



Ministerio de la Educación Superior
Instituto Superior Minero Metalúrgico
Dr. Antonio Núñez Jiménez

Facultad de Metalurgia y Electromecánica
Departamento de Metalurgia

Trabajo de Diploma

Título: Empleo de la separación magnética para mejorar las características del polvo de NiO de la planta Ernesto Che Guevara, para su empleo como pigmento cerámico.

Diplomante: Yusdisvel Fuentes Díaz.

Tutor Técnico: M. Sc. Emilio Leyva Ramírez.

"Año del 50 Aniversario del triunfo de la Revolución"



Ministerio de la Educación Superior
Instituto Superior Minero Metalúrgico
Dr. Antonio Núñez Jiménez
Facultad de Metalurgia y Electromecánica
Departamento de Metalurgia

Trabajo de Diploma

Título: Empleo de la separación magnética para mejorar las características del polvo de NiO de la planta Ernesto Che Guevara, para su empleo como pigmento cerámico.

Diplomante: Yusdisvel Fuentes Díaz.

Firma: _____

Tutor Técnico: Ms. C. Emilio Leyva Ramírez

Firma: _____

"Año del 50 Aniversario del triunfo de la Revolución"

DEDICATORIA.

Ante todo les dedico este trabajo a mis padres, por su esmero y dedicación en mostrarme que la mayor riqueza que puede tener un hombre, es el conocimiento que adquiere con su esfuerzo en el andar de los años.

A la Revolución cubana que lleva 50 años de gloria y victoria, batallando por que cada uno de nosotros sea un intelecto, fruto de esta cantera. .

AGRADECIMIENTOS.

El agradecimiento mayor a mi mamá por darme la vida.

A mi tutor, por su empeño incondicional para que esta tesis tuviera éxito.

A los profesores del ISMM, especialmente a los del departamento de Metalurgia, ya que sin ellos no hubiera sido posible nuestra formación como futuros profesionales.

A los compañeros del CIS, por su apoyo brindado en la elaboración de esta tesis.

A mis compañeros de aula, que durante cinco años compartimos alegrías y tristezas, y ahora, se le ha dado cumplimiento al objetivo de todo ese tiempo, la discusión del trabajo de diploma, que nos cataloga como ingenieros metalúrgicos.

Y a todas esas personas, que de una forma u otra hicieron posible el desarrollo de este trabajo.

A todos;

Muchas Gracias

PENSAMIENTO.

En la ciencia no existen calzadas reales, y quien aspire a remontar sus luminosas cumbres; ha de estar dispuesto a escalar la montaña por senderos escabrosos.

Karl Marx.

RESUMEN.

Parte del polvillo que se recupera en el sistema de purificación de gases de la planta de sinterización de la ECG, se comercializa como pigmento cerámico. Según el cliente la presencia de fracción magnética cambia la coloración deseada en las piezas cerámicas. En esta investigación se estudió la separación magnética con el objetivo de mejorar sus características para dicho empleo. Se planificó trabajar a: tres distancias, entre los polos del separador magnético (2,50; 3,125 y 3,75 mm), variando la intensidad de corriente (0,50; 1,00; 2,00; 2,50 y 3,50 A).

Se obtiene, que las fracciones donde los rendimientos en pesos de las fracciones magnéticas son inferiores al 20,6%, los esmaltes toman las coloraciones más oscuras, valores que se obtienen cuando se trabaja con intensidad de corriente entre 0,90 y 1,20 A y distancia entre los polos del separador magnético entre 3,00 y 5,00 mm.

Palabras claves: polvillo, pigmento, separación magnética, cerámica.

SUMMARY.

Work title: Use of the magnetic separation to improve the characteristics of the powder of NiO of the plant Ernesto Che Guevara, for their employment as ceramic pigment.

It leaves of the fine powder recovery in the system of purification of gas of the plant of sinterization of the ECG; it is marketed like ceramic pigment. According to the client the presence of magnetic fraction changes the coloration wanted in the ceramic pieces. In this investigation it study the magnetic separation with the objective of improving their characteristics for this employment. It was planned to work to: three distances among the poles of the magnetic separator (2,50; 3,125 and 3,75 mm), varying the current intensity (0,50; 1,00; 2,00; 2,50 and 3,50 A). was obtained that the fractions where the yields in weigh of the magnetic fractions are lower to 20,6% the enamels take the darkest colorations, value that are obtained when one works with current intensity between 0,90 and 1,20 A and it distances among the poles of the magnetic separator between 3,00 and 5,00 mm.

Key words: fine powder, pigment, magnetic separation, ceramic.

ÍNDICE.

	INTRODUCCIÓN	1
I	Marco conceptual teórico	4
I.2.	¿Qué son los pigmentos?	6
I.4.	Esmalte	10
I.4.3	Separación magnética.	13
II.	Materiales y métodos.	18
II.3.1	Descripción de OT- 3.	19
II.5	Ensayos de pigmentación.	23
III.	Análisis de resultados.	26
III.1	Caracterización del NiO en polvo.	26
III.3	Ensayo de pigmentación.	28
III.4	Propuesta de alternativa para la separación de la FM, presente en el NiO en el polvo.	33
IIII	Evaluación económica y ambiental.	34
	Conclusiones.	37
	Recomendaciones.	38
	BIBLIOGRAFÍA.	39

INTRODUCCIÓN.

La planta Comandante Ernesto Che Guevara se encuentra al norte del yacimiento de mineral de Punta Gorda, provincia de Holguín, en la costa Norte del océano Atlántico, entre los ríos Moa y Yagrumaje, a 4 km de la ciudad de Moa.

El esquema tecnológico de la planta de níquel Ernesto Che Guevara, está basado en el esquema de lixiviación carbonato – amoniacal del mineral reducido o proceso Caron, similar al proceso de la planta René Ramos Latour de Nicaro.

Es un proceso que se realiza en condiciones de presión atmosférica /2/. El equipamiento tecnológico del proceso se distingue por su sencillez y amplia utilización de los aparatos conocidos (hornos de soleras múltiples, espesadores, columnas de destilación, etc.).

El esquema amoniacal permite la elaboración de las mezclas de los minerales lateríticos y serpentínicos, mientras que el esquema de lixiviación con ácido sulfúrico permite solamente la elaboración de la fracción lateritita. Otro factor ventajoso es la experiencia acumulada durante la explotación de la fábrica de Nicaro.

En la planta de calcinación y sinter: luego del filtrado, el carbonato básico de Ni es alimentado a los hornos de calcinación para la obtención del óxido de Ni, que es utilizado en el proceso de sinterización en las máquinas destinadas para este fin; obteniéndose el óxido sinter, que constituye el producto final de la planta y de la fábrica.

Esta planta tiene tres productos terminados o finales:

Oxido de níquel, óxido de níquel sinterizado y polvillo. El óxido de níquel es el material obtenido producto de la calcinación del carbonato básico de níquel en los hornos rotatorios. Es poco fusible, magnético, se caracteriza por un alto peso específico, no contiene impurezas nocivas y es de color gris verdoso. El NiO sinterizado es un material obtenido por la aglomeración y reducción parcial del óxido de níquel en la máquina de sinterizar. Es un material grueso en forma de

terrones porosos con un tamaño de hasta 40,0 mm y virtualmente libre de finos, de un color gris oscuro con brillo metálico.

El polvillo se obtiene en el sistema de purificación de gases de la planta de sinterización, parte de este se comercializa para pigmento cerámico. Según el cliente la presencia de fracción magnética cambia la coloración deseada en las piezas cerámicas /8 /.

Teniendo en cuenta lo aludido, se declara como **situación problemática**, La presencia de fracción magnética (FM) en el polvo de NiO de la planta Ernesto Che Guevara (ECG), lo torna inadecuado para pigmento cerámico.

Relacionado con lo anterior se define **el problema**: ¿Cómo separar la FM del NiO en el polvo de la ECG para que resulte apropiado como pigmento cerámico?

Quedando establecido como **objetivo de estudio**: El polvo de NiO de la ECG que se comercializa como pigmento cerámico.

Se enuncia como **hipótesis**: Si se determina la relación entre la recuperación de la fracción magnética y el cambio en la coloración de las piezas cerámicas, con la intensidad de campo magnético y la altura del polo magnético a la capa de mineral, se podrá proponer una alternativa para extraer la FM del polvo de NiO y obtener un producto con mejores características para pigmentos cerámicos.

Para dar solución al problema y corroborar la hipótesis se proponen los siguientes objetivos:

Objetivo general: Buscar una alternativa para la separación de la FM del polvo de NiO que la ECG comercializa para pigmentos cerámicos.

Y los **objetivos específicos**:

- Identificar las características mínimas que deben cumplir los pigmentos cerámicos.
- Determinar las características del NiO en polvo de la ECG.
- Evaluar la posibilidad de separación de la FM del polvo.
- Realizar ensayos de pigmentación.

- Determinar la relación entre la recuperación de la fracción magnética y el cambio en la coloración de las piezas cerámicas con la intensidad de campo magnético y la altura del polo magnético a la capa de mineral.
- Caracterizar los productos obtenidos.

Para cumplimentar los objetivos trazados se orienta el campo de acción al estudio de: las características suficientes y necesarias que deben cumplir los pigmentos cerámicos y la caracterización y separación magnética seca del NiO en polvo de la ECG.

Se establecen como variables dependientes. La recuperación en peso en % y el cambio en la coloración de las piezas cerámicas, y como variables independientes: la intensidad de corriente suministrada al electroimán (en A) y la altura del polo magnético a la capa de material (en mm).

Para lograr cumplir con el objetivo trazado en la investigación se establecen como tareas:

1. Conformar el marco conceptual teórico.
2. Selección y caracterización de una muestra de NiO.
3. Ensayos de separación magnética seca en el equipo OT-3.
4. Ensayos de pigmentación.
5. Análisis de resultados.
6. Propuesta de alternativa para la separación de la FM, presente en el NiO en el polvo.

I. Marco conceptual teórico.

I.1. Descripción breve del proceso de obtención de NiO.

LA PLANTA NIQUELÍFERA COMANDANTE ERNESTO CHE GUEVARA, PRODUCTORA DE ÓXIDO Y SÍNTER DE NÍQUEL.

Este proceso se basa en la tecnología Caron o lixiviación carbonato amoniacal, ella juega un papel importante en el aporte de ingresos al país. La tecnología Carbonato – Amoniacal, (proceso CARON) logra extracciones de níquel de un 86 por ciento y de cobalto de hasta un 20–30 por ciento, quedando gran parte de estos metales en los sólidos no lixiviados de este proceso. El polvo de NiO que es arrastrado por los gases se recupera una parte en la batería de ciclones y la otra parte en los electrofiltros, que con ese fin existen en la planta de calcinación y sinter. El polvo que se recolecta en el área de sinter es bombeado para la tolva de producto polvillo de la sección de preparación de mezcla. El fino de retorno es el sinter con una granulometría menor que 6,0 mm que se envía también al área de preparación de mezcla. El sinter se produce a partir de una mezcla de NiO, finos de retorno, carbón antracita y agua.

Este proceso es pirometalúrgico y tiene lugar en las máquinas de sinterización, por el método succión, donde se obtiene un NiO con un alta concentración de Ni metálico.

La esencia de un correcto proceso de sinterización consiste en que el óxido de níquel se mezcle con el material de retorno y combustible sólido bajo un humedecimiento y produciéndose una buena homogeneización.

Como resultado del mezclado el material adquiere una estructura en forma de gránulos, la cual permite la penetrabilidad del gas para llevar a cabo el proceso de sinterización en una capa de 180-200 mm.

En el proceso de sinterización se presentan cuatro zonas consecutivas.

Zona 1: secado del material a expensas del calor de los gases succionados de las capas superiores. Ocurre el secado de la mezcla, es decir, la eliminación de la humedad completa, de entrada.

Zona 2: calentamiento del material hasta la temperatura de ignición del carbón antracita 1200°C. Esta zona no es grande y ocupa un 10 – 15 % de la capa.

Zona 3: quemado y sinterizado, donde a expensas de la oxidación del carbón antracita, la temperatura se eleva de 1500 a 1600°C y ocurre la fusión parcial de los componentes de la mezcla, obteniéndose una estructura porosa.

Zona 4: zona de enfriamiento del mineral.

Vale aclarar que a lo largo del tránsito del material por la máquina de sínter, las zonas que se mencionan se van desplazando y las primeras llegan a desaparecer.

El producto principal de la planta y que a la vez es el producto final de la empresa es el sínter de Ni, el cual debe presentar las siguientes características:

Color: gris con brillo metálico.

Terrones con granulometría: +20 – 40 mm para el sínter grueso.

+12 – 20 mm para el sínter fino.

I.1.1 Composición química

Tabla No. 1. Composición química del sínter.

Elemento	Ni	Co	Fe	S	C
Composición del sínter grueso	90-93%	0.93-0.98%	0.4-0.6%	0-0.06%	0.1-0.37%
Composición del sínter fino	88-90%	0.93-0.98%	0.4-0.6%	0-0.06%	0.1-0.37%

I.2. ¿Qué son los pigmentos?

Los pigmentos son una parte integral de los revestimientos decorativos, protectores y funcionales. Imparten color a las fibras, los plásticos, el papel, hule, vidrio, cemento, porcelanizados y además son colorantes para las tintas, cosméticos y marcadores /24/.

Pueden tener color, ser incoloros, negros, blancos o metálicos, la mayoría de los pigmentos son sólidos insolubles cuando se dispersan en un adherente (o aglomerado) o en otro medio, la mayoría de los pigmentos permanecen insolubles.

El color resulta de la absorción selectiva por el pigmento de una parte de la luz visible.

Un pigmento es un material que cambia el color de la luz que refleja como resultado de la absorción selectiva del color. Este proceso físico es diferente a la fluorescencia, la fosforescencia y otras formas de luminiscencia, en las cuales el propio material emite luz. Muchos materiales selectivamente absorben ciertas ondas de luz, dependiendo de su longitud de onda. Los materiales que los seres humanos han elegido y producido para ser utilizados como pigmentos, por lo general tienen propiedades especiales que los vuelven ideales para colorear otros materiales. Un pigmento debe tener una alta fuerza teñidora relativa a los materiales que colorea. Además debe ser estable en forma sólida a temperatura ambiente. La mayoría de los pigmentos utilizados en la manufactura y en las artes

visuales son colorantes secos, usualmente en forma de polvo fino. Este polvo es añadido a un vehículo o matriz, un material relativamente neutro o incoloro que actúa como adhesivo. Para aplicaciones industriales, así como artísticas, la permanencia y la estabilidad son propiedades deseadas. Los pigmentos que no son permanentes son llamados fugitivos. Los pigmentos fugitivos se desvanecen con el tiempo, o con la exposición a la luz, mientras que otros terminan por ennegrecer

I.2.1. Grupos de pigmentos

- Pigmentos de cadmio: Verde cadmio, rojo cadmio, amarillo cadmio, naranja cadmio
- Pigmentos de óxidos de hierro: Caput Mortuum, rojo óxido, ocre rojo, rojo veneciano.
- Pigmentos de cromo: Óxido de cromo verde, amarillo cromo
- Pigmentos de cobalto: Azul cobalto, azul cerúleo, violeta de cobalto, amarillo cobalto.
- Pigmentos de plomo: blanco de plomo, amarillo Nápoles, albayalde, rojo de plomo.
- Pigmentos de cobre: Verde de París, verdigrís, azul egipcio.
- Pigmentos de titanio: Blanco de titanio, amarillo de titanio, negro de titanio.
- Pigmentos de mercurio: Bermellón.
- Pigmentos de zinc: Blanco de zinc.

I.2.2. Pigmentos cerámicos

Se denomina pigmento cerámico, a los componentes químicos que cumpliendo los requisitos de ser estables a alta temperatura y estables en el vidrio fundido, dan el color de distintas formas al esmalte /24/. Lo que se trata es de dar una dispersión

a estas pequeñas partículas de color uniforme y próximo que genere la sensación de color, continuo.

1.2.3. Uso cerámico.

Se suelen producir como calcinación a alta temperatura los distintos compuestos como carbonatos, silicatos, óxidos, etc. En general la reología es fundamental, tanto antes como una vez realizado la calcinación.

Los óxidos pueden reaccionar entre si para dar formas complejas, siendo nuevos compuestos más estables.

1.2.4. Base física.

Los pigmentos producen sus colores debido a que selectivamente reflejan y absorben ciertas ondas luminosas. La luz blanca es aproximadamente igual a una mezcla de todo el espectro visible de luz. Cuando esta luz se encuentra con un pigmento, algunas ondas son absorbidas por los enlaces químicos y sustituyentes del pigmento, mientras otras son reflejadas. Este nuevo espectro de luz reflejado crea la apariencia del color. Por ejemplo, un pigmento azul marino refleja la luz azul, y absorbe los demás colores. Los pigmentos, a diferencia de las sustancias fluorescentes o fosforescentes, sólo pueden sustraer ondas de la luz que reciben, nunca añadir nuevas.

La apariencia de los pigmentos está íntimamente ligada al color de la luz que reciben. La luz solar tiene una temperatura de color alta y un espectro relativamente uniforme y es considerada un estándar para la luz blanca. La luz artificial, por su parte, tiende a tener grandes variaciones en algunas partes de su espectro. Vistos bajo estas condiciones, los pigmentos lucen de diferentes colores.

I.3. Historia de la Cerámica

La palabra cerámica deriva del griego keramiké, "sustancia quemada" /23/. El término se aplica de una forma tan amplia que ha perdido buena parte de su

significado. No sólo se aplica a las industrias de silicatos, sino también a artículos y recubrimientos aglutinados por medio del calor, con suficiente temperatura como para dar lugar al sintetizado. Este campo se está ampliando nuevamente incluyendo en él a cementos y esmaltes sobre metal.

La historia de la cerámica va unida a la historia de casi todos los pueblos del mundo. Abarca sus mismas evoluciones y fechas y su estudio está unido a las relaciones de los hombres que han permitido el progreso de este arte.

La invención de la cerámica se produjo durante la revolución neolítica, cuando se hicieron necesarios recipientes para almacenar el excedente de las cosechas producido por la práctica de la agricultura. En un principio esta cerámica se modelaba a mano, de ahí las irregularidades de su superficie, se dejaban secar al sol en los países cálidos y cerca de los fuegos tribales en los de zonas frías. Más adelante comenzó a decorarse con motivos geométricos mediante incisiones en la pasta seca. Su cada vez más compleja, perfecta y bella elaboración determinó la aparición de un nuevo oficio: el del alfarero.

Los pueblos de la era actual que iniciaron la elaboración de cerámica con técnicas más sofisticadas y cocinando las piezas en hornos fueron los chinos. Desde China pasó el conocimiento hacia Corea y Japón por el Oriente, y hacia el Occidente, a Persia y el norte de África hasta llegar a la península española. En todo este recorrido, las técnicas fueron variando. Esto fue debido a diversas variantes; una de ellas es el que las arcillas eran diferentes. En China se utilizaban, sobre todo, la porcelana y el gres, mientras que en Occidente estas arcillas no se encontraban. Otras variantes fueron la influencia del Islam y sus visiones de la decoración, y las diferentes maneras que se utilizaban para la cocción.

El invento del torno, ya en época de los metales, vino a mejorar su elaboración y acabado, como también su cocción al horno que la hizo más resistente y amplió su gama de colores y texturas. En principio el torno era solamente una rueda colocada en un eje, que se hacía girar por medio de un palo introducido en un agujero con el cual se daban vueltas hasta alcanzar la velocidad suficiente para realizar la pieza. Poco a poco fue cambiando hasta hoy, en que el artesano está

sentado sobre un banco y hace girar el torno mediante un movimiento del pie que le da a una rueda superior más o menos velocidad según las necesidades.

I.3.1. Usos de la cerámica.

Su uso inicial fue, fundamentalmente, como recipiente para alimentos; más adelante se utilizó para hacer figuras supuestamente de carácter mágico, religioso o funerario. También se empleó como material de construcción en forma de ladrillo, teja, baldosa o azulejo, tanto para paramentos como para pavimentos. La técnica del vidriado le proporcionó gran atractivo. Se utilizó también para la escultura. Finalmente también llegó a tener una función meramente decorativa.

Una de las características más positivas de los materiales cerámicos es su elevada resistencia a la oxidación y a la corrosión, frente a los diferentes agentes químicos. En efecto, los materiales cerámicos están compuestos por óxidos metálicos fundamentalmente, por lo que resulta prácticamente imposible una oxidación ulterior; es decir, las cerámicas son productos ya quemados y corroídos y, en consecuencia, no pueden someterse a otra degradación de este tipo (oxidaciones, combustiones y corrosiones) constituyendo unos excelentes materiales inoxidables y refractarios.

I.4. Esmalte

I.4.1 Historia

El esmalte en forma de barniz vidriado para embellecer y proteger las obras de cerámica fue conocido desde tiempos remotos en las civilizaciones asiría y egipcia. De ellas, debió tomarlos la civilización prehelénica pues se han descubierto en las ruinas del palacio de Minos en Cnossos azulejos parecidos a los orientales. De los egipcios lo aprendieron sin duda los fenicios según puede comprobarse en las vasijas halladas en Camiros (Rodas) de factura fenicia y reminiscencia egipcia. De los asirios fueron continuadores los persas y de éstos lo recibieron los bizantinos, los árabes y tal vez los chinos. No dejaron de practicar

esta industria los griegos y romanos aunque de ella hicieran escaso uso, salvo sencillas decoraciones vidriosas en algunas vasijas /20/.

En cuanto al esmalte para la decoración de objetos metálicos y de joyas se ignora si fue conocido por los pueblos antiguos de Oriente pues las alhajas que se han descubierto con apariencia de tener esmaltes alveolados parecen más bien decoradas con piedras finas y con fragmentos de vidrio engastados en los alvéolos de las piezas. Los griegos y romanos hicieron algún uso del verdadero esmalte, como aparece en el adorno de algunas de sus fíbulas y joyas y asimismo los bárbaros de su época pues se han descubierto en el Cáucaso y en Siberia no pocos bronce, sobre todo, fíbulas, con esmaltes campeados.

Los colores cerámicos son productos que se obtienen por calcinación y sinterización de minerales constituidos por diversos óxidos metálicos, logrando formar redes cristalinas estables. El tipo de calcinación usado mayoritariamente es de tipo discontinuo (hornos caja-shuttles), pero cada vez se están usando más los hornos rotativos, sobre todo, cuando se dispone de un mayor volumen, con el consiguiente ahorro energético, personal, etc.

Los colores se comercializan siempre después de una importante molienda (vía seca o húmeda) y, en algunos casos, después de varios lavados. Se venden en forma de polvo fino para ser aplicados, o bien, como componente del esmalte (colores para cerámica), o bien, directamente en la base cerámica (colores para porcelánico).

Se ha hecho un estudio detallado de los colores de las pastas en función de las fases desarrolladas durante la cocción y del estado de oxidación del Fe, y en base a estos datos se plantea una reflexión sobre el significado de la temperatura de cocción tradicionalmente determinada en los estudios arqueométricos, en la cual se tiene presente, además de las fases desarrolladas, la dinámica de gases en el interior del horno y la forma y posición de la pieza, que han resultado tener importancia en el proceso cerámico. Se ha encontrado que la evolución de los procesos cerámicos en la parte exterior de las piezas es más completa que en el interior, donde aún quedan restos de calcita primaria, mientras que en el exterior

se ha destruido toda y se han desarrollado piroxenos. Además se ha determinado una diferente coordinación de los átomos de Fe en el interior y en el exterior, lo que da como resultado los cambios de color observados. En esta evolución juega un papel importante el intercambio calórico producido por la dinámica de los gases del horno, de manera que las partes de la pieza accesibles a estos se han cocido mejor que las que solo se han calentado por radiación /21/.

En el ámbito de la tecnología o el arte, el esmalte, (o esmalte vidriado, o esmalte porcelánico) es el resultado de la fusión de cristal en polvo con un sustrato a través de un proceso de calentamiento, normalmente entre 750 y 850 °C. El polvo se funde y crece endureciéndose formando una cobertura suave y vidriada muy duradera en el metal, el vidrio o la cerámica. A menudo se aplica el esmalte en forma de pasta, y puede ser transparente u opaco cuando es calentado. El esmalte vidriado pueda aplicarse a la mayoría de los metales. El esmalte vidriado tiene muchas propiedades excelentes. Es suave, resistente a las agresiones mecánicas o químicas, duradero, puede mantener colores brillantes durante mucho tiempo y no es combustible. Entre sus desventajas destaca su tendencia a romperse o hacerse añicos cuando el sustrato es sometido a deformaciones o esfuerzos.

La durabilidad del esmalte le ha proporcionado muchas aplicaciones funcionales, incluyendo los carteles publicitarios de comienzos del S. XX, las paredes interiores de hornos, cazuelas y otros recipientes de cocina, paredes exteriores de alta calidad, grifería y almacenamiento en silos.

I.4.2 Tipos de esmalte

1 Esmalte alveolado o tabicado (cloisonné de los franceses), llamado así porque se obtiene depositando la masa vitrificable en alvéolos o compartimentos formados por láminas de oro adheridas por un canto o borde al objeto que se trata de ornamentar, las cuales marcan el contorno y líneas principales de las figuras.

2 Esmalte vaciado o campeado (champlevé) que es una simplificación del precedente del que se diferencia en que los alvéolos están excavados en la pieza y forman el campo /22/.

- 3 Esmalte de bajo-relieve (de basse-taillé) que se logra cincelando una plancha u objeto en finos relieves y cubriéndolos luego con esmalte de color y en polvo para que al someterlo a la acción del fuego quede la sustancia vítrea depositada en los surcos.
- 4 Esmalte traslúcido o transparente que puede ser el anterior y también el que se deposita sobre fondos de oro o de plata para darles brillo.
- 5 Esmalte pintado o de pintores que lleva figuras pintadas sobre una placa lisa (o previamente esmaltada) y sometida de nuevo a la fusión, apareciendo el conjunto como un verdadero cuadro de pintura sobre fondo blanco.
- 6 Esmalte de aplicación, que sencillamente consiste en un esmalte alveolado, hecho fuera de la pieza que con él se adorna y aplicado a ella como si se tratara de engastarle una piedra preciosa.
- 7 Esmalte cuadriculado, que viene a ser una incrustación de oro practicada en surcos abiertos en una pieza artística de cristal de roca o de vidrio blanco y que lleva encima una capa de esmalte muy fusible. El nielo o niel es una forma de esmalte negro.

I.4.3 Separación magnética.

La separación magnética es un proceso que sirve para separar dos sólidos (uno de los cuales debe ser ferroso o tener propiedades magnéticas) /25/.

El método consiste en acercar un imán a la mezcla a fin de generar un campo magnético, que atraiga al compuesto ferroso dejando solamente al material no ferroso en el contenedor.

Los separadores magnéticos aprovechan la diferencia en las propiedades magnéticas entres los minerales componentes de la mena y se usan para separar los minerales valiosos de la ganga no magnética, por ejemplo la magnetita del cuarzo, o los contaminantes magnéticos u otros minerales valiosos de los valores no magnéticos.

V. G. Dercach, 1981 /1/ hace la siguiente división según la intensidad del campo magnético: menor que 120 kA/m, campo débil, entre 120 y 800 kA/m campo de intensidad media y mayor que .800, hasta 1 600 kA/m campo fuerte.

I.4.4. Tipos de separador magnético.

Los separadores magnéticos se clasifican en maquina de alta y baja intensidad y además se subdividen en separadores de alimentación en seco y alimentación en húmedo.

Los separadores de baja intensidad se usan para tratar materiales ferromagnéticos y algunos minerales altamente paramagnéticos.

La separación magnética en seco de baja intensidad se limita principalmente a la concentración de arenas gruesas, que son fuertemente magnéticas, el proceso se conoce como mazorca magnética (cobbing), debido a la forma del magneto y frecuentemente se lleva a cabo en separadores de tambor. Si las partículas son menores que 0,5 cm la separación en seco se sustituye por los métodos húmedos, con los que hay menos pérdidas de polvo y generalmente un producto más limpio. La separación húmeda de baja intensidad actualmente se utiliza mucho para purificar el medio magnético en el proceso de separación en medio pesado, así como también para concentración de arenas ferromagnéticas.

La separación en seco de alta intensidad se limita en gran parte a mena que contiene algún material mas fino que 75 μm . La efectividad de la separación sobre tales materiales finos se ve severamente reducida por los efectos de las corrientes de aire, la adhesión partícula – partícula, y la adhesión partícula rotor.

La separación magnética de alta intensidad en húmedo tiene su mayor uso en la concentración de menas de hierro de bajo grado que contienen hematina, donde frecuentemente sustituyen los métodos de flotación, aunque la tendencia hacia la separación magnética ha sido lenta en Norteamérica, principalmente debido a los costos de inversión.

El método magnético de enriquecimiento de los minerales está basado en la utilización de la variedad de las propiedades magnéticas de los componentes del mineral o material que se somete a la separación. El enriquecimiento magnético se realiza en separadores magnéticos, la particularidad característica de los cuales es la existencia de un campo magnético en su zona de trabajo. Al moverse el material o mineral a través del campo magnético del separador, bajo la influencia de la fuerza de atracción magnética, las partículas con distintas propiedades magnéticas se desplazan por diferentes trayectorias, lo que permite separar las partículas magnéticas en un producto magnético separado, y las partículas amagnéticas, en un producto amagnético separado. En algunos separadores se prevé la separación de varios productos magnéticos diferentes entre sí.

El campo magnético es un estado especial de la materia y se revela alrededor de los conductores con corriente eléctrica o alrededor de los imanes permanentes. En el último caso el campo magnético está condicionado a las corrientes eléctricas elementales que existen en la sustancia del imán. En los separadores magnéticos se emplean sólo los campos no uniforme por su intensidad, los cuales se crean por la forma y la disposición correspondientes de los polos del sistema magnético.

Las propiedades magnéticas de la magnetita como mineral ferromagnético dependen de la intensidad del campo magnetizante y de la forma de la muestra.

Las propiedades magnéticas de los minerales débilmente magnéticos no dependen de la forma de las partículas ni de la intensidad del campo magnetizante. La dependencia, observada en algunos casos, de la susceptibilidad magnética específica de la magnetita y hermatita de la imantación del campo, probablemente, se explica por la presencia de pequeñas impurezas de magnetita. Las propiedades magnéticas más estudiadas son las de los minerales débilmente magnéticos de hierro y manganíferos. Los minerales manganíferos de la mayoría de los yacimientos están compuestos por una mezcla de distintos minerales metálicos. La susceptibilidad magnética de las partículas de mineral, que deben ser extraídas al producto magnético, determina la elección de la intensidad del

campo magnético del separador (con campo débil o fuerte). Las partículas menudas y finas de magnetita o de otro material fuertemente magnético, al caer en el campo magnético del separador magnético, se orientan a lo largo de sus líneas de fuerza y forman circuitos o ramales magnéticos.

Durante la separación magnética por vía seca, además de las fuerzas mecánicas, se manifiestan la acción de la fuerza de atracción molecular entre las partículas, particularmente las finas, que tienen una gran superficie específica. Las fuerzas de cohesión molecular influyen negativamente en los resultados de la separación magnética por vía seca de material fino, el suministro del mineral con ayuda de un alimentador vibratorio en caso de alimentación inferior debe mejorar el resultado de la separación.

Los separadores para el enriquecimiento en seco de los minerales fuertemente magnéticos más utilizados son:

El separador de polea con alimentación superior y sin agitación magnética se emplea para el enriquecimiento en seco de minerales fuertemente magnético de una grosura desde 10 - 20 hasta 100 – 200 mm, así como separador magnético de hierros, para extraer del material desmenuzado los objetos de acero casuales.

Los separadores de tambor con alimentación superior y sin agitación magnética sirven para enriquecer el material magnetita de una grosura de hasta 50 – 70 mm.

El separador electromagnético de tres tambores sirve para la separación de mineral de magnetita de la misma grosura que el anteriormente mencionado al igual que el separador de tambor con alimentación superior y agitación magnética.

Los separadores con campo fuerte para el enriquecimiento en seco de minerales débilmente magnéticos más utilizados:

El separador de rodillo en dos cascadas con alimentación superior para la desferrización de distintos materiales se emplea ampliamente en muchos países para la desferrización de las arenas cuarzosas y otros materiales y en menor grado, para el acabado de los concentrados de los minerales de metales raros.

El separador electromagnético con alimentación inferior se emplea principalmente para el acabado en seco de los concentrados de minerales de metales raros.

Al elegir el tipo de separador es recomendable guiarse por susceptibilidad magnética del mineral que se extrae, la grosura del mineral a enriquecer y las condiciones concretas de funcionamiento del separador. El rendimiento de los separadores magnéticos se determina por muchos factores, los principales de los cuales son: grosura del mineral, susceptibilidad magnética de las partículas magnéticas extraídas y el contenido de éstas en el mineral.

El análisis magnético del mineral se emplea para controlar el proceso de enriquecimiento magnético. El análisis magnético se realiza en pequeños modelos de separadores industriales y en analizadores especiales.

El enriquecimiento magnético de los minerales de magnetita, sin tener en cuenta la trituración y el desmenuzamiento y otras operaciones auxiliares, resulta relativamente barato, puesto que el rendimiento de los separadores es alto y el consumo de energía por 1t de mineral enriquecido es pequeño, particularmente al emplear separadores con imanes permanentes.

II. Materiales y Métodos.

- a) Muestra de NiO en polvo.
- b) Masa cerámica.
- c) Esmalte cerámico.
- d) Separación magnética seca.
- e) Ensayo de pigmentación.
- f) Observación al microscopio.
- g) Analizador magnético OT – 3.
- h) Horno de cámara horizontal.
- i) Microscopio МБС – 90.

II.1. Selección y preparación de las muestras.

De una muestra de aproximadamente 20,0 kg de NiO entregada por el Grupo Técnico de la ECG en 4 bolso de aproximadamente 5,0 kg cada uno de los que se seleccionaron 100,0 g para conformar la muestra de estudio de 400,0 g. Los mismos se homogeneizaron y por cuarteos sucesivos se seleccionaron las muestras para análisis químico y análisis magnético en el OT-3. Para determinar las características de las fracciones obtenidas en dicho equipo se seleccionaron muestras para: análisis químicos y ensayos de pigmentación.

II.2. Caracterización de las muestras.

II.2.1. Análisis químico.

Las fracciones cuyas cantidades de masas en g fueron suficientes para análisis químicos se prepararon muestras y se enviaron al laboratorio de control de la calidad de la Empresa ECG, donde se realizaron según las Normas Cubanas NC 621-1, NC 621-2 y NC 621-3. En los casos que las masas eran insuficientes las cantidades de los elementos se realizó por cálculo. La muestra inicial se preparó por triplicado.

II.2.2. Análisis granulométrico.

La determinación de las características de grosor de la muestra de trabajo se realizó por vía seca, en el laboratorio de control de la calidad del Centro de Investigaciones Siderúrgicas, por la instrucción IL-2. “Ensayos granulométricos”, inherente al CIS y redactadas de acuerdo a las normas UNE- 7 – 050-85/1 y NC-602: 2008” /12/.

II.3. Determinación de las fracciones magnéticas.

Se planificó trabajar a: tres distancias entre los polos del separador magnético (2,50; 3,125 y 3,75 mm) y cinco intensidades de corriente (0,50; 1,00; 2,00; 2,50 y 3,50 A) siendo estas proporcionales a las intensidades del campo magnético inducido (kA/m) que se genera. En total se planificaron 45 ensayos por triplicado para separar la fracción magnética presente en el polvo de sinter de la planta Comandante Ernesto Che Guevara, la masa de muestra para cada ensayo fue de 5 g, en los casos que: la cantidad de muestras para análisis químico era insuficiente o no se reprodujeran los rendimientos en pesos de las fracciones, se realizaron replicas adicionales.

Como resultado se tienen las curvas y las ecuaciones que describen la dependencia del rendimiento en peso de la fracción magnética en función de la intensidad del campo magnético inducido (Fig.4) y las curvas y las ecuaciones que describen la dependencia del rendimiento en peso de la fracción magnética en función de la altura del polo del campo magnético inducido (Fig.5).

II.3.1 Descripción de OT- 3.

El separador magnético OT – 3 es un electroimán para realizar pruebas en seco, a distintas intensidades del campo magnético, a escala de laboratorio. El mismo fue fabricado por la firma Boxmag Rapad /13/.

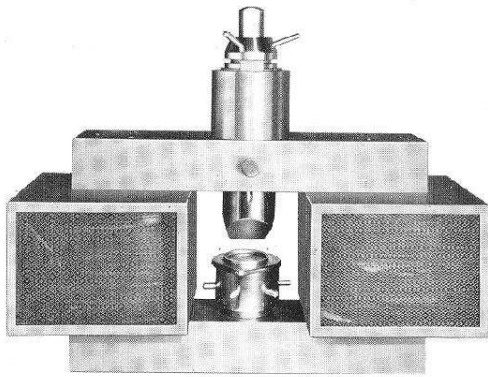


Fig. 1. Esquema de separador magnético OT – 3.

Este imán provee un método útil de laboratorio para compara fácilmente la atractabilidad de diversos minerales, y para pronosticar el grado probable de respuesta que se obtendría en maquinas industriales, tales como el Separador de disco Rápido Boxmag Tipo OG /13/.

II.3.2. Polo inferior:

El polo inferior esta fijo, y esta rodeado de un manguito no magnético, roscado al polo. En su posición de referencia, la parte superior del manguito esta al mismo nivel que la superficie del polo.

Al ajustar el manguito, su superficie superior se levanta por encima de la cara del polo 2,5 mm por cada giro completo. El manguito tiene 20,0 marcas de calibración en su circunferencia, dando medidas de aumento de 0,125 mm en altura sobre el polo.

Encima del manguito hay una bandeja de muestras, de acero inoxidable no magnético, de un espesor de 0,8 mm.

II.3.3 Polo superior:

El polo superior se ajusta por medio de un volante con dispositivo de inmovilidad. Cuando está bajando hasta tocar la superficie del polo inferior, la escala vertical registra cero. Un giro del volante levanta el polo 2,5 mm y la rueda tiene 20,0

marcas de calibración en su circunferencia, dando un aumento de 0,125 mm en espacio de aire total entre los polos.

Intensidad del campo magnético: varía proporcional a la intensidad de corriente suministrada a las bobinas del electroimán y a la distancia entre los polos. En la siguiente tabla se reflejan las intensidades máximas del campo magnético para la máxima intensidad de corriente permitida, 6,0 A.

Tabla No. 2 Intensidad del campo magnético en dependencia de la distancia entre los polos.

Distancias entre los polos, mm	Intensidad máxima del campo magnético, kA/m.
1,5	1984,13*
4,0	1547,62
6,0	1309,52
10,0	992,06
15,0	730,16
25,0	507,94
50,0	317,46
70,0	222,22

* Para 5,0 A.

II.3.4 OPERACIÓN DEL EQUIPO:

1. Se coloca el manguito del polo inferior a la posición de referencia.
2. Se coloca el polo superior a aproximadamente 50,0 mm.

3. Se esparce una capa fina de mineral en la bandeja de muestras y se coloca la bandeja sobre el manguito.
4. Se conecta el imán y se ajusta la corriente a un valor adecuado. Se debe dejar 10,0 s para asegurarse de que la corriente ha llegado al valor máximo.
5. Se levanta la placa de la muestra a mano hasta que los materiales magnéticos se han atraído al polo superior. Se hace una nota de la posición aproximada de la placa sobre el manguito.
6. Se desconecta la electricidad y se baja la bandeja de muestra sobre el polo inferior
7. Se baja el polo superior la misma cantidad y se inmoviliza en posición
8. Se conecta la electricidad, se deja pasar 10,0 s y se levanta el manguito hasta que los materiales magnéticos se atraen. Se hace una nota de todas las lecturas por referencias posteriores.
9. La muestra debe esparcirse muy finamente sobre la bandeja de muestra.

II.4 Descripción del horno Nabertherm

El horno Nabertherm, modelo LH15/14, es de fabricación alemana /14/. Trabaja con 440 V de corriente alterna, trifásica, 60Hz de frecuencia y potencia de 8,0 W. La temperatura máxima que alcanza es de 1400⁰C. El mismo fue fabricado en el año 2008. Está dotado de control automático de temperatura que le permite ser regulada para tres rangos de la misma e igual cantidad de tiempo de retención en cada uno de dichos rangos.



Fig.2. Horno Nabertherm, modelo LH15/14.

II.5 Ensayos de pigmentación.

Para ello se prepararon 21 probetas de masa cerámica, suministrada por la Subdirección de Desarrollo de la Fábrica de Cerámica de San José de las Lajas, a lo que se le aplicó el esmalte blanco para muebles sanitarios con punto de fusión de 1200°C con los diferentes contenidos de pigmento en este caso NiO en polvo, y lograr concentraciones con: 0,0; 8,0 y 16,0 % del mismo dentro del esmalte /9/.

El criterio de selección del NiO que se añadiría como pigmento fue que el mismo perteneciera a muestras procedentes de ensayos donde se obtuvieran fracciones

magnéticas y no magnéticas con diferentes rendimientos en pesos. En la tabla No 3 del epígrafe No III 3 se identifican las muestras y los rendimientos en pesos correspondientes. En el caso de las probetas I y J los pigmentos se conformaron con la unión de los productos de las fracciones donde los rendimientos en pesos eran bajos y las masas de las muestras no fueron suficientes para realizar ensayos independientes, los rendimientos en pesos que se dan son los valores medios de las fracciones que se unieron. La probetas identificadas como blanco, se le aplico el esmalte sin adición de pigmento.

El esmalte al igual que la masa cerámica fue suministrado por la fábrica de San José de las Lajas. El mismo venía en forma de polvo, de coloración blanca. Por indicaciones del especialista en cerámica Triniño E. 2009 / / para los ensayos se preparó una emulsión de esmalte en agua en proporción de 2,0 g/ml de agua para lograr una densidad $1,80 \text{ g/cm}^3$, de la misma se tomaron 21 alícuotas de 10,0 ml y se le añadieron las cantidades de pigmento para lograr emulsiones con las concentraciones deseadas.

Las mismas se aplicaron por inmersión de las probetas en la emulsión (según indicaciones del especialista en cerámica), transcurridas 12 h se introdujeron en el horno para su cocción, el calentamiento del mismo fue gradual desde la temperatura ambiente hasta $1200 \text{ }^\circ\text{C}$, luego de un tiempo de retención de 0,5 h comenzó el enfriamiento gradual. Tanto en el calentamiento como en el enfriamiento del horno se procuró acercarse lo más posibles al perfil de temperatura que se muestra en la Fig. 3 el mismo se construyó a partir de los datos suministrado por el Grupo de Control de Calidad de la fábrica de cerámica y que corresponde al empleado en su laboratorio.

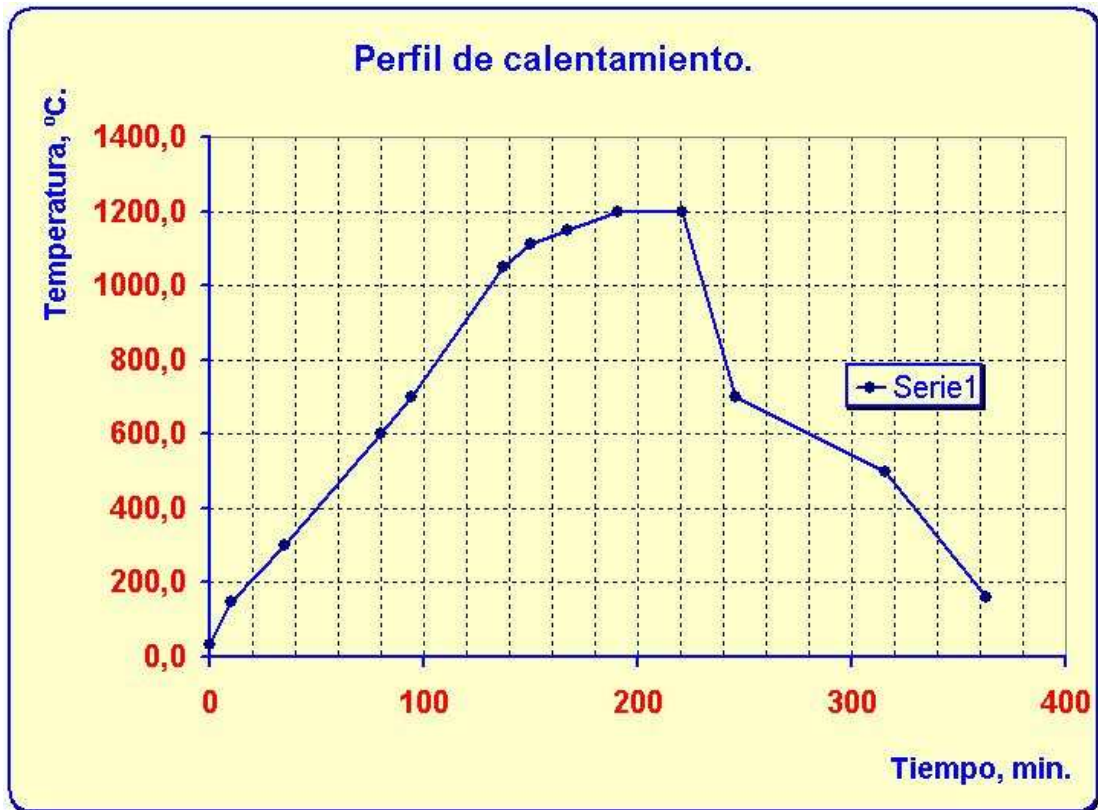


Fig. 3. Perfil de calentamiento del horno.

II.6 Análisis de resultados.

Para el análisis fraccional magnético se utilizó Microsoft Excel, que permitió construir los gráficos, obtener los modelos matemáticos. A las probetas cocidas se realizó análisis macroscópico y microscópico para determinar la: textura, brillos e intensidad de la coloración en las probetas cocidas, para el último se utilizó el microscopio MBC – 90 de fabricación soviética, el aumento fue X 14.

III. Análisis de resultados.

III.1 Caracterización del NiO en Polvo.

El NiO en polvo es de color gris con brillo metálico. El análisis granulométrico reveló que alrededor del 98,0% es inferior a 0,074 mm.

En la tabla No 4 se presentan las composiciones químicas de la muestra inicial y las de los ensayos, como se puede observar la primera se caracteriza por poseer contenidos de Fe y Co inferiores a los del sinter que se muestran en la tabla No 1 /10/, /11/.

III.2 Análisis magnético.

En los resultados del análisis químico a las diferentes fracciones se observa un ligero incremento de los valores porcentuales en los contenidos de Mn, en las fracciones magnéticas las de menores rendimientos en peso son las que poseen contenidos más elevados. Los contenidos de Co se incrementan inversamente proporcional al decrecimiento del rendimiento en peso independiente a que las fracciones sean magnéticas o no, siendo mayores en la fracción de menor rendimiento en peso. Los contenidos de Zn alternan entre las fracciones, no obstante son superiores en los casos que los rendimientos en pesos, de ambas fracciones, son más bajos. Por su parte los contenidos de Fe poseen igual comportamiento que los del Zn.

En las fig.4 se representan los rendimientos en pesos de las fracciones magnéticas en función de la intensidad de corriente eléctrica suministrada al devanado del electroimán para las tres alturas estudiadas. Como se puede observar para la máxima altura ($h = 3,75$ mm) hasta 2,50 A no es atraído material por el electroimán. Se puede ver que para la altura menor (2,50 mm), a partir de 2,60 A es atraído el 100,0% del NiO en polvo y igual valor se alcanza para $h = 3,125$ a partir de 3,00 A y a $h = 3,75$ a partir de 3,60 A. A las tres alturas en intensidades de 1,00 hasta 2,50 A se pueden obtener rendimientos en peso desde 10,00 hasta 95,00% según se desee, conjugando altura e intensidad.

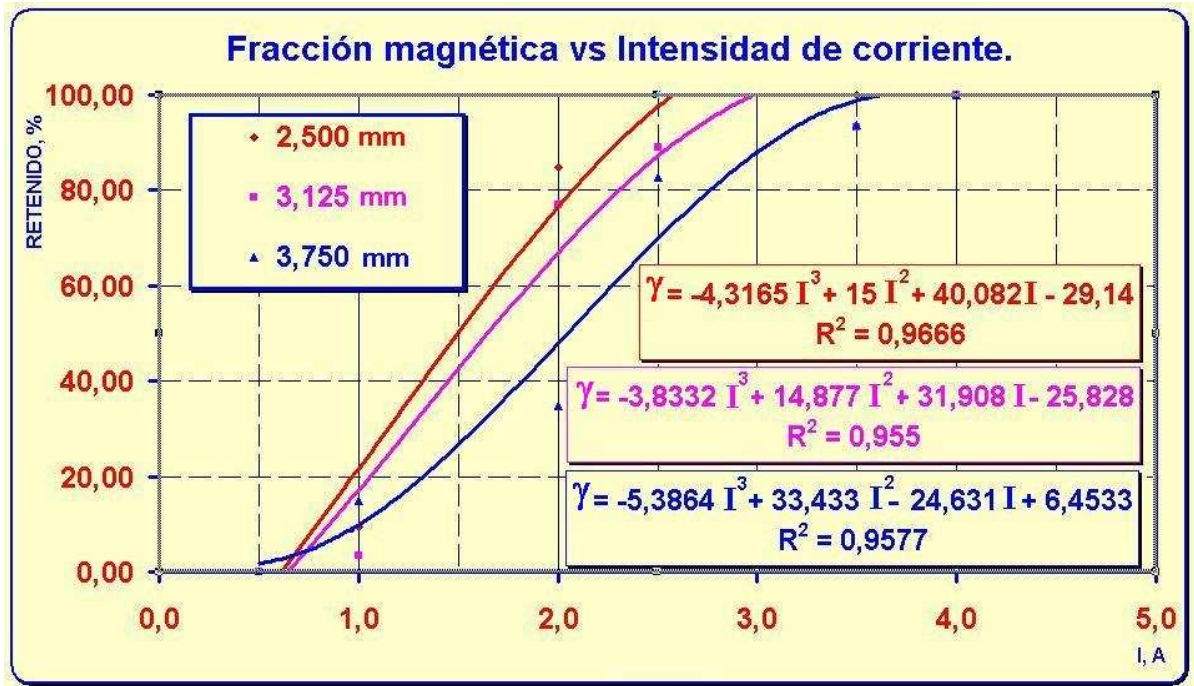


FIG. 4. Rendimientos en pesos de las fracciones magnéticas en función de la intensidad de corriente eléctrica.

En las fig.5 se representan los rendimientos en pesos de las fracciones magnéticas en función de las distancias entre el polo inferior y el superior (altura h) para las seis intensidades de corriente eléctrica suministradas al devanado del electroimán. Como se puede observar para la máxima intensidad ($I = 4,00$ A) a la altura de 3,60 mm es atraído el 100% del NiO y a 5,00 mm aproximadamente el 10,00%. Mientras que a la menor intensidad a alturas superiores a 3,10 mm no es atraído el más mínimo de muestra. A las restantes intensidades a la altura de 5,00 mm no se recupera fracción electromagnética.

Resumiendo se puede expresar que con un incremento de la intensidad de corriente desde 0,50 hasta 3,60 A se incrementa la cantidad de fracción electromagnética recuperada desde 0,00% hasta el 100,00%. Igualmente con un incremento de la distancia entre los polos desde 5,20 hasta 2,50 mm se incrementa la cantidad de fracción electromagnética recuperada desde 0,00% hasta el 100,00%.

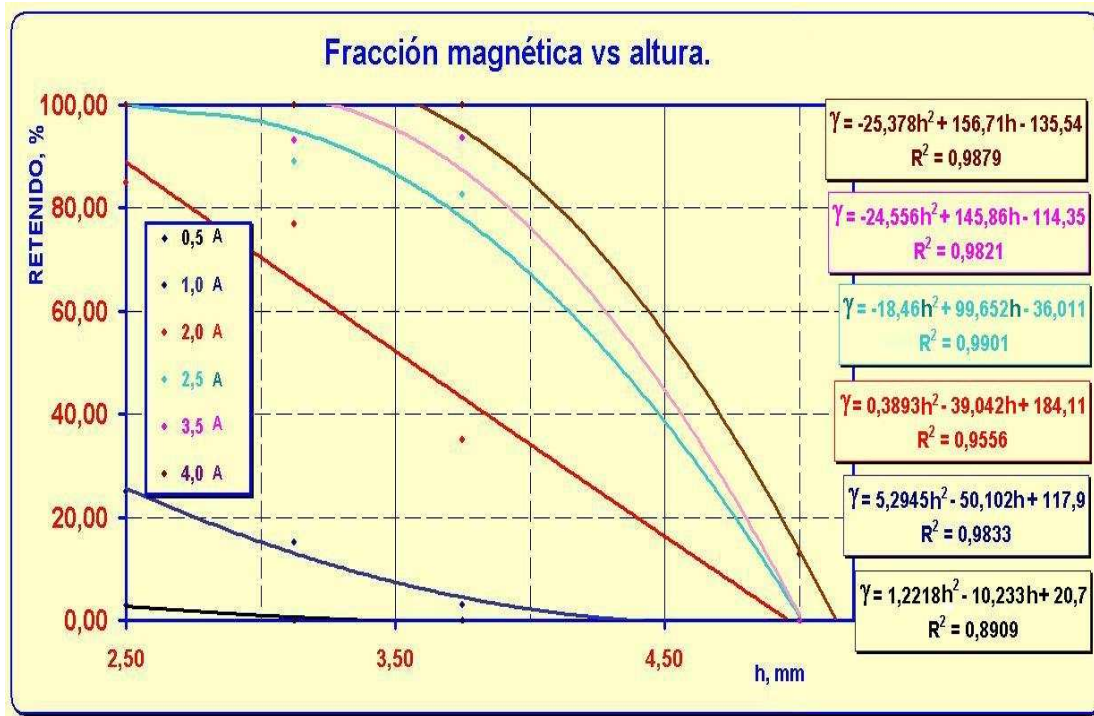


Fig. 5. Rendimientos en pesos de las fracciones magnéticas en función de las distancias entre el polo.

III.3 Ensayo de pigmentación.

En la tabla No 3 se muestran la identificación de las probetas para este ensayo, además se incluyen los rendimientos en peso de las fracciones del polvo de NiO que se añadió como pigmento. La foto No 1 muestra las probetas antes de introducirlas en el horno para su cocción, en las misma las marcadas con asterisco (*) son las que contienen 16,0% de NiO y las no marcadas 8,0% y la foto No 2 muestra las probetas dentro del horno durante el enfriamiento, ese momento la temperatura era de 750 °C.

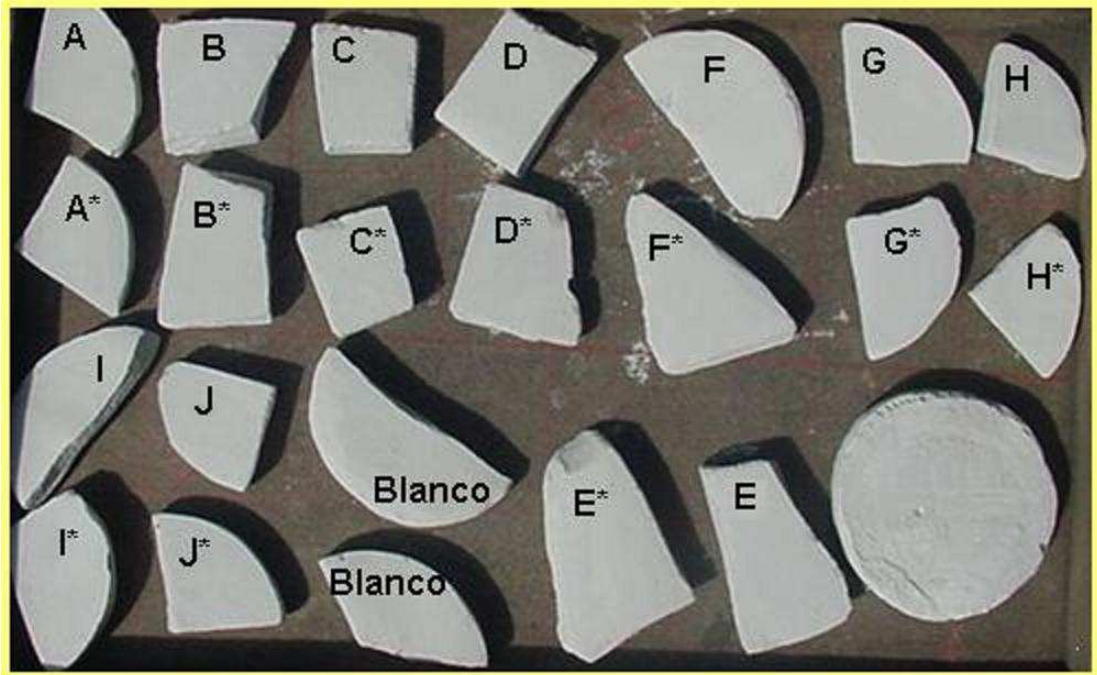


Foto No 1. Vista general de las probetas antes de introducirlas al horno.

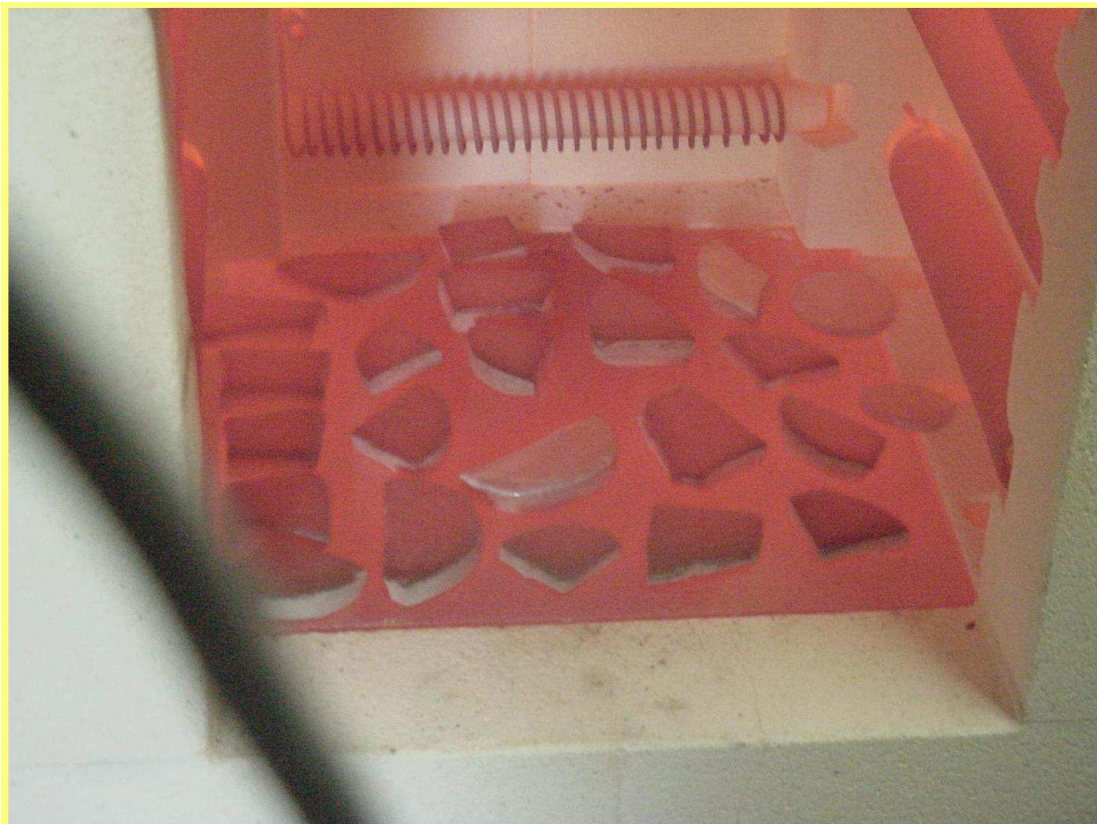


Foto No 2. Vista de las probetas dentro del horno a 750 °C.

Tabla No 3. Denominaciones de las muestras y rendimientos en peso de las fracciones utilizadas.

Fracciones, %			Elemento, %.	
Denominación	l, A	h, mm	Fracción	Salida
A	1	3,125	No Magnética	97,76
B	2	3,750	No Magnética	79,59
C	2	3,125	Magnética	75,89
D	-	-	Inicial	100,00
E	UM*	-	Magnética	20,61
F	4	5	No Magnética	79,19
G	2	3,125	No Magnética	23,13
H	4	5	No Magnética	91,25
I	UNM	-	No Magnética	15,08**
J	UM	-	Magnética	7,66***

** - Valor medio de la unión de cinco fracciones no magnética (UNM).

*** - Valor medio de la unión de cinco fracciones magnética (NM).

Como se puedes ver en la foto No 3, la observación macroscópica de las probetas manifestó que todas poseen una coloración beige, la diferencia esta dada por la intensidad de la coloración y textura: las probetas a las que se le suministro un 8,0% del pigmento NiO presentan un acabado con mejor textura, más brillantes y coloración más clara, a diferencia de las probetas a la que se le suministro el pigmento con un 16,0% presentan una superficie ligeramente rugosa, opacas y coloración beige más intensa.

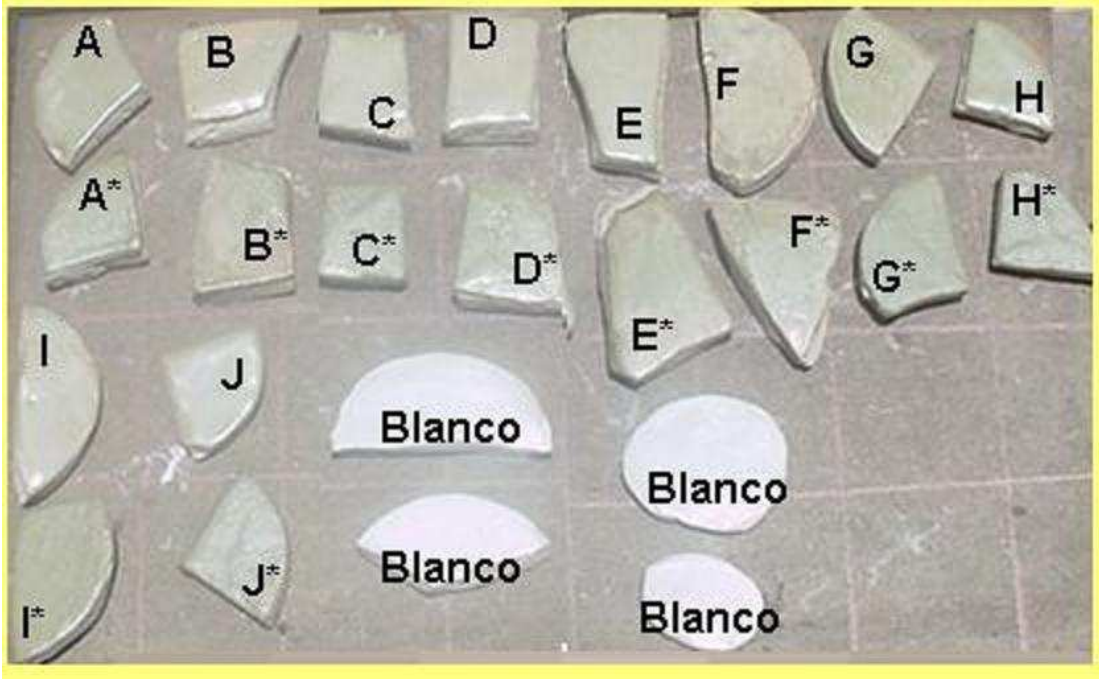


Foto No 3 Observación macroscópica de las probetas

Ejemplo de lo antes referido se puede ver que la muestra (A) presenta un mejor acabado superficial que la muestra (A*) que presenta una textura rugosa y es más opaca. Lo mismo ocurre con el resto de las muestras.

Tabla No. 4. Resultado de los análisis químicos.

No Muestra	Rendimiento, %.	Contenidos de elementos, %.				Recuperación, %.				
		Co	Zn	Fe	Mn	Co	Zn	Fe	Mn	
	Inicial	0,377	0,113	0,153	0,283					
4	9,52	M	0,725	0,240	0,090	0,315	18,33	20,17	5,59	10,59
5	90,48	NM	0,34	0,10	0,16	0,28	81,66	79,86	94,43	89,43
	100,00						99,99	100,03	100,02	100,01
6	84,82	M	0,34	0,10	0,16	0,28	76,56	74,86	88,53	83,83
7	15,18	NM	0,582	0,188	0,116	0,302	23,43	25,17	11,49	16,18
	100,00						99,99	100,03	100,02	100,01
14	14,99	M	0,70	0,13	0,12	0,30	27,78	17,50	11,30	15,99
15	85,01	NM	0,32	0,11	0,16	0,28	72,21	82,53	88,73	84,02
	100,00						99,99	100,03	100,02	100,01
16	34,95	M	0,48	0,10	0,12	0,33	44,73	31,13	27,89	40,31
17	65,05	NM	0,32	0,12	0,17	0,26	55,26	68,90	72,14	59,70
	100,00						99,99	100,03	100,02	100,01
18	82,60	M	0,34	0,13	0,16	0,31	74,55	94,77	86,21	90,38
19	17,40	NM	0,551	0,034	0,122	0,157	25,44	5,25	13,81	9,63
	100,00						99,99	100,03	100,02	100,01
20	93,62	M	0,33	0,12	0,16	0,29	82,01	99,16	97,71	95,83
21	6,38	NM	1,061	0,016	0,056	0,186	17,98	0,87	2,31	4,18
	100,00						99,99	100,03	100,02	100,01
22	12,76	M	0,559	0,136	0,108	0,306	18,93	15,33	8,97	13,79
23	87,24	NM	0,35	0,11	0,16	0,28	81,06	84,70	91,05	86,22
	100,00						99,99	100,03	100,02	100,01
24	3,40	M	1,418	0,208	0,248	0,378	12,80	6,24	5,50	4,54
25	96,60	NM	0,34	0,11	0,16	0,28	87,19	93,79	100,82	95,47
	100,00						99,99	100,03	106,32	100,01
26	76,87	M	0,35	0,11	0,16	0,31	71,42	74,63	80,23	84,11
27	23,13	NM	0,465	0,124	0,131	0,195	28,57	25,40	19,79	15,90
	100,00						99,99	100,03	100,02	100,01
28	89,12	M	0,36	0,11	0,16	0,31	85,17	86,52	93,02	97,52
29	10,88	NM	0,513	0,141	0,099	0,065	14,82	13,51	7,01	2,50
	100,00						99,99	100,03	100,02	100,01
30	93,20	M	0,36	0,11	0,16	0,3	89,07	90,49	97,27	98,69
31	6,80	NM	0,605	0,159	0,062	0,055	10,92	9,54	2,75	1,32
	100,00						99,99	100,03	100,02	100,01

M – Fracción magnética.

NM – Fracción no magnética.

Los resultados de la observación al microscopio óptico corroboran el análisis macroscópico, además se puede decir que las probetas que contienen el NiO procedentes de las fracciones donde los rendimientos en pesos de las fracciones

no magnéticas son superiores al 79,0%, las probetas que se les añadió 8,0% de pigmentos, los esmaltes toman las coloraciones más claras. Mientras que las probetas que contienen el NiO procedentes de las fracciones donde los rendimientos en pesos de las fracciones magnéticas son inferiores al 20,6% para igual concentración de pigmentos los esmaltes toman las coloraciones más oscuras.

III.4 Propuesta de alternativa para la separación de la FM, presente en el NiO en el polvo.

De lo visto en el acápite anterior se desprende que los mejores resultados se obtienen cuando el rendimiento de la fracción magnética se encuentra entre 20,60 y 7,66%, valores que se obtienen cuando se trabaja con intensidad de corriente entre 0,90 y 1,20 A, para distancia entre los polos del separador magnético entre 3,00 y 5,00 mm.

Por lo que el esquema recomendado (figura 6.) comprende: recepción del polvo recuperado en el sistema de recolección de polvo en una tolva, alimentación a un separador magnético de banda, envasado del producto no magnético y retorno del producto magnético al proceso de sinterización como se hace normalmente en la planta ECG /15/.

Polvillo recuperado en el sistema de recolección de polvo.

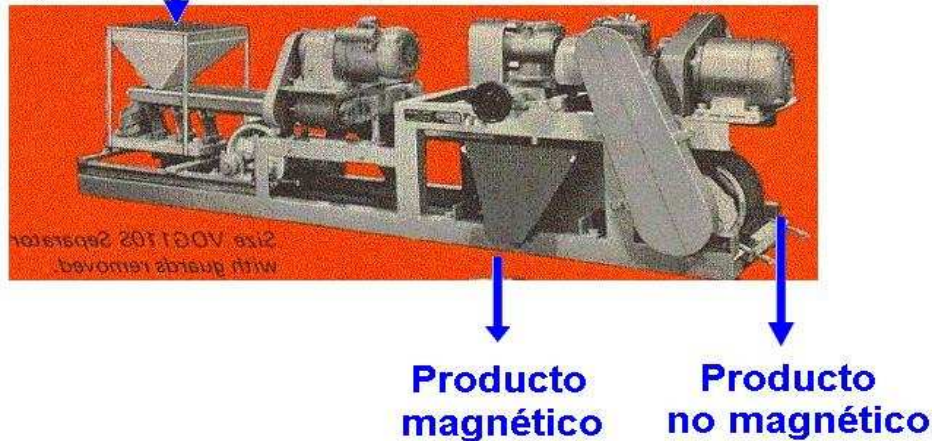


Fig. 6. Esquema propuesto para la separación magnética.

III. Evaluación económica y ambiental.

Prefactibilidad económica.

Este trabajo con vista a mejorar las características del polvo de NiO de la planta Ernesto Che Guevara, para su empleo como pigmento cerámico, teniendo en cuenta que dicho producto se obtiene en el sistema de recolección de polvo de la planta de sinter de la empresa ECG, parte del mismo se comercializa para dicho fin y el resto se incorpora al proceso, el análisis económico preliminar muestra las siguientes ventajas:

1. De no comercializarse se reincorporaría al proceso con los consiguientes gastos adicionales de reprocesamiento.
2. Al precio actual del níquel en el mercado mundial 14375.00 USD/t*, considerando que el óxido de níquel posee 90,00% Ni se estarían ingresando 12937,50 USD/t de polvillo vendido como pigmento cerámico. * 5 de junio de 2009.

Preevaluación de impacto ambiental.

En Cuba la ley medio ambiental presupone la minimización de residuos con vista a incorporar el factor ambiental a las empresas, la minimización de la producción más limpia, el reciclaje de residuos, y el establecimiento de criterios técnicos, económicos y ambientales para seleccionar las alternativas de minimización de residuos más adecuados.

Las preocupaciones por los problemas ambientales han desbordado el mundo académico, científico o de un determinado sector de la población para constituirse en un tema de interés de cada vez más actores sociales / 7/. En estas reflexiones no han estado ausentes las meditaciones sobre el concepto de Producción Más Limpia (P+L). El impacto ambiental es el elemento esencial a la hora de calificar una acción dentro del concepto de P+L y exige de especialistas y técnicos la incorporación de la dimensión ambiental en su labor, con todo lo que ello significa de conocimiento y dominio de los conceptos y principios de la gestión ambiental. Al estudiar el Derecho Ambiental cubano, resulta evidente la presencia en su legislación, de disposiciones que contribuyen a disminuir la carga contaminante en función de reducir los riesgos a la vida humana y el medio ambiente, sin que necesariamente haga alusión expresa a la P+L. La tutela legal que nos brindan tanto la Ley 81 como la Resolución 77 de 1999 del CITMA, para trabajar en función de la P+L, en los sectores productivos y de servicios no es suficiente. El logro de una mayor instrumentación en la legislación ambiental nacional, de las Producciones Más Limpias es una labor compleja, pero posible /18/.

III.I Ley Nº 81 "Ley del Medio Ambiente"

La Ley del Medio Ambiente tiene como objeto establecer los principios que rigen la política ambiental y las normas básicas para regular la gestión ambiental del Estado y las acciones de los ciudadanos y la sociedad en general, a fin de proteger el medio ambiente y contribuir a alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible del país /17/.

III.2 Resolución 77/99 " Reglamento del Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental"

La Resolución no.77/99 (antigua 168 de 15/9/95) pone en vigor el reglamento para la realización y aprobación de las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA) y el otorgamiento de las licencias ambientales y establece los procedimientos para su ejecución.

En esta resolución se define la EIA como un proceso sistemático de Estudio y Evaluación multidisciplinaria, para identificar, predecir, evaluar e informar de los efectos sobre el medio ambiente de una obra o proyecto, e incluye la explicación detallada sobre sistema de monitoreo y las medidas que deben ser evaluadas para evitar o disminuir los efectos negativos o realzar los positivos según proceda/17/.

Este trabajo constituye en sí una contribución a la mitigación del impacto ambiental ocasionado por la planta ECG, ya que se trata de comercializar un material que se rescata en el sistema de recuperación de polvo en dicha planta, que de no comercializarse, cierto que puede ser recirculado al proceso, pero como se explicó tal acción conllevaría al gasto adicional por reprocesamiento, además por su fina granulometría se corre el riesgo de que parte del mismo vuelva a escapar con los gases y se caería en un ciclo cerrado de recirculación.

Conclusiones.

- Las características mínimas que debe cumplir un pigmento cerámico, es que sus componentes químicos deben ser estables a alta temperatura, y estables en el vidrio fundido, dando coloración al esmalte.
- El NiO en polvo es de color gris con brillo metálico, caracterizado por su fina granulometría, alrededor del 98,0% es inferior a 0,074 mm. Los contenidos medios de Co, Zn, Fe y Mn son: 0,377; 0,113; 0,153 y 0,283% respectivamente.
- El la recuperación de la fracción magnética varía desde 0,0% hasta 100,0% en función de la intensidad del campo y la altura del polo magnético. Las fracciones magnéticas muestran mayores contenidos de Mn que las no magnéticas, mientras los contenidos de Co, Fe y el Zn son mayores en las fracciones de menor rendimiento en peso independiente a que sean magnéticas o no.
- Las probetas después de la cocción mostraron una coloración beige, a las que se le suministro un 8,0% del pigmento NiO presentan un acabado con mejor textura, más brillantes y coloración más clara, que las que contienen un 16,0%.
- Para rendimientos en pesos de las fracciones no magnéticas superiores al 79,0%, las probetas que se les añadió 8,0% de pigmentos, los esmaltes toman las coloraciones más claras. Mientras de las fracciones donde los rendimientos en pesos de las fracciones magnéticas son inferiores al 20,6% los esmaltes toman las coloraciones más oscuras, valores que se obtienen cuando se trabaja con intensidad de corriente entre 0,90 y 1,20 A y distancia entre los polos del separador magnético entre 3,00 y 5,00 mm.

Recomendaciones.

Realizar ensayos a mayor escala, el equipo a emplear pudiera ser el separador de discos electromagnético de alta intensidad (desde 238,85 hasta 1592,36 kA/m) del tipo VOG1.15S, que sirve para procesar materiales sólidos secos con granulometría inferior a 10 mm y permite regular la altura de trabajo desde 2,00 hasta 10,00 mm.

BIBLIOGRAFÍA.

1. DERKACH G. Métodos especiales de enriquecimiento de minerales. Ed. Vnestorgizdat. Moscú. 1981.
2. HERNÁNDEZ E. S. et al. Metalurgia Extractiva de Minerales Oxidados de Níquel. Instituto Cubano del Libro. La Habana. 1974.
3. MITROFÁNOV S I et al. Investigación de la capacidad de enriquecimiento de los minerales. Ed. Mir. Moscú. 1982.
4. RAZUMOV K. A., PEROV V. A. Proyectos de fábricas de preparación de minerales. Ed. Mir. Moscú. 1982.
5. TRINIÑO E. información oral 25/05/09 San José de las Laja. 2009.
6. WILL B. A. Tecnología de procesamiento de minerales. Ed. LIMUSA. México. 1987.
7. ____ Libro blanco de minimización de Residuos y Emisiones de Escoria de Acería. Colectivo de autores. IHOBE, S. A. Comunidad Autónoma del País Vascos.
8. ____ Correo enviado por el Ing. Gerardo Menés Vuelta a Emilio Leyva Ramírez, en Fecha: 04/20/2009 03:05 PM.
9. ____ Entrevista al tecnólogo de la fábrica de cerámica de San José de las Lajas. 26 de mayo de 2009. La Habana. 2009.
10. ____ Norma Cubana NC 621-1,
11. ____ Norma Cubana NC 621-2, 621-3.
12. ____ Norma Cubana NC UNE- 7 – 050-85/1 y NC-602: 2008”
13. ____ Manual separador magnético OT-3. Boxmag Rapid. Londres. 1985.
14. ____ Manual Horno Nabertherm. Alemania. 2008.
15. ____ Manual separador magnético VOG1.15S. Boxmag Rapid. Londres. 1985.

16. _____ METALES INDUSTRIALES - Comentario y estadísticas [en línea] <http://es.mg40.mail.yahoo.com/dc/blank.html?bn=1277.43&.intl=es#s2> [Consulta: 19 de junio de 2009].
17. _____ Resolución. [en línea] www.medioambiente.cu [Consulta: 19 de junio de 2009].
18. _____ La presencia de la concepción de producción más limpia en la legislación ambiental cubana. [en línea] www.cubaindustria.cu [Consulta: 19 de junio de 2009].
19. _____ Oxido de níquel: Pigmentos cerámicos, recubrimientos electrolíticos, catálisis. [en línea] <http://www.reptec.com.mx/productos.swf> [Consulta: 11 de mayo de 2009].
20. _____ www.slideshare.net
21. _____ www.invenia.es
22. _____ www.quiminet.com.
23. _____ ceramica.wikia.com
24. _____ Pigmento cerámico (*quimred.fq.uh.c*) *imre.oc.uh.cu*
25. _____ www.otec.com.es/typo3cms/magnetische_separierung
