

REPÚBLICA DE CUBA  
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO  
FACULTAD DE METALÚRGIA

TRABAJO DE DIPLOMA

TÍTULO: Posible utilización de materias primas nacionales como materiales refractarios en los procesos de fundición.

AUTORA: Yeni Luna Rosabal

TUTORES: Ing. Eugenio Machado

Ing. José Pons Alvarez

1994

Moa - Holguín

## DEDICATORIA

Dedico este Trabajo de Diploma a:

Mi padre,

quien se hubiera sentido muy orgulloso de mi trabajo.

Mi madre,

por su intransigencia, amor, dedicación y guiarme por el camino correcto.

Mis hermanos,

por su ayuda y consejos brindados.

Mis tutores,

Eugenio Machado y José Pons por la ayuda brindada.

Mis cotutores,

Eliecer Fernández, por la Facultad de Metalúrgia, Carlos Leyva por la Facultad de Geología y Guido Guerrero por - el Combinado Mecánico del Ni.

## A G R A D E C I M I E N T O

Agradezco la realización de este Trabajo de Diploma a mi tutor Eugenio Machado y a Juana Gómez por su ayuda y bondad, a todos los trabajadores de la Empresa Mecánica del Ni que de una forma u otra contribuyeron con su ayuda.

A todos los profesores que durante mis años de estudio me guiaron y ayudaron para lograr este fin.

A nuestro Comandante en Jefe Fidel Castro por su obra tan hermosa y creadora.

A todos, mi sincero agradecimiento.

"Al hombre instruido le caracteriza el buscar en los problemas aquella precisión que por su naturaleza admiten, por tanto, tan necio es aceptar razonamientos imprecisos de un matemático como pedir demostraciones científicas a un retórico".

Aristóteles.

ÍNDICE

# Í N D I C E

|                                                                                                                              | Pág.   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| RESUMEN - - - - -                                                                                                            | 1      |
| INTRODUCCIÓN - - - - -                                                                                                       | 2      |
| <br>CAPÍTULO I - DESCRIPCIÓN DEL TALLER DE FUNDICIÓN DE<br>LA EMPRESA MECÁNICA DEL N1 - - - - -                              | <br>3  |
| <br>CAPÍTULO II - PRINCIPALES ASPECTOS TEÓRICOS - - - - -                                                                    | <br>5  |
| 2.1 Arcillas de moldeo - - - - -                                                                                             | 6      |
| 2.2 Propiedades de las arcillas de moldeo - - - - -                                                                          | 7      |
| 2.3 Utilización industrial de las arcillas - - - - -                                                                         | 8      |
| 2.4 Materiales refractarios. Clasificación - - - - -                                                                         | 9      |
| 2.5 Propiedades de los refractarios - - - - -                                                                                | 11     |
| 2.6 Características de los principales refractarios<br>usados en el revestimiento de hornos y cazuelas                       | 12     |
| 2.7 Influencia de diferentes factores sobre el re-<br>vestimiento - - - - -                                                  | 13     |
| 2.8 Cocción de las materias arcillosas - - - - -                                                                             | 14     |
| <br>CAPÍTULO III - DESARROLLO - - - - -                                                                                      | <br>16 |
| 3.1 Características del material utilizado para re-<br>vestir cazuelas actualmente - - - - -                                 | 17     |
| 3.2 Características de la arcilla empleada para el<br>revestimiento de cazuelas en sustitución de las<br>empleadas - - - - - | 17     |
| 3.3 Preparación de la Gibbsita para su utilización                                                                           | 20     |
| 3.4 Preparación de la cazuela - - - - -                                                                                      | 21     |
| 3.5 Resultados y análisis de éstos - - - - -                                                                                 | 22     |
| <br>CONCLUSIONES - - - - -                                                                                                   | <br>25 |
| RECOMENDACIONES - - - - -                                                                                                    | 26     |
| BIBLIOGRAFÍA - - - - -                                                                                                       | 27     |
| ANEXOS - - - - -                                                                                                             | 28     |

R E S U M E N

## R E S U M E N

Este Trabajo de Diploma, se realizó con el objetivo de utilizar una materia prima nacional, ubicada en el municipio Moa, - que sustituya los materiales refractarios, utilizados en el - revestimiento de cazuelas, en el Taller 08 de fundición, de - la Empresa Mecánica del Ni, Gustavo Machin.

Para lograr este objetivo, se determinó la utilización de la Gibbsita, a la que se le realizaron varias pruebas como refractario y revestimiento de cazuelas; obteniéndose buenos resultados de acuerdo a los objetivos perseguidos, ya que las cazuelas revestidas, con esta arcilla, duran más coladas que - las revestidas con mezcla de moldeo. Pudiendo tener como resultado de su utilización, en la práctica gran ahorro de recursos económicos. Por lo que tiene gran importancia la ejecución de este trabajo, siguiendo las instrucciones tecnológicas requeridas.

## INTRODUCCIÓN

## I N T R O D U C C I Ó N

La producción por fundición como proceso mediante el cual puede obtenerse forma metálica dentro de un molde construido a tal efecto, es una de las actividades laborales más antiguas e importantes.

En las condiciones actuales en que vive nuestro país se hace necesario el uso de materias primas nacionales que puedan sustituir los materiales utilizados en los talleres con el objetivo de minimizar importaciones y transportación desde lugares lejanos. Con la solución de estos problemas también se vería beneficiado el país en cuanto a la producción de piezas de repuesto con un menor costo, lo que vendría a beneficiar la industria de forma general, ya que las piezas obtenidas en estos talleres pueden ser reemplazadas en cualquiera de las ramas de la economía nacional.

Por todo lo anterior se están tratando de obtener materias primas nacionales que sean capaces por sus propiedades de sustituir las importaciones y con esto paliar la falta de recursos en los talleres de fundición. Aunque ya se observan resultados alentadores en algunos renglones particularmente importantes, como por ejemplo, el hecho de la rama de Construcción de Maquinaria ya es capaz de producir el 70% del equipamiento para un central azucarero. También, la industria de refractarios constituye una de las ramas más desarrolladas de la cerámica, y su producción se asienta sobre firmes pilares científicos, creando así nuevos descubrimientos o nuevos métodos de trabajo que traen como resultado la obtención de mejores productos refractarios que permiten el establecimiento de mejores y más eficientes procesos industriales, y que hace medio siglo podían ser considerados como una fantasía.

CAPÍTULO I

## CAPÍTULO I - DESCRIPCIÓN DEL TALLER DE FUNDICIÓN DE LA EMPRESA MECÁNICA DEL NI GUSTAVO MACHÍN

La Empresa Mecánica del Ni Gustavo Machín es una de las entidades más importantes que cuenta el municipio de Moa, pues en esta empresa se realizan desde fundiciones de piezas importantes para la industria, hasta reparaciones de cualquier tipo. Está formado por 4 talleres, además de las plantas de oxígeno y acetileno, por la importancia que reviste para nuestro trabajo explicaremos específicamente, el taller de Fundición 08, el cual está dividido en diferentes secciones, por orden tecnológico: Primero, Sección de Plantillería, donde son elaboradas las plantillas o modelos, así como las cajas de machos a partir de las cuales se realiza el proceso de moldeo; aquí confeccionan diferentes tipos de plantillas entre las que están:

- Plantillas sueltas
- plantillas sueltas con sistema de alimentación
- plantillas sueltas sin sistema de alimentación,
- plantillas de placas portamodelos, las que comprenden, con montaje en una sola cara, con montaje en 2 caras y reversible.

Las plantillas generalmente se construyen de madera, específicamente de cedro, con un valor de 0,49 centavos el pie, además son utilizados el pino, cola de caseína, clavos y diferentes herramientas de carpintería. Segunda Sección, Machería: aquí se elaboran los machos, así como las pinturas y otros materiales necesarios para la confección de los distintos moldes, son elaborados machos para los hornos de reducción de la Empresa "cmdte. Che -

Guevara, en los cuales se utiliza la soga de pita, se ela boran machos de cromita, ésta a un costo de 80,52 pesos la tonelada, para la preparación de las pinturas antiadherentes se utiliza el grafito a un costo de 248 pesos la tonelada, para la preparación de la mezcla de cara se uti liza la bentonita valorada el Kg en 31 479,49 pesos, are na sílice a un costo el m<sup>3</sup> de 20,85 pesos. Ya preparado y ensamblado el molde se traslada al área de Fusión. Tér cera Sección, Fusión: Compuesta por cinco hornos, cuatro de inducción y uno de arco eléctrico, y un área de carga, en la cual se pesan y seleccionan los diferentes materiales que serán alimentados al horno, en dependencia de la aleación a obtener. La colada del metal se realiza por la piquera del horno hacia las cazuelas, cuando el metal posea la temperatura requerida para el vertido; ésto lo decide el control de calidad de esta área, mediante un pirómetro que indica la temperatura que tiene en esos mo mentos el metal; con ayuda de las grúas se vierte el me tal en los diferentes moldes. Una vez que ha solidificado la pieza pasa a la Sección de Desmoldeo y acabado. - Cuarta Sección; Desmoldeo y Acabado: En ésta se realiza el desmoldeo, con ayuda de la grúa, posteriormente se traslada hacia el acabado donde se realiza la limpieza total de las posibles incrustaciones de arena, se les re tiran o eliminan los sistemas de alimentación y las reba bas, por último se verifica el control de la calidad, lo grándose la producción final del Taller.

Resolviendo esta producción de piezas fundidas grandes problemas principalmente en la industria del Ni, pues cumpliendo el plan de producción todos los meses, este Taller, tendrá garantizada la industria del Ni las piezas de repuesto, para así lograr una producción continua como se requiere.

## CAPÍTULO II

## CAPÍTULO II - PRINCIPALES ASPECTOS TEÓRICOS

La producción por fundición es la base fundamental en la elaboración de piezas para la construcción de maquinarias. Aunque se observa un desarrollo notable en la producción por fundición de los llamados métodos especiales de producción de piezas fundidas, tales como: La fundición a presión, en coquilla, en cáscara, a la cera perdida, aún la forma más empleada para obtener una pieza fundida es por el método de moldes de arena y ésta parece ser la tendencia predominante en el futuro inmediato.

En la actualidad, el método de producción de piezas fundidas en moldes de arena mantiene sobre los demás métodos ventajas notables como: Ser la forma más rápida y económica de obtener la cavidad del molde, obtener piezas con la calidad adecuada para los usos que requiere la misma; ser el método conocido hasta nuestros días para obtener piezas fundidas grandes, y otras. La producción de piezas fundidas en moldes de arena del total elaborado en un país desarrollado aún es superior al 80-85%, y en ocasiones mayor; en los países subdesarrollados puede alcanzar el 100%. Por lo tanto el papel que deben desempeñar los materiales para la producción de moldes y machos de arena es aún considerable. Estos materiales se conocen con el nombre de materiales de moldeo; que ellos constituyen el conjunto de materiales que se utilizan de forma unida para la elaboración de un molde, la unión de todos ellos se llama mezcla.

La complejidad que representa la producción de una pieza fundida implica la necesidad de controlar rigurosamente

todas las etapas del proceso de elaboración de la misma. El molde y los machos, así como los materiales que intervienen en su elaboración, tienen un peso determinado en cuanto a la calidad del producto fundido. Es por esto - que se necesita de un control riguroso de los materiales y mezclas empleadas en la elaboración de éstas. El control de estas propiedades se hace a través del laboratorio de mezclas de arena.

## 2.1 Arcillas de moldeo

La arcilla de moldeo es un mineral formado por partículas muy finas, del orden de los micrones, que en unión con el agua adquiere plasticidad y cierta capacidad aglutinante, junto con determinada estabilidad termoquímica permite, - al mezclarla con los granos de arena, forma un material de moldeo capaz de resistir las exigencias tecnológicas que imponen la producción de una pieza fundida. El componente principal de la arcilla es el silicato de alúmina hidratado y su coloración es muy variada, en dependencia de su - composición mineralógica, llegando a ser desde casi blanco, como en algunos caolines hasta muy oscuro, como en - ciertas arcillas refractarias.

Dentro de las arcillas de moldeo utilizadas en fundición están las arenas naturales o las mezclas de moldeo preparadas en los talleres, son las caolinitas, montmorillonitas la ilitas y las aloisitas o arcillas refractarias. Por - ser, desde el punto de vista de sus cualidades como material aglutinante para la preparación de mezclas de mol--de, las más utilizadas son las arcillas de montmorillonitas (bentonitas).

De acuerdo a su conformación mineralógica puede decirse que una arcilla está compuesta de uno o varios minerales contenedores de óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ), granos de cuarzo y pequeñas impurezas de otros minerales. La alúmina, el cuarzo y cierta cantidad de agua constitucional pueden estar unidos a diferentes proporciones, dando lugar así a diferentes grupos de minerales arcillosos.

## 2.2 Propiedades de las arcillas de moldeo

El tecnólogo fundidor a la hora de determinar cual arcilla le es más satisfactoria escoger para el proceso le será imprescindible conocer las propiedades de las arcillas ya que con estas estará en capacidad de establecer el tipo, las características y calidad de la materia prima disponible.

Dentro de stas propiedades estan:

1. Humedad: Se entiende el contenido en la arcilla de humedad higroscópica.
2. Hinchabilidad: El volumen que ocupa la arcilla al ser añadida el agua; este volumen expresará el poder de hinchabilidad.
3. Capacidad aglutinante: Viene expresada por el valor de la resistencia a compresión de una mezcla de moldeo aglutinada con dicha arcilla.
4. Capacidad de envejecimiento: Una arcilla ejerse cuando pierde actividad, en la medida en que el porcentaje de arcilla activa en ella va siendo menor.
5. Plasticidad: Las arcillas ganan plasticidad a medida que se les añade agua hasta un límite después del cual

tiende a disminuir por la formación de una suspensión e interacción cristalina del agua y la arcilla; esta propiedad aumenta añadiendo sustancias inorgánicas - como el hidróxido, carbonato y silicato y lactato sódico.

6. Fusibilidad: En dependencia de la composición química poseen diferentes puntos de fusión.

### 2.3 Utilización industrial de las arcillas

El empleo de las arcillas por el hombre es casi tan antiguo como su propia existencia. Los hallazgos arqueológicos en las zonas de asentamiento de las primeras civilizaciones así lo atestiguan.

Con el desarrollo de los medios de producción, la arcilla fue variando su utilización. De todas las formas de utilización de las arcillas la más antigua es la cerámica; hoy en día continúa siendo una de las principales, sólo que con aprovechamiento y escala industriales.

Por su composición química, las arcillas y los caolines deben tener el máximo contenido posible de Óxido de Aluminio(III) ( $Al_2O_3$ ); en dependencia del destino de la producción.

Las arcillas y los caolines se utilizan en grandes cantidades en la industria metalúrgica para la producción de ladrillos refractarios, con ellos se produce el revestimiento interior de los altos hornos y otros hornos metalúrgicos, así como cazuelas para verter el metal. Se comprenderá que la propiedad más importante en estas producciones es la elevada resistencia térmica, alta resistencia mecánica a temperaturas considerables y resisten-

cia a la acción de la erosión y gases.

## 2.4 Materiales refractarios. Clasificación

Los materiales refractarios son materiales capaces de resistir altas temperaturas conservando al mismo tiempo - una buena estabilidad dimensional y química.

Los materiales refractarios son tan importantes en la - economía de una nación desarrollada que a falta de éstos se detendría toda su actividad industrial, con ellos se revisten los hornos en los que se obtienen los metales a partir de sus menas, y en los que se transforma el metal en productos acabados o semiacabados, con materiales refractarios se construyen los hornos en los que se fabrican el vidrio, cemento, gas de ciudad, materiales cerámicos de construcción y el coque siderúrgico. Se revisten las calderas y los incineradores, además se revisten las cazuelas utilizadas en los talleres de fundición.

La industria de refractarios actualmente se desarrolla en el sentido de la elevación incesante de la calidad y resistencia de éstos, reduciéndose el consumo específico - correspondientemente.

Este problema se resuelve creando artículos nuevos que - permiten el establecimiento de mejores y más eficientes procesos industriales; partiendo de materias primas fáciles de obtener.

### Clasificación de los refractarios.

Por la diversidad que existe actualmente de productos refractarios se hace necesaria su clasificación:

1. Refractarios de Chamota:

Manufacturados con arcillas refractarias, caolín e incluso los enriquecidos con alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

2. Refractarios ácidos:

- Sílico-aluminoso: Compuesto de alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) en proporción variable entre 25% y 47,5% y el resto de sílice con impurezas menores. Se elaboran principalmente con arcillas refractarias que pueden ser enriquecidas en algunas de las clases con minerales aluminosos.
- Semi-sílice: Poseen un contenido de sílice no menor al 72% y el resto de óxido de aluminio e impurezas de óxido de hierro, calcio, magnesio, sodio y potasio.
- Sílice: El contenido de sílice debe ser no inferior al 95% elaborado con cuarzo o cuarcitas de alta pureza.
- Resistentes a ácidos o antiácidos: Están constituidos principalmente por sílice libre y combinada de muy baja porosidad, alta resistencia a la abrasión y al contacto de substancias químicas de carácter ácido a moderadas temperaturas.

Producidos de cuarcita (sílice) que se aglomera a veces con lechada de cal a pequeños porcentos de arcilla.

3. Refractario básicos:

Están fabricados con óxidos metálicos y son altamente refractarias, entre ellos están los de magnesita, dolomita, cromomagnesita, fosterita y los de alto contenido de alúmina (más de 80%).

- Refract básicos:

- Prensados: Presentan liga química, cerámica o bituminosa, extendiéndose por esta última, la que se logra prensando conjuntamente el material cerámico con productos tales como brea o alquitrán.

#### 4. Refractarios neutros:

Elaborados con cromita y también con carbono (grafito).

5. Materias primas: Constituidas por materiales de naturaleza inorgánica, generalmente no metálicas, naturales o artificiales, se clasifican en:

- Arcillas refractarias: Dentro de ella se encuentra la arcilla caolimítica, ~~haloisítica~~, ilítica.
- Caolines: Constituidas fundamentalmente por cromitas haloisitas con bajos contenidos de óxido de hierro.
- Minerales aluminosos (corindón, diáspora, bauxita, silimanita, cianita).
- Cuarzo y cuarcita
- Minerales de manganeso
- Minerales de Cromo
- Minerales de circonio.

### 2.5 Propiedades de los refractarios

Conocer las propiedades de los refractarios es de mucha importancia para un tecnólogo pues a través de ella puede decidir que refractario será mejor utilizar en el proceso para hacerlo más eficiente y además de esto conociendo las mismas pueden sustituir las materias primas utilizadas por otras mucho mejores, a continuación relacionamos dichas propiedades:

1. Refractoriedad: Denomina el punto de la fusión de un producto refractario. Un material refractario cuando tiene un punto de fusión superior a 1580 °C.

2. Refractoriedad bajo carga: Nos da la temperatura máxi ma a que puede ser sometido un ladrillo refractario, - bajo la acción de una carga determinada.
3. Resistencia a los cambios de temperatura: Será la re- sistencia que debe tener un material refractario a - los cambios bruscos de temperatura.

## 2.6 Características de los principales refractarios usados en el revestimiento de hornos y cazuelas.

Ladrillos de Chamota: Éstos eatan constituídos por arcillas cocidas y molidas, y arcilla cruda empleada como - aglomerante. Dentro de las arcillas más utilizadas están:

### 1. Grupo del Caolín

- . Caolinita: Compuesta por cristales monoclinicos en plaquitas muy delgadas y pequeñas, que forman masas - terrosas sueltas y compactas; temperatura de deshidra tación de  $573^{\circ} \pm 3^{\circ} \text{C}$ .
- . . Dickita: Tiene la misma composición y propiedades - de la caolinita; aunque la temperatura de deshidrata ción es de  $410-576^{\circ} \text{C}$ .
- . Nacrita: Semejante a los minerales anteriores, aun- que su naturaleza cristalina se advierte a simple vis ta; temperatura de deshidratación de  $600-650^{\circ} \text{C}$ .

### 2. Grupo de las vermiculítas

- . Montmorillonita: Desecada a  $150^{\circ} \text{C}$  presenta la fór mula  $4\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Aunque no es apropiada para la producción de refractarios puede ir acompañada a otras

arcillas refractarias. Su estructura recuerda al talco, forma masas suaves que se hinchan con el agua, pero sin llegar a ser plásticas. Es el principal constituyente de las bentonitas.

. Silicatos de aluminio no hidratados: Se conocen cuatro silicatos de aluminio, tres de ellos andalucita, cianita y sillimanita de fórmula  $\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  y el cuarzo mullita cuya fórmula es  $2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$ .

En Cuba se produce chamota refractaria con tres tipos de materia prima de ella de mediana calidad - en cuanto a su refractoriedad, la arcilla semiácida - de las Ovas en Pinar del Río y la arcilla de Pontezuela en la provincia de Camagüey . La primera es cocida a la temperatura de 1350-1400 °C y la segunda de 1300-1350 °C. En menor escala se ha producido Chamota con el caolín de la Isla de la Juventud, de buena calidad refractaria, calcinado a 1400 °C y también con el caolín de Dumañuecos en Oriente del país, donde se han encontrado bolsones de la mejor materia prima conocida hasta el presente.

## 2.7 Influencia de diferentes factores sobre el revestimiento

La resistencia al calor de los refractarios depende de las tensiones térmicas que surgen tanto al existir un gradiente de temperatura como a consecuencia de la diferencia entre los coeficientes de dilatación térmica de las fases.

El mecanismo destructor provocado por las tensiones que surgen debido al gradiente de temperatura consiste en el cuerpo se calienta por la superficie, sus capas externas

se dilatan a mayor velocidad que su parte interior.

Al mismo tiempo las capas superficiales se someten a la acción de esfuerzos de compresión, mientras que la interior se somete a tracción. En el enfriamiento transcurren procesos inversos; si la magnitud de las tensiones supera la resistencia del material tendría lugar la destrucción.

Todos los cuerpos cerámicos tienen menos resistencia a la tracción que a la compresión. Precisamente por esto, al elevar la temperatura, las grietas térmicas surgen en el interior, y en el enfriamiento, por el contrario, se engendran por la superficie.

En los materiales refractarios, al aumentar la tensión se observa una desviación de la dependencia lineal entre la tensión y la magnitud de la deformación, desviación que está vinculada con la heterogeneidad y porosidad de la estructura. Generalmente, los refractarios se componen de granos grandes y medianos de difícil deformación entre los que existen intercalaciones de granos finos. En semejantes estructuras las tensiones se distribuyen irregularmente; en las zonas de granos finos tiene lugar una concentración local de las tensiones, provocada por la elevada deformación que se distingue perceptiblemente del valor medio de la deformación que corresponde a todo el cuerpo. Cuando la deformación local supera cierto valor la estructura llega a ser tan friable que comienza la rotura, es decir, la destrucción de todo cuerpo.

## 2.8 Cocción de las materias arcillosas

Durante el proceso de cocción de las sustancias arcillo-

sas se produce un conjunto de transformaciones físico-químicas que varían su estructura química y cristalina aumentando su resistencia mecánica. De 0 a 400 °C. En este intervalo se producen la desecación (eliminación del residuo de agua) y el quemado de las materias orgánicas (o sea, las impurezas que contenga). En esta etapa hay dilatación, no se producen cambios químicos ni estructurales.

De 400-600 °C. En esta etapa se desprende el agua químicamente unida descomponiéndose la arcilla en óxidos. Cesa la dilatación y comienza la contracción en volumen.

De 600-900 °C. Se forma un metacaolín muy inestable que tiende a formarse alúmina, muy higrocópico (es decir, absorbe mucha agua).

De 900-1000 °C. Durante este período reacciona la alúmina con la sílice agregada y se forma el Silicato de Aluminio ( $\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ) llamado en meneralogía Sillimanita.

Más de 1000 °C, la Sillimanita tiende a transformarse en Mullita, un mineral de gran dureza ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ).



CAPITULO III

### CAPÍTULO III - DESARROLLO

En la Empresa Mecánica del Ni Gustavo Machin, especialmente en el Taller 08 de Fundición fué realizado realizado este trabajo, aquí se llevan a cabo diferentes fundiciones entre las cuales tenemos: Acero, Hierro, Bronce y Aluminio, estos dos últimos en la sección no ferrosa.

El metal después de tener la temperatura necesaria para el vertido lo depositan en las cazuelas a las cuales está dedicado este trabajo; puesto que esta Empresa está en déficit de ladrillos refractarios para su revestimiento, y sólo estan utilizando la propia mezcla de moldeo, es decir, a base de arena sílice, melaza y bentonita; a esta mezcla se le llama de retorno, ya que fue utilizada ya en el proceso de moldeo. Ellos al tener esta mezcla, para revestir la cazuela primeramente mojan las paredes de vidrio líquido, posteriormente revisten las paredes de la cazuela con un espesor aproximado de 10 a 12 cm, ya lista la cazuela dura en dependencia de la temperatura de vertido unas dos coladas, esto siempre, después de cada colada una reparación, ya que parte del metal al limpiar la cazuela sale con parte del revestimiento, puesto que el metal se pega a éste, lo cual da una medida que tiene gran adhesividad ya que se pega al metal.

Es por esto que tratamos en este trabajo de sustituir este material, que a pesar de estar en falta, ahorra combustible en su transportación, ya que esta arcilla a utilizar se encuentra muy cerca del municipio de Moa, sin embargo la bentonita la traen del occidente del país.

### 3.1 Características del material utilizado para revestir cazuelas actualmente

1. Arena sílice: Se caracteriza por tener una temperatura de fusión relativamente alta,  $T_F = 1\ 713\ ^\circ\text{C}$ , contiene un 5% de sílice, al calentarla surgen varias transformaciones alotrópicas, que provocan un aumento del volumen de contracción.
2. Arenas de Cromita:  $(\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3)$  posee gran refractariedad y conductividad térmica se emplea preferentemente para la producción de piezas de acero de gran responsabilidad en forma de arena de cara. La composición de las arenas de cromita es muy variable y depende del yacimiento de origen. Entre las impurezas más indeseables, están los carbonatos, específicamente el carbonato de calcio  $(\text{CaCO}_3)$ .
3. Arcillas motmorillonitas :  $\text{Al}_1\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{H}_2\text{O}$ , a este grupo pertenece la bentonita, mineral muy suave con temperatura de fusión de  $1250-1300\ ^\circ\text{C}$ . Se caracteriza por sufrir transformaciones, siendo la más importante a  $100\ ^\circ\text{C}$  donde pierde el 12 % de humedad, entre  $100$  y  $150\ ^\circ\text{C}$  pierde el 4 % de su agua, constitucional y a  $735-850\ ^\circ\text{C}$  se destruye la retícula y se transforman en una sustancia amorfa.

### 3.2 Características de la arcilla empleada para el revestimiento de cazuelas en sustitución de las empleadas

Grupo de la Hidrargilita: Aquí figuran los llamados Trihidratos de ciertos metales trivalentes. El más común en la naturaleza es el hidróxido de aluminio  $\text{Al}(\text{OH})_3$ .

Hirargilita:  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . El nombre procede del grieto "hídro", agua y "argilos", arcilla blanca. Por vez primera fué descubierta en el siglo pasado en los Urales. Sinónimo: Gibbsita.

Composición Química: La composición química de esta arcilla utilizada, por estudios realizados y analogía con otras muestras aproximadamente debe considerarse que oscila entre dos muestras estudiadas. Una es materia prima del tejat (M-1) y (M-2).

Pudiéndose apreciar que estas arcillas están enriquecidas de sílice y alúmina, lo que le da un carácter semi-refractario.

Composición Química de la arcilla de Centeno (%)

|     | $\text{SiO}_2$ | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | $\text{MgO}$ | $\text{CaO}$ | $\text{K}_2\text{O}$ | $\text{Na}_2\text{O}$ | $\text{SO}_2$ |
|-----|----------------|-------------------------|-------------------------|--------------|--------------|----------------------|-----------------------|---------------|
| M-1 | 39,03          | 29,50                   | 7,46                    | 0,56         | 2,08         | no                   | 0,18                  | 0,25          |
| M-2 | 31,65          | 28,87                   | 13,86                   | 0,50         | -            | no                   | 0,18                  | 0,31          |

La estructura cristalina es estratificada, próxima a la estructura deformada de la brucita. Ciertas particularidades suyas se deben a que el ion de aluminio tiene una carga superior a la del ion de magnesio y un radio iónico de menores dimensiones. En la hídrrargilita, lo mismo que en la brucita, cada capa consta de dos hojas de iones de hidroxilo empaquetados densamente, entre los cuales se halla una hoja de cationes  $\text{Al}^{3+}$ . Dado que la carga del ion de aluminio es superior a la del ion de magnesio, se requiere un número menor de cationes  $\text{Al}^{3+}$  para neutralizar la carga negativa de los iones hidroxilos.

Por eso, los cationes  $\text{Al}^{3+}$  no ocupan todos los huecos octaédricos entre las hojas de OH, como ocurre en la bruci

ta, sino sólo dos terceras partes. Debido a ello, los iones  $Al^{3+}$  no se disponen en forma de hexágonos centrados, como en la estructura de la brucita, sino en forma de hexágonos simples.

El color de la Hidoargilita es blanco; a veces se presenta con matices grisáceos, verduzco o rojizo. Dureza de 2,5-3,5. Se forma durante la descomposición y la hidrólisis de los silicatos aluminíferos, en parte en los procesos hidrotermales, principalmente durante los procesos exógenos de meteorización y con preferencia en un medio de clima cálido de los países tropicales y subtropicales.

En los procesos de meteorización en los países cálidos, los hidratos de alúmina, comprendida la Hidrargilita suelen formarse fundamentalmente con los hidratos de hierro. La hidrargilita se observa en cantidades mucho mayores en las llamadas lateritas, es decir, en productos de la meteorización, integradas fundamentalmente por hidróxidos que contienen óxido de hierro (III) ( $Fe_2O_3$ ) y algo menos de Alúmina ( $Al_2O_3$ ) y óxido de silicio ( $SiO_2$ ).

Localización: Se encuentra ubicado en el talud a ambos lados de la carretera Moa-Sagua. Posee una extensión aproximada de más de 50 m y espesor medio entre 6-8 m. Desde hace varios años esta manifestación constituye la materia prima fundamental del Tejar de Centeno, el cual es el más importante de los existentes en la provincia de Holguín.

Con este afloramiento se observa una variación en cuanto al color del material, desde tonalidades más blancas (mayor contenido de caolín) hasta tonalidades amarillentas

y rojizas. También a unos 100 m exactamente en el área - del tejear existe una arcilla de color amarillenta la que además ha sido utilizada como materia prima del tejear.

En la zona de Cuyo Guan se localiza esta manifestación. Se ubica a 200 m aproximadamente en dirección NW del molino de piedras. Aquí se observa un afloramiento artificial, grandes taludes donde se pueden diferenciar sectores con variedades de tonalidades, desde blanco amarillentas, amarillo-pardo y otros.

Estos afloramientos tienen más de 20 m.

### 3.3 Preparación de la Gibbsita para su utilización

Para la preparación de la mezcla de revestimiento, debemos pulverizar la Gibbsita, por ésta ser de poca dureza, realizamos este trabajo con un molino de disco que se en encuentra en el Taller 08 de Fundición.

Después de tener la cantidad requerida de ella, nos dimos a la tarea de preparar la muestra con un 50 % de Gibbsita, 50% de arena sílice y la cantidad de agua y melaza requerida para que le diera cierta humedad y com pactibilidad a la mezcla. Todos estos compuestos se ali mentaron a la mezcladora durante un tiempo de 3 minutos sólo la parte sólida y unos 4 minutos más después de - adicionar agua y melaza.

Posteriormente se toma una muestra de esta mezcla y se - lleva al laboratorio de arenas donde se le realiza la - prueba de resistencia en verde y resistencia en seco; - las cuales consisten en lo siguiente:

Para comprobar la resistencia en verde y en seco se introduce parte de la muestra en los recipientes habilitados para ésta (tubo metálico), ver figura #1 del anexo, se coloca en el martinete, ver fig. #2, dándosele 3 golpes con ayuda del contrapeso (1) y pizón (2), de manera que coincidan las 3 zayas de la escala móvil (3) con la escala fija (4), posteriormente se saca la probeta que queda resultado de los golpes del tubo metálico, la cual se coloca en la máquina para determinar la resistencia, ver figura #3, se coloca la probeta en la parte superior (5) se aprieta el botón negro (1), la lectura se realiza a través del manómetro (3).

Esta operación se repite 3 veces, para sacar un promedio de las lecturas realizadas, ver tabla #1. Para comprobar la resistencia en seco, se toman las 3 probetas, se introducen en la estufa a una temperatura aproximadamente de 250 °C, durante 2 horas, concluido este tiempo, se comprueba la resistencia en seco en la máquina habilitada para esto, realizando los mismos pasos para la resistencia en verde pero al leer el resultado se toma por el manómetro (4), ver valores de resistencia, tabla #1-3 del anexo.

Ya obtenidos los resultados podemos predecir que la mezcla tiene el valor de resistencia requerido para que el revestimiento tenga buenos resultados.

#### 3.4 Preparación de la cazuela

Preparada ya la mezcla y comprobada su resistencia procedemos a revestir la cazuela, ver fig 3, inicialmente se mojan las paredes de la cazuela con una pulpa preparada

de Gibbsita y agua, esto se hace con el objetivo de que la mezcla se adhiera a las paredes de la cazuela. Después se va revistiendo la misma hasta que la pared obtenida - tenga un espesor aproximado de 5-8 cm, esta operación se realiza con ayuda del pizon y la pala de reberbería dándole golpes a las paredes y el piso de la cazuela hasta que tenga la compactibilidad requerida. Ya terminado este trabajo, se secaron las paredes con leña, la cual tiene que hacer una buena combustión con ayuda de una manguera con oxígeno, el último paso fue pintarla con pintura de zirconio, que es la utilizada para evitar la adhesividad del metal a la cazuela.

Podemos decir que de la misma manera se revistieron 3 cazuelas obteniéndose los siguientes resultados:

### 3.5 Resultados y análisis de estos

Después de revestidas las cazuelas se llevaron para el área de trabajo.

La primera y segunda cazuela duraron 9 coladas y por falta de arcilla preparada no se pudieron reparar y tuvieron que romper el revestimiento y usarlas con el de la mezcla de moldeo; a pesar del problema que existió se pudo observar durante las coladas realizadas que cuando se terminaba cada vertido limpiaban las cazuelas para librarlas del metal que había quedado en el piso y paredes, obteniéndose buenos resultados, ya que el metal salía de ellas completamente, sin llevar consigo parte del revestimiento, lo que nos da una medida que tiene poca adhesividad el revestimiento con el metal, por lo que se poder utilizar la cazuela en la próxima colada sin repararla -

por lo tanto tiene muy buena resistencia, tanto al choque térmico que sufre cuando es vertido el metal, que a la resistencia en cuanto a permanencia de tiempo sirviendo como revestimiento, es decir, tiene poca capacidad de envejecimiento, el porcentaje de arcilla activa en ella es todavía considerable. Se comprobó además que tenía buena refractoriedad pues el metal que vertieron en ellas oscila entre los 1500-1800 °C, podemos decir además que posee buena refractariedad bajocarga, ya que soportó el peso del metal a estas temperaturas.

La tercera cazuela después de revestida y utilizada duró 6 coladas y 13 coladas cubriendo este con la mezcla de moldeo utilizada aquí. Podemos decir al observar las cazuelas que las paredes, al calentarse en la superficie, sus capas exteriores se dilatan a mayor velocidad que en el interior, sometiéndose las capas superficiales a esfuerzos de compresión, mientras en el interior están sometidas a fuerzas de tracción; ocurriendo el enfriamiento podemos decir que en las cazuelas investigadas, las magnitudes de las tensiones no superaban la resistencia del material en un período largo de tiempo, pues se producía su destrucción a varios días de utilizada; solo comenzando esta cuando la deformación local supera cierto valor, la estructura llega a ser tan friable que comienza la rotura, ver gráfico #1.

Con los resultados de las cazuelas revestidas se puede asegurar que las cazuelas revestidas con mezcla de moldeo duraron menor cantidad de coladas que las revestidas con mezcla de Gibbsita, ver gráfico 2.

Analizando los resultados obtenidos, de que la gibbsita puede ser utilizada como material refractario en el revestimiento de cazuelas, en el Taller 08 de Fundición de la Empresa Mecánica del Ni Gustavo Machin; y llevando a la práctica este trabajo, podemos plantear que se ahorrarán una gran cantidad de recursos económicos, pues los ladrillos refractarios utilizados para el revestimiento de cazuelas están valorados en:

| <u>Material</u>                  | <u>Cantidad<br/>(ton)</u> | <u>Precio<br/>(pesos)</u> |
|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1. Ladrillo chamota ligero       | 1                         | 365,75                    |
| 2. Ladrillo chamota recto pesado | 1                         | 414,17                    |
| 3. Ladrillo chamota recto ligero | 1                         | 742,50                    |
| 4. Ladrillo cromita              | 1                         | 901,25                    |

Por lo que podemos apreciar que la tonelada de ladrillos tiene alto valor, existiendo además gastos de transportación que comprenden un 10% del precio de los ladrillos. Concluyendo se ahorrarían gran cantidad de pesos solamente en gastos de transportación, ya que la Gibbsita utilizada en este trabajo, está localizada en el mismo municipio de Moa.

## CONCLUSIONS

## C O N C L U S I O N E S

- 1 - Mediante las pruebas realizadas se determinó que la Gibbsita se puede utilizar como refractario de cazuelas.
- 2 - La Gibbsita, después de utilizadas las cazuelas se comprueba que tiene buena resistencia al choque térmico, resistencia bajo carga y refractariedad.
- 3 - A la temperatura de 1800-1900 °C, la Gibbsita tuvo buena estabilidad dimensional.

RECOMENDACIONES

## RECOMENDACIONES

- 1 - Hacer un estudio más detallado del comportamiento de la Gibbsita durante su calentamiento.
- 2 - Realizar estudio para la utilización de la Gibbsita como refractario de los hornos.
- 3 - Retirar el metal que quede después de cada colada.
- 4 - Todos los trabajos relacionados con el revestimiento de cazuelas, secado y preparación de ellos para el vertido de metales, realizarlos de acuerdo con las instrucciones creadas en el Taller o Sector y según libro de instrucciones tecnológicas.
- 5 - Hacer un estudio para la utilización de la Gibbsita como mezcla de moldeo en el área de no ferroso.

BIBLIOGRAFÍA

## B I B L I O G R A F Í A

- 1 - ARIOSA IZNAGA, JOSÉ D. Curso de Yacimiento Minerales no Metálicos. Edit. Pueblo y Educación, Habana, 1984.
- 2 - CHANG CORDOVA, A.R. "Hornos Metalúrgicos"
- 3 - ORTÍZ RAMÍREZ, TERESA. "Recopilación bibliográfica y estudio preliminar de los materias primas de la región de Moa con posibilidades de empleo en la Cerámica Refractaria". Trabajo de Diploma 1992.
- 4 - "Manual de Instrucciones Tecnológicas". Combinado Mecánico del Ni, Gustavo Machín.
- 5 - Manual Mineralogía de Dana. 3ª ed.
- 6 - MELIÁN MARÍA CRISTINA. "Materiales no Metálicos" Edit. Pueblo y Educación, 1986.
- 7 - SALCINES, MERINO, C. MISAEL. "Tecnología de Fundición" Ed. Pueblo y Educación, Tomo I, 1985.
- 8 - STRELOV, K.K. "Estructura y Propiedades de los Refractarios". Edit. Mir, Moscú, 1975.
- 9 - Técnica Refractaria DIDIER. Materiales Refractarios y sus Características. 1ª Edic. española, Alemania, 1983.
- 10 - TORRES TRIANA, ARMANDO. "Tecnología de los Refractarios. Instituto Cubano del Libro, 1971.

A N E X O S

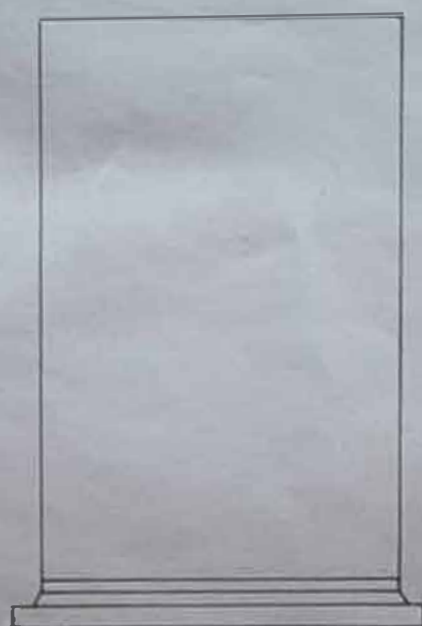


FIGURA 1 TUBO METÁLICO (5)

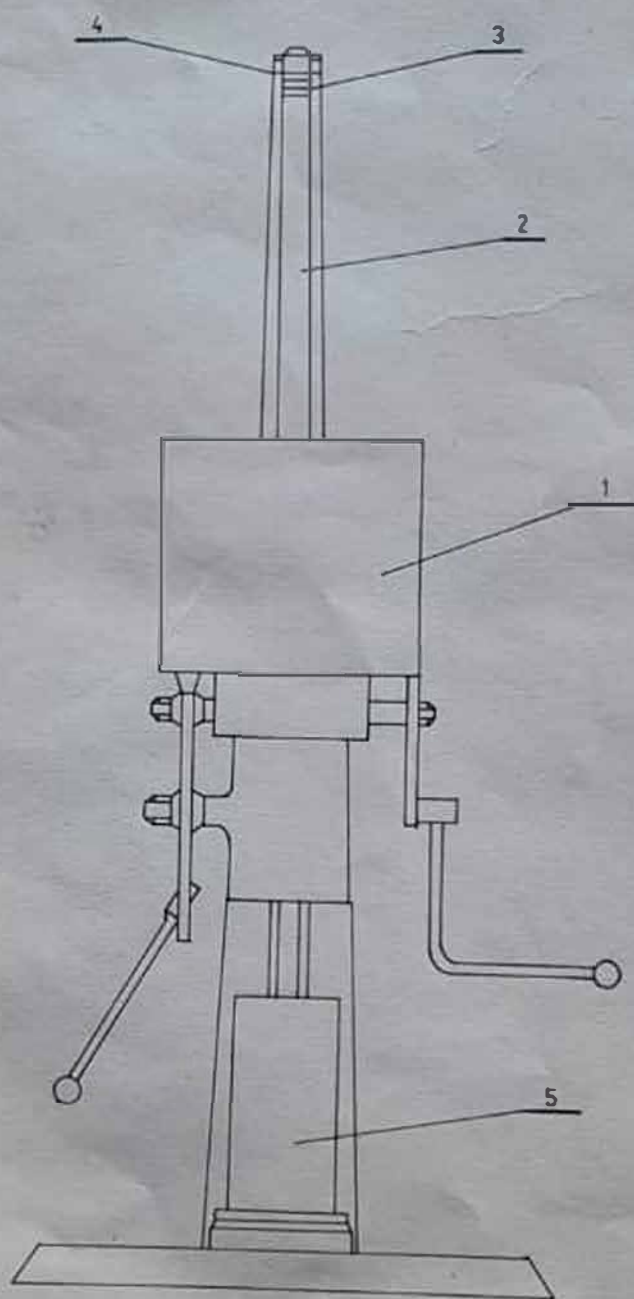


FIGURA 2 : MARTINETE

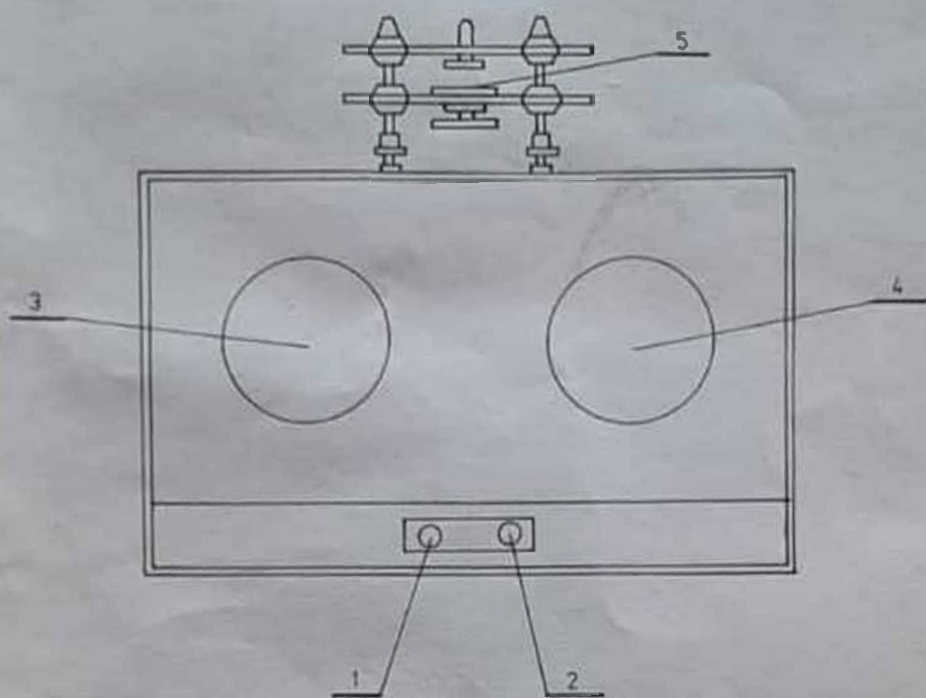


FIGURA 3 MÁQUINA PARA DETERMINAR RESISTENCIA

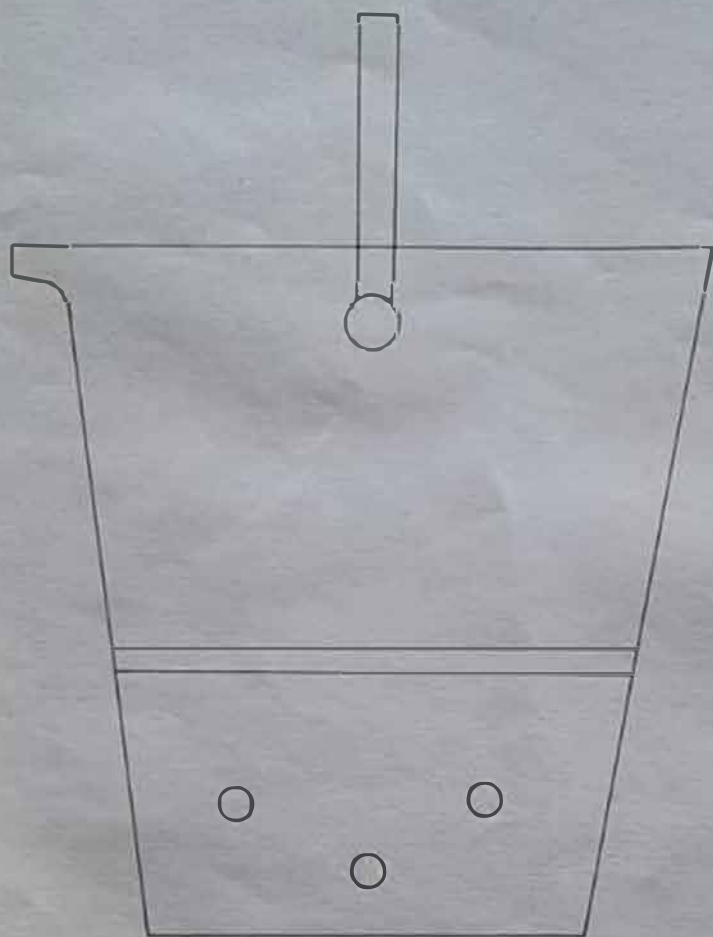


FIGURA 4 . CAZUELA

TABLA 1 : VALORES DE RESISTENCIA . MEZCLA N° 1

| contenido de Gibbsita(%) | contenido de arena. (%) | humedad. (%) | mues- tra. | resistencia en verde (KgP/cm <sup>2</sup> ) | resistencia en seco (KgP/cm <sup>2</sup> ) |
|--------------------------|-------------------------|--------------|------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 50                       | 50                      | 2            | 1          | 0,6                                         | 0,7                                        |
|                          |                         |              | 2          | 0,6                                         | 0,7                                        |
|                          |                         |              | 3          | 0,6                                         | 0,7                                        |

TABLA 2 : VALORES DE RESISTENCIA . MEZCLA N° 2

| contenido de Gibbsita(%) | contenido de arena. (%) | humedad. (%) | mues- tra. | resistencia en verde (KgP/cm <sup>2</sup> ) | resistencia en seco (KgP/cm <sup>2</sup> ) |
|--------------------------|-------------------------|--------------|------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 50                       | 50                      | 2,1          | 1          | 0,59                                        | 0,73                                       |
|                          |                         |              | 2          | 0,6                                         | 0,7                                        |
|                          |                         |              | 3          | 0,6                                         | 0,71                                       |

TABLA 3 : VALORES DE RESISTENCIA . MEZCLA N° 3

| contenido de Gibbsita(%) | contenido de arena. (%) | humedad. (%) | mues- tra. | resistencia en verde (KgP/cm <sup>2</sup> ) | resistencia en seco (KgP/cm <sup>2</sup> ) |
|--------------------------|-------------------------|--------------|------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 50                       | 50                      | 2            | 1          | 0,6                                         | 0,71                                       |
|                          |                         |              | 2          | 0,6                                         | 0,7                                        |
|                          |                         |              | 3          | 0,6                                         | 0,7                                        |

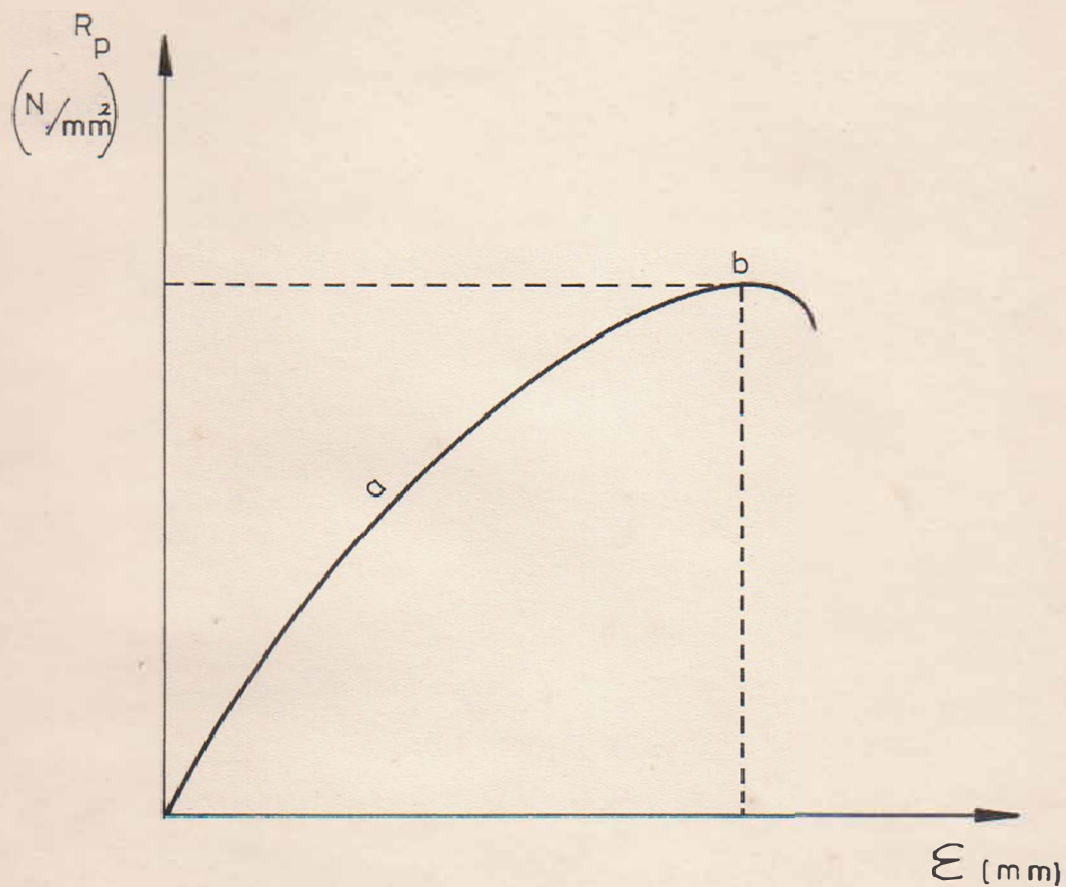


GRÁFICO 1 : Imagen esquemática del  
diagrama Tensión - Deformación.

a - curva de deformación.

b - punto de destrucción.

$R_p$  - tensión en el caso de la destrucción.

$\epsilon$  - deformación durante la destrucción.

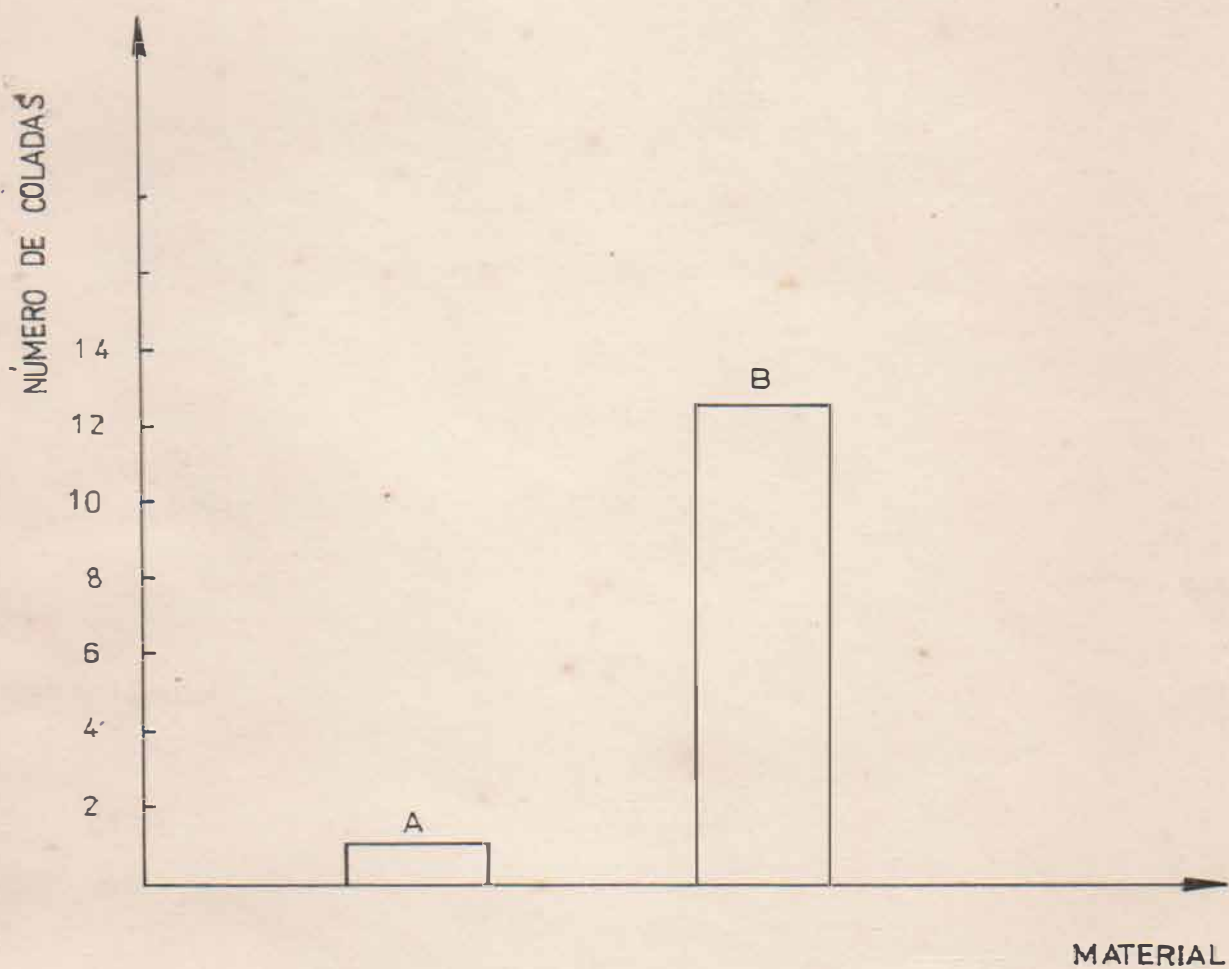


GRÁFICO 2 : Representación de la dependencia del número de coladas con el tipo de material.

A - mezcla de moldeo.

B - Gibbsita.