

# DESARROLLO DE MATERIALES COLOREADOS A PARTIR DE DESECHOS SÓLIDOS DE LA INDUSTRIA MINERO METALÚRGICA UTILIZABLES COMO PIGMENTOS



<http://opn.to/a/FKYPe>

## DEVELOPMENT OF COLORED MATERIALS FROM SOLID WASTES AND ORES IN MINING AND METALLURGY INDUSTRY USED AS PIGMENTS

Esteban L. Alfonso Olmo <sup>1</sup>, Giselle Valdivia García <sup>1</sup>, Roxana Arango Winograd <sup>1</sup>,  
Alfredo Toledo Sanchez <sup>1</sup>, Lidia Calzada Gonzalez <sup>1</sup>, Aida Falcón Mendoza <sup>1</sup>, Sabino  
Porro <sup>1</sup>, Bárbaro Quiala Ramirez <sup>1</sup>, Ana Teresa <sup>1</sup>, Consuegra Artiles <sup>2</sup>, Eduardo  
Trimiño Cruz <sup>2</sup>, Justina Serrano Lavastida <sup>3</sup>, Mylai Sacassa López <sup>4</sup>

**RESUMEN :** Pigmento -palabra proveniente del Latín pigmentum- es un material que cambia el color de la luz que refleja o transmite como resultado de la absorción selectiva de la luz según su longitud de onda. Para el desarrollo de los pigmentos inorgánicos se utilizaron desechos sólidos (colas) y minerales de las empresas Geo - Mineras del Grupo Geominsal y de las empresas niquelíferas Pedro Soto Alba (Moa Nickel) y Ernesto Che Guevara. Los productos elaborados caracterizados por análisis granulométrico, análisis químico, análisis térmico diferencial (ATD), análisis termo gravimétrico (TG) y Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) fueron evaluados a nivel de laboratorio por especialistas de distintas empresas como son : Empresa de Pinturas Vitral, Empresa de Cerámica Santa Cruz, Empresa de Hormigón y Terazza (HORTER) y la Empresa de Cerámica blanca de San José de las Lajas. Se desarrollaron por la vía química distintos yesos coloreados con distintos matices de rosa vieja, gris y beige. Se obtuvieron también pigmentos naturales por mezclas de distintos materiales desarrollándose distintas variedades de colores.

**Palabras clave:** Pigmentos, yeso.

**ABSTRACT:** Pigment - word coming from the latin pigmentum is a material that changes the color of the light that reflects or transmits as a result of the selected absorption of light in dependence of their wave length. Pigments can be classified in two big groups: organic and inorganic accordingly to their chemical composition. In order to develop the inorganic pigments solid wastes and ores (tailings) from Geo-Minsal group mining enterprises and nickel enterprises Pedro Soto Alba (Moa Nickel) and Ernesto Che Guevara was used. The obtained products characterized by particle size analysis, chemical analysis, DTA and TG termogravimetric analysis and electronic microscopy barren analysis (MEB) were evaluated on laboratory scale by specialists from different enterprises as Vitral Painting Enterprise, Santa Cruz Ceramic Enterprise, Concrete and terrazzo Enterprise (HORTER) and San Jose de las Lajas White Ceramic Enterprise. Gypsum samples with different blending colors of old rose; gray and beige were developed by chemical procedures. Natural pigments with different blending colors were accomplished by mixing different materials.

**Keywords:** Pigment, gypsum.

Recibido: 13/03/2018

Aprobado en su forma original: 12/11/2018

<sup>1</sup>Centro Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica, CIPIMM, Carretera Varona No.12028, km 1½, Boyeros, La Habana, Cuba, CP 10800, [esteban@cipimm.minem.cu](mailto:esteban@cipimm.minem.cu)

<sup>2</sup>Cerámica Blanca de San José de las Lajas, Cuba

<sup>3</sup>Empresa Horter de Las Guasimas, Cuba

<sup>4</sup>Asociación Cubana de Artesanos y Artistas (ACAA), Cuba

## INTRODUCCIÓN

En toda explotación minero metalúrgica siempre existen residuos sólidos acumulados en represas en cantidades que dependen del contenido y del nivel de extracción de los metales. En nuestro país las mayores cantidades de residuos mineros (colas) se encuentran localizados en la costa Norte de la provincia de Holguín más de 200 millones de toneladas provenientes de la industria del níquel (Hernández y Castellanos, 1974) constituyendo de por sí grandes reservas de hierro. Le sigue en cantidad, las colas de Mina Grande del Cobre de la empresa Geominera de Oriente acumuladas en 2 depósitos con un total de 1.68 millones de toneladas ([Montejo y Fernández, 1998](#)). Recientemente se ha comenzado la explotación del yacimiento polimetálicos de Castellanos en Pinar el Río por una empresa mixta la cual está generando volúmenes desechos de piritas de hierro notables y finalmente la empresa Geominera Camagüey produce en cantidades limitadas un material fino de cromita desechado de la producción del rajón de exportación en el establecimiento Cromita Camagüey.

Un pigmento es una [materia](#) colorante que se caracteriza por dar un tono específico (verde, amarillo, rojo, etc.) El efecto de un [color](#) específico ocurre porque el pigmento tiene la propiedad de absorber todos los [colores](#) de la [luz](#) menos uno, el cual refleja hacia el observador. Por ejemplo, el color azul absorbe el rojo, el verde, el amarillo, pero no el azul, el cual refleja hacia nuestro ojo, y por ello lo vemos de ese color.

Una propiedad importante de los pigmentos es que por definición son insolubles, por lo tanto no pueden ser disueltos en los líquidos comunes (pueden ser dispersados, pero no disueltos). Esta propiedad de los pigmentos los diferencia de los colorantes, también conocidos como tintes o anilinas, los cuales son materias colorantes cuya característica es ser solubles en cierta base, usualmente agua o [grasas](#) (por lo que se llaman hidrosolubles o liposolubles).

### Clasificación.

Los pigmentos pueden clasificarse, según su composición [química](#), en dos grandes [grupos](#):

- a. Orgánicos
- b. Inorgánicos.

Los pigmentos orgánicos son aquellos que en su composición química contienen [carbono](#) (C), mientras los pigmentos inorgánicos no lo contienen.

Fuera del contenido de carbón de los pigmentos orgánicos y los inorgánicos, la única diferencia en [comportamiento](#) es que, generalmente, los pigmentos orgánicos tienen mayor [poder](#) tintóreo (colorean más) y tonos más limpios que sus contrapartes inorgánicas. Hasta hace algunos años existía la creencia de que los pigmentos orgánicos eran los más [seguros](#), mientras los inorgánicos podrían representar [riesgos](#) para la [salud](#), sin embargo hoy sabemos que no hay distinción alguna sobre cuales puedan ser más o menos seguros según sean orgánicos o inorgánicos (Reyes, 2010).

### Tamaño de partícula.

El tamaño de la partícula afecta el [desempeño](#) de un pigmento en dos comportamientos: poder tintóreo y dispersión.

Un pigmento finamente molido aumenta poder tintóreo, es decir, su capacidad de colorear, porque al reducir el tamaño de partícula aumentamos el área superficial de cada parte del pigmento. Reducir el tamaño de la partícula significa que si midiéramos el área de cada partícula, mientras más pequeñas sean su número aumenta exponencialmente, aumentando el área que es capaz de colorear, y por lo mismo, aumentando su poder tintóreo.

<http://es.wikipedia.org/wiki/pigmento>

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. Los pigmentos pueden retardar la corrosión y actúan como inhibidores de los hongos.

### Pigmentos inorgánicos.

Caracterizados por no contener carbón en su composición. El poder tintóreo, su capacidad de "pintar" es en general menor a la de los pigmentos orgánicos.

Los pigmentos inorgánicos sintéticos de alta pureza generalmente son importados, siendo algunos de los más conocidos los siguientes:

Amarillos de cadmio. Hechos a base de sulfuro de cadmio, muy resistente a la temperatura (cerca de los 1000 C) aunque atacados por los ácidos fuertes.

Naranja molibdato. Conocido también como naranja de molibdeno es un cromato de plomo-molibdeno. Resistencia mediana a la temperatura, alta al intemperismo. Contiene plomo y molibdeno en su composición química.

Verde óxido de cromo. Muy resistente a la temperatura y al intemperismo, sumamente duro.

<https://definiciónde/pigmento>

El uso de pigmentos naturales como la piritita de Pinar del Río fue generalizado principalmente en la industria del vidrio generalmente en la confección de botellas en la fabricación de cervezas y de envases de medicamentos en la industria farmacéutica.

Con fines de comprobar las propiedades colorantes de pigmentos inorgánicos naturales, muestras de desechos y materiales de distintas fuentes de la industria minero-metalúrgica principalmente de las industrias del níquel y de la empresa Geomineras del Grupo Geominal fueron procesadas para su evaluación por distintas empresas como son Pinturas Vitral, Cerámica de Santa Cruz y Cerámica Blanca de San José, de Hormigón y Terraza (Horter) de las Guásimas y de la Asociación Nacional de Artesanos y Artistas de Cuba (ANAAC).

En este trabajo además de la confección de los pigmentos se desarrollaron trabajos en la obtención de yesos coloreados y de morteros de cemento coloreados.

#### **Objetivo general**

Desarrollar procedimientos que permitan la preparación de materiales coloreados naturales a partir de desechos y materiales de la industria minero - metalúrgica utilizables como pigmentos para diversos usos.

#### **Objetivos específicos**

Determinar las condiciones de preparación de los pigmentos y los principales parámetros en la confección de yesos coloreados y de morteros de cemento coloreados.

Evaluar de los productos obtenidos por distintas empresas y entidades.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Equipos:

- Estufa de secado
- Molino de bola, molino de anillos
- Equipo analizador de tamaño y distribución de partículas Horiba LA- 950V2
- Mezclador de partículas
- pH metro
- Reactor de acero inoxidable con baffles (6.0L)
- Agitador eléctrico con impelente
- Bomba de filtración al vacío
- Horno mufla
- Equipo para determinar DTA y TG de la marca NETZSCH, modelo STA 449 F3
- Microscopia Electrónica de Barrido

Muestras de desechos mineros y materiales

Cola represa de colas. Empresa niquelífera Pedro Soto Alba (Moa Nickel) ([Anexo 1](#))

Cola de represa de colas y Sulfuro de Ni +Co. Empresa niquelífera Ernesto Che Guevara ([Anexo 2](#))

Cola del depósito 1 de Mina Grande del Cobre. Empresa Minera de Oriente ([Anexo 3](#))

Mineral fino de cromita. Empresa Cromo Camagüey. Empresa Minera de Camagüey. ([Anexo 4](#))

### **Materiales y métodos**

#### **Materiales**

Caliza micronizada y Cal - Empresa Minera de Occidente

Reactivos

Ácido sulfúrico (d= 1.83)

#### **Métodos**

Todas las muestras de los desechos mineros (Colas) y materiales se trituraban, molían y pulverizaban a tamaños de partículas menores de 45  $\mu\text{m}$  100.0% para usos en pintura, cerámica, baldosas yesos coloreados.

En el caso de la preparación de morteros de cemento coloreados las muestras de desechos mineros eran de tamaños de 74  $\mu\text{m}$  95.0 - 100.0%.

Para la preparación de materiales coloreados, la mezcla se realizaba en un mezclador eléctrico de laboratorio

Los yesos coloreados se preparaban precipitando el yeso utilizando soluciones de ácido sulfúrico en presencia de colas en distintas concentraciones a temperatura ambiente con suspensión de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ó carbonato de calcio hasta la neutralización del ácido En todos los casos las suspensiones se filtraban en filtros al vacío y los yesos obtenidos eran secados en una estufa a 105.0 °C. a pesos constantes.

La evaluación de las distintas muestras como pigmentos en cerámica fueron realizadas por las empresas Cerámica Blanca de San José de las Lajas y por la Asociación Nacional de Artesanos y Artistas de Cuba (A.N.A.A.C.)

Las muestras de los desechos sólidos (Colas) de Moa Nickel, de los desechos del depósito 1 de Mina Grande del Cobre, de los finos Empresa Cromo Camagüey y del concentrado de sulfuros de Ni + Co de la Empresa niquelífera Ernesto Che Guevara fueron evaluadas en azulejos de la empresa Cerámica Blanca de San José de las Lajas utilizando dosis de pigmento de 0.4 y 2.0% a temperatura de cocido de 1060 °C.

Las muestras de Moa Nickel y de la Empresa Cromo Camagüey y sus mezclas también fueron evaluadas por la Asociación Nacional de Artesanos y Artistas de Cuba con dosis de 3.0 % de pigmento y 1100 °C de temperatura de cocido

En la empresa de Hormigón y Trazos (HORTER) de las Guásimas fueron evaluados los pigmentos de Moa Nickel, de la Empresa Cromo Camagüey y de la Empresa niquelífera Ernesto Che Guevara y sus mezclas en la fabricación de mosaicos con dosis de 1.0 y 3.0% de pigmentos

Para su evaluación en pinturas fueron preparados pigmentos que contenían Cola de Moa Nickel, de la Empresa niquelífera Ernesto Che Guevara, y de su mezcla con carbonato de calcio micronizado (1:3) y de la mezcla de yeso coloreado (P- 42) con carbonato de calcio micronizado (1:3)

En la evaluación de pigmentos para cerámica participó la empresa Cerámica Blanca de San José de las Lajas y la (A.C.A.A) y fueron evaluados los pigmentos desarrollados de las Colas de Moa Nickel, de la empresa Ernesto Che Guevara, de las colas de Mina Grande del Cobre y de los finos de la empresa Cromita Camagüey

Preparación de morteros de cemento coloreados.

Para este fin se mezclaban los pigmentos durante 10 minutos en un tambor mezclador los pigmentos con cemento gris y carbonato de calcio fino de la empresa minera de Occidente (EMO)

Influencia del pigmento en la obtención del yeso coloreado.

La presencia de pigmentos es en este caso el promotor del color y no afecta la sedimentación del yeso precipitado en la pulpa neutralizada. Teniendo en cuenta la calidad de los pigmentos de los desechos sólidos de la industria del níquel, el acceso a las fuentes de ácido sulfúrico y la cercanía de los depósitos de las colas, las pruebas se realizaron con los desechos de la empresa Moa Nickel y de la empresa Ernesto Che Guevara. A modo de comparación fueron realizadas pruebas con óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) grado reactivo.

Las muestras de los pigmentos convenientemente preparados se mezclaban en dos niveles de concentración y se procedía después a la neutralización con suspensiones de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  con densidad de 1.03 - 1.07, Una vez neutralizado el ácido se procedía a la filtración del yeso precipitado junto con el pigmento se lavaba con agua y se procedía a su secado en una estufa a 105.0 °C hasta peso constante.

Los precipitados secos se desmenuzaban y se caracterizaban mediante análisis químico, DTA y algunas muestras por microscopía electrónica de barrido (MEB).

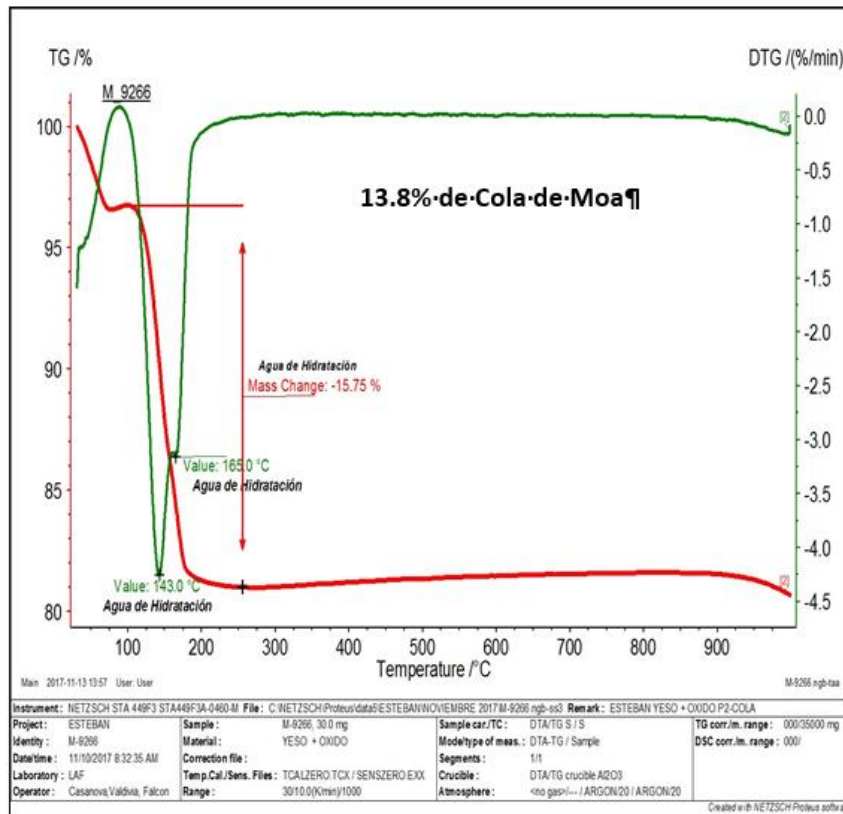
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Precipitación del yeso coloreado

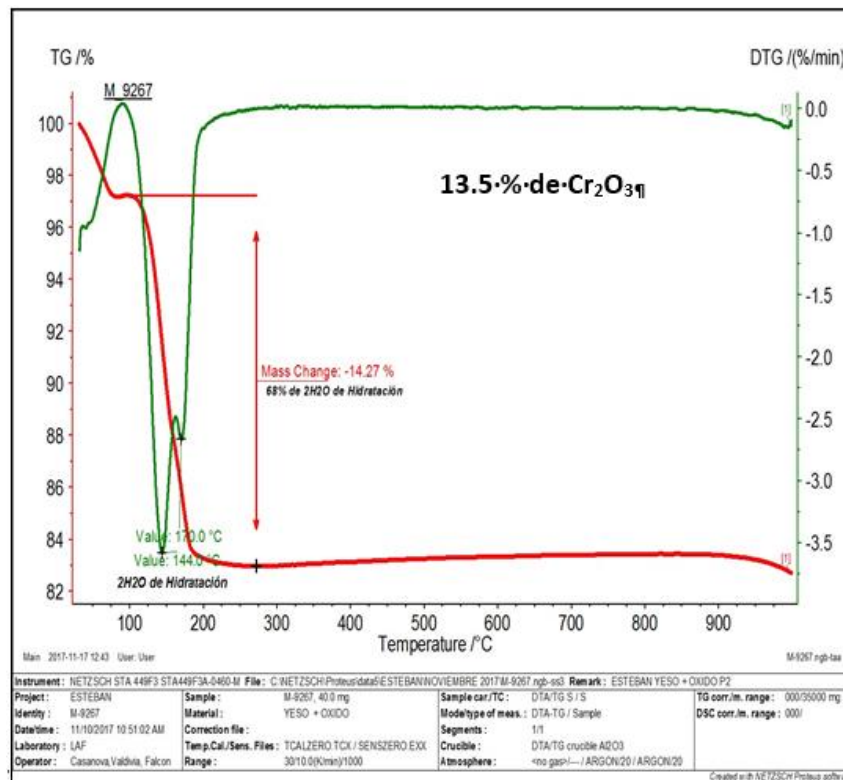
El tamaño de las partículas de las colas de Moa Nickel fueron determinadas por el equipo analizador de tamaño y distribución de partículas Horiba LA- 950V2 ([Anexo 2](#)).

El tamaño de partículas que componen la muestra analizada se encuentra en el rango aproximado entre 17.37  $\mu\text{m}$  y 0.25  $\mu\text{m}$ . El tamaño promedio de partículas es 3.85  $\mu\text{m}$ .

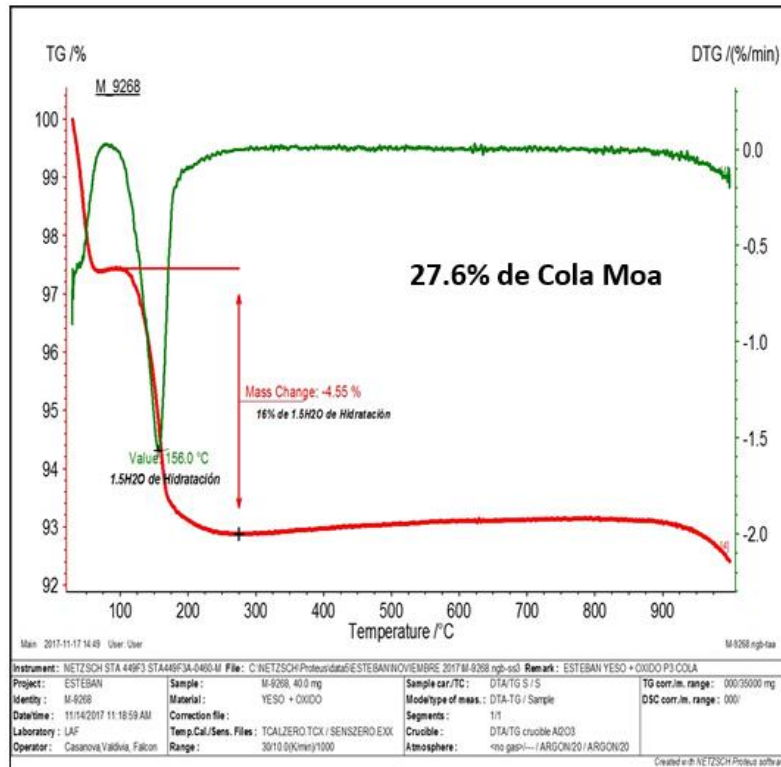
En las [figuras 1, 2 y 3, 4](#) se muestran los resultados de los termogramas de las muestras obtenidas de la precipitación del yeso en presencia de la cola de Moa Nickel y óxido de cromo



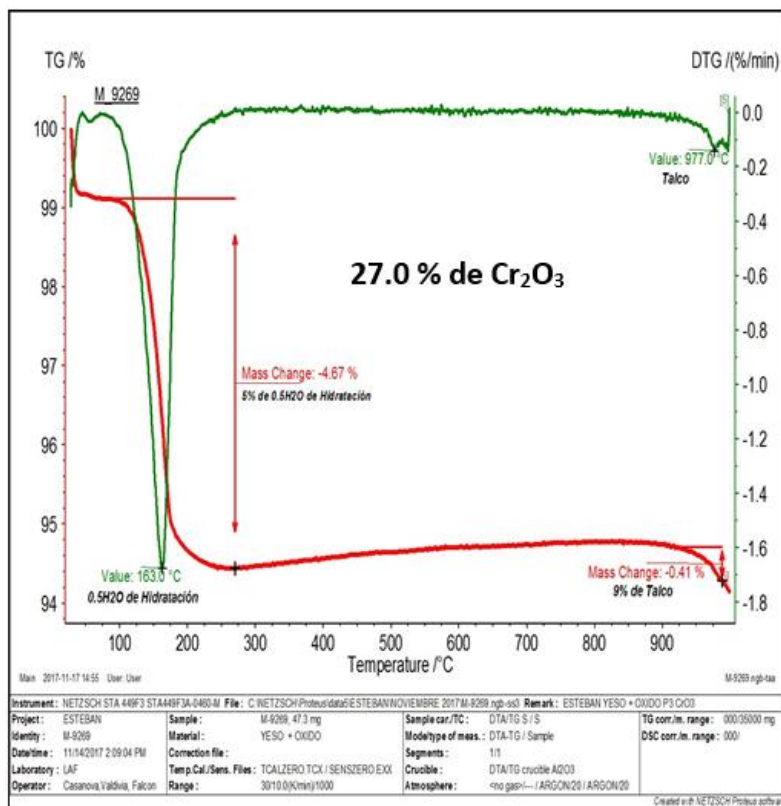
**Figura 1.** Precipitación del yeso  
 $\text{CaSO}_4 \cdot 1.65 \text{H}_2\text{O}$   
 Ca - 24.03%,  $\text{SO}_4$  - 55.14%



**Figura 2.** Precipitación del yeso  
 $\text{CaSO}_4 \cdot 1.49 \text{H}_2\text{O}$   
 Ca - 23.03%,  $\text{SO}_4$  - 53.14%



**Figura 3.** Precipitación del yeso  
 $\text{CaSO}_4 \cdot 0.48\text{H}_2\text{O}$   
 Ca - 20.96%,  $\text{SO}_4$  - 49.71%

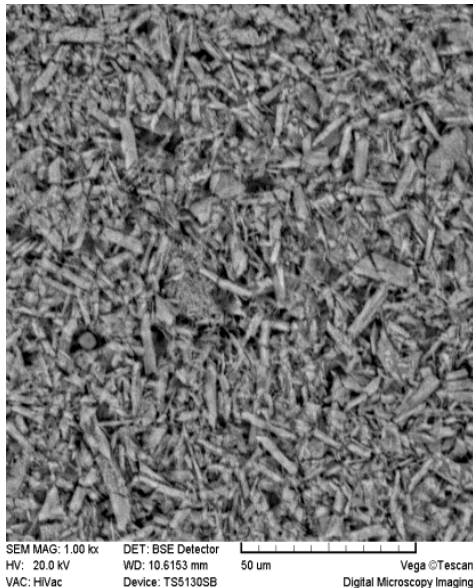


**Figura 4.** Precipitación del yeso  
 $\text{CaSO}_4 \cdot 0.49\text{H}_2\text{O}$   
 Ca - 18.51%,  $\text{SO}_4$  - 48.51%

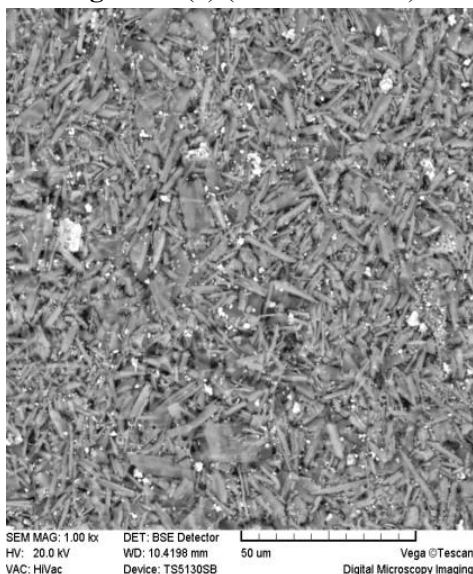
Los colores desarrollados con ambos pigmentos eran Rosa Vieja y Verde Hospital para las colas de Moa y para el óxido de cromo respectivamente.

Los termogramas de las [figuras 1](#) y [2](#) exhiben una señal propia de la doble deshidratación de la fase, donde (dos efectos endotérmicos característicos) manifiestan las pérdidas por deshidratación a) y b) en los rangos de temperaturas establecidos, lo cual permite corroborar la presencia de yeso (dihidratado)  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , 75% y 68% en contenido de dicha fase respectivamente

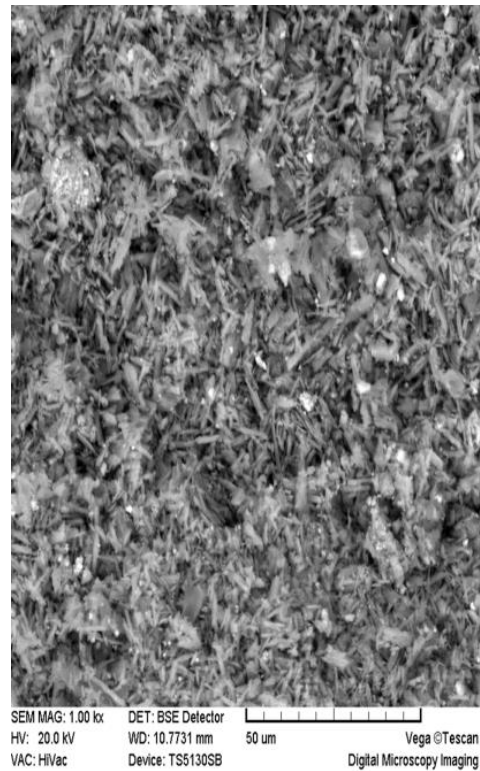
En las [figuras 3](#) y [4](#) se exhibe solo un pico endotérmico, éste está asociado a los moles de agua de hidratación del yeso, y a la deshidratación del  $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$  (hemidrato).



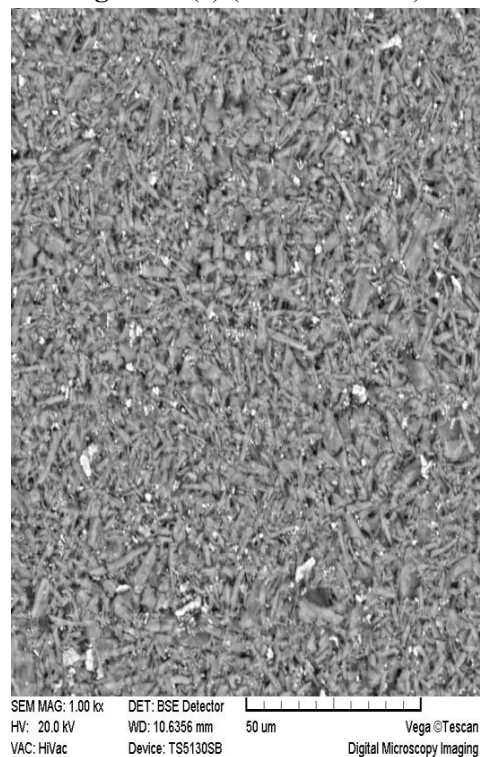
**Figura 1. (a)** (13.8% de Cola)



**Figura 2. (a)** (13.5% de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ )



**Figura 3. (a)** (27.6% de Cola)



**Figura 4. (a)** (27.0% de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ )

Para ambos compuestos y ambas concentraciones se observan cambios de masa similares 15.75 - 14.27% para la cola de Moa y el óxido de cromo y 4.57 - 4.27% para la cola de Moa y el óxido de cromo con concentraciones de

pigmentos de 13.8 - 13.5% y ,27.6 - 27.0% respectivamente

La influencia de la concentración de las colas de Moa y del óxido de cromo se manifiesta por los termogramas en las [figuras 1,2,3,4](#) donde la formación de la estructura del yeso hemidrato ocurre al aumentar la concentración de estos pigmentos durante el proceso de precipitación del yeso y queda confirmada por las [imágenes 1\(a\), 2\(a\), 3\(a\) 4\(a\)](#) del análisis de microscopía electrónica de barrido (MEB) realizado a las muestras con aumentos de 1000 veces.

En la [Fig. 5](#) se muestra el resultado del termograma de un yeso coloreado obtenido con el pigmento preparado con la cola de la empresa Ernesto Che Guevara al 34% observándose el mismo fenómeno que con las muestras anteriores

En las imágenes se observa en la muestras de yesos obtenidas con bajas concentraciones de pigmentos ([Fig.1\(a\)](#) y [Fig. 2\(a\)](#)) las formas de agujas alargadas características del yeso dihidratado. Ya en las imágenes con mayor concentración de compuestos ([Fig.3\(a\)](#) y [Fig.4\(a\)](#)) se observan cambios en las estructuras, distorsión de las estructuras en el caso de las colas [Fig.3\(a\)](#) y disminución del tamaño de las partículas en el caso del óxido de cromo ([Fig.4\(a\)](#)).

En el caso de la cola, este compuesto procede del tratamiento de un material natural (Laterita)

que aunque está constituido mayormente por óxido férrico (72%) contiene impurezas de otros compuestos no así el óxido de cromo utilizado que es puro. Lo que corrobora una interacción de ambas fases sólidas

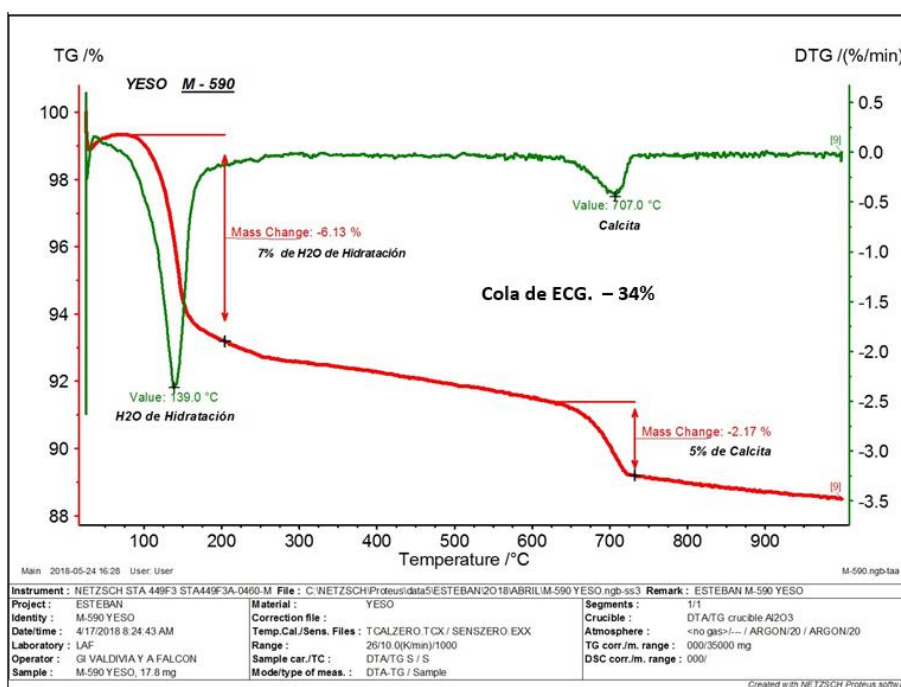
También en las muestras de los productos obtenidos secados todos a 105.0 °C fueron caracterizadas químicamente en contenidos de calcio y sulfatos corroborándose por cálculo el contenido de agua de cristalización de los yesos obtenidos.

De todo esto se concluye que la interacción de los pigmentos ensayados con el yeso se produce con el agua de cristalización de la molécula del yeso

En la [Fig. 5](#) se muestra el resultado con la cola de de la empresa Ernesto Che Guevara con contenido promedio en % Fe -43.00, Al -4.36, Cr -2.13, SiO<sub>2</sub>, - 12.00, Ni - 0.45, Co - 0.09, Mg - 4.40, Mn - 0.60.

El tamaño de las partículas de las colas de la empresa Ernesto Che Guevara fueron determinadas por el equipo analizador de tamaño y distribución de partículas Horiba LA- 950V2 ([Anexo 2](#))

El tamaño de partículas que componen la muestra analizada se encuentra en el rango aproximado entre 17.37 µm y 0.25 µm. El tamaño promedio de partículas es 3.85 µm.



**Figura 5.** Precipitación del yeso  
Ca = 20.97 %, SO<sub>4</sub> = 43.85 %

En la [figura 5](#) se exhibe solo un pico endotérmico, igual que en las muestras [Fig. 3](#) y [4](#) el cual está asociado a los moles de agua de hidratación del yeso.

Los colores desarrollados por este procedimiento están en dependencia de las concentraciones de los pigmentos utilizados, en estos ejemplos las tonalidades pueden ir del marrón al rosa vieja y del gris oscuro al gris pálido.

Las muestras de pigmentos evaluadas por la empresa Hormigón y Tarrazos (HORTER) de las Guásimas fueron:

Colas de la empresa Moa Nickel ([Anexo 1](#)), de la Empresa Cromo Camagüey ([Anexo 3](#)) El tamaño de las partículas que componen la muestra analizada se encuentra en el rango aproximado entre  $77.33\mu\text{m}$  y  $0.44\mu\text{m}$ . El tamaño promedio de partículas es  $10.29\mu\text{m}$  y la mediana es  $8.04\mu\text{m}$ . y de la Empresa niquelífera Ernesto Che Guevara ([Anexo 2](#))

Las muestras de pigmentos evaluadas por la empresa Cerámica Blanca de San José fueron:

Colas de la empresa Moa Nickel ([Anexo 1](#)), de la Empresa niquelífera Ernesto Che Guevara ([Anexo 2](#)), de los finos de la Empresa Cromo Camagüey ([Anexo 3](#)) el tamaño de las partículas que componen esta muestra se encuentra en el rango aproximado entre  $77.33\mu\text{m}$  y  $0.44\mu\text{m}$ . El tamaño promedio de partículas es  $10.29\mu\text{m}$  y la mediana es  $8.04\mu\text{m}$ , con contenidos promedio de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  -28.80 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 26.20%,  $\text{Fe}_2\text{O}$  - 10.70 % 6.81,  $\text{SiO}_2$  -7.06 %,  $\text{MgO}$  -19.10% de las colas de Mina Grande del Cobre de Santiago ([Anexo 4](#)) con contenidos promedio de  $\text{Cu}$  - 0.076%,  $\text{Fe}$  -6.81,  $\text{SiO}_2$  -74.08 %,  $\text{Ca}$  - 0.68% El tamaño de las partículas que componen la muestra analizada se encuentra en el rango aproximado entre  $77.33\mu\text{m}$  y  $0.76\mu\text{m}$ .

El diámetro promedio de partículas es  $10.99\mu\text{m}$  y la mediana es  $8.70\mu\text{m}$ .

y de una muestra de sulfuros calcinados a  $500^\circ\text{C}$  de  $\text{Ni} + \text{Co}$  de la empresa Empresa niquelífera Ernesto Che Guevara con un contenido promedio de  $\text{Ni}$  - 15.88%  $\text{Co}$  - .77%,  $\text{Fe}$  - 0.22% y  $\text{Cu}$  - 0.76%.

Los pigmentos evaluados por Cerámica Blanca fueron sometidos a los parámetros de cocción del horno industrial en la producción azulejos para

pisos ( $T= 1060^\circ\text{C}$ .) en pruebas con dosis del pigmento de 0.2 y 2.0%. Los desarrollados por todos los pigmentos muestran distintos matices de acuerdo a las dosis empleadas que van desde el carmelita oscuro hasta el beige y desde beige oscuro hasta el beige claro. Con relación a la muestra del pigmento constituido  $\text{Ni Co}$  y  $\text{Cu}$  en forma de sulfatos y óxidos el color desarrollado variaba en sus matices del azul grisáceo oscuro hasta un gris tenue.

Según opinión del especialista de la empresa todos los pigmentos evaluados desarrollan colores en los azulejos, los recomendados para la producción de azulejos para pisos son los de color beige desarrollados por la cromita de Camagüey, las colas de Mina Grande del Cobre y las colas de Moa.

Los pigmentos evaluados por artesano de la (A.N.A.A.C.) fueron:

Colas de la empresa Moa Nickel ([Anexo 1](#)), finos de la Empresa Cromo Camagüey y mezcla de ambos ([Anexo 3](#)) con dosis de pigmento utilizada de un 3% y temperatura de cocción de  $1100^\circ\text{C}$ . desarrollando color carmelita oscuro las muestras de Moa Nickel y de matices más claros la cromita Cromo Camagüey en piezas de cerámica.

Se comprobó la posibilidad de producir morteros de cemento coloreados con distintas tonalidades de color para su uso como repello fino en albañilería que permite obtener superficies coloreadas con mejor acabado y más resistentes los colores que las superficies pintadas.

Hasta el presente se han elaborado dos tipos de morteros de distintas tonalidades de los colores marrón y gris.

## CONCLUSIONES

Se ha comprobado la posibilidad de obtener pigmentos inorgánicos naturales a partir de los desechos sólidos de la industria minera - metalúrgica del país.

Los mejores pigmentos son los elaborados a partir de los desechos de la industria del níquel dada su homogeneidad en su composición química y su grado de fineza así como de los desechos acumulados de la industria del cobre (Mina Grande del Cobre)

Los distintos pigmentos elaborados ofrecen perspectivas de su aplicación en la industria cerámica, de pintura y de mosaicos.

Se han desarrollado procedimientos para la obtención de yesos coloreados de alta pureza utilizables en la construcción y como pigmentos en pinturas y mosaicos

Se han desarrollado procedimientos para la obtención de morteros de cementos coloreados utilizables para repello fino en albañilería

### **RECOMENDACIONES**

Continuar el proyecto con el desarrollo de las técnicas del fraguado de los yesos obtenidos con fines de su aplicación en yesos para moldeo en cerámica y en yesos dentales y ortopédicos

### **BIBLIOGRAFÍA**

Alfonso Olmo, Esteban. 2018. Procesamiento para obtener pigmentos a partir de las colas del proceso de lixiviación acida a alta presión (HPAL) de lateritas. No. de Solicitud de Patente 2018-0043.

Estrada, S.; Castellano, J. 1974. Metalurgia Extractiva de los minerales oxidados de níquel. Instituto Cubano del Libro, La Habana, Cuba.

Los Yesos. 2005 [en línea] 2005 [en línea] <http://www.ecoingeniería.org/docs/> [consulta: 5 de enero del 2018].

Montejo, E.; Fernández.1998. Estudio preliminar de lixiviación de las colas de flotación de la planta de beneficio del cobre. Información No. 349, CIPIMM, La Habana, Cuba

Reyes. 2010 [en línea] 2010 [en línea] <http://www.reymex.com.mx/> [consulta: 7 de enero del 2018].

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

**ANEXO 1**

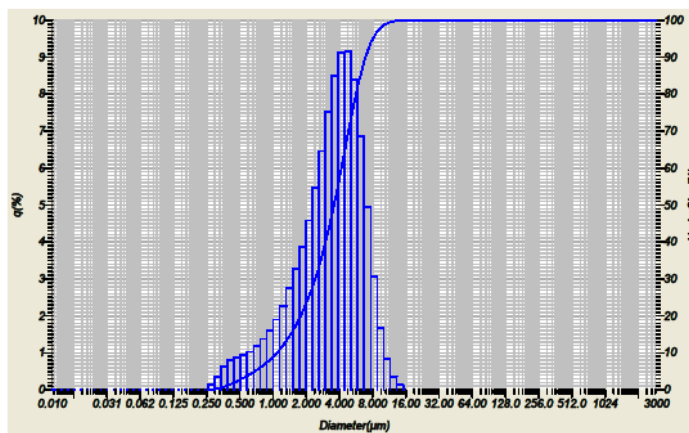
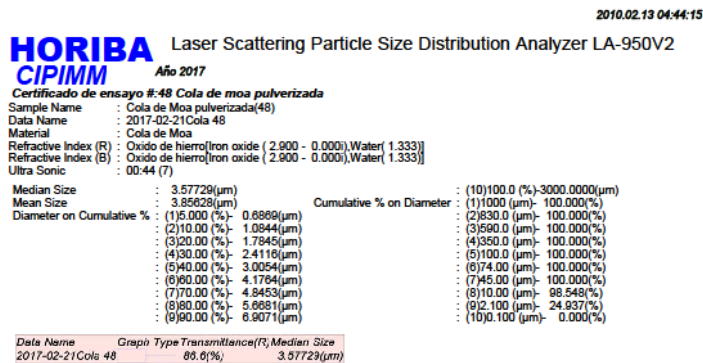
**COMPOSICIÓN QUÍMICA PROMEDIO DE LAS COLAS DE LA TECNOLOGIA DE LA TECNOLOGÍA ACIDA ALTA PRESION: (Hernández S, 1972)**

	%
Fe	48.00
Cr	2.60
S	3.26
SiO <sub>2</sub>	4.77
Ni	0.077
CaO	0.088
MgO	0.48

Las colas del proceso de lixiviación ácida están constituidas por los siguientes compuestos.

COMPUESTOS	%
Hematita ( Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	70 - 75
Hidronio-Alunita (H <sub>3</sub> )(Al <sub>3</sub> SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>6</sub>	8.12
Yeso CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	4 -8
Aluminio cromita FeO.CrAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3 - 4
Olivino FeO nMgO. nSiO <sub>2</sub>	2 - 3

La hematita se forma por hidrólisis de los sulfatos de Fe formados durante la lixiviación. La misma tiene lugar al disminuir la concentración de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> por la acción sobre otros componentes del mineral. Se forma también durante la lixiviación sulfato básico de Al.



**ANEXO 2**

**COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DE LA COLA DE LA EMPRESA ERNESTO CHE GUEVARA**

2010.02.13 03:10:16

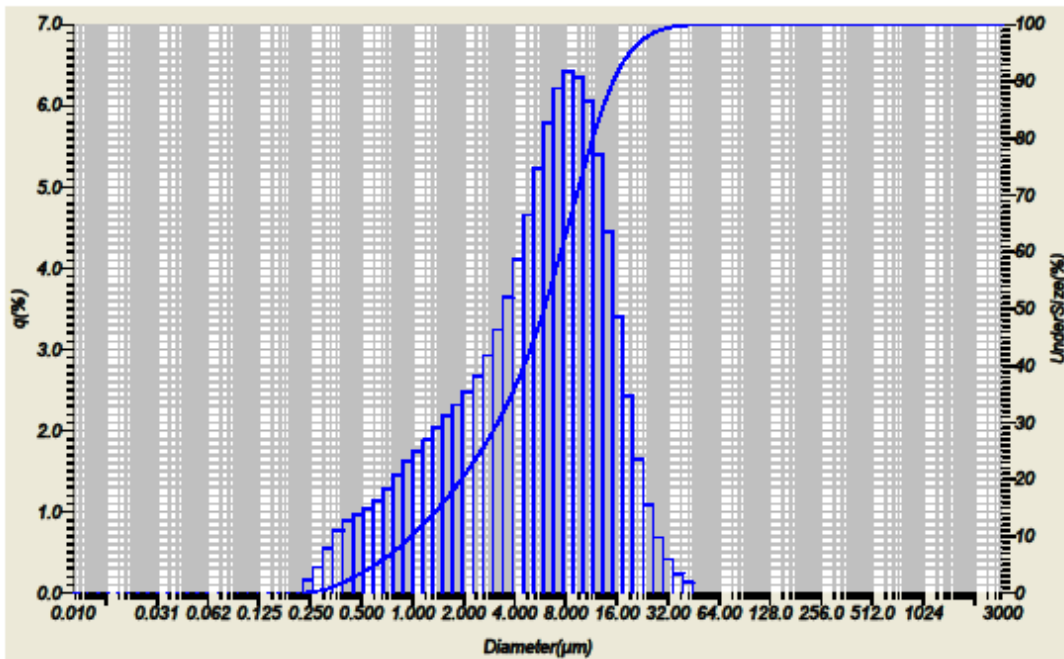
**HORIBA Laser Scattering Particle Size Distribution Analyzer LA-950V2**  
**CIPIMM 13/3/18**

**Certificado de ensayo #16/18**

Sample Name : Minerales oxidados (Cola)  
 Data Name : Laterita 425  
 Material : Laterita  
 Refractive Index (R) : Oxido de hierro[Iron oxide ( 2.900 - 0.000)],Water( 1.333)]  
 Refractive Index (B) : Oxido de hierro[Iron oxide ( 2.900 - 0.000)],Water( 1.333)]  
 Ultra Sonic : 02:32 (7)

Median Size : 5.96153(μm)	Cumulative % on Diameter : (1)100.0 (%) - 3000.0000(μm)
Mean Size : 7.30054(μm)	: (1)74.00 (μm) - 100.0000(%)
Diameter on Cumulative % : (1)5.000 (%) - 0.8063(μm)	: (2)50.00 (μm) - 100.0000(%)
: (2)10.00 (%) - 0.9908(μm)	: (3)45.00 (μm) - 100.0000(%)
: (3)20.00 (%) - 1.9409(μm)	: (4)37.00 (μm) - 99.7700(%)
: (4)30.00 (%) - 3.1788(μm)	: (5)20.00 (μm) - 95.888(%)
: (5)40.00 (%) - 4.5475(μm)	: (6)10.00 (μm) - 73.648(%)
: (6)60.00 (%) - 7.4778(μm)	: (7)5.800 (μm) - 48.878(%)
: (7)70.00 (%) - 9.2508(μm)	: (8)3.300 (μm) - 30.896(%)
: (8)80.00 (%) - 11.5255(μm)	: (9)2.100 (μm) - 21.414(%)
: (9)90.00 (%) - 15.1766(μm)	: (10)0.100 (μm) - 0.000(%)

Data Name	Graph Type	Transmittance(R)	Median Size
Laterita 425		89.2(%)	5.96153(μm)



Mean size: *Tamaño promedio de la partícula.*

ANEXO 3

2010.02.13 01:47:59

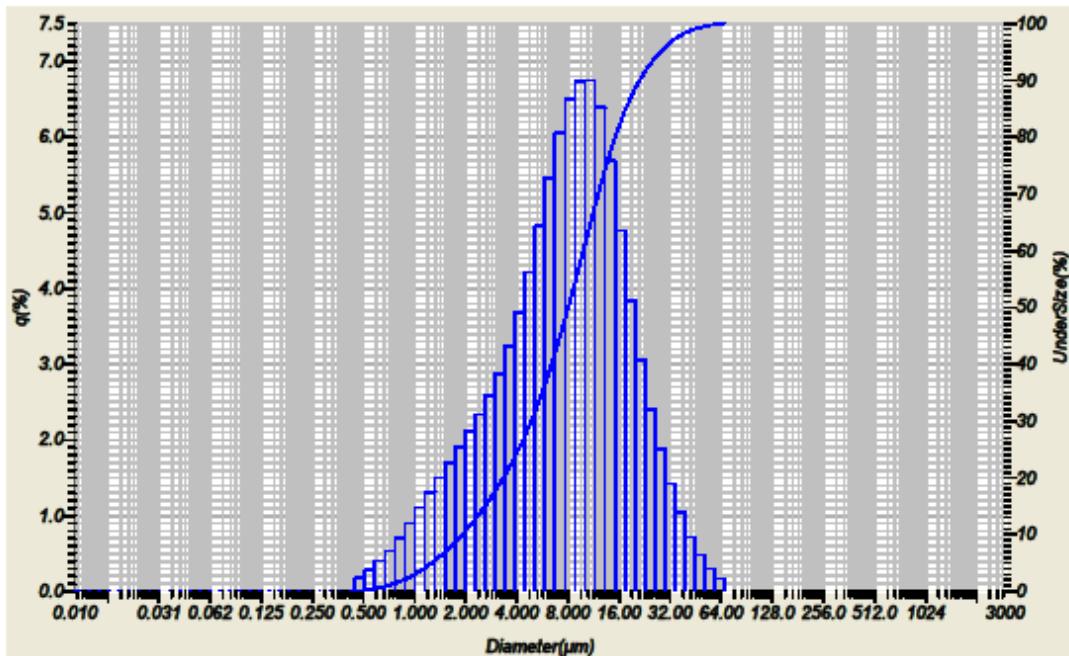
**HORIBA** Laser Scattering Particle Size Distribution Analyzer LA-950V2  
**CIPIMM** Año 2017

Certificado de ensayo #47

Sample Name : Cromita Camaguey (50)  
 Data Name : 2017-03-10 cromita Camaguey  
 Material : Cromita  
 Refractive Index (R) : cromo[Chromium oxide ( 2.500 - 0.000i),Water( 1.333)]  
 Refractive Index (B) : cromo[Chromium oxide ( 2.500 - 0.000i),Water( 1.333)]  
 Ultra Sonic : 00:36 (7)

Median Size	: 8.04466(μm)	Cumulative % on Diameter	: (10)100.0 (%) - 3000.0000(μm)
Mean Size	: 10.29878(μm)		: (1)100.0 (μm) - 100.000(%)
Diameter on Cumulative %	: (1)5.000 (%) - 1.2633(μm)		: (2)74.00 (μm) - 100.000(%)
	: (2)10.00 (%) - 1.9083(μm)		: (3)81.00 (μm) - 99.874(%)
	: (3)20.00 (%) - 3.3420(μm)		: (4)53.00 (μm) - 99.598(%)
	: (4)30.00 (%) - 4.8730(μm)		: (5)43.00 (μm) - 98.822(%)
	: (5)40.00 (%) - 6.4208(μm)		: (6)37.00 (μm) - 97.888(%)
	: (6)60.00 (%) - 9.8728(μm)		: (7)20.00 (μm) - 88.658(%)
	: (7)70.00 (%) - 12.1016(μm)		: (8)10.00 (μm) - 60.638(%)
	: (8)80.00 (%) - 15.1989(μm)		: (9)5.800 (μm) - 35.963(%)
	: (9)90.00 (%) - 21.2317(μm)		: (10)0.100 (μm) - 0.000(%)

Data Name	Graph Type	Transmittance(R)	Median Size
2017-03-10 cromita Camaguey	—	72.4(%)	8.04466(μm)



Mean size: *Tamaño promedio de la partícula.*

ANEXO 4

2010.02.13 03:23:35

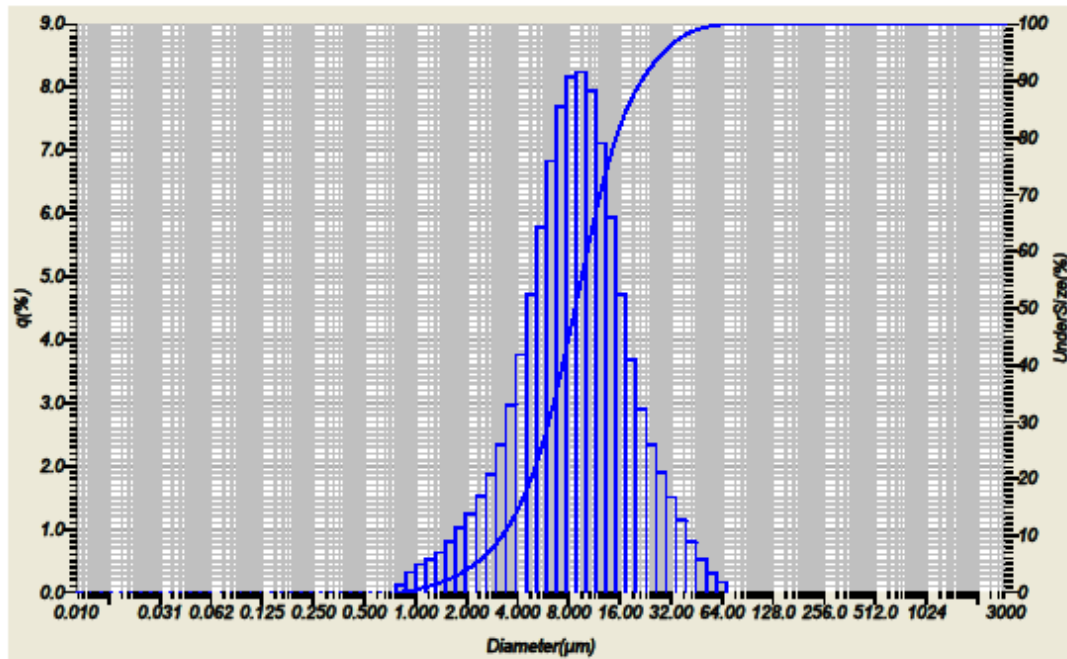
**HORIBA** Laser Scattering Particle Size Distribution Analyzer LA-950V2  
**CIPIMM** 04/07/18

Certificado de ensayo #22/18

Sample Name : Mina grande del Cobre  
 Data Name : 2018-07-04 MG cobre  
 Material : Mina Grande  
 Refractive Index (R) : silice[silice( 1.970 - 0.000i).Water( 1.480)]  
 Refractive Index (B) : silice[silice( 1.970 - 0.000i).Water( 1.480)]  
 Ultra Sonic : 00:15 (7)

Median Size	: 8.70391(µm)	Cumulative % on Diameter	: (10)100.0 (%) - 3000.0000(µm)
Mean Size	: 10.99535(µm)		: (1)74.00 (µm) - 100.0000(%)
Diameter on Cumulative %	: (1)5.000 (%) - 2.2464(µm)		: (2)50.00 (µm) - 99.425(%)
	: (2)10.00 (%) - 3.2494(µm)		: (3)45.00 (µm) - 99.022(%)
	: (3)20.00 (%) - 4.7979(µm)		: (4)37.00 (µm) - 97.725(%)
	: (4)30.00 (%) - 6.0968(µm)		: (5)20.00 (µm) - 88.541(%)
	: (5)40.00 (%) - 7.3524(µm)		: (6)10.00 (µm) - 58.426(%)
	: (6)60.00 (%) - 10.2685(µm)		: (7)5.800 (µm) - 27.575(%)
	: (7)70.00 (%) - 12.2532(µm)		: (8)3.300 (µm) - 10.267(%)
	: (8)80.00 (%) - 15.1605(µm)		: (9)2.100 (µm) - 4.381(%)
	: (9)90.00 (%) - 21.4143(µm)		: (10)0.100 (µm) - 0.000(%)

Data Name	Graph Type	Transmittance(R)	Median Size
2018-07-04 MG cobre	—	86.9(%)	8.70391(µm)



Mean size: Tamaño promedio de la partícula.