

UTILIZACIÓN DE LAS DUNITAS ASOCIADAS A LA MINERALIZACIÓN CROMÍFERA DE LA REGIÓN DE CAMAGÜEY PARA LA ELABORACIÓN DE LADRILLOS REFRACTARIOS

Reynaldo La Rosa Vázquez

Empresa Geominera Camagüey. Carretera Central Este km 5 ½. Teléfono: 271328. Email: reynaldorv@gmcmg.gms.minbas.cu

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar las litologías constituyentes del material estéril y de rechazo producto de la explotación de los yacimientos cromíticos asociados al complejo ofiolítico en la provincia de Camagüey, con vistas a conocer sus perspectivas reales de utilización, especialmente como materia prima refractaria, logrando un aprovechamiento racional de estos recursos.

Se profundiza en la evaluación geológico tecnológica de las litologías asociadas al yacimiento de cromo Mina Lolita, por tener grandes volúmenes de escombros producto de su explotación antes del triunfo de la Revolución y que hoy continúan dañando el ecosistema del lugar.

La Industria Refractaria de nuestro país en la mayoría de sus talleres de fundición del país emplean la arena sílice, la cromita y Chamota como materia prima principal en la elaboración de los moldes de arena para la confección de los ladrillos refractarios; sin embargo las litologías caracterizadas poseen perspectivas de aplicación inmediata con el consiguiente ahorro de recursos materiales y financieros, así como un menor grado de contaminación a la salud humana.

Las pruebas tecnológicas realizadas demuestran la posibilidad de emplear a las dunitas serpentinizadas y las litologías ultrabásicas asociadas para la elaboración de los ladrillos refractarios.

En la actualidad producto a los Proyectos Albas, la DIP Cromo de la Geominera realiza un desarrollo minero en este territorio para la extracción de la cromita lo que hace factible el aprovechamiento de los escombros del laboreo minero para la obtención de productos refractarios de gran aplicación en la Industria Sideromecánica y la disminución de las afectaciones que provoca al ecosistema el vertimiento de estos materiales.

ABSTRACT

The present work has as objective to characterize the constituent lithologies of the waste or rejection product of the chromite deposits exploitation associated to the ophiolite complex in the Camagüey province, with a view to knowing its real perspectives of use, especially as refractory raw material, achieving a rational use of these resources. It is deepened in the technological and geologic evaluation of the lithologies associated to the chromite deposit Mina Lolita, due to big volumes of brashes of their exploitation before the victory of the Revolution and that today they continue damaging the ecosystem of the place.

Most of the shops of foundry in the country use the sand silica like main raw material in the elaboration of the molds of sand and in the case of our province they are brought from the occident, however the characterized lithologies possess perspectives of immediately use with the consequent saving of material and financial resources, as well as a smaller degree of contamination to the human health.

The technological tests carried out demonstrated the possibility to use the serpentized dunites and the ultrabasic lithologies associated, for the elaboration of the refractory bricks. At the present time product to the Projects ALBA, the DIP Chromium of the Geominera carries out a mining development in this territory for the extraction of the chromite what makes feasible the use of the brash of the mining for the obtaining of refractory products of great application in the practical value of this investigation is determined by the use of the mining brashes of chromite deposits to obtain refractory products of wide use in the Siderurgic – mechanic Industry and the decrease of the affectations that it causes to the ecosystem.

INTRODUCCION

Las Ultrabasitas, son rocas de origen magmático ricas en olivino, se encuentran formando parte de la asociación ofiolítica, están asociadas a los cuerpos cromíticos como roca encajante, y constituyen parte del escombro en el proceso de extracción del cromo.

En Camagüey existen abundantes reservas de rocas duníticas, portadoras de mineral de olivino, con importantes propiedades refractarias que garantizan su utilización como arena de fundición y en la preparación de pinturas contra la penetración metálica. Sin embargo no existen antecedentes del uso oficial de estos materiales en los talleres de fundición y demás empresas del país, solo se han realizado investigaciones en el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Planteamiento del problema:

La mayoría de los talleres de fundición del país emplean arena sílice como materia prima principal en la elaboración de los moldes de arena. Este material debe traerse desde las provincias occidentales por lo que es muy costosa, además su uso provoca afectaciones a la salud de los trabajadores y desgaste acelerado al equipamiento.

A partir de la fundamentación de esta condición se declara la siguiente situación problemática: la existencia de importantes reservas y acumulaciones de dunitas serpentizadas con propiedades refractarias, para su futura utilización en la obtención de productos refractarios.

El problema científico a resolver en este trabajo lo constituye: La caracterización geológica y utilización de las ultrabasitas del cinturón ofiolítico de Camagüey para:

1. Ladrillos refractarios.

El objeto de investigación: Las ultrabasitas de Camagüey asociadas a la mineralización cromífera para la obtención de productos refractarios básicos.

Objetivos:

1. Determinar la caracterización petrológica, mineralógica y química de las diferentes litologías de las ultrabasitas de Camagüey.
2. Evaluación Geólogo Tecnológica de las ultrabasitas de la provincia Camagüey para la obtención de ladrillos refractarios.
3. Perspectivas reales de la utilización como materias primas refractarias

Resultados principales esperados:

- Establecimiento de la composición sustancial de las materias primas minerales con perspectivas para ser empleadas en la fabricación de materiales refractarios básicos (ultrabasitas de la provincia de Camaguey).
- Establecer las investigaciones geólogo- tecnológicas para el empleo de las ultrabasitas de Camaguey para su empleo como materiales refractarios básicos.

1. Caracterización de las dunitas serpentinizadas

1.1. Descripción del Entorno Geográfico.

La Asociación Ofiolítica de Camagüey es uno de los objetos geológicos principales para las investigaciones que aquí se refieren. Ella constituye un complejo de formaciones rocosas de origen magmático que presenta un carácter predominantemente ultrabásico y que producto del metamorfismo ha sido serpentinizada en gran medida. Por tal motivo la Asociación Ofiolítica se conoce geográficamente por los términos “serpentinitas” y “ultrabasitas”; ver Anexo Gráfico No. 1.

Las ofiolitas de la provincia agramontina se ubican en la parte septentrional. Afloran al norte de la ciudad de Camagüey, incluyendo sus intramuros y se extienden hasta la Sierra de Cubitas. Hacia el este bordean por el sur la loma “La Entrada” y la loma “Bayatabo” y alcanzan el poblado de Redención donde giran al norte hasta La Gabriela. De allí su límite se extiende hasta la Sierra de Camaján, bordeándola por el norte.

La accesibilidad para todos los sectores de las ofiolitas es satisfactoria debido al desarrollo de la red de carreteras y caminos así como su relieve llano. El obstáculo de mayor importancia es el marabú que alcanza gran desarrollo en algunos lugares.

La aflorabilidad de las ofiolitas es baja debido al carácter llano del relieve y al desarrollo de los suelos. Buenos afloramientos se observan en las lomas y colinas así como en los ríos y afluentes más importantes. La actividad humana aporta afloramientos interesantes en construcciones, caminos, antiguas canteras y picas para rocoso.

El relieve de las serpentinitas se caracteriza por valores de cotas inferiores a los 100 metros conformando una llanura con aisladas lomas y colinas. La meseta San Felipe ocupa la parte más elevada con valores que alcanzan los 200m. Se destacan además Loma Sin Nombre, Loma de los Tanques, Loma La Ceiba, Loma de Hierro, Las Aguas, El Indio y El Pastil. En la parte oriental se levantan Loma Iguana, Loma La Entrada (202 m.) y Bayatabo. Otras elevaciones que no están constituidas por serpentinitas se observan en La Sierra de Camaján con cotas hasta de 244 m.

Las cromitas han cedido en importancia por la suspensión de los trabajos de explotación en la década del 60 y la imposibilidad de renacer la minería. Se cuenta con grandes reservas de cromita refractaria. Numerosos yacimientos fueron explotados parcial o totalmente antes de 1959. Precisamente este trabajo intenta potenciar de manera importante a estos recursos con las perspectivas de fabricar directamente productos refractarios conformados y no conformados agroindustrial “Noel Fernández” de Senado. La firma ACINOX ha desarrollado una planta de producciones metálicas en el pueblo de Minas.

1.2. Modelo Geológico de la Asociación Ofiolítica de Camagüey.

Las Ofiolitas de Camagüey forman parte del cinturón de ofiolitas septentrionales que se extiende por toda la Isla de Cuba y representan un fragmento de litosfera oceánica antigua (ver Anexo Gráfico No. 2). Presentan forma de arco y situadas al Norte de la ciudad de Camagüey, tienen una extensión por su largo de 120 Km; mientras que su ancho máximo alcanza unos 30 Km. Yacen de manera alóctona sobre el margen continental de las Bahamas representado por la Sierra de Cubitas, donde poseen una potencia pequeña que hacia el Sur aumenta progresivamente hasta alcanzar unos 5 Km. de espesor cerca de la ciudad de Camagüey según datos gravimétricos. Las secuencias del arco volcánico cretácico las cubren tectónicamente en su porción meridional. Entre ambas se halla un

olistostroma de edad Paleoceno-Eoceno Inferior. Entre las ofiolitas y las calizas del margen continental se encuentran también secuencias olistostrómicas, del Eoceno Superior temprano. Los contactos con el intrusivo ácido y el arco volcánico extinto también son tectónicos.

Sobre la edad de formación de las ofiolitas se tienen algunos datos. Fue determinada la edad radiométrica (por el método K-Ar) de 160 ± 24 millones de años (J_1-K_1) en un cuerpo de anortositas del nivel cumulativo (Somin y Millán, 1981). También se poseen dataciones paleontológicas de silicitas radioláricas con foraminíferos planctónicos, relacionadas con el nivel efusivo-sedimentario ofiolítico, que ofrecen una edad de Aptiano-Albiano? (Fonseca et al., 1987; Iturralde-Vinent, 1988).

Las unidades sedimentarias más jóvenes a partir del Maestrichtiano hasta el neógeno forman la cobertura sedimentaria sobre todas las asociaciones anteriormente mencionadas.

1.4. Manifestaciones de Cromita.

En la provincia de Camagüey los yacimientos y manifestaciones están asociados al complejo ofiolítico, ver Anexo Gráfico No.3, lo que constituye una particularidad de la geología de Cuba. En la zona de transición existe una alternancia de dunitas y harzburgitas que pasa a un predominio de las dunitas en la base de los cúmulos. Estas dunitas son ricas en segregaciones de cromita y llegan a formar cuerpos minerales concordantes con la estructura geológica. Las menas en esos casos son diseminadas hasta densamente diseminadas y se caracterizan por altos contenidos de alúmina. Ejemplos de este caso pueden ser las pequeñas elevaciones del relieve en Los Orientales, en la carretera hacia Minas y Loma Iguana. La erosión acumuló grandes cantidades de mineral en la falda de las lomas que en cierto momento fueron recopiladas para una posible utilización.

En el complejo peridotítico no se manifiesta una marcada relación con las dunitas. A veces los cuerpos cromíticos están rodeados por una envoltura de dunitas que puede tener cm. a metros de potencia. Las ofiolitas de Camagüey están muy tectonizadas en algunos sectores como consecuencia del efecto del emplazamiento así como por la tectónica más reciente. El frente de acreción con el margen continental presenta un efecto tectónico superable sólo por la zona que comprende la falla Camagüey. La presencia de las fábricas brechosa, trituracional y foliar en los pozos de mapeo y prospección de las zonas Virtudes – Ferrolana - Caridad así lo confirma.

La tectónica ha determinado la ubicación de los cuerpos cromíticos, principalmente durante el emplazamiento de las ofiolitas: se han quebrado en bloques, se han separado "flotando" en las serpentinitas, han girado sobre su eje y se disponen de forma caótica. A veces se mantienen alineados o describiendo arcos. De esta manera se han perdido las relaciones primarias entre las menas y las rocas de caja. Los contactos son tectónicos, las rocas aparecen muy serpentinizadas y las menas destruidas.

La tectónica es responsable de la distribución espacial de los cuerpos minerales en los yacimientos generando la declinación de ellos; a veces se alternan unos detrás de otros y describen arcos. Se procede a continuación a describir los aspectos fundamentales de los principales yacimientos desde el punto de vista económico que son

Mina Lolita

Yace en la zona de transición hacia el complejo cumulativo por debajo de los gabros bandeados, donde se desarrollan ampliamente las dunitas; ver Anexo Gráfico No. 7. El cuerpo mineral original fue separado en bloques por la tectónica, y tiene una intensa trituración de las rocas encajantes en las cercanías de los cuerpos minerales.

El cuerpo mineral No 1 tiene 100 m de extensión, de 2 a 16 m de potencia, 50 m de extensión por el buzamiento y ángulo de buzamiento de 35 a 45°.

El cuerpo mineral No 2 tiene 40 m de extensión, una potencia de 1 a 3 m, 20 a 40 m de extensión por el buzamiento y se encuentra a 30 m de la superficie. Menas masivas compuestas por cromo espínela que alcanza hasta el 80%. Muy poca pentlandita. Los otros minerales metálicos son: melnicovita, piritita, magnetita, millerita, calcopirita, bornita y raros platinoides. Las rocas encajantes: Harzburgitas y dunitas serpentinizadas pertenecientes al Complejo Cumulativo. Ver tabla I.

Tabla I.- Contenido promedio de algunos pozos del yacimiento Lolita.

Pozo	Desde	Hasta	Long.	Cr ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO
LB-24	2.20	46.80	4.60	30.65	5.67	25.74	-0.22
LB-27	43.60	59.60	16.00	27.05	7.93	-	-
LB-71	9.00	24.00	5.00	27.17	7.97	-	-
LB-72	41.50	44.00	2.50	22.79	10.68	-	-
LB-16	50.40	51.60	1.20	23.84	8.88	20.35	0.16

Contenido de borde	Cuerpo Mineral	Categoría	Mena (t)	Contenido promedio (%)	
				Cr ₂ O ₃	SiO ₂
26 % de Cr ₂ O ₃	1	Recursos	86 675	28.14	7.26
	2	Recursos	4 495	23.84	10.35

Posee dos canteras antiguas 190 x 120 x 50 m y 50 x 25 x 15 m de las que se extrajeron aproximadamente 200 000 t de cromita.

1.6. Perspectivas para el empleo de las Ultrabasitas.

Las rocas ultrabásicas que encajan la mineralización cromítica están comúnmente serpentinizadas, destacándose la presencia de Peridotitas, Dunitas y Serpentinitas

Las Peridotitas están representadas por las variedades de la serie Iherzolitas y Harzburgitas, las cuales no se distinguen macroscópicamente por ser rocas oscuras y compactas con matriz verdosa. Están compuestas por un 60-80 % de Olivino en forma de relictos rodeados por el crisotilo asbesto. Los Piroxenos presentes en esta roca son el rómbico y en menor cantidad el monoclinico. También están presentes las Espinelas cromíferas (0,5-1,5 %) y Magnetita (0,5%).

Los materiales refractarios forsteríticos (a base de Olivino) poseen una alta estabilidad bajo la influencia de escorias básicas y con elevado contenido de hierro, también pueden soportar una alta carga de presión hasta temperaturas de 1 700 ° C. Generalmente para la fabricación de estos productos a la materia prima magnesio – silicatada se añade de un 10 a un 30 % de polvo de magnesita calcinada (periclasa). Además de los propios artículos refractarios forsteríticos es bastante común la preparación de materiales forsterítico cromíticos añadiendo junto a la periclasa hasta un 15

a 25 % de concentrado de cromita para aumentar la longevidad de los productos. Debido a su carácter eminentemente básico pueden colocarse ladrillos de forsterita combinados con ladrillos de magnesita y cromita sin que se produzcan reacciones de contacto (Didier, 1983). Además son utilizadas a nivel mundial las llamadas arenas de olivino que representan una alternativa importante ante las arenas de sílice y de cromita, especialmente con relación a las afectaciones a la salud y al equipamiento.

Como materia prima para la elaboración de los artículos refractarios forsteríticos se pueden emplear las siguientes litologías: dunitas, serpentinitas y rocas talcosas. Las principales exigencias industriales a la materia prima para la fabricación de los artículos refractarios forsteríticos son:

- Contenido de Al_2O_3 menor de 2, 3 %.
- Contenido de Fe_2O_3 menor de 6%.
- Contenido de Ca O menor de 1, 5%.
- Relación MgO/SiO_2 entre 0,94 y 1,33.

Los compuestos más dañinos para estos productos son los óxidos de calcio y de aluminio, su presencia provoca la formación de combinaciones fusibles en el curso del tratamiento térmico. Con la presencia del óxido de calcio surge la monticellita y con la del óxido de aluminio se forma la cordierita. El óxido de hierro contribuye a la formación de la magnetita.

Al comparar los resultados de los análisis químicos de las rocas ultrabásicas de la Asociación Ofiolítica de los sectores de prospección de cromita de la región de Camagüey (Ver Anexo 1) se pudo comprobar que estas rocas aunque están muy serpentinizadas cumplen con las exigencias industriales como material refractario; ver Tabla II.

Tabla II.- Comparación de los parámetros de exigencias industriales de las ultrabásicas.

Exigencias	Dunitas Serpentizadas	Harzburgitas Serpentizadas	Lherzolitas Serpentizadas	Peridotitas Serpentizadas
Contenido de Al_2O_3 menor de 2.3%	0.26	0.85	0.77	0.53
Contenido de Fe_2O_3 menor de 6 %	8.82	7.17	9.25	7.89
Contenido de CaO menor de 1.5 %	0.22	0.53	0.81	0.24
Relación MgO / SiO_2 entre 0.94 y 1.33 %	1.23	1.01	0.92	0.96

Realizando una valoración de las características principales de las diferentes materias primas que se emplean para la producción de los materiales refractarios forsteríticos tenemos:

Dunitas

Las Dunitas se localizan en la parte inferior de la asociación ofiolítica y están muy propagadas dentro de los límites del yacimiento, recubriendo los cuerpos minerales.

De forma general los cuerpos de Dunita se extienden a lo largo del contacto con los gabroides, separados de estos por una banda de rocas intensamente serpentinizadas.

Las Dunitas serpentinizadas se caracterizan por poseer una estructura reticular, con la siguiente composición promedio : Olivino, 95-97 % ; Piroxeno 3-5 % ; Espinelas cromíferas 0,5-1,0.

La Dunita es una roca ultrabásica de origen magmático formada en su mayor parte por silicatos magnésicos y en menor cuantía por silicatos, aluminatos o silicoaluminatos de hierro, calcio, magnesio o de sus combinaciones.

Entre los principales usos de las Dunita a nivel mundial se destacan los siguientes: Como fundente en los Altos Hornos, arena de fundición, industria de elaboración de acero, material de construcción, sand blasting

Los principales yacimientos de Dunita a nivel mundial se localizan en Noruega (Aaheim), Estados Unidos (Twin Sisters, Webster), Nueva Caledonia (Noumea), Nueva Zelandia (Dun Mountain, Red Hills, Red Mountain), España (Galicia), Austria (Leoben), Suecia, Canadá, Italia, Grecia, Sudáfrica y Brazil.

La composición química de algunas de las Dunitas de los principales yacimientos existentes en el mundo, se muestra en la tabla III.

Tabla III.- Análisis químicos de las Dunitas de diferentes países.

Comptos	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	40,55	40,88	41,32	40,96	38,66	40,4	37,4	33.98
Al ₂ O ₃	0,05	0,11	0,01	0,21	1,96	1,14	1,21	0.11
Fe ₂ O ₃	0,10	0,20	0,30	0,18	0,87	0,95	2,65	8.82
FeO	7,99	8,28	7,49	7,86	5,96	9,0	4,68	6.11
TiO ₂	0,14	0,015	0,010	0,010	----	0,013	0,025	0.03
Cr ₂ O ₃	0,06	0,02	0,04	0,02	0,32	0,23	0,31	0.20
CaO	0,06	0,03	0,29	0,15	1,09	0,25	0,47	0.23
MgO	50,37	50,10	49,56	50,45	38,72	47,5	41,7	42.12
Na ₂ O	0,06	0,02	0,01	0,01	0,04	0,01	0,05	0.10
K ₂ O	0,04	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,05	0.10
MnO	0,12	0,15	0,15	0,13	0,10	0,15	0,09	0.15
CoO	----	0,013	0,011	0,010	----	0,012	0,010	----
NiO	0,28	0,32	0,31	0,25	0,25	0,34	0,27	----
H ₂ O	0,13	0,23	0,60	0,29	0,26	0,8	0,35	----
P.P.I	10,20	9,86	9,75	10,45	11,12	10,25	12,50	12.6

- 1.- Dunitas de Twin Sisters, Washington. E.E.U.U.
- 2.- Webster, North Carolina. E.E.UU.
- 3.- Noumea, Nueva Caledonia.
- 4.- Dun Mountain, Nueva Zelandia.
- 5.- Galicia, España.
- 6.- Ste. Anne des Monts. Canadá
- 7.-Merceditas. Moa. Cuba.

8.- Lolita. Camagüey. Cuba

Petrográficamente las Dunitas son de tipo equigranular, con cristales muy finos, mientras que mineralógicamente, ofrece pocas variaciones en su composición y permanece ausente de carbonatos y sílice libre, lo que le brinda interesantes características y propiedades para su uso en la siderurgia [19,21,25,28,39].

De forma general las principales características de las Dunitas son:

- Predominio mineralógico del olivino.
- Dureza entre 6,5 - 7,0 .
- Carácter ultrabásico (menos de 45 % de SiO_2).
- Escasez o ausencia de feldespato.
- Densidad entre 2,7 - 3,5 g/cm^3 .
- Cristaliza en el sistema rómbico.
- Color variado, en función de su composición, desde amarillo claro hasta verde oscuro, pasando por el verde olivo, lo que define su nombre.
- Brillo vítreo.

Es evidente, que se prefieren las variedades de dunitas en los cuales predomina marcadamente la forsterita. La presencia de la serpentina disminuye la concentración del magnesio en la materia prima y aumenta el contenido de las pérdidas por ignición, por esta causa son mucho más valiosas las dunitas poco serpentinizadas. En el proceso tecnológico para realizar las transformaciones de la serpentina a la forsterita y de la fayalita a la forsterita la roca se somete a un tratamiento térmico preliminar con temperatura de 1450°C añadiendo de 10 hasta 30% de periclasa en dependencia del grado de serpentización. (Leyva y otros 2002).

Serpentinitas.

Estas rocas se caracterizan por variaciones muy grandes en la composición sustancial. El mineral principal es la serpentina, encontrándose determinadas proporciones de relictos de olivino. Los minerales accesorios más comunes son: cromopicotita, magnetita, magnesita, breinerita, calcita, talco y minerales del grupo de la clorita. Las impurezas más dañinas son: magnetita, breinerita, calcita y clorita, las cuales aumentan la concentración del hierro, calcio, aluminio y contribuyen a incrementar las pérdidas por ignición. Por el contrario, la presencia de la magnesita mejora la calidad de la materia prima, ya que este mineral contribuye a la formación de la periclasa.

La producción de los materiales refractarios a partir de las serpentinitas incluye: molienda fina; adición del polvo de periclasa; prensado; tratamiento térmico preliminar a temperatura de 1500 °C; molienda hasta el diámetro de granos de 2-3 mm; segunda adición del polvo de periclasa; prensado y tratamiento térmico definitivo con temperatura de 1600 – 1700 °C.

La tecnología de preparación de los materiales refractarios forsteríticos a partir de las rocas talcosas es análoga a la usada para las serpentinitas. El consumo de periclasa en este caso también es mayor que en el caso de las dunitas.

Como un elemento de gran interés es importante destacar la presencia en la provincia de Camaguey de los yacimientos de Magnesita (Redención, Olalla y Sin Reposo) y los estudios de beneficio que se

han llevado a cabo sobre esta materia prima, sobre todo si se toma en cuenta que en esta provincia también se cuenta con volúmenes importantes de ultrabásitas y con la experiencia de una planta de productos refractarios.

RESULTADOS Y EXPERIMENTACION

Para la ejecución de este trabajo fue necesaria la compilación, revisión y análisis de las informaciones existentes en nuestros archivos y de los resultados de estudios mineralógico-petrográficos realizados anteriormente, composición química de la materia prima.

Los ensayos tecnológicos se realizaron en la fundición Alejandro Areas Medina (Bomba de Agua), de la Empresa Metalúrgica de Camagüey, que forma parte del grupo industrial ACINOX del Ministerio de la Industria Sideromecánica.

Esta fábrica fue fundada en el año 1944. su estructura está conformada por un taller de plantillaría, taller de fundición de metales ferrosos y no ferrosos, taller de maquinado y ensamblaje y un laboratorio físico mecánico.

2.1 Selección de la Materia Prima.

En nuestro territorio existen varias escombreras por la explotación a cielo abierto de las minas de cromita antes del triunfo de la Revolución. .

En este trabajo se evalúa las dunitas serpentinizadas del yacimiento de cromo "Lolita" como material refractario para la elaboración de ladrillos refractarios.

Se seleccionaron las muestras de esta acumulación de escombros por estar caracterizada químicamente.

Resultado promedio de los análisis químicos (%) realizados a las muestras de Dunitas de la escombrera del yacimiento de cromo "Lolita".

Muestra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	Cr ₂ O ₃	P.P.I.
---------	------------------	--------------------------------	------------------	-----	-----	--------------------------------	-----	-----	-------------------	------------------	--------------------------------	--------

M - 1	33,98	0,11	0.03	0,23	42,12	8.82	6.11	0,11	0,1	0.1	0,2	12,06
-------	-------	------	------	------	-------	------	------	------	-----	-----	-----	-------

Los resultados del análisis químico realizado a los ladrillos muestran que estas composiciones químicas están dentro los parámetros exigidos. La norma internacional establece la composición química en los límites siguientes:

- MgO40 – 70 %
- SiO₂ 33 – 40 %
- AL₂O₃..... 0.6 – 2.7 %
- Fe₂O₃ 0.6 – 14 %

2.2 Preparación de la Materia Prima.

Con el objetivo de que las muestras de dunita presenten la granulometría requerida para la elaboración de los ladrillos refractarios, se realizó un proceso de preparación mecánica que incluyó la clasificación de las diferentes clases de tamaño.

Este proceso fue realizado en la Muestrería de la Empresa Geominera Camagüey y se realizó en dos etapas:

Las rocas sometidas al proceso de preparación son de varias dimensiones y propiedades mecánicas diferentes; para su utilización como material refractario necesitan ser procesadas y reducir su tamaño hasta la fracción necesaria. Para lograr este objetivo se diseñó el esquema de preparación mecánica. Fig. 1

En la primera se utilizó un triturador de mandíbulas para reducir las rocas hasta 10 mm y luego el material se redujo hasta 2 mm en un molino triturador.

En la segunda etapa se utilizó un molino pulverizador de disco para reducirlo hasta la granulometría necesaria. Ver Tabla IV.

Los resultados del análisis granulométrico realizado luego de la preparación mecánica muestran que alrededor del 60 % del material, se obtiene en la fracción + 0,2 - 0,63 mm, empleada en la preparación de las mezclas; mientras que de la fracción menor de 0,2 mm (usada en la confección de las pinturas) se obtiene el 30 %. El producto mayor de 0,63 mm representa el 5 % aproximadamente y es recirculado al proceso de preparación mecánica.

Tabla IV.- Resultados del análisis granulométrico realizado luego de la preparación mecánica.

No.de Tamices	mm	Por ciento retenido (%)
1	2,5	0,20
2	1,6	0,50
3	1,0	4,00
4	0,63	21,2
5	0,40	16,2
6	0,315	6,1
7	0,20	14,5
8	0,16	4,9
9	0,10	12,5
10	0,05	6,5
Plato	----	12,4
Total	----	99,00
Pérdidas		1,00

Al comparar estos resultados con los obtenidos por el trabajo de Pons. H.J y Leyva. C R. 1995 en la aplicación de las dunitas en los talleres de fundición del Níquel se destaca la similitud de los porcentajes logrados por granulometría, aunque en el caso nuestro utilizamos un molino pulverizador de disco que provocó un elevado número de caras planas.

2.3. Mezclado.

Las mezclas deben reunir una serie de propiedades y las principales son; la permeabilidad a los gases, la resistencia a la compresión, la plasticidad, refractariedad, etc. Estas propiedades de las arenas de moldeo desempeñan un papel primordial para la obtención de piezas de buena calidad. Las materias primas utilizadas en la preparación de las mezclas fueron:

- Arenas de Dunita Serpentinizadas.

- Aglutinantes: Bentonita, Aceite de Linaza, Silicato de Sodio
- Aditivos: Carbón Coque triturado, grafito.

La operación de mezclado de los ingredientes de la fórmula de un ladrillo refractario tiene también gran importancia en el proceso de fabricación, lo que se refleja en la calidad y presentación del producto terminado. Este proceso se realizó de forma manual en el siguiente orden:

- Se vertió sobre un recipiente la cantidad de material seco necesario.
- Se realizó la homogenización de los materiales.
- Se formó un anillo con el material homogenizado y en el centro se vertió el silicato de sodio.
- Se realizó la mezcla con una paleta, hasta obtener espesa y sin grumos.

2.4. Moldeo

Este es el proceso más importante en el flujo de producción antes de colocar el producto en el horno. El moldeo se puede realizar a mano o con prensado mecánico. En este caso se realizó de forma manual vertiendo el material en el molde en forma de capa, que fueron compactadas con vibraciones producidas con una herramienta llamada fija.

2.5. Secado.

Al terminar la confección de las mezclas de arena y se fabricaron con ella los núcleos a moldear es necesario desecar o cocer estos en hornos con el objetivo de aumentar su resistencia y su dureza. La temperatura a la cual deben ser cocidos y el tiempo necesario para ello dependen de la clase de aglomerante empleado en las mezclas de arena y del tamaño de las probetas. Durante la desecación de los moldes o machos a base de aceite se necesita el calor para:

- Aumentar la temperatura de los soportes de las probetas y la de estos desde la del ambiente hasta la desecación.
- Para evaporar la humedad.
- Eliminar los elementos volátiles.

2.6. Carga del Horno

La carga de los ladrillos al horno se combina el método de estantes y carretón con el objeto de racionalizar espacios e incrementar la productividad con la reducción del tiempo de carga y descarga. Los ladrillos se sitúan con una separación de 10 a 15 mm entre ellos para permitir la transmisión de calor por conducción y convección. Además se colocaron de forma tal que la superficie de apoyo fuera la mayor posible, para evitar deformaciones causadas por el peso de la carga sobre estos.

2.7. Cocción

La cocción es la operación de mayor importancia del proceso, porque aquí ocurren las transformaciones físicas químicas y es cuando se obtiene la fase deseada, en este caso la forsterita. La operación se realizó en ACINOX Camagüey utilizando un horno eléctrico con ventilación forzada y control automático lo que permitió un mejor control de la temperatura para el estricto cumplimiento de la curva de calentamiento, la cual fue confeccionada teniendo en cuenta las principales transformaciones de las dunitas serpentinizadas.

2.3 Empleo de la Dunita en la Elaboración de Ladrillos refractarios.

Para la preparación de las mezclas de moldeo (de cara y de relleno) se utilizó la fracción +0,2 - 0,63 mm de dunita, con la cual se confeccionaron las receta que se muestra en la tabla No.13, con la cual se han obtenido los mejores resultados, según el trabajo de Pons. H.J y Leyva. C R. 1995.

Tabla V.- Receta utilizadas para la preparación de las mezclas de moldeo a base de dunitas.

Componentes	Proporciones (%)
Dunita	80
Silicato de Sodio	14
Componentes	Proporciones (%)
Dunita	94
Silicato de Sodio	6

Con estas recetas inicialmente se fueron probando las siguientes fracciones granulométricas: - 0,63 + 0,4 mm ; - 0,40 + 0,315 mm y - 0,315 + 0,2 mm, no observándose diferencias significativas entre sus propiedades mecánicas. Por lo que se unieron estas fracciones para lograr una mayor distribución granulométrica y homogeneidad de la arenas y con ello un aumento de las propiedades de las mezclas.

Los ensayos mecánicos realizados a la mezcla de cara obtenida, muestran sus buenas propiedades, todas dentro de los rangos permisibles como se puede apreciar en la tabla VI.

Tabla VI.- Resultados de los ensayos mecánicos realizados a las mezclas de moldeo obtenidas.

Mezclas	Muestras	Modulo de Ruptura Kg/cm ²	Porosidad Aparente (%)	Densidad Aparente (g/cm ³).	Resistencia a la compresión. (Kg/cm ²).
1	1	22.90	15.50	1.5	114.5
	2	23.20	16.40	1.8	117.0
	3	24.50	16.60	1.9	118.5
2	1	20.1	19.1	1.1	113.1
	2	20.2	19.2	1.2	113.5
	3	20.3	19.4	1.5	114.1

Durante el proceso de moldeo se pudieron comprobar otras propiedades de la mezcla empleada como fueron: su buena homogeneidad, plasticidad y compactibilidad.

4. Análisis económico

4.1. Análisis de la Escala de Producción.

La escala de producción está determinada fundamentalmente por las demandas de arenas refractarias para el consumo de las empresas metalúrgicas de 30 000 t/año a granel.

4.2. Datos Generales del Proyecto.

El presente estudio conceptual para la explotación de dunitas que constituyen el escombro de la explotación de los yacimientos de cromitas, evalúa la variante más sencilla para el beneficio de este mineral.

El presupuesto se ha elaborado de la siguiente forma:

Costo de Inversión.

El costo de inversión presentado en este estudio tiene una magnitud de precisión del $\pm 30\%$. Todos los costos son estimados en divisa y en moneda nacional según correspondan.

Los objetos de obras presentados en las diferentes variantes, se desglosaron en: Equipos, construcción y montaje y otros.

Equipos: Se calcularon sobre la base de diferentes ofertas que han sido utilizadas anteriormente, datos propios, estimaciones sobre la base de la complejidad del equipamiento y por índices. Ver tabla VII.

Construcción y montaje: Se utilizaron estimaciones por obras análogas de otros estudios, así como de obras realizadas anteriormente.

Otros: Comprenden los diferentes estudios e investigaciones, puesta en marcha y trabajos de Ingeniería, según analogía con otros proyectos semejantes.

Tabla VII.- costo de inversión

Objeto de Obra Equipo	Total			Equipos			Otros		
	Total	MN	MLC	Total	MN	MLC	Total	MN	MLC
Molino de mandíbula	100.4	0.0	100.4	100.4	0.0	100.4	0.0	0.0	0.0
Alimentador de placa	33.0	0.0	33.0	33.0	0.0	33.0	0.0	0.0	0.0
Molino impactor	60.6	0.0	60.6	60.6	0.0	60.6	0.0	0.0	0.0
Criba vibratoria	56.0	0.0	56.0	56.0	0.0	56.0	0.0	0.0	0.0
Estudio e investigaciones	25.0	20.0	5.0	0.0	0.0	0.0	25.0	20.0	5.0
Subtotal	274.9	20.0	255	250.0	0.0	250.0	25.0	20.0	5.0
Imprevisto 15%	41.2	3.0	38.2	37.5	0.0	37.5	3.7	3.0	0.7
Total	316.2	23.0	293.2	287.4	0.0	287.4	28.7	23.0	5.7

Se consideró un 15 % de imprevistos del valor total de los costos de inversión.

Capital de explotación: Se calculó sobre la base de 45 días de los costos de materiales, energía eléctrica, piezas de repuestos y otros gastos.

Costos de operación.

El costo de operación presentado tiene una magnitud de precisión del $\pm 30\%$.

El costo de la energía eléctrica, se calculó según los precios vigentes actualmente para las empresas nacionales.

Materiales, piezas de repuestos, servicios productivos y otros. En las tablas se especifica los índices tomados. Los precios utilizados, son a los que se importa actualmente y de ofertas comerciales. Ver tabla VIII y Tabla IX

Salarios: De acuerdo a las tarifas establecidas. Se calculó un 14 % del salario para la seguridad social y un 25 % del salario de aporte sobre la nómina.

Tabla VIII.- Consumo de materiales y energía

Insumo	Um	Ind. Cons	Cons. anual	Precio unitario	Costo total	Costo mn	Costo mlc
Energia electrica	Mwh/tm	0.01	276.5	115.0	31.8	0.0	31.8
Grasas y lubricantes	P	0.045	1244.16	2.79	3.5	0.0	3.5
Materiales de mantenimiento, equipos e instalaciones	P	0.7	19353.6		19.4	1.9	17.4
Insumo de laboratorio	P	0.03	829.44		0.8	0.0	0.8
Insumos de oficina	P	0.035	967.68		1.0	0.7	0.3
Otros materiales	P	0.02	552.96		0.6	0.1	0.4
TOTAL					57.0	2.7	54.2

Depreciación. Se calculó una depreciación lineal de 6 años.

Tabla IX.- Costo de operación.

NO	CONCEPTO	COSTO TOTAL	COSTO MN	COSTO MLC
1	MATERIALES	25.2	2.7	22.5
2	ENERGIA ELECTRICA	31.8	0.0	31.8
4	SALARIOS	26.1	26.1	0.0
5	SEG. SOCIAL	3.7	3.7	0.0
6	APORTE SOBRE NOMINA	6.5	6.5	0.0
7	SERVICIO PRODUCTIVOS	14.0	9.0	5.0
8	PIEZAS DE REPUESTOS	17.2	0.0	17.2
9	OTROS GASTOS	12.4	4.8	8.5
	TOTAL	136.9	52.8	85.0
	COSTO UNITARIO	5.0	1.9	3.1

Precios.

El presente estudio ha tomado como precio base el de la arena sílice empleada por los talleres de fundición de 10.30/TM.

Financiamiento

Se utilizó para el cálculo del financiamiento del costo total de inversión, una tasa de interés del 10 % y del 6 % para las divisas y la moneda nacional respectivamente, con un plazo de pago de 4 años. Ver tabla X.

Análisis financiero

El análisis financiero de este proyecto está presentado sobre la base de los datos explicados anteriormente.

Se utilizó un 35 % de impuesto sobre la ganancia imponible. La evaluación técnico económica se realizó tomando en consideración:

- Impuestos.
- Financiamiento.

Tabla X.-Flujo de caja total (MNAC + MLC) despues de los impuestos e intereses MN= 6% Y MLC=10%

Concepto	UM	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL
			100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	MP
Volumen De producción	MTM		27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	276.5
Precio De venta	P/TM		10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	0.0
Valor de Produccion	MP		285.3	285.3	285.3	285.3	285.3	285.3	285.3	285.3	285.3	285.3	2853.3
Costo de operacion	MP		136.9	136.9	136.9	136.9	136.9	136.9	136.9	136.9	136.9	136.9	1369.1
Costo Financiero Mnac.	MP		1.4	1.4	1.0	0.4							4.1
Costo Financiero mlc	MUSD		29.3	29.3	20.5	8.8							88.0
Depreciacion	MP		52.7	52.7	52.7	52.7	52.7	52.7					316.2
Ganancia Imponible	MP		65.0	65.0	74.2	86.5	95.7	95.7	148.4	148.4	148.4	148.4	1075.9
Impuestos 35%	MP		22.8	22.8	26.0	30.3	33.5	33.5	51.9	51.9	51.9	51.9	376.6
Ingreso neto	MP		42.3	42.3	48.3	56.2	62.2	62.2	96.5	96.5	96.5	96.5	699.4
Depreciacion	MP		52.7	52.7	52.7	52.7	52.7	52.7					
Inversiones Basicas	MP	316.2											316.2
Inversiones de Reposicion	MP					6.3				6.3			12.6
Capital de Trabajo	MP		12.4									-12.4	0.0
Flujo de caja acumulado	MP	-316.2	82.6	95.0	101.0	102.6	114.9	114.9	96.5	90.2	96.5	108.9	686.7
Flujo de caja Para el calculo Del van y el tir	MP	-316.2	-233.6	-138.7	-37.7	64.9	179.8	294.7	391.2	481.3	577.8	686.7	
Van 12.5 %	MP												206.2
T.i.r.	%												28.2
Periodo de Recuperacion	AÑOS												3.55

CONCLUSIONES

La composición sustancial de las dunitas serpentinizadas de la región de Camagüey es similar a la zona de Moa Baracoa y de otros yacimientos importantes del Mundo.

Las rocas ultrabásicas (Dunitas, Iherzolitas, peridotitas, hazburgitas) asociadas a la mineralización de cromita de la región de Camagüey cumplen con su contenido químico con las exigencias industriales para refractarios.

Las pruebas tecnológicas realizadas demuestran la posibilidad de emplear a las dunitas serpentinizadas en la confección de ladrillos refractarios.

El valor práctico de esta investigación está determinado por el aprovechamiento de los escombros del laboreo minero de los yacimientos de cromita de la región de Camagüey para la obtención de productos refractarios de gran aplicación en la Industria Sideromecánica y la disminución de las afectaciones que provoca al ecosistema el vertimiento de estos materiales durante su extracción y procesamiento.

RECOMENDACIONES

Profundizar en la caracterización química, termodinámica y físico mecánica de las ultrabásitas de la región de Camagüey.

Priorizar los ensayos tecnológicos en los yacimientos de cromita con mayor perspectivas de explotación inmediata: Mamina, Victoria I y Camagüey II.

Evaluar industrialmente los ladrillos refractarios obtenidos.

Incluir en el Programa de Desarrollo de la Empresa Geominera Camagüey el tema de los Refractarios para potenciar la creación de un combinado donde se utilicen las Magnesitas, Cromitas y mineralización asociadas en la producción de productos refractarios

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Biedermann, A y Hassekief, L. M. (1967): Tratado moderno de fundición del hierro y el acero. Ed. Ciencia y Técnica. La Habana. Cuba
- Calcines, M. C. (1985). Tecnología de la fundición. Vol. I. Ed. Pueblo y Educación. La Habana. Cuba.
- Calcines, M. C. (1985). Tecnología de la fundición. Vol. I. Ed. Pueblo y Educación. La Habana. Cuba.
- Capello, E. J. (1971). Tecnología de la fundición. Ed. Gustavo Gili S. A. Barcelona. España.
- Deslandes, F. N y Vandenberghe, L. B. (1966). Moldes y modelos para fundición. Ed. UTEHA. España.
- Didier, 1983. Técnica Refractaria Didier. Materiales refractarios y sus características, Ed. Didier– Werke AG, Alemania.
- Formoso, A. P., M. Sirgado, L. García, y otros. 1994. La dunita como agente de eliminación de alcalinos en el horno alto. Revista de Metalurgia. CENIM. Vol. 30. No.4. Madrid.
- Formoso, A.P., C.P. Cubillo, J. Ortiz. 1988. Caracterización completa de una muestra de serpentina cubana denominada "Si". Informe técnico. Consejo superior de investigaciones científicas. Madrid.
- González, P. R. Metalogenia de la Asociación Ofiolítica de Camaguey, Cuba. Tesis de maestría. EGMC- ISMM. 2002.
- González, P. R. "Mineralizaciones cromíticas de la Asociación Ofiolítica de Camagüey, Cuba". Memorias del III Congreso Cubano de Geología y Minería. p.p. 281- 283. La Habana.1998.

- González, P. R.; Chang, A. y otros. "Banco de Datos Geológicos sobre las cromitas de Camagüey". La Habana. O. N. R. M. 1998.
- González, P. R.; Richter, J.; Berger, W. "Informe Final de la Búsqueda Detallada de Cromita en 20 Km²." La Habana. O. N. R. M. 1987.
- González, P. R.; Pérez, J.; Galves, F. "Informe Final de la Búsqueda Detallada de Cromita en 40 Km²." La Habana. O. N. R. M. 1987.
- Grupo de Geología Ambiental. 1997. Evaluación de Impactos Ambientales. Instituto de Geología y Paleontología. La Habana.
- Hernández N. 1986. Informe Técnico No.39. Obtención de óxido de magnesio de las magnesitas nacionales con el empleo de ácido carbónico. CIPIMM. La Habana.
- Iotov I. G. et al. 1981. Informe sobre las Investigaciones y Resultados del Levantamiento Geológico a escala 1:250 000 del territorio Ciego – Camaguey- Las Tunas. Tomo III Condiciones hidrogeológicas. Inédito.
- Iturralde – Vinet M, Tchounev D., Shopov V., et al. 1981. Informe sobre las investigaciones y resultado del levantamiento geológico a escala 1:250 000 del territorio Ciego-Camaguey-Las Tunas. Tomo I , Volumen 2. Geología del Territorio Ciego-Camaguey-Las Tunas. Inédito.
- Iturralde-Vinent, M. 1994. Geología de las ofiolitas. En ofiolitas y arcos de islas volcánicos de Cuba. I. U. G. S. \UNESCO. International Geological Correlation
- Jerez, O.G., Leyva, C.R., Pons, J.H. Estudio geólogo-tecnológico de las dunitas serpentinizadas y cortezas caoliníticas de la región de Moa para su empleo como materiales refractarios. Informe técnico. I.S.M.M. Moa. 1995.
- Kravchenko, G. G. "Estructura y perspectivas cromíferas de algunas regiones de los macizos ultrabásicos de Cuba". Ciencias de la Tierra y el Espacio. No. 10: 37-55.
- Lamont, W.E. Olivine foundry sand from North Carolina Dunite by differential grinding. Fall Meeting , St Louis. 1977. 22 pp.
- Lavaut C. W.; Rodríguez, P. Y. " Metodología geoquímica para la prospección de cromitas podiformes". Memorias del III Congreso Cubano de Geología y Minería. p.p. 341- 345. La Habana. 1998
- Lewis, J. F.; Muñoz Gómez, N.; Labrada Gómez, J. C.; Genyon Peng. "Mineralogy and petrology of the Potosí and Cayo Guan ophiolite rocks and associated podiform chromite deposits".
- Leyva R.C., J. Pons. 1996. Materias primas minerales de la región de Moa como materiales refractarios y aislantes térmicos en la industria del níquel. Revista Minería y Geología. 13 (1). Pp 73 –75.
- Leyva, C.R. y Barrera H. Perspectivas de utilización de las rocas y minerales industriales de la región oriental de Cuba. Vol. XIV, No. 2, 1997.
- Leyva, C.R y Pons, J.H. J. N. Muñoz A. S. Moreno Composición sustancial y perspectivas de utilización de las ultrabásitas asociadas a la mineralización cromífera de la región de Moa-Baracoa. Memorias del congreso de Geociencias. Formato Digital. 2005.
- Martínez M; Nápoles M; Valle C; Pereda O ,2002 Resumen integral de las investigaciones realizadas hasta la actualidad en los sedimentos magnesiales en la provincia Camagüey. Inédito.
- Matsko. E. et al :1963. Informe sobre los trabajos de búsqueda de Magnesita en los Yacimientos Olalla y Sin Reposo. Provincia Camaguey . Oficina Nacional de Recursos Minerales. Camaguey.
- May, Peter; Jäckel, R. Instituto para materias Primas Minerales y Economía de Yacimientos de Dresden. "Informe sobre las investigaciones tecnológicas a 5 muestras de cromo para evaluar su idoneidad para la producción de materiales refractarios básicos."1987. Dresden, Alemania.
- Méndez Garcés Julian A. "Caracterización tecnológica de los depósitos de cromita de la provincia de Camagüey, República de Cuba". Disertación presentada a la Escuela Politécnica de la Universidad de Sao Paulo, para la obtención del grado de Maestro en Geología. Sao Paulo. 2000. O.T.R.M.
- Metallurgiya, 1991. Ogneupornie izdeliya, materialy i sirio. Spravochnik. (en ruso).
- Peña, L.R. Obtención de ladrillos refractarios conformados básicos a partir de las dunitas serpentinizadas de la región Moa – Baracoa, zona Merceditas y Amores. ISMM. Moa. 2003.
- Pons, J.H., Leyva, C.R. Aplicación de las Dunitas en los talleres de fundición. Revista Minería y Geología. 1997.
- Pons, J.H., Leyva, C.R., Nuñez, O.B. Aplicación de Dunitas de la zona de Merceditas en los procesos de fundición. Informe técnico. I.S.M.M. Moa. 1995.
- Pons, J.H., J.R. Puentes. Estudio del comportamiento térmico de las Dunitas de la región de Moa. Informe técnico. I.S.M.M. 1997.

Quintana, M.E. y Iturralde M., Mishekurina, E. Y. Dos tipos genéticos de magnesita en Camagüey. Cuba central. Memorias del congreso de Geociencias. Formato Digital. 2005.
Titov, N, D y Stepanov, y, A. (1981). Tecnología del proceso de fundición. Ed. Mir. Moscu.
Salcines, C.M. 1985. Tecnología de fundición. Tomo I. Edit. Pueblo y Educación. Ciudad Habana. Cuba

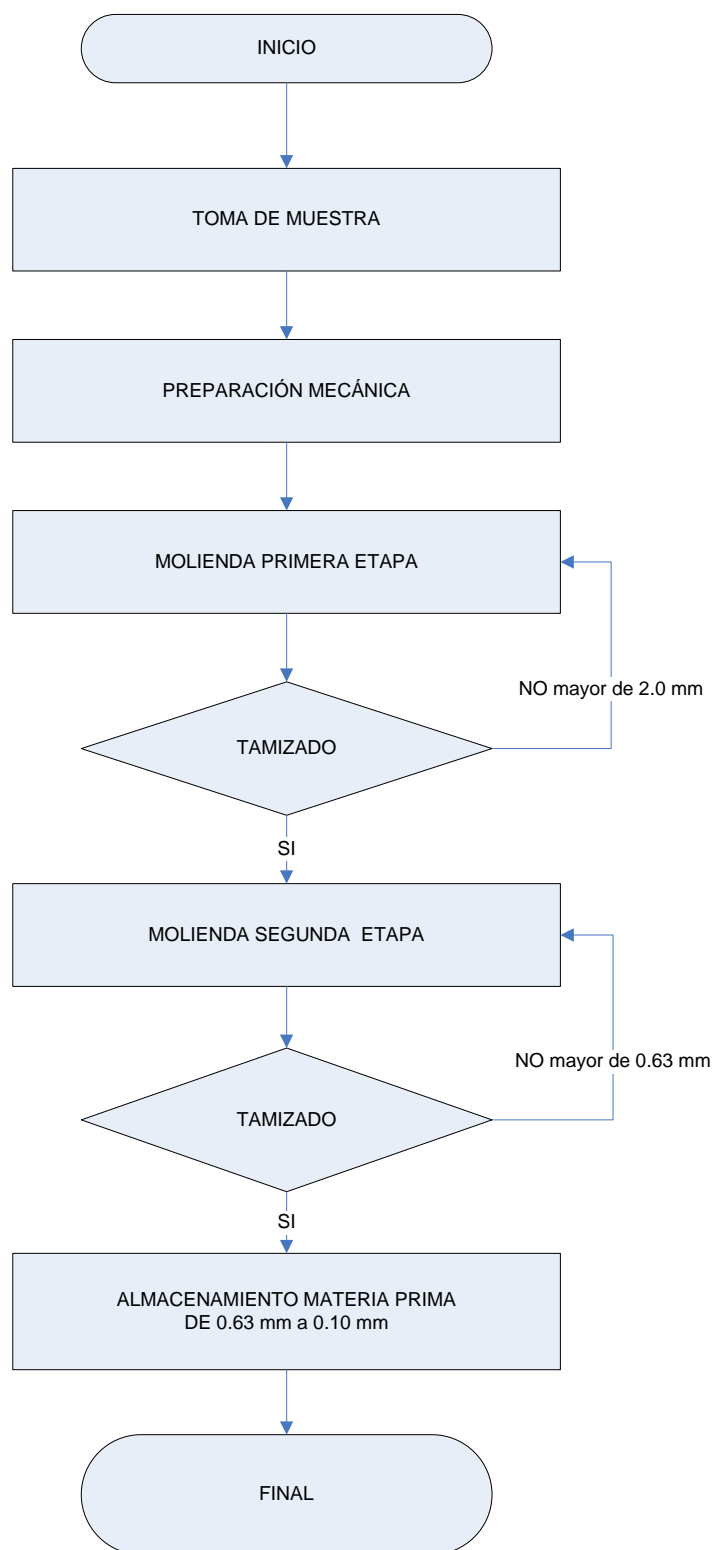
Anexos

Anexo 1.- Tabla de Composición química de las rocas ultrabásicas de la Asociación Ofiolítica de los sectores de prospección de cromita.

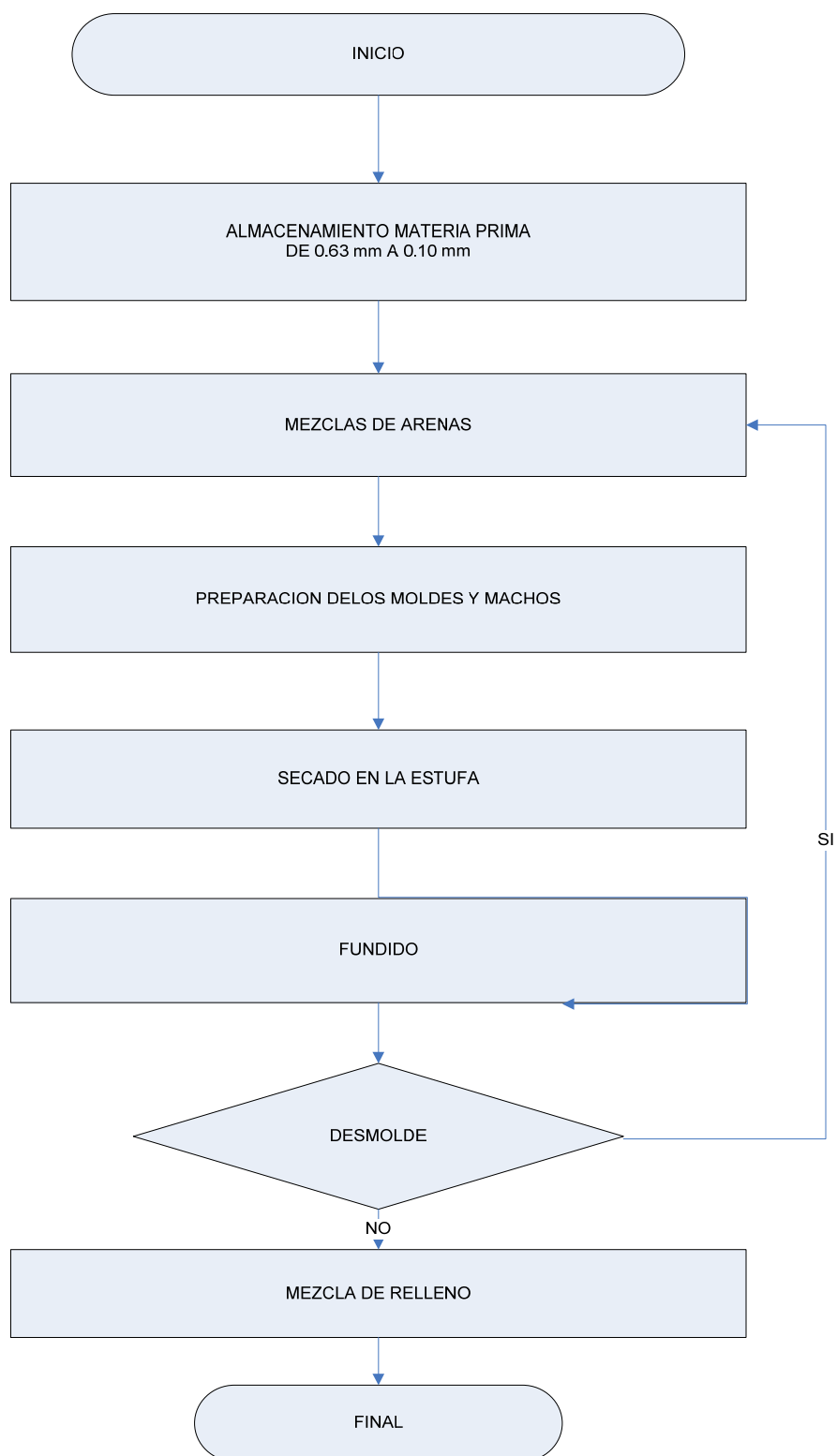
No. Mtra	Tipo de Roca	Composición química de las rocas de la Asociación Ofiolítica de los sectores de trabajo.												
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	NaO ₂	K ₂ O	P ₂ O ₅	S	PPI
121	Lherzolita serpentinizada	37.82	0.025	0.77	8.66	9.32	0.113	37.87	0.78	0.1	0.1	0.039	0.2	10.94
3166	Lherzolita serpentinizada	36.73	0.025	0.62	10.6	8.23	0.124	37.89	0.75	0.1	0.1	0.051	0.2	10.11
3169	Lherzolita serpentinizada	39.03	0.025	0.87	10.1	7.76	0.123	34.02	1.73	0.1	0.1	0.072	0.2	8.46
3174	Lherzolita serpentinizada	44.38	0.025	0.51	7.62	2.51	0.1	33.19	0.21	0.1	0.1	0.054	0.2	11.3
3199	Lherzolita serpentinizada	37.58	0.025	0.62	10.5	8.26	0.123	38.8	1.08	0.1	0.1	0.08	0.2	9.68
2885	Lherzolita serpentinizada	39.36	0.02	1.04	8.43	4.99	0.11	36.81	0.71	0.1	0.1		0.2	9.66
2891	Lherzolita serpentinizada	37.9	0.002	0.67	9.8	6.35	0.121	38.83	1.04	0.1	0.1		0.2	7.7
2927	Lherzolita serpentinizada	40.22	0.025	0.68	8.72	1.35	0.117	35.45	0.42	0.1	0.1		0.2	12.17
2929	Lherzolita serpentinizada	40.96	0.025	0.71	8.96	1.33	0.124	34.66	0.34	0.1	0.1		0.2	11.9
3019	Lherzolita serpentinizada	42.36	0.025	0.79	8.26	2.19	0.099	35.02	0.55	0.1	0.1		0.2	11.35
3172	Lherzolita serpentinizada	36.79	0.025	0.71	10.2	8.48	0.126	38.65	0.79	0.1	0.1	0.046	0.2	10.74
3192	Serpentinita X Harzburgita	36.86	0.025	0.85	8.38	5.53	0.107	38.6	0.65	0.1	0.1	0.043	0.2	12.88
2882	Serpentinita X Harzburgita	36.42	0.025	0.58	8.11	4.04	0.116	39.1	0.33	0.1	0.1		0.2	12.58
3021	Serpentinita X Harzburgita	42.02	0.025	0.85	8.25	1.47	0.109	35.4	0.2	0.1	0.1		0.2	11.88
2925	Serpentinita por Dunita	41.59	0.025	0.42	9.8	1.37	0.118	34.07	0.1	0.1	0.1		0.2	11.36
3180	Harzburgita serpentinizada	37.54	0.025	0.72	8.98	5.93	0.114	36.66	0.18	0.1	0.1	0.039	0.2	13.14
3186	Harzburgita serpentinizada	36.93	0.025	0.97	9.26	6.39	0.122	37.37	0.78	0.1	0.1	0.054	0.2	12.54
2887	Harzburgita serpentinizada	37.63	0.02	1.16	8.55	5.15	0.109	28.47	0.63	0.1	0.1		0.2	9.53
2889	Harzburgita serpentinizada	38.72	0.025	0.87	9.35	5.71	0.116	39.09	1.01	0.1	0.1		0.2	6.61
2746	Serpentinita	38.4	0.02	0.53	6.95	2.47	0.096	37.55	0.98	0.1	0.1		0.2	13.76
2816	Serpentinita	38.8	0.02	0.67	7.12	3.34	0.112	37	0.43	0.1	0.1		0.2	13.72
3049	Serpentinita	38.48	0.01	2.68	7.15	2.71	0.087	35.76	0.1	0.1	0.1		0.2	12.43
2814	Serpentinita X Lherzolita	37.35	0.01	0.57	7.38	3.73	0.109	38.36	0.9	0.1	0.1		0.2	12.92
3053	Serpentinita por Lherzolita	40.3	0.01	2.54	8.07	2.26	0.098	33.18	0.11	0.1	0.1		0.2	13.23
3057	Serpentinita X Harzburgita	38.41	0.02	0.99	9.08	2.19	0.096	36.91	0.1	0.1	0.1		0.2	11.37
3051	Serpentinita X Harzburgita	40.24	0.02	0.98	8.97	1.87	0.095	35.7	0.1	0.1	0.1		0.2	11.94
2865	Serpentinita X Peridotito	40.26	0.01	1.82	7	2.33	0.079	35.76	0.1	0.1	0.1		0.2	12.45
3059	Lherzolita serpentinizada	38.04	0.02	1.26	8.32	5.35	0.124	36.76	0.73	0.1	0.1		0.2	10.28
3055	Lherzolita serpentinizada	39.9	0.02	0.88	7.42	1.62	0.096	34.79	0.18	0.1	0.1		0.2	12.03

2815	Harzburgita serpentinizada	37.37	0.02	1.53	7.9	5.1	0.117	38.36	0.47	0.1	0.1		0.2	10.46
2817	Harzburgita serpentinizada	39.6	0.01	0.54	7.52	4.38	0.112	37.21	0.53	0.1	0.1		0.2	11.03
2859	Harzburgita serpentinizada	38.21	0.01	0.51	8.43	5.74	0.12	38.79	0.64	0.1	0.1		0.2	9.34
2747	Peridotita serpentinizada	33.49	0.04	0.44	8.26	2.47	0.111	38.97	0.1	0.1	0.1		0.2	16.31
2748	Peridotita serpentinizada	39.26	0.01	0.43	7.54	4.13	0.104	38.58	0.31	0.1	0.1		0.2	11.54
2749	Peridotita serpentinizada	39.07	0.01	0.67	7.44	1.54	0.111	38.15	0.27	0.1	0.1		0.2	12.53
2232	Serpentinita oxidada	44.68	0.03	0.25	8.91	1.76	0.11	33.03	0.61	0.1	0.1		0.2	11.57
2606	Lherzolita	39.39	0.025	0.46	8.46	4.74	0.114	39.85	0.66	0.1	0.1		0.2	10.34
2604	Dunita serpentinizada	33.98	0.03	0.11	8.82	6.11	0.106	42.12	0.23	0.1	0.1		0.2	12.06
2470	Peridotita	40.44	0.025	0.6	8.35	2.08	0.1	35.58	0.3	0.1	0.1		0.2	12.39

Anexo 2.- Esquema de la Preparación Mecánica de las Dunitas Serpentinizadas.



Anexo 3.- Diagrama de Flujo del Proceso Metalúrgico



Anexo 4.- Resultados de Ensayos Físico-mecánicos.

2

N C 054-058

DIA MICONS	GEOTECNIA	MODELO DE: ENSAYO DE TRACCION SIMPLE																								
OBRA: <u>Torre de San Hermenegildo</u> FECHA: _____ CALA: _____ MUESTRA: <u>1</u> PROFUNDIDAD: DE _____ A _____ m REGISTRO: _____ OPERADOR: _____ CALCULO: _____ TESTIGO: REGULAR <input type="checkbox"/> SEMIRREGULAR <input type="checkbox"/> IRREGULAR <input type="checkbox"/> CONDICIONES: SATURADO <input checked="" type="checkbox"/> HUMEDAD NATURAL <input type="checkbox"/> SECO <input type="checkbox"/>																										
DATOS DE LA MUESTRA																										
Diámetro Superior: <u>5.986</u> cm Diámetro Medio: <u>5.708</u> cm Diámetro Inferior: <u>5.881</u> cm Altura Inicial: <u>6.569</u> cm Área Inicial: <u>26.94</u> cm² Volumen Inicial: <u>176.97</u> cm³ Peso Húmedo: <u>619.0</u> g Peso Seco: <u>616.5</u> g Peso Saturado: <u>619.6</u> g Absorción: <u>0.10</u> % Densidad Húmeda: <u>3.498</u> kg/m³ Densidad Seca: <u>3.484</u> kg/m³ Densidad Saturada: <u>3.601</u> kg/m³	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">HUMEDAD INICIAL</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">PARAMETROS</th> <th style="text-align: center;">1</th> <th style="text-align: center;">2</th> </tr> <tr> <td>No. Pesafiltro</td> <td style="text-align: center;">36</td> <td style="text-align: center;">662</td> </tr> <tr> <td>Peso Húmedo</td> <td style="text-align: center;">102.35</td> <td style="text-align: center;">108.10</td> </tr> <tr> <td>Peso Seco</td> <td style="text-align: center;">102.55</td> <td style="text-align: center;">107.80</td> </tr> <tr> <td>Tara</td> <td style="text-align: center;">40.50</td> <td style="text-align: center;">40.40</td> </tr> <tr> <td>Humedad</td> <td style="text-align: center;">0.32</td> <td style="text-align: center;">0.44</td> </tr> <tr> <td>Humedad Promedio:</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">0.38</td> </tr> </table> OBSERVACIONES: _____		HUMEDAD INICIAL			PARAMETROS	1	2	No. Pesafiltro	36	662	Peso Húmedo	102.35	108.10	Peso Seco	102.55	107.80	Tara	40.50	40.40	Humedad	0.32	0.44	Humedad Promedio:	0.38	
HUMEDAD INICIAL																										
PARAMETROS	1	2																								
No. Pesafiltro	36	662																								
Peso Húmedo	102.35	108.10																								
Peso Seco	102.55	107.80																								
Tara	40.50	40.40																								
Humedad	0.32	0.44																								
Humedad Promedio:	0.38																									
LECTURA DEL ENSAYO - CARGA DE ROTURA (P _{máx}): <u>5 800</u> kg																										
CALCULO																										
METODO																										
PARAMETROS	SIMBOLOGIA	UNIDADES																								
Carga de Rotura	P _{máx}	kg																								
Diámetro de Muestra	d	cm																								
Longitud de Muestra	L	cm																								
Espesor de Muestra	e	cm																								
Resistencia a Tracción	σ _t	kg/cm²																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: center;">BRASILEÑO</th> <th style="text-align: center;">CUÑAS METÁLICAS</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$\sigma_t = 0.64 \frac{P_{máx}}{d \cdot L}$</td> <td style="text-align: center;">$\sigma_t = 0.64 \frac{P_{máx}}{e \cdot L}$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><u>5 800</u></td> <td style="text-align: center;"><u>5 800</u></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><u>5.858</u></td> <td style="text-align: center;"><u>5.858</u></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><u>6.569</u></td> <td style="text-align: center;"><u>6.569</u></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><u>96.5</u></td> <td style="text-align: center;"><u>96.5</u></td> </tr> </table>			BRASILEÑO	CUÑAS METÁLICAS	$\sigma_t = 0.64 \frac{P_{máx}}{d \cdot L}$	$\sigma_t = 0.64 \frac{P_{máx}}{e \cdot L}$	<u>5 800</u>	<u>5 800</u>	<u>5.858</u>	<u>5.858</u>	<u>6.569</u>	<u>6.569</u>	<u>96.5</u>	<u>96.5</u>												
BRASILEÑO	CUÑAS METÁLICAS																									
$\sigma_t = 0.64 \frac{P_{máx}}{d \cdot L}$	$\sigma_t = 0.64 \frac{P_{máx}}{e \cdot L}$																									
<u>5 800</u>	<u>5 800</u>																									
<u>5.858</u>	<u>5.858</u>																									
<u>6.569</u>	<u>6.569</u>																									
<u>96.5</u>	<u>96.5</u>																									

24