410	1,700	2,820	1,990
Amorfo (México)	203	249	257	301	329

Fuente: Mineral Commodity Summaries, January 2012.

Los principales usos de grafito natural en 2012 se realizaron en la fabricación de productos refractarios y crisoles combinados, un 33%; la industria de fundición y acero combinados, el 26%; pastillas de freno, 7%; baterías y lubricantes 5% y otras aplicaciones el 29%

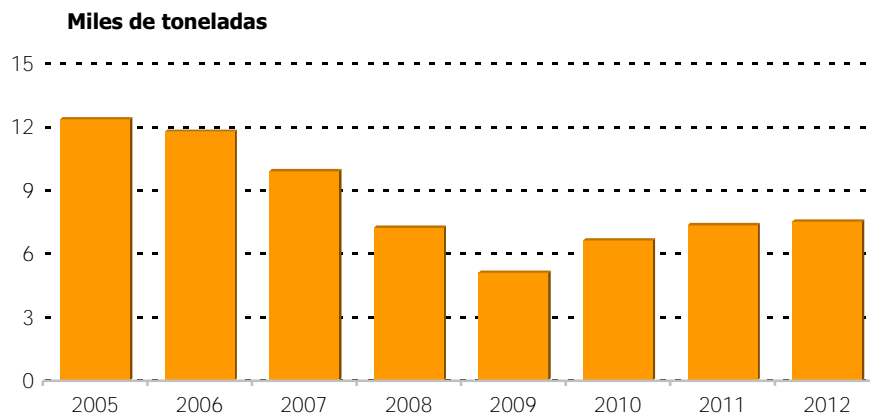
Producción Mundial
(Miles de toneladas)

	2011	2012 ^e
Estados Unidos	---	---
Brasil	73	75
Canadá	25	26
China	800	750
India	150	150
Corea del Norte	30	30
Madagascar	4	5
México	7	8
Noruega	2	7
Rumania	20	7
Rusia	14	14
Sri Lanka	4	4
Turquía	10	10
Ucrania	6	6
Otros	7	7
Total	1,150	1,100

Fuente: Mineral Commodity Summaries, January 2013.

II.2 MERCADO NACIONAL

PRODUCCIÓN DE GRAFITO NATURAL EN MÉXICO 2005-2012



Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana Ampliada. SE

En 2012, la producción de grafito fue de 7,520 toneladas, 2.3% mayor, en relación a 2011.

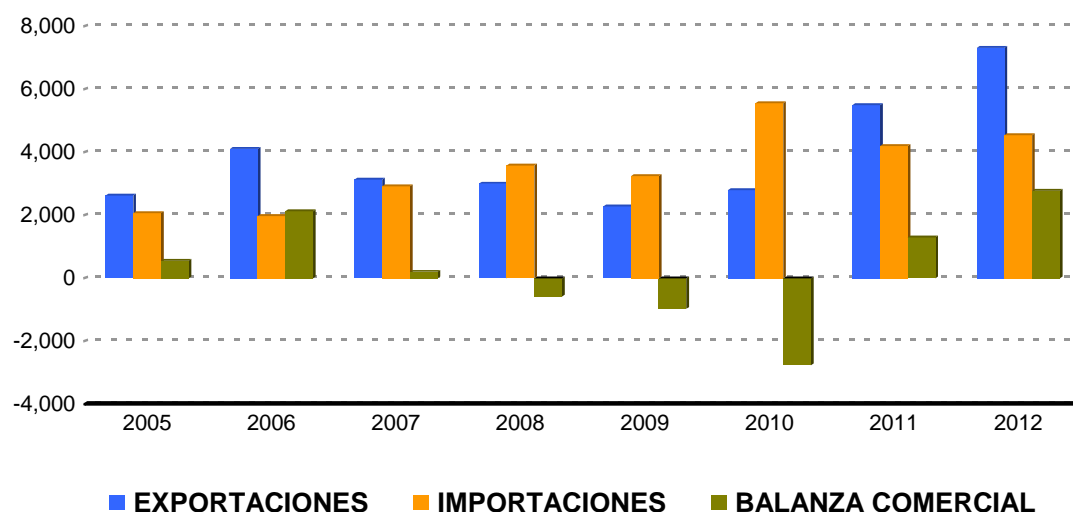
Los yacimientos de grafito en México se localizan en los estados de Oaxaca y Sonora; sin embargo, los yacimientos de Oaxaca están inactivos. Produciendo Sonora el 100% de la producción nacional.

Las variaciones en los niveles de producción de grafito se deben a la oferta que existe en el mercado interno y externo. En el interno, está siendo desplazado por la antracita (mineral similar al grafito en la industria del hierro y el acero) con menores precios.

El consumo nacional aparente en el 2012 fue de -10.4 mil toneladas. La producción sumó 7.5 miles de toneladas, la exportación 20.7 miles y la importación 2.8 miles de toneladas.

II.3 COMERCIO EXTERIOR

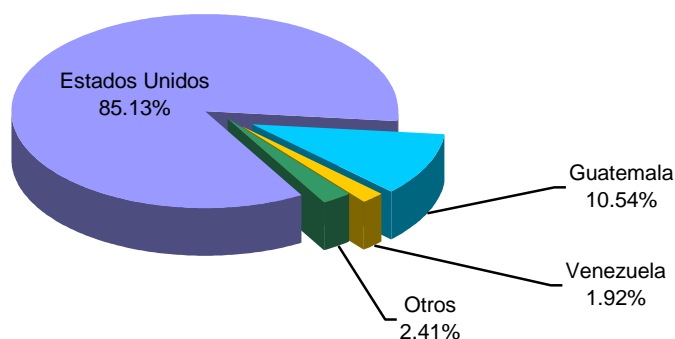
**BALANZA COMERCIAL DEL GRAFITO NATURAL
2005-2012
(Miles de dólares)**



Fuente: Sistema de Información Arancelaria Vía Internet, SIAVI. SE

La balanza comercial en 2012 resultó con un superávit de 2.8 millones de dólares, en los últimos años las importaciones han tenido un comportamiento mixto en donde 2007, 2009 y 2011 disminuyeron las importaciones con respecto al año anterior, mostrando en general un crecimiento promedio anual de 11.9%, es decir, el producto mexicano ha venido perdiendo mercado.

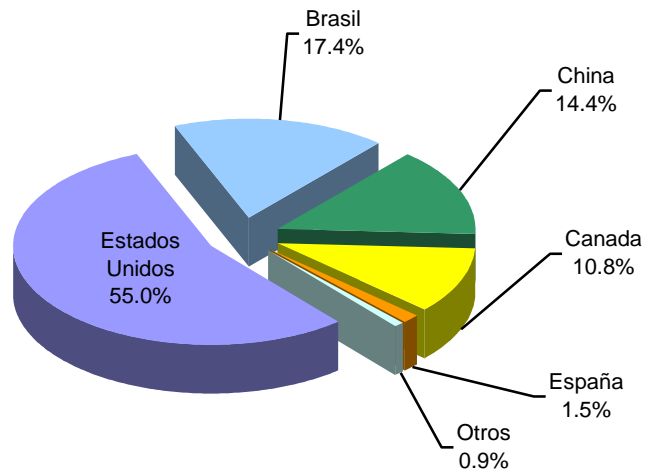
**EXPORTACIONES MEXICANAS DE GRAFITO NATURAL EN 2012
POR PAÍS DE DESTINO
(7.3 millones de dólares)**



Fuente: Sistema de Información Arancelaria Vía Internet, SIAVI. SE

Los principales mercados para el grafito natural mexicano siguen siendo Estados Unidos y Guatemala, que en conjunto suman el 95.6% del total de exportaciones. En 2012 el valor de las exportaciones fue de 7,324 miles de dólares, 33% mayor que 2011.

IMPORTACIONES MEXICANAS DE GRAFITO NATURAL EN 2012 POR PAÍS DE ORIGEN (4.5 millones de dólares)



Fuente: Sistema de Información Arancelaria Vía Internet, SIAVI. SE

Las importaciones mexicanas de grafito son principalmente de origen estadounidense, brasileñas y canadiense, cabe hacer mención que las importaciones de origen canadiense han venido aumentando a un ritmo constante en los últimos años. Las importaciones en 2012 sumaron 4,546 miles de dólares, 8.2% superior a 2011.

II.4 PRECIOS

Durante los últimos 8 años el precio promedio del grafito en el mercado nacional oscilo entre \$1,220 y \$2,575 por tonelada, con un máximo de \$ 2,575 registrado en 2012 según el Servicio Geológico Mexicano

II.5 CANALES DE COMERCIALIZACIÓN⁵

El grafito amorfo del estado de Sonora se explota en minas subterráneas, se transporta por camión hasta las plantas de molienda y clasificación donde se seca, muele y clasifica por contenido de carbón, tamaño, cantidad de material volátil y contenido de azufre. Una vez clasificado, se empaca en bolsas de papel de 23, 300, 1000, 1500 kilogramos o a granel para su envío final al consumidor.

Si el consumidor es nacional se transporta por carretera hasta los puntos de consumo, como son: Monterrey, NL; Mexicali, BC y Guadalajara, Jal., etc. Este caso se realiza generalmente a través de intermediarios que compran el mineral al productor, a bajo precio y con financiamiento hasta de 90 días. El financiamiento se da hasta el otro extremo de la cadena, donde el consumidor final también liquida con retrasos al intermediario.

Al extranjero, a Estados Unidos se envía por ferrocarril, mientras que a otros países por barco.

⁵ Dirección General de Desarrollo Minero.



ANEXO ESTADÍSTICO

CUADRO 1
BALANZA COMERCIAL DEL GRAFITO NATURAL 2005-2012
DÓLARES

CONCEPTO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Exportaciones	2,627,551	4,111,298	3,135,170	3,011,203	2,279,962	2,802,192	5,503,990	7,324,959
Importaciones	2,067,859	1,979,438	2,928,754	3,588,566	3,251,578	5,565,497	4,201,855	4,546,239
Balanza comercial	559,692	2,131,860	206,416	-577,363	-971,616	-2,763,305	1,302,135	2,778,720

Fuente: Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI). Secretaría de Economía

CUADRO 2
EXPORTACIONES MEXICANAS DE GRAFITO NATURAL 2005-2012
DÓLARES

FRACCIÓN CONCEPTO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
25041001 - En polvo o en escamas.	2,627,551	4,111,298	3,135,170	3,011,203	2,279,962	2,802,192	5,503,990	7,324,959
Total	2,627,551	4,111,298	3,135,170	3,011,203	2,279,962	2,802,192	5,503,990	7,324,959

Fuente: Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI). Secretaría de Economía

CUADRO 3
EXPORTACIONES MEXICANAS DE GRAFITO NATURAL 2005-2012
TONELADAS

FRACCIÓN CONCEPTO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
25041001 - En polvo o en escamas.	16,170	21,558	15,981	13,348	8,555	10,710	17,456	20,735
Total	16,170	21,558	15,981	13,348	8,555	10,710	17,456	20,735

Fuente: Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI). Secretaría de Economía

CUADRO 4
EXPORTACIONES MEXICANAS DE GRAFITO NATURAL POR PAÍS DE DESTINO 2005-2012
DÓLARES

PAÍS	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Estados Unidos	2,193,473	2,360,192	1,699,819	2,101,469	1,437,151	2,673,021	5,218,466	6,235,641
Guatemala	420,274	1,722,058	1,372,891	842,557	841,025	111,881	224,598	771,941
Venezuela	1,525	22,130	62,430	4,800	0	15,340	26,258	140,577
El Salvador	8,919	6,918	0	0	1,500	1,749	0	1,019
Alemania	0	0	0	0	0	0	107	3,908
Otros	3,360	0	30	62,377	286	201	34,561	171,873
Total	2,627,551	4,111,298	3,135,170	3,011,203	2,279,962	2,802,192	5,503,990	7,324,959

Fuente: Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI). Secretaría de Economía

CUADRO 5
EXPORTACIONES MEXICANAS DE GRAFITO NATURAL POR PAÍS DE DESTINO 2005-2012
TONELADAS

PAÍS	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Estados Unidos	14,775	15,586	11,717	10,898	6,328	10,303	16,587	17,919
Guatemala	1,357	5,926	4,227	2,424	2,224	352	725	2,366
Venezuela	5	23	38	3	0	52	78	315
El Salvador	32	23	0	0	3	3	0	2
Alemania	0	0	0	0	0	0	0	4
Otros	2	0	0	23	0	0	67	130
Total	16,170	21,558	15,981	13,348	8,555	10,710	17,456	20,735

Fuente: Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI). Secretaría de Economía

CUADRO 6
IMPORTACIONES MEXICANAS DE GRAFITO NATURAL 2005-2012
DÓLARES

FRACCIÓN	CONCEPTO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
25041001	En polvo o en escamas.	2,067,859	1,979,438	2,928,754	3,588,566	3,251,578	5,565,497	4,201,855	4,546,239
	Total	2,067,859	1,979,438	2,928,754	3,588,566	3,251,578	5,565,497	4,201,855	4,546,239

Fuente: Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI). Secretaría de Economía

CUADRO 7
IMPORTACIONES MEXICANAS DE GRAFITO NATURAL 2005-2012
TONELADAS

FRACCIÓN	CONCEPTO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
25041001	En polvo o en escamas.	3,658	2,109	3,650	4,610	3,004	5,615	2,742	2,805
	Total	3,658	2,109	3,650	4,610	3,004	5,615	2,742	2,805

Fuente: Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI). Secretaría de Economía

CUADRO 8
IMPORTACIONES MEXICANAS DE GRAFITO NATURAL POR PAÍS DE ORIGEN 2005-2012
DÓLARES

PAÍS	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Brasil	119,478	8,832	6,044	50,344	6,769	129,973	240,184	792,440
Canadá	11,576	4,636	8,649	136,280	296,220	472,170	581,933	493,118
China	776,521	264,546	463,411	1,279,080	922,654	2,352,561	554,107	654,545
España	0	0	0	7,822	32,140	320,888	194,793	67,592
Estados Unidos	865,698	1,398,916	2,049,437	1,668,627	1,628,634	1,989,895	2,508,657	2,499,944
Otros	294,586	302,508	401,213	446,413	365,161	300,010	122,181	38,600
Total	2,067,859	1,979,438	2,928,754	3,588,566	3,251,578	5,565,497	4,201,855	4,546,239

Fuente: Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI). Secretaría de Economía

CUADRO 9
IMPORTACIONES MEXICANAS DE GRAFITO NATURAL POR PAÍS DE ORIGEN 2005-2012
TONELADAS

PAÍS	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Brasil	92	8	17	109	1	108	190	579
Canadá	10	1	9	101	217	339	335	270
China	2,363	660	1,229	2,473	1,322	3,459	397	537
España	0	0	0	2	6	109	81	30
Estados Unidos	902	1,165	2,101	1,553	1,294	1,459	1,687	1,378
Otros	291	276	295	371	165	142	53	11
Total	3,658	2,109	3,650	4,610	3,004	5,615	2,742	2,805

Fuente: Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI). Secretaría de Economía

CUADRO 10
CONSUMO NACIONAL APARENTE DE GRAFITO NATURAL 2005-2012
TONELADAS

CONCEPTO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Producción	12,357	11,773	9,900	7,229	5,105	6,625	7,348	7,520
Importaciones	3,658	2,109	3,650	4,610	3,004	5,615	2,742	2,805
Exportaciones	16,170	21,558	15,981	13,348	8,555	10,710	17,456	20,735
CNA	-155	-7,676	-2,431	-1,509	-446	1,530	-7,366	-10,411

Fuente:

Anuario Estadístico de la Minería Mexicana Ampliada. SE

Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI). SE

CUADRO 11
PRODUCCIÓN NACIONAL DE GRAFITO NATURAL 2005-2012
TONELADAS

CONCEPTO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Sonora	12,357	11,773	9,900	7,229	5,105	6,628	7,348	7,520
Total	12,357	11,773	9,900	7,229	5,105	6,628	7,348	7,520

Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana Ampliada. SE

CUADRO 12
PRODUCCIÓN NACIONAL DE GRAFITO NATURAL 2005-2012
PESOS

CONCEPTO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Sonora	15,077,800	15,489,700	13,673,900	13,288,800	12,468,300	15,692,600	17,891,800	19,367,200
Total	15,077,800	15,489,700	13,673,900	13,288,800	12,468,300	15,692,600	17,891,800	19,367,200

Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana Ampliada. SE